

**УДК 63 :(551.58 (62+ 63+ 556)**  
**КП XXXXXX**  
**№ держреєстрації 0113U000165**  
**Інв. №**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**(ОДЕКУ)**

65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15; тел. (0482) 32-67-35

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Проректор з НР ОДЕКУ,  
д-р геогр. наук, професор  
\_\_\_\_\_Ю.С. Тучковенко  
15.12.2014

**ЗВІТ**  
**ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

Вразливість та адаптація галузей економіки України до змін клімату

**ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ ОСНОВНИХ ГАЛУЗЕЙ ЕКОНОМІКИ**  
**УКРАЇНИ ДО ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ ДО 2050 РОКУ ТА ІХ**  
**АДАПТАЦІЯ ДО ЦИХ ЗМІН**  
**(заключний)**

Керівник НДР  
Зав. кафедри  
д-р ф.-м. наук., професор

С.М. Степаненко

2014 р.

Рукопис закінчено 15 грудня 2014



## СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР,  
д-р ф.-м. наук, проф.

С.М. Степаненко,  
(передмова,  
розд. 2, висновки)

Провідний науковий  
співробітник  
д-р геогр. наук, проф.

А.М. Польовий  
(передмова,  
розд. 6, висновки)

Старший науковий  
співробітник  
д-р геогр. наук, проф.

В.М. Хохлов  
(розділ 1)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

О.В. Волошина  
(розділ 2)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

О.О. Врублевська  
(розділ 3)

Старший науковий  
співробітник,  
канд. ф.-м. наук, доцент

В.Г. Волошин  
(розділ 4)

Старший науковий  
співробітник,  
канд. геогр. наук, доцент

Г.П. Катеруша  
(розділ 5 )

Старший науковий  
співробітник,  
д-р геогр. наук, проф.  
Старший науковий  
співробітник,  
д-р геогр. наук, проф.

Н.С. Лобода  
(розділ 7 )

Г.В. Ляшенко  
(розділ 6.8 )

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

Л.Ю. Божко  
(розділ 6.1-6.2)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

О.О. Дронова  
(розділ 6.3)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

О.Л. Жигайло  
(розділ 6.5)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

О.В. Вольвач  
(розділ 6.7)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

С.М. Свидерська  
(розділ 6.6)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

О.А. Барсукова  
(розділ 6.4)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

І.Х. Башмакова  
(розділ 2)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

Л.В. Недострелова  
(розділ 1)

Старший науковий  
співробітник  
канд. геогр. наук, доцент

І.Г. Семенова  
(розділ 1)

Старший науковий  
співробітник

М.М. Пилипюк  
(розділ 2)

Старший науковий  
співробітник НДЧ

С.М. Мажура  
(розділ 6.1-6.2)  
підготовка звіту)

Науковий  
співробітник НДЧ

З.Ф.Сербова  
(розділ 7.1 )

Науковий співробітник	В.Ю.Куришина (розділ 4.2)
Старший науковий співробітник	Н.В. Сіряк (розділ 6.3 )
Старший науковий співробітник	Т.К. Костюкевич (розділ 6.5)
Науковий співробітник	О.Т. Витовська (розділ 1 )
Молодший науковий співробітник	А.В. Толмачева (розділ 6.4)
Інженер 1 категорії НДЧ	Д.М. Зумбадзе (підготовка даних звіту)
Інженер 1 категорії	О.П. Марченко (розділ 6.7 )
Інженер II кат.	В.А. Панасенко (підготовка матеріалів)
Аспірант	Н.С. Єрмоленко (розділ 1)
Аспірант	Д.В. Блищик (розд. 6.2)
Аспірант	Т.С. Жигайло (розд. 6.8)
Аспірант	Є.І. Маринин (розд. 6.8)
Нормоконтролер	С.В. Малацковська

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР с.934, рис.340, табл.135, 361 джерел.

*Об'єкт дослідження* – кліматичні зміни і вразливість галузей економіки України (транспорт, енергетики, ЖКХ, екосистем, сільського господарства, охорони здоров'я, водного господарства, водні ресурси) до цих змін.

*Метою проекту* є оцінка впливу змін клімату на ефективність роботи галузей економіки України, їх вразливість та адаптацію до кліматичних змін, оцінка кліматичних ризиків стосовно: ефективності роботи транспорту, використання вітрової та геліоенергетики, енерговитрат на опалювання, стану лісових та степових екосистем, продовольчої безпеки країни (її зернового балансу) та можливий розвиток шкідників та хвороб сільськогосподарських культур, стану здоров'я населення, комфортності проживання та розвиток захворювань, водогосподарську діяльність.

*Методи досліджень* – математичне моделювання екологічних процесів, методи математичної статистики.

*Одержані результати* – Виконано моделювання регіонального клімату й розробка сценарію зміни основних кліматичних параметрів до 2050 року.

Проведено моделювання впливу кліматичних змін на вітроенергетичні та геліоенергетичні ресурси, стан здоров'я населення: комфортність проживання, працездатність та поширення захворювань. Виконано моделювання впливу змін клімату на енерговитрати опалювального сезону: оцінка рівня енергетичного комфорту в зимовий період. Проаналізовано вплив змін температури повітря на тривалість опалювального періоду по території України в першій половині ХХІ ст.

Проведено оцінку впливу змін клімату на агрокліматичні ресурси основних ґрунтово-кліматичних зон України. Проведено оцінки зміни агрокліматичних умов вирощування ярого ячменю, соняшника, картоплі і цукрового буряку та дослідження впливу умов вирощування на фотосинтетичну продуктивність цих культур та їхню урожайність.

Виконано моделювання впливу змін клімату на характеристики гідрологічного режиму річок України для різних географічних зон.

**СЦЕНАРІЇ ЗМІН КЛІМАТУ, ОПАДИ, ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛІННЯ,  
ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ВОДНІ  
РЕСУРСИ, КЛІМАТИЧНА НОРМА, ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ ЗОНИ,  
ЗЕРНОВІ КУЛЬТУРИ**

## ЗМІСТ

	Стор.
<b>Вступ.....</b>	<b>11</b>
<b>1 Оцінка можливих змін клімату України та їх вплив на режим опадів та температури.....</b>	<b>13</b>
1.1 Сценарії можливої зміни клімату на території України.....	13
1.2 Зміни режиму опадів та температури згідно сценаріїв зміни клімату A2 та A1B.....	18
1.3 Зв'язок посух в Україні з блокуючими процесами в атмосфері.....	31
1.3.1 Загальні відомості та визначення атмосферного блокування.....	31
1.3.2 Просторова структура блокування при посухах в Україні.....	34
1.3.3 Стан зонального потоку під час блокування.....	42
1.3.4 Аномалії висотних полів тиску в період посух.....	45
1.4 Атмосферна циркуляція і значимі посухи в Україні на початку ХХІ століття.....	47
<b>2 Кліматичні характеристики опалювального періоду в сьогоденні та майбутньому.....</b>	<b>57</b>
2.1 Загальні положення.....	57
2.2 Методика та результати дослідження змін кліматичних характеристик опалювального періоду.....	61
<b>3 Кліматична характеристика радіаційних умов України на межі століть.....</b>	<b>78</b>
3.1 Огляд досліджень з питань змін глобального радіаційного режиму.....	78
3.1.1. Загальні положення.....	78
3.1.2. Енергетичні аспекти змін клімату Землі.....	79
3.1.3. Природні та антропогенні фактори змін радіаційного режиму Землі.....	88
3.1.4. Правові аспекти проблеми зміни клімату Землі.....	100
3.2 Загальна характеристика радіаційного режиму на території України на межі століть і у першій половині ХХІ століття.....	103
3.2.1. Вихідні дані і методи їх дослідження.....	103
3.2.2. Динаміка радіаційного режиму в умовах потепління клімату.....	107
3.2.3. Просторово-часовий розподіл сумарної сонячної радіації на території України у першій половині ХХІ ст.....	119
3.2.4. Особливості радіаційного режиму у першій половині ХХІ ст.....	130

<b>4</b>	<b>Вітровий режим України .....</b>	<b>139</b>
4.1	Огляд сучасного стану проблеми .....	139
4.1.1	Короткий огляд режиму вітру на Україні за даними роботи [4,5].....	139
4.1.2	Моделювання режиму вітру на півдні України по даним роботи [6].....	143
4.1.3	Порівняння результатів чисельних експериментів з даними спостережень за даними роботи [6] .....	145
4.1.4	Вітроенергетичні ресурси України за даними інтернет-джерел [7,8].....	147
4.1.5	Теоретичні основи моделювання режиму вітру.....	152
4.1.6	Характеристика вихідних даних і обґрунтування розрахункових методів, використовуваних для вирішення поставленого завдання .....	154
4.2	Результати дослідження змін швидкостей вітру в різних регіонах України у зв'язку з прогнозованими змінами клімату до 2050 р., згідно зі сценаріями A1B і A2.....	162
4.2.1	Зміна вітрового режиму.....	163
<b>5</b>	<b>Наслідки змін клімату для здоров'я людей.....</b>	<b>187</b>
5.1	Деякі аспекти сучасних змін клімату.....	187
5.2	Вплив змін клімату на здоров'я населення.....	202
5.2.1	Загальна характеристика.....	202
5.2.2	Екстремальні температури і здоров'я населення.....	206
5.2.3	Поширення інфекційних захворювань людини.....	217
5.3	Прогностичні оцінки показників дискомфорності клімату у теплу пору року.....	222
5.3.1	Деякі сюжетні лінії сценаріїв SRES і характеристика вихідних даних.....	222
5.3.2	Динаміка жарких днів на території України.....	224
5.3.3	Часові зміни і просторовий розподіл кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °C .....	239
5.4	Дослідження очікуваних показників дискомфорності клімату у холодну пору року.....	245
5.4.1	Вплив низьких температур на організм людини.....	245
5.4.2	Постановка задачі.....	247
5.4.3	Суворість погоди.....	247
5.4.4	Вітро-холодовий індекс.....	254
5.5	Ризики від змін клімату та заходи по адаптації до них в Україні.....	259
<b>6</b>	<b>Вплив змін клімату на агро кліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур.....</b>	<b>266</b>
6.1	Тенденції зміни тепло та вологозабезпеченості при зміні клімату.....	266

6.1.1	Методи оцінки теплових ресурсів.....	266
6.1.2	Вплив змін клімату на температурний режим.....	270
6.2	Вплив змін клімату на вологозабезпеченість вегетаційного періоду.....	303
6.2.1	Методи оцінки вологозабезпеченості вегетаційного періоду.....	303
6.2.2	Характеристика вологозабезпеченості території України, розрахованої за різними сценаріями .....	310
6.3	Оцінка впливу змін клімату на формування врожаїв озимої пшениці .....	338
6.3.1	Біологічні особливості озимої пшениці .....	339
6.3.1.1	Вимоги до температури .....	340
6.3.1.2	Вимоги до вологості.....	341
6.3.1.3	Вимоги до ґрунту.....	342
6.3.1.4	Вимоги до світла.....	343
6.3.1.5	Районовані сорти.....	343
6.3.2	Агротехніка вирощування озимої пшениці.....	344
6.3.2.1	Обробіток ґрунту.....	345
6.3.2.2	Застосування добрив.....	348
6.3.2.3	Збирання урожаю .....	352
6.3.3	Біоенергетична ефективність вирощування озимої пшениці.....	353
6.3.4	Сучасний стан моделювання продукційного процесу озимої пшениці в умовах зміни клімату.....	353
6.3.5	Оцінка продукційного процесу озимої пшениці в умовах зміни клімату.....	356
6.3.6	Порівняльна характеристика агрокліматичних умов весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці за сценарієм А2 .....	357
6.3.7	Порівняльна характеристика продуктивності озимої пшениці в умовах зміни клімату за сценарієм А2 .....	360
6.3.8	Імовірнісна оцінка можливих урожаїв озимої пшениці в умовах зміни клімату .....	373
6.3.9	Порівняльна характеристика агрокліматичних умов весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці за сценарієм А1В .....	375
6.3.10	Порівняльна характеристика продуктивності озимої пшениці в умовах зміни клімату за сценарієм А1В .....	380
6.3.11	Імовірнісна оцінка можливих урожаїв озимої пшениці за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В .....	393
6.4	Структура агрокліматичних моделей продуктивності ярого ячменю .....	396
6.4.1	Агрометеорологічні особливості ярого ячменю та його	

	вимоги до умов навколишнього середовища .....	396
6.4.2	Сучасний стан моделювання формування врожаю ярого ячменю .....	415
6.4.3	Моделювання впливу зміни клімату на продуктивність ярого ячменю.....	422
6.5	Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування соняшнику в зв'язку зі зміною клімату .....	476
6.5.1	Біологічні особливості соняшнику ( <i>Helianthus annuus</i> L.).....	478
6.5.1.1	Вимоги соняшнику до факторів навколишнього середовища.....	479
6.5.2	Технологія вирощування соняшнику .....	483
6.5.3	Аналіз сучасного стану моделювання формування продуктивності соняшнику .....	491
6.5.4	Оцінка агрокліматичних умов вирощування соняшнику в зв'язку зі зміною клімату .....	494
6.5.5	Оцінка за допомогою моделі продукційного процесу рослин фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності соняшнику в зв'язку зі зміною клімату .....	503
6.6	Оцінка продукційного процесу картоплі в умовах зміни клімату.....	540
6.6.1	Біологічні особливості культури картоплі.....	540
6.6.2	Сучасний стан моделювання й прогнозування врожаю картоплі .....	548
6.6.3	Модель продукційного процесу рослин Сеппа- Тооминга.....	553
6.6.3.1	Принципи побудови моделі .....	553
6.6.3.2	Визначення потенційної урожайності .....	553
6.6.3.3	Визначення метеорологічно-можливої урожайності ...	558
6.6.3.4	Ідентифікація зв'язків і параметрів моделі .....	562
6.6.3.5	Визначення коефіцієнтів у формулі температурної залежності фотосинтезу .....	565
6.6.3.6	Визначення коефіцієнтів у формулах дихання .....	566
6.6.3.7	Калібрування параметрів моделі.....	567
6.6.4	Оцінка продукційного процесу картоплі в умовах зміни клімату .....	569
6.6.4.1	Оцінка агрокліматичних умов вегетації картоплі .....	569
6.6.4.2	Порівняльна характеристика продуктивності картоплі в умовах зміни клімату .....	586
6.6.4.3	Імовірнісна оцінка можливих урожаїв картоплі в умовах зміни клімату .....	609
6.7	Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку в зв'язку зі зміною клімату.....	624



6.7.1 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку в зв'язку зі зміною клімату .....	624
6.7.2 Сучасний стан моделювання продуктивності цукрового Буряку .....	633
6.7.3 Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку при реалізації сценарію А2 .....	641
6.7.4 Фотосинтетична продуктивність цукрового буряку за сценарієм А2 зміни клімату в Україні .....	646
6.7.5 Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку при реалізації сценарію А1В .....	663
6.7.6 Фотосинтетична продуктивність цукрового буряку за сценарієм А1В зміни клімату в Україні .....	670
6.7.7 Коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку з можливими змінами клімату (за сценарієм А2) .....	686
6.7.8 Коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку з можливими змінами клімату (за сценарієм А1В) .....	691
6.8 Вплив зміни клімату на продуктивність винограду в Україні.	695
6.8.1 Оцінка агрокліматичних умов вирощування винограду у зв'язку із зміною клімату .....	695
6.8.2 Вплив зміни клімату на продуктивність винограду.....	705
6.8.3 Ризики пошкодження винограду заморозками.....	719
<b>7 Моделювання впливу змін клімату на характеристики стоку річок України.....</b>	<b>732</b>
7.1 Огляд сучасного стану проблеми.....	733
7.2 Теоретичні основи моделювання водних ресурсів за моделлю “клімат-стік” .....	737
7.3 Теоретичні основи моделювання водних ресурсів за сценаріями глобального потепління на основі моделі “клімат-стік” .....	742
7.4 Оцінка змін водних ресурсів України за сценарієм А1В.....	749
7.5 Оцінка змін водних ресурсів України за сценарієм А2.....	757
Висновки.....	763
Перелік посилань.....	768
Додаток А.....	793
Додаток Б.....	819
Додаток В.....	885
Додаток Г.....	919

## ВСТУП

За останніми даними, отриманими Міжурядовою Групою Експертів зі зміни клімату, за умов ігнорування антропогенного підсилення парникового ефекту, до 2100 року очікується підвищення концентрації CO<sub>2</sub> на 90–250 % у порівнянні з до-індустріальними рівнями, значне підвищення концентрацій метану та N<sub>2</sub>O, підвищення середньої температури повітря на 1,4–5,8 °С. За висновками провідних науковців це призведе до збільшення кількості посух в континентальних районах середніх широт та подій, пов'язаних з екстремальними опадами, підвищення рівня світового океану на 10–88 см, зменшення льодовиків, танення вічної мерзлоти. Більш тепла погода та довготривалі періоди спеки можуть змінити середовище проживання та цикл життєдіяльності паразитів і інших носіїв хвороб, а також зменшити кількість водних ресурсів для потреб гідроенергетики і зрошування.

За попередніми оцінками національних експертів потепління клімату, наявність якого вже не викликає сумнівів, може мати серйозні наслідки для галузей економіки України. Наслідки надто швидкого процесу зміни клімату являють собою широкий спектр різнонаправлених та різномасштабних явищ.

Успішна соціально-економічна політика країни залежить від багатьох чинників. Серед них важливе місце посідають проблеми забезпечення населення тепловою енергією, перехід на шлях економії природних і енергетичних ресурсів і зменшення їх споживання.

Поряд зі збереженням і зменшенням споживання природних ресурсів (нафти, газу та ін.) необхідно звернути увагу на альтернативні види енергії, зокрема на кліматичні ресурси країни (вітрову та сонячну енергію), які відіграють значну роль у вирішенні паливно-енергетичної програми і мають враховуватися під час складання нової концептуальної основи стратегії енерго– і теплозабезпечення.

Необхідність своєчасних та адекватних рішень проблем, зв'язаних зі змінами клімату ініціювали інтенсивний розвиток фундаментальних та прикладних досліджень. Постановою Президії Національної Академії Наук України від 27 січня 2010 року № 13 «Регіональні зміни клімату в Україні на фоні глобальних кліматичних процесів» відмічається, що ця проблема виходить далеко за межі чисто наукового питання і є комплексною міждисциплінарною проблемою, що охоплює всі ключові аспекти сталого розвитку – екологічні, економічні та соціальні. Цією Постановою, наряду з іншими напрямками передбачається вважати одними з основних напрямів наукових досліджень з проблеми вивчення механізмів формування мінливості кліматичної системи України з метою кількісної оцінки природної та антропогенної складових змін клімату, розвиток методологічних підходів та оцінка можливих соціально-економічних і екологічних наслідків кліматичних змін та розроблення практичних рекомендацій щодо стратегії

реагування на вплив зміни клімату на економіку, стан навколишнього середовища, соціальні умови і стан здоров'я населення.

Цілком очевидно, що одним із ключових довгострокових факторів стійкого соціально – економічного розвитку країни є необхідність врахування змін клімату, яке можливе на основі кількісних оцінок наслідків впливу очікуваних змін клімату на галузі економіки.

Поряд зі збереженням і зменшенням споживання природних ресурсів (нафти, газу та ін.) необхідно звернути увагу на альтернативні види енергії, зокрема на кліматичні ресурси країни (вітрову та сонячну енергію), які відіграють значну роль у вирішенні паливно-енергетичної програми і мають враховуватися під час складання нової концептуальної основи стратегії енерго– і теплозабезпечення.

Однією зі складових кліматичних ресурсів є опалювальний період. В останні десятиліття зміни клімату в континентальних районах супроводжуються, як правило, істотним підвищенням температури в зимовий період. У зв'язку з цим можна чекати зниження енерговитрат на опалювання, які визначають споживання енергії в Україні взимку.

При зміні природних умов змінюється й робота організму людини. В зв'язку з цим дуже важливим є дослідження особливостей змін деяких кліматичних чинників та їх вплив на біокліматичні ресурси на теренах України, а також прогноз біокліматичних показників (на основі певного кліматичного сценарію).

Водні ресурси визначають стан оточуючого середовища, вони пов'язані із соціальним положенням суспільства і здоров'ям людини.

Враховуючи інерційний характер такої системи як сільське господарство та залежність від погодних умов, уже зараз буде актуальна необхідність своєчасних та адекватних рішень виникаючих складних проблем, обумовлених змінами клімату.

Представлений звіт присвячено дослідженню питань впливу очікуваних змін клімату на вразливість паливно-енергетичного та аграрно-промислового комплексів, водні ресурси, можливість використання альтернативних видів енергії в Україні.

## **1 ОЦІНКА МОЖЛИВИХ ЗМІН КЛІМАТУ УКРАЇНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА РЕЖИМ ОПАДІВ ТА ТЕМЕРАТУРИ**

### **1.1 Сценарії можливої зміни клімату на території України**

Сьогодні факт глобального потепління не викликає сумнівів і вважається експериментально доведеним: збільшення глобальної температури повітря та океанів, зменшення площі морського льоду, підвищення рівня Світового океану підтверджено довготривалими інструментальними спостереженнями. Кліматичні зміни, що відбуваються протягом останніх десятиліть, не перестають хвилювати вчених. У зв'язку з цим, активніше розвиваються методи прогнозування глобальних змін клімату та їх можливих наслідків, серед яких на передній план виступають математичні методи моделювання атмосферних процесів [1].

Зміни у глобальній кліматичній системі можуть розглядатися на сьогодні як незаперечний факт, що доводиться метеорологічними даними за останні 150 років. Є дуже ймовірним, що підвищення глобальних середніх температур, яке спостерігається з середини 20 століття, здебільшого викликано підвищенням концентрацій антропогенних парникових газів. Щоб визначити причини змін клімату, що мають місце, а також оцінити майбутні зміни, було реалізовано безпрецедентний за своїми масштабами та кількістю учасників модельний проект – дослідниками з 11 країн було виконано чисельні інтегрування з 23 складними фізико-математичними моделями загальної циркуляції атмосфери і океану. Під час експерименту розраховувався клімат 20 століття при заданих, відповідних до спостережень, концентраціях парникових газів, а також клімат для різних сценаріїв, які наведені у Спеціальній доповіді зі сценаріїв викидів (СДСВ). Все це дозволило просунутися в уточненні та підвищенні достовірності оцінок майбутніх змін клімату, а також оцінити імовірнісні розподіли характеристик клімату для кожного зі сценаріїв.

Майбутні викиди газів з парниковим ефектом (ПГ: вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , метан  $\text{CH}_4$ , закись азоту  $\text{N}_2\text{O}$ , гідрофторвуглеці  $\text{HFCs}$ , перфторвуглеці  $\text{PFCs}$ , сірчаний гексафторид  $\text{SF}_6$ , хлористі фторвуглеводні  $\text{HCFCs}$ , хлористі фторвуглеці  $\text{CFCs}$ , двооксид сірки  $\text{SO}_2$ , оксид вуглецю  $\text{CO}$ , оксиди азоту  $\text{NO}_x$  та неметанові леткі органічні сполуки  $\text{NMVOC}$ ) є продуктом дуже складних динамічних систем, що складаються з таких визначальних факторів, як демографічний розвиток, соціально-економічний розвиток та технологічні зміни. Їх розвиток у майбутньому є дуже невизначеним. Сценарії являють собою альтернативні прогнози можливого розвитку подій у майбутньому, вони також є слушним засобом для аналізу того, яким чином визначальні фактори можуть впливати на показники майбутніх викидів, а також оцінки

пов'язаних з ними невизначеностей. Вони сприяють аналізу змін клімату, включаючи моделювання клімату та оцінку наслідків, адаптацію та пом'якшення наслідків. Дуже мало ймовірно є можливість того, що траєкторія якогось єдиного викиду збіжиться з описаною у сценаріях.

Робочою групою Міжнародної групи експертів зі змін клімату були розроблені чотири основних описових сюжетних лінії (рис. 1.1) для послідовного викладення зв'язків між визначальними факторами викидів та їх розвитком, а також додатковий контекст для кількісного визначення сценарію. Кожна сюжетна лінія зображує різні демографічні, соціальні, економічні, технологічні та екологічні події, які одними особами можуть розглядатися позитивно, а іншими – негативно.

Сценарії містять широкий перелік основних демографічних, економічних та технологічних визначальних факторів ПГ та викидів сірки. Кожний сценарій являє собою конкретне кількісне тлумачення однієї з чотирьох сюжетних ліній. Усі сценарії, що ґрунтуються на одній сюжетній лінії, являють собою сценарну «родину». Треба відзначити, що сценарії не містять додаткові ініціативи у галузі клімату, тобто не має сценарію, який би припускав здійснення Рамочної конвенції ООН про зміни клімату або Кіотського протоколу. В той же час, на викиди ПГ безпосередньо впливає політика у галузі некліматичних змін, спрямована на досягнення інших цілей. До того ж, урядова політика може у різній мірі впливати на фактори викиду ПГ, а саме на демографічні зміни, соціально-економічний розвиток, технологічні зміни, використання ресурсів та регулювання забрудненням. Саме цей вплив відображується у сюжетних лініях та підсумкових сценаріях.

Для кожної сюжетної лінії було розроблено декілька різних сценаріїв з використанням різних концепцій моделювання з метою розглядання низки результатів, пов'язаних з моделями, що використовують аналогічні припущення стосовно визначальних факторів. Однією з переваг багатомодельного підходу є те, що підсумкові 40 сценаріїв СДСВ у своїй сукупності охоплюють існуючий діапазон невизначеностей стосовно майбутніх викидів ПГ, які виникають внаслідок різних характеристик цих моделей, окрім існуючих невизначеностей, що мають місце через визначальні фактори сценарію, зокрема демографічні, соціально-економічні та технологічні події, які визначають ці моделі, про що йде мова у сюжетних лініях. Тринадцять з цих сорока сценаріїв розглядають зміни, пов'язані з припущеннями стосовно енергетичних технологій.

У межах кожної сценарної родини були розроблені два основних види сценаріїв – сценарії з узгодженими припущеннями стосовно глобального населення, економічного росту і кінцевого використання енергії та сценарії з альтернативним кількісним визначенням сюжетної лінії. У своїй сукупності 26 сценаріїв були узгоджені через прийняття припущень стосовно розвитку загального населення та сукупного національного продукту.

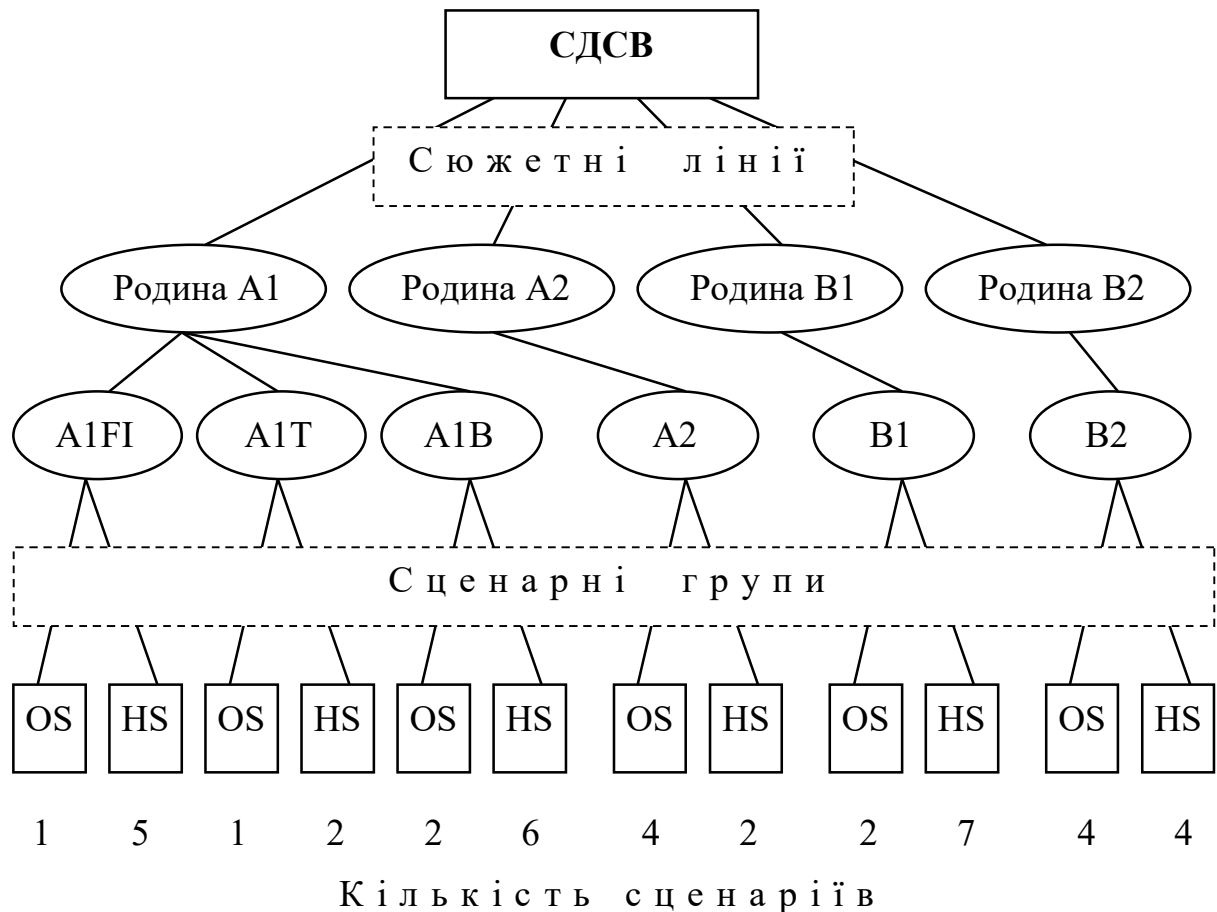


Рисунок. 1.1 – Схематична ілюстрація сценаріїв СДСВ

У межах кожної групи і родини «HS» позначає сценарії з узгодженими припущеннями щодо розвитку загального населення та сукупного національного продукту, а «OS» – сценарії, в яких розглядаються невизначеності стосовно визначальних факторів.

Таким чином, узгоджені сценарії у кожній родині не є незалежними один від іншого. Решта 14 сценаріїв прийняли альтернативні тлумачення чотирьох сюжетних ліній для вивчення додаткових сценарних невизначеностей. Вони також пов'язані між собою у межах кожної родини, навіть не зважаючи на те, що не містять загальних припущень стосовно деяких визначальних факторів.

Сюжетна лінія та сценарна родина A1 містить опис майбутнього світу, що характеризується швидким економічним ростом, глобальним населенням, показники якого сягають пікових значень у сторіччя з подальшим зменшенням, а також швидким упровадженням нових та ефективніших технологій. Першорядними питаннями будуть поступове зближення різних регіонів, створення потенціалу та активізація культурних і соціальних взаємозв'язків за значного зменшення регіональних відмінностей у доході на душу населення. Сценарна родина A1 розбивається на три групи, які надають опис альтернативних варіантів технологічних змін в енергетичній системі, а

саме відрізняються своїм центральним технологічним елементом: істотна частина викопних видів палива (A1FI), невикопні види палива (A1T) і рівновага між усіма джерелами (A1B), яка визначається як не дуже велика залежність від одного конкретного джерела енергії. Через те, що інші визначальні фактори будуть сталими, швидке зростання спричинить високі показники обороту капіталу, внаслідок чого невеликі відмінності на початковому етапі між сценаріями призведуть до великого розходження до 2100 р.

У сюжетній лінії A2 надається опис дуже неоднорідного світу. Першорядною темою буде самозабезпечення та збереження місцевої самобутності. Показники народжуваності у різних регіонах дуже повільно зближатимуться, внаслідок чого спостерігатиметься сталий ріст загальної кількості населення. Економічний розвиток буде мати головним чином регіональну спрямованість, а економічне зростання у розрахунку на душу населення і технологічні зміни будуть більш фрагментарними та повільними у порівнянні з іншими сюжетними лініями.

Сюжетна лінія і сценарна родина B1 містить опис світу, який рухається в одному напрямку з тим же глобальним населенням, яке сягає максимальної чисельності у середині століття, а потім зменшується, як й у сюжетній лінії A1, але за швидких змін в економічних структурах в напрямку сервісної та інформаційної економіки зі зменшенням матеріальної інтенсивності та упровадженням чистих і ресурсощадних технологій. Головна увага приділятиметься глобальним рішенням економічної, соціальної та екологічної сталості, включаючи більшу справедливість, але без додаткових ініціатив, пов'язаних з кліматом.

Сюжетна лінія і сценарна родина B2 містить опис світу, в якому головна увага приділятиметься локальним рішенням проблеми економічної, соціальної та екологічної сталості. Це буде світ з глобальним населенням, яке стало збільшується з темпами, нижчими ніж для A2, проміжними рівнями економічного розвитку і менш швидкими, але різноманітнішими, змінами у порівнянні з лініями B1 і A1. Хоч цей сценарій також орієнтований на охорону навколишнього середовища та соціальну справедливість, головна увага у ньому приділятиметься місцевим і регіональним рівням [2].

Таким чином, при моделюванні прогностичних змін режиму температури та опадів використовувались сценарії зміни клімату A2 та A1B. В якості вхідної інформації застосовувалась глобальна кліматична модель ЕСНАМ5, яка розроблена в Інституті метеорології ім. Макса Планка в Німеччині. ЕСНАМ5 є останньою версією з серії ЕСНАМ і розвивається від спектральної моделі прогнозу погоди Європейського центру середньострокових прогнозів погоди. ЕСНАМ5 має роздільну здатність T63, що відповідає горизонтальному кроку сітки приблизно 140×210 км в середніх широтах. Вихідні дані моделі використовуються для забезпечення початкових та граничних (бокових) умов для регіональних кліматичних

моделей. Збільшення роздільної здатності в регіональних кліматичних моделях дає можливість з більшою точністю прогнозувати місце розташування, інтенсивність та частоту екстремальних явищ погоди.

В даному дослідженні сценарій зміни клімату A2 представлений в регіональній кліматичній моделі RCA3 з кроком сітки 25×25 км. RCA3 є реалізацією регіональної кліматичної моделі центру Росбі (Швеція). Модель RCA3 ґрунтується на попередній версії RCA2. Основною перевагою RCA3 в порівнянні з RCA2 є те, що в RCA2 параметризація поверхні землі, в тому числі морського льоду, була досить спрощена, оскільки при моделюванні температури підстильної поверхні, яка використовувалась як одна з компонентів енергетичного балансу, не враховувалися різні типи підстильної поверхні (лід, сніг, відкритий ґрунт, ліс). Поряд зі змінами в схемі прогнозування температури поверхні, з урахуванням властивостей кожного з типу, наприклад, відкритий ґрунт чи вкритий трав'янистою рослинністю, в RCA3 були також виконані певні оновлення в моделюванні фізики атмосфери, пов'язані з випромінюванням, турбулентністю та параметризацією хмарності. Середня помилка при прогнозуванні температури повітря в даній моделі складає  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Хоча в RCA3 у Північній Європі існує чітке заниження в максимальних температурах і завищення в мінімальних. Згідно вказаної регіональної кліматичної моделі режим опадів має гарні показники моделювання по всій території Європи, за виключенням деяких регіонів на півночі, де кількість опадів в літні сезони дещо перевищена. Високі показники модель має й по результатам прогнозування розподілу інтенсивності опадів. Тому, саме RCA3 використовувалась в даній роботі, оскільки вона являється однією з найбільш показових регіональних кліматичних моделей в Європейському регіоні [3].

Сценарій зміни клімату A1B в даній роботі реалізований в регіональній кліматичній моделі REMO також з кроком сітки 25×25 км, яка розроблена в Інституті метеорології ім. Макса Планка в Гамбурзі. REMO застосовується для моделювання клімату більш ніж шести експериментів CORDEX – Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (Африка, Європа, Середземномор'я, Північна Америка, Південна Америка та Західна Азія). При цьому особливістю REMO є моделювання не лише річних режимів опадів та температури, але й вивчення між- та внутрішньосезонних характеристик, а також представлення цих змінних на основі функції щільності ймовірності в порівнянні зі спостереженнями. Вказана регіональна кліматична модель має досить гарну продуктивність при моделюванні різних типів клімату, що дає можливість більш детального прогнозування метеорологічних процесів в різних кліматичних умовах, що дуже важливо для оцінки майбутніх прогнозів клімату. Найбільш точні результати моделювання REMO показує саме в межах Європи, що робить цю модель найбільш прийнятною до використання саме в цьому регіоні. Хоча за результатами дослідження було виявлено, що в межах Європи спостерігається незначне завищення



температури повітря в літні місяці, та протягом року недооцінення умов вологості повітря (до 10%). Для глобального випромінювання модель переоцінює значення спостережень в основному влітку. А найкращі результати моделювання були виявлені при вивченні режиму опадів, оскільки прогнозовані дані за REMO практично співпадали з даними спостережень. Тому, високий рівень прогностичних можливостей забезпечує використання регіональної кліматичної моделі REMO в даному дослідженні [4].

## **1.2 Зміни режиму опадів та температури згідно сценаріїв зміни клімату A2 та A1B**

Для вивчення режиму опадів та температури була підготовлена інформація про гідрометеорологічні величини на 22 станціях спостереження, розташованих в межах території України, для трьох періодів дослідження – 1986–2005 рр., 2011–2030 рр. та 2031–2050 рр. При цьому формувались дані для двох сценаріїв зміни клімату – «жорсткого» A2 та «помірного» A1B.

Для більшої наочності назви пунктів дослідження та їх місцезнаходження представлені на рис. 1.2, який демонструє рівномірне розташування станцій по всій території України. Також на рис. 1.2 зазначені зони, що відповідають кліматично однорідним регіонам (КОР). Під кліматично однорідними регіонами розуміють території з однотипним характером не тільки температури, але й опадів і вітру з сумісним врахуванням їх режиму в тепле та холодне півріччя [5]. Для порівняльного аналізу розподілу температури та опадів для різних періодів та сценаріїв використовувались середньорічні значення температури та середньорічні суми опадів для однієї зі станцій в кожному КОР, тобто загалом досліджувались дані вказаних гідрометеорологічних величин в одинадцяти пунктах спостереження.

На рис. 1.3–1.8 представлений розподіл середньорічної температури та середньорічної кількості опадів для трьох двадцятирічних періодів дослідження та двох зазначених вище сценаріїв змін клімату.

Аналізуючи температурний режим можна відзначити, що подібний розподіл спостерігається в сусідніх кліматично однорідних регіонах, які займають північ та північний захід території України, і відповідають першому, другому, третьому та четвертому КОР. При цьому вказані регіони представлені станціями дослідження Сарни, Тернопіль, Щорс та Суми відповідно. Протягом 1986–2005 рр. в зазначених районах середньорічні значення температури повітря практично не змінюються за весь двадцятирічний період для сценарію зміни клімату A2. Подібна ситуація спостерігається й для сценарію A1B, коли на протязі проміжку часу 1986–2005 рр. температурний режим не відчуває істотних змін, хоча на ст. Щорс та

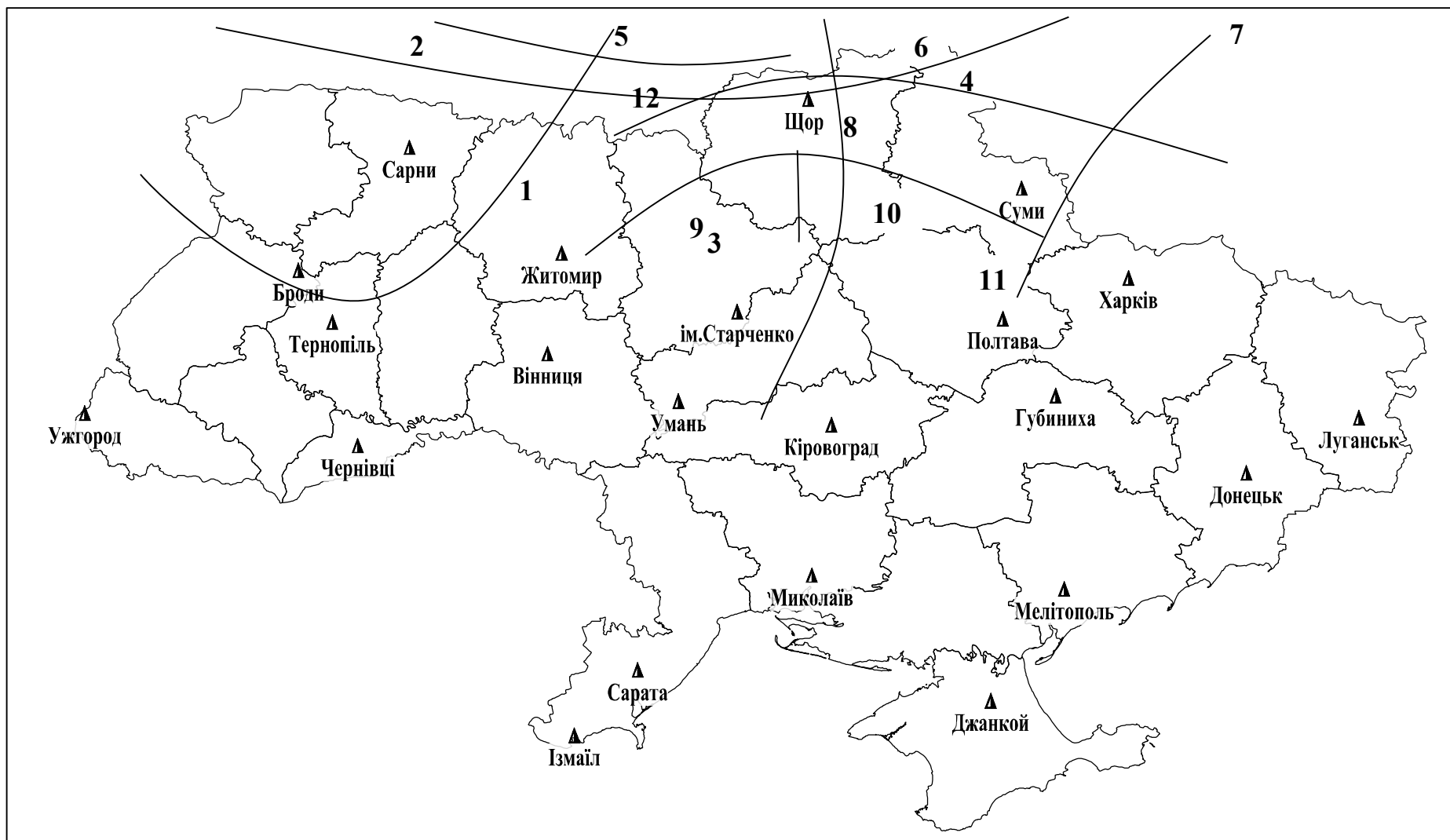


Рисунок 1.2 – Карта розташування пунктів дослідження та межі кліматично однорідних регіонів [1]

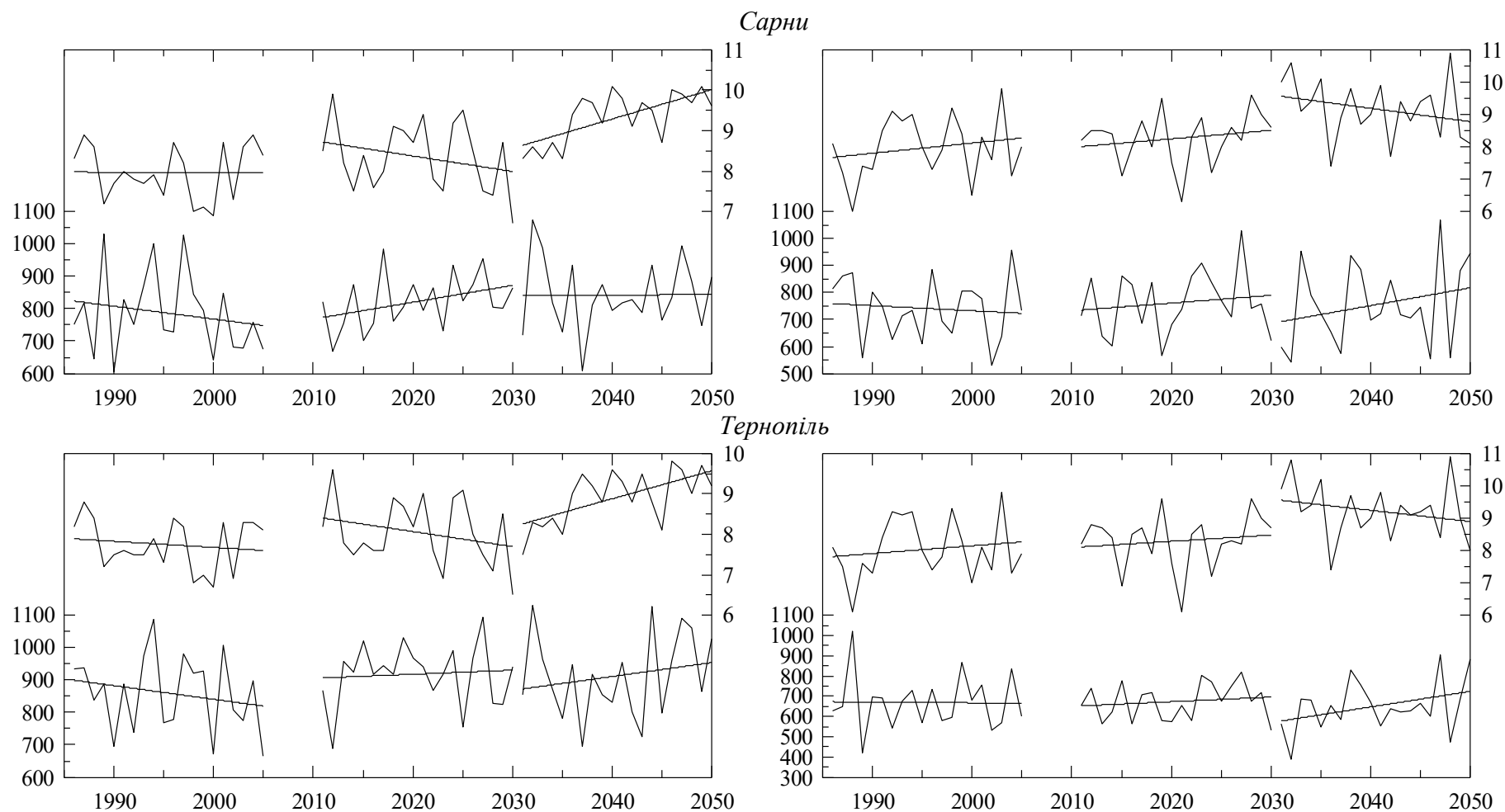


Рисунок 1.3 – Розподіл середньорічної температури повітря та річна сума опадів на ст. Сарни та ст. Тернопіль протягом періодів дослідження для сценаріїв зміни клімату A2 (зліва) та A1B (справа)

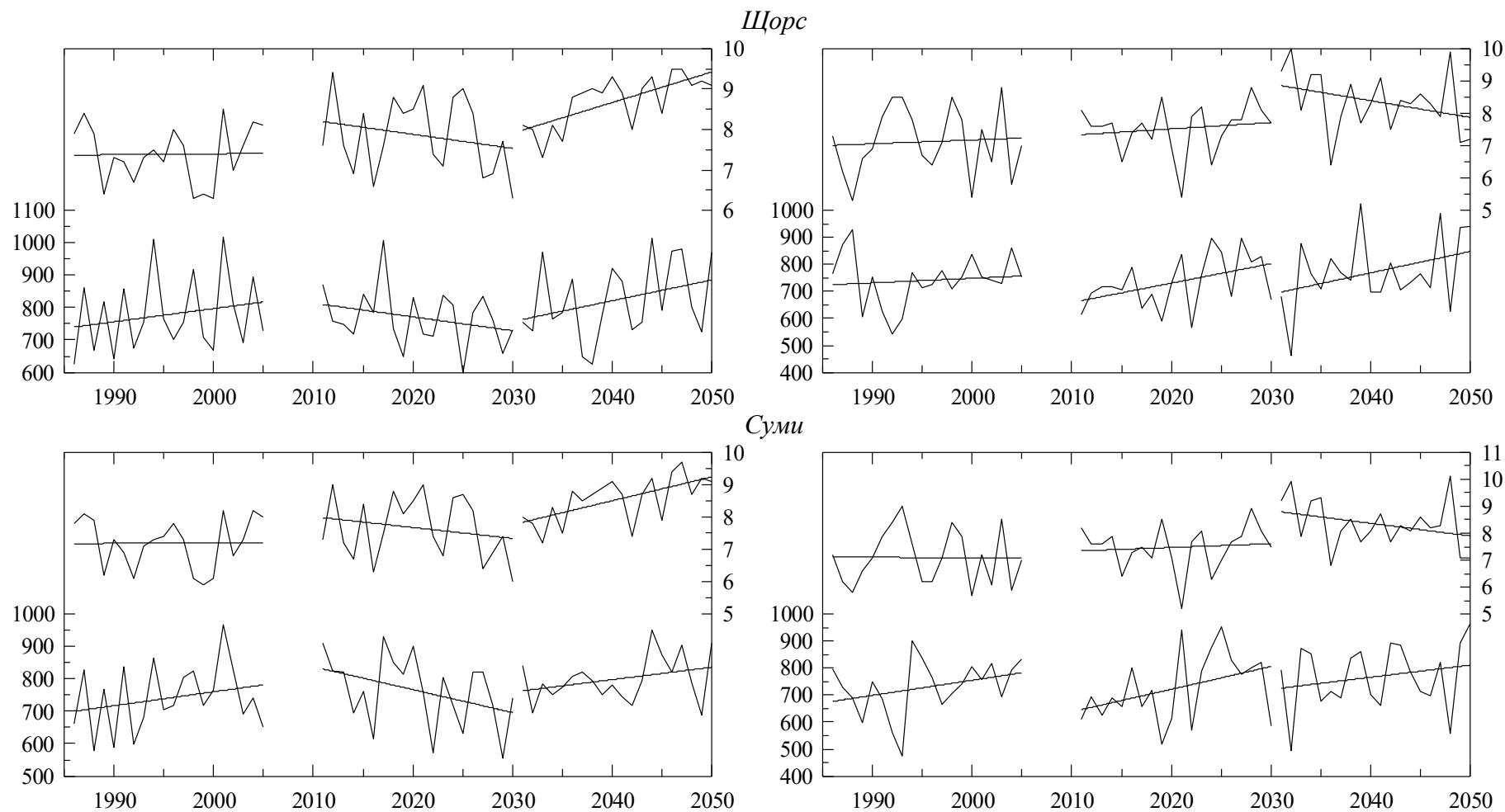


Рисунок 1.4 – Розподіл середньорічної температури повітря та річна сума опадів на ст. Щорс та ст. Суми протягом періодів дослідження для сценаріїв зміни клімату A2 (зліва) та A1B (справа)

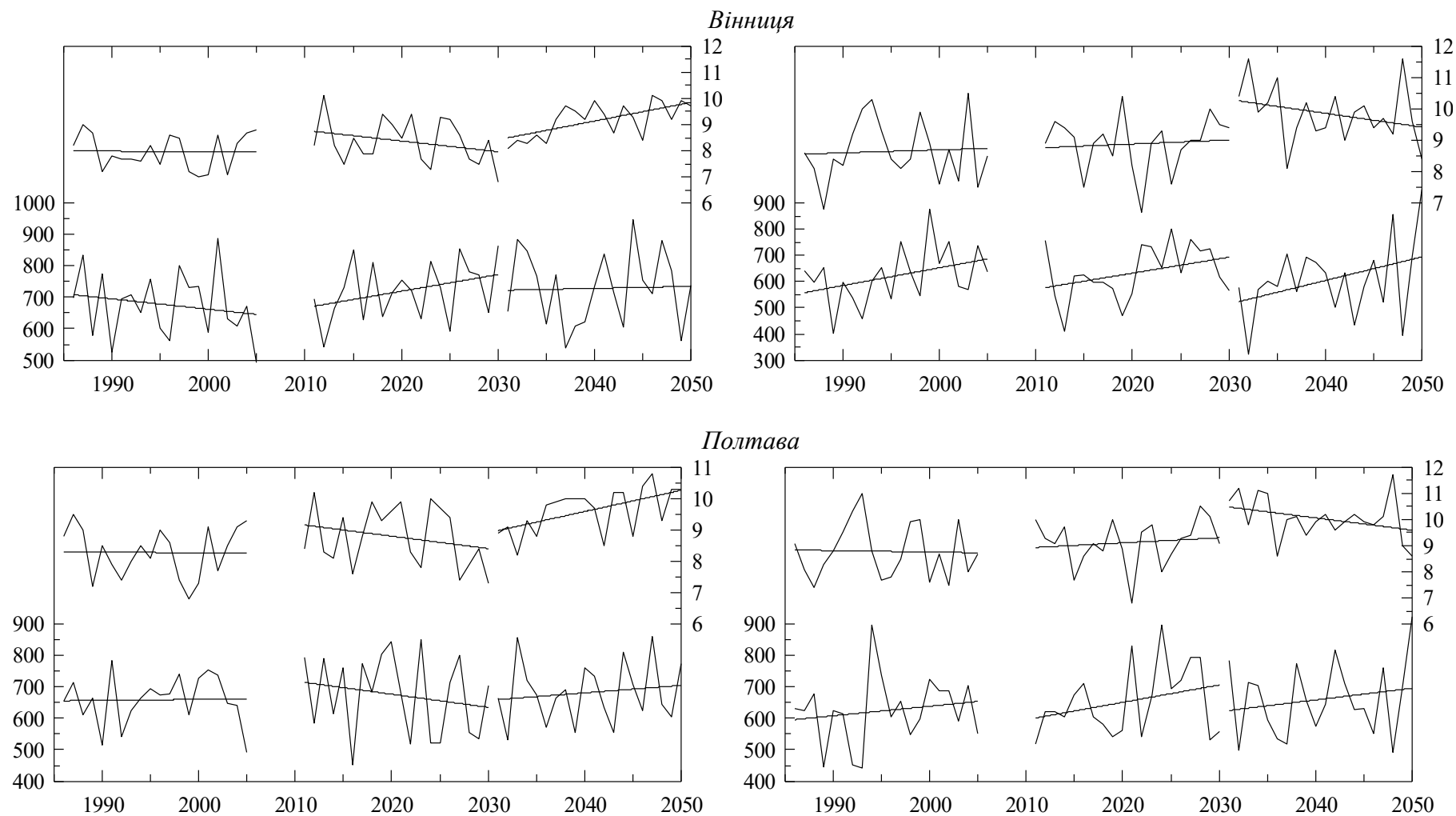


Рисунок. 1.5 – Розподіл середньорічної температури повітря та річна сума опадів на ст. Вінниця та ст. Полтава протягом періодів дослідження для сценаріїв зміни клімату А2 (зліва) та А1В (справа)

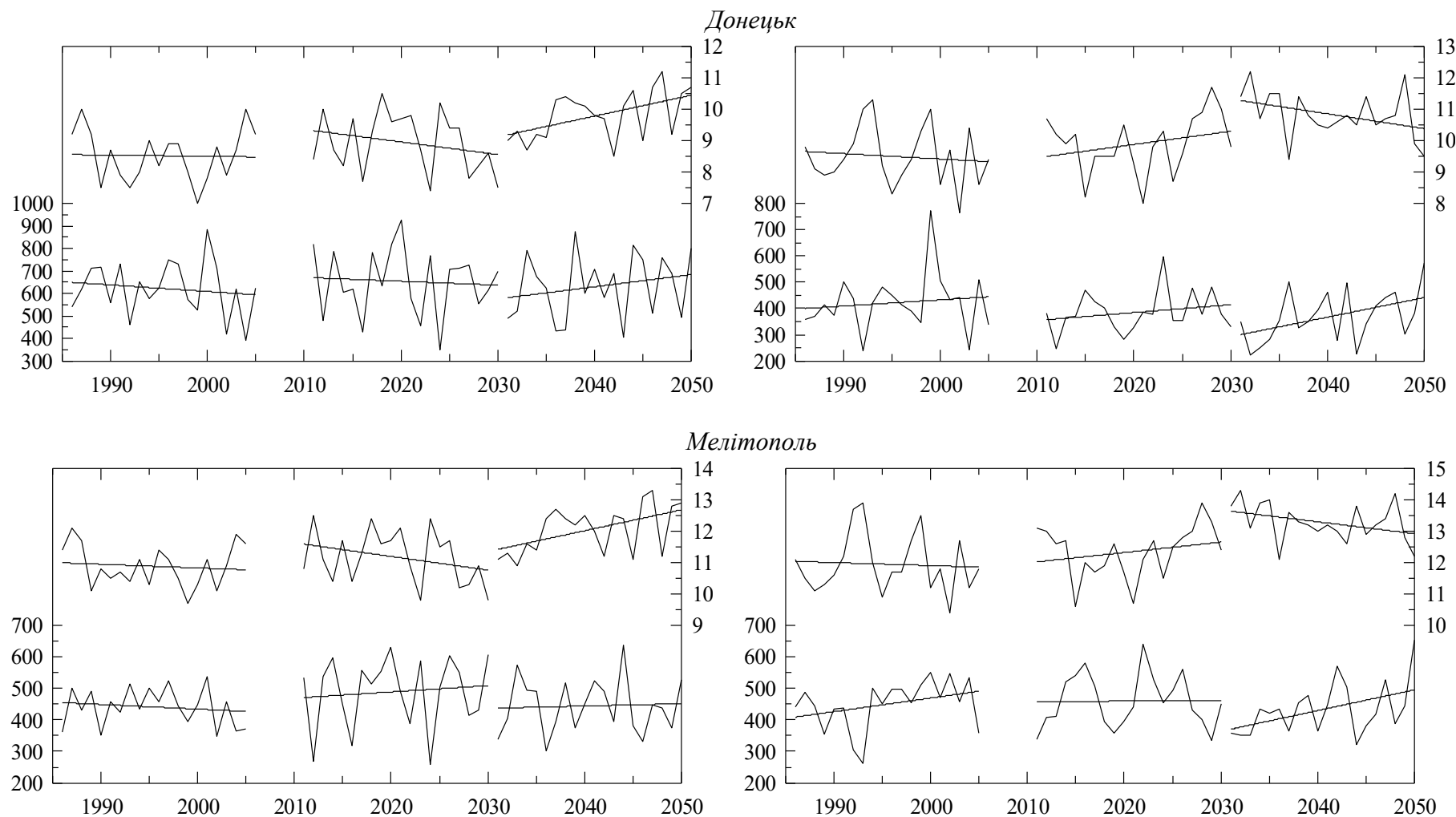


Рисунок. 1.6 – Розподіл середньорічної температури повітря та річна сума опадів на ст. Донецьк та ст. Мелітополь протягом періодів дослідження для сценаріїв зміни клімату A2 (зліва) та A1B (справа)

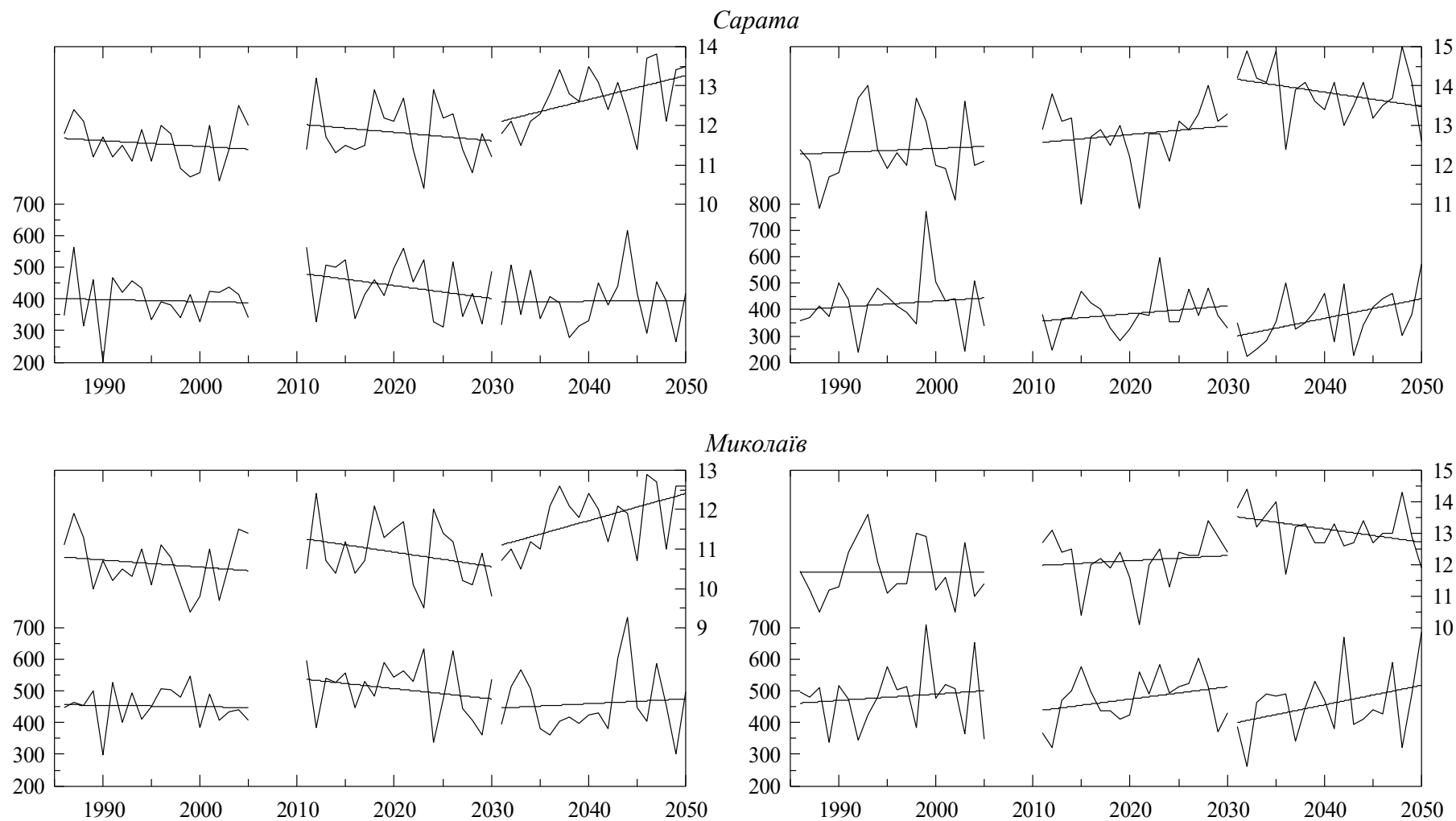


Рисунок. 1.7 – Розподіл середньорічної температури повітря та річна сума опадів на ст. Сарата та ст. Миколаїв протягом періодів дослідження для сценаріїв зміни клімату A2 (зліва) та A1B (справа)

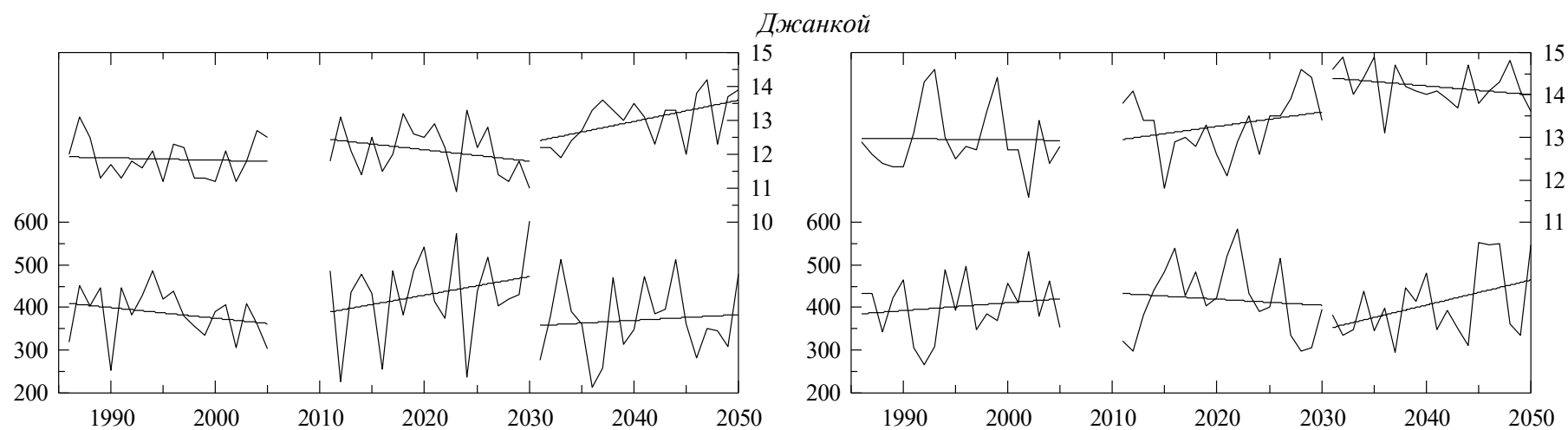


Рисунок 1.8 – Розподіл середньорічної температури повітря та річна сума опадів на ст. Джанкой протягом періодів дослідження для сценаріїв зміни клімату A2 (зліва) та A1B (справа)



ст. Тернопіль зафіксоване незначне зростання температури до кінця періоду (рис. 1.3–1.4).

Для більш детального дослідження були розраховані середні значення температури за 20 років (табл. 1.1), які показують, що ці величини протягом всього періоду для вказаних КОР істотно не відрізняються й знаходяться в межах 7,1 - 8,0 °С.

Абсолютно інша ситуація спостерігається для першого, другого, третього та четвертого кліматично однорідного регіону протягом 2011–2030 рр., оскільки в цей час значення середньої температури за двадцятиріччя очікуються значно вищі, ніж в попередній період. Так, наприклад, якщо для ст. Сарни на протязі першого періоду середнє значення температури становитиме 7,97 °С для сценарію А2 та 7,98 °С – для А1В, то за двадцятирічний період 2011–2030 рр. ці показники збільшаться до 8,36 °С та 8,26 °С відповідно до сценаріїв (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Середньорічна температура повітря за періоди дослідження для сценаріїв зміни клімату А2 та А1В

№ КО Р	Пункт	Сценарій А2			Сценарій А1В		
		1986-2005	2011-2030	2031-2050	1986-2005	2011-2030	2031-2050
1	Сарни	7,97	8,36	9,33	7,98	8,26	9,17
2	Тернопіль	7,75	8,05	8,92	8,04	8,30	9,23
3	Щорс	7,39	7,87	8,71	7,13	7,53	8,37
4	Суми	7,19	7,66	8,54	7,10	7,48	8,35
5	Вінниця	7,98	8,36	9,18	8,66	8,89	9,84
6	Полтава	8,29	8,79	9,63	8,79	9,12	10,04
7	Донецьк	8,52	8,94	9,82	9,50	9,90	10,83
8	Мелітопол ь	10,89	11,18	12,05	11,95	12,34	13,28
9	Сарата	11,54	11,82	12,69	12,37	12,78	13,83
10	Миколаїв	10,63	10,91	11,76	11,77	12,14	13,12
11	Джанкой	11,86	12,12	13,00	12,96	13,28	14,20

Слід також відзначити, що сценарій A2 матиме тенденцію на зменшення температури до кінця періоду, а A1B, навпаки, на незначне збільшення. Проте ще більші зміни на вказаних територіях температурний режим зазнає протягом періоду дослідження 2031–2050 рр., оскільки саме в цей час значення середньорічної температури повітря на станціях, що розташовані в північно-західній частині території України, будуть фіксуватись на рівні 8,3 - 9,3 °С, що майже на 1,5 - 2,0 °С вище ніж в перший період дослідження. Однак, якщо в середньому за 20 років значення температури для різних сценаріїв істотно не відрізняються, то в часовому розподілі існують суттєві відмінності – для «жорсткого» A2 буде реєструватись різке збільшення температури протягом всього періоду, а для «помірного» A1B поступове зменшення від початку 2031 р. до кінця 2050 р.

Особливий температурний режим мають території, що розташовані в центрі та на сході країни. Вони належать до п'ятого, шостого та сьомого кліматично однорідного регіону, а в даному дослідженні представлені станціями Вінниця, Полтава та Донецьк відповідно. Що стосується вказаних районів, то вони матимуть дещо вищі температурні показники, ніж регіони, що розглядались раніше. Також найменші значення температури в порівнянні між двадцятирічними періодами також зареєстровані на протязі 1986–2005 рр., а максимальні фіксуватимуться в період часу 2031–2050 рр. Розподіл температури в межах кожного періоду на вказаних станціях суттєво не відрізняється від розглянутих раніше. Також для 1986–2005 рр. та 2011–2030 рр. режим практично не буде змінюватись або спостерігатиметься несуттєве зменшення для A2 та збільшення для A1B, проте 2031–2050 рр. зазнають суттєвих змін. Оскільки згідно сценарію A2 прогнозується різке збільшення, а відповідно сценарію A1B – зменшення температурних показників в межах вказаних 20 років (рис. 1.5–1.6). Цікавим є той факт, що для центральних та східних регіонів України більш високий температурний режим слід очікувати за даними, прогнозованими за сценарієм «помірним» A1B, а не за «жорстким» A2, що можна простежити на прикладі станції Донецьк, коли різниці між середньорічними значеннями за двадцятирічні періоди становитимуть 0,98 °С, 0,96 та 1,01 °С відповідно (табл. 1.1).

Подібний часовий розподіл матимуть райони, що займають територію півдня України, де виділяють чотири кліматично однорідних регіони, три з яких знаходяться в своїй більшості межах Одеської, Миколаївської, Херсонської та Запорізької областей, і на території Автономної республіки Крим відмічається окремий КОР. Проте в даному випадку кожний регіон представлений однією станцією дослідження і це – Мелітополь, Сарата, Миколаїв, Джанкой, що відповідають восьмому, дев'ятому, десятому та одинадцятому КОР. Таким чином, можна відзначити, що саме в цих районах прогноуються максимальні величини температурних показників.

Абсолютний максимум серед усіх станцій очікується в пункті дослідження - Джанкой в період 2031–2050 рр., коли середньорічне значення

за двадцятирічний період прогнозується на рівні 13,0 °С, що на 1,14 °С більше ніж в період 1986–2005 рр., для сценарію А2 та 14,2 °С для сценарію А1В, що на 1,24 °С більше значення першого періоду та на 1,2 °С більше для аналогічного періоду сценарію А2. Часовий розподіл температурного режиму в межах періодів дослідження для кожної зі станцій істотно не відрізняється від розглянутих раніше, а більш високі температурні показники слід очікувати за можливого сценарію зміни клімату А1В.

Тож, підводячи підсумок вищезазначеного, можна зауважити, зміни температурного режиму на території матимуть нерівномірний характер. Найбільше підвищення температурних показників очікується протягом третього періоду дослідження, тобто 2031–2050 рр., при цьому під найбільшим впливом опиняться центральні та південні регіони України. Тим часом, максимальні зміни температурного режиму прогноуються у випадку розвитку сценарію А1В (рис.1.6–1.8).

Достатньо цікаві результати отримані при вивченні майбутніх змін режиму опадів для станцій спостережень, зазначених раніше. На графіках розподілу середньорічної температури та річної суми опадів вони приведені в нижній частині рисунка. Режим опадів, як і розглянутий вище режим температури повітря, має подібний розподіл в сусідніх кліматично однорідних регіонах.

Розглядаючи КОР, що знаходяться північних та північно-західних районах України, можна відзначити, що протягом першого періоду дослідження для сценарію А2 на ст. Сарни та ст. Тернопіль прогнозується тенденція на зменшення річної суми опадів до кінця часового проміжку, що розглядається. В той час на ст. Щорс та Суми очікується зростання річної суми опадів. В період 2011–2030 рр. на вказаних станціях ситуація абсолютно протилежна – в першому та другому КОР очікується збільшення річної кількості опадів, а в третьому та четвертому – зменшення. Проте в 2031–2050 рр. у всіх пунктах спостереження прогнозується тенденція на зростання суми опадів (рис. 1.3–1.4). Порівнюючи значення середньорічної суми опадів за двадцятирічні проміжки часу для станцій, розташованих в північно-західних регіонах країни, слід очікувати поступове збільшення кількості опадів від 1986 р до 2050 р. Так, наприклад, на ст. Сарни для першого періоду очікується в середньому 785 мм опадів за рік, тоді як в 2031–2050 рр. ця величина збільшиться на 57 мм, тобто становитиме біля 842 мм. Подібна ситуація буде й на інших станціях (табл. 1.2).

Порівнюючи результати отримані для сценарію А2 з даними А1В можна зауважити наступні суттєві відмінності, які в основному полягають в тому, що для сценарію А1В протягом усіх періодів дослідження очікується тенденція зростання річної суми опадів. Проте абсолютні величини середньорічної кількості в межах кожного двадцятирічного періоду для даної сюжетної лінії значно менші, ніж для сценарію А2, що добре простежується на прикладі ст. Тернопіль (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Середньорічна кількість опадів за періоди дослідження для сценаріїв зміни клімату А2 та А1В

№ КОР	Пункт	Сценарій А2			Сценарій А1В		
		1986- 2005	2011- 2030	2031- 2050	1986- 2005	2011- 2030	2031- 2050
1	Сарни	785,86	822,73	842,06	740,98	762,34	754,88
2	Тернопіль	859,46	918,55	913,14	669,08	674,07	651,01
3	Щорс	778,67	769,16	824,47	741,02	732,43	772,83
4	Суми	740,94	763,38	799,74	729,88	726,18	768,52
5	Вінниця	676,77	722,13	728,75	622,20	635,26	608,82
6	Полтава	659,01	674,92	682,45	624,98	653,90	660,70
7	Донецьк	621,88	653,40	632,46	568,94	575,81	572,50
8	Мелітополь	441,19	490,16	444,63	450,20	459,97	433,22
9	Сарата	395,06	440,74	393,35	422,01	385,75	370,62
10	Миколаїв	452,72	506,49	461,18	481,80	476,87	459,89
11	Джанкой	385,94	431,15	370,36	402,75	418,79	408,65

Так, для періоду 1986–2005 рр. різниця між середньорічною сумою опадів для сценаріїв А2 та А1В становить понад 190 мм, для 2011–2030 рр. – 244 мм, для 2031-2050 рр. – 262 мм. При цьому слід зауважити, що серед усіх регіонів саме на заході України в другому кліматично однорідному регіоні, що представлений станцією Тернопіль, очікується максимальна річна сума опадів за даними сценарію А2 в третьому періоді дослідження.

Режим опадів, який в майбутньому очікується в центральних та східних областях України також має свої характерні особливості. Зокрема, для станцій дослідження, розташованих у вказаних районах, для першого періоду середня кількість опадів згідно сюжетної лінії А2 становитиме близько 650 мм, що на 150-200 мм менше ніж в північних та західних регіонах. Для другого періоду на всіх станціях ця кількість дещо збільшиться. Зростання сумарної річної кількості опадів для ст. Вінниця та ст. Донецьк прогнозується й протягом 2031–2050 рр., на відміну від ст. Полтава, де

очікується незначне зменшення середньорічної суми опадів. Що стосується сценарію A1B, то як і в попередніх КОР, в п'ятому, шостому та сьомому кліматично однорідних регіонах протягом усіх трьох двадцятирічних періодів прогнозується тенденція зростання річної суми опадів (рис. 1.5–1.6). Кількість опадів між проміжками часу, що розглядаються, розподіляється практично рівномірно. А при порівнянні даної сюжетної лінії з A2 виявлено, що хоч за даними A2 й для цих регіонів очікується більша кількість опадів, проте різниця між величинами A2 та A1B не така суттєва як в північно-західних КОР і становить, наприклад, для ст. Полтава 34 мм – для 1986–2005 рр., 21 мм – для 2011–2030 рр., 22 мм – для 2031–2050 рр. (табл. 1.2).

Найбільш цікавими виявились результати досліджень, отримані в кліматично однорідних регіонах, розташований в південних регіонах України. Аналізуючи рис. 1.6–1.8, де представлений розподіл середньорічної кількості опадів на ст. Мелітополь, Сарата, Миколаїв, Джанкой, можна відзначити, що саме для вказаних КОР прогнозується найменша сума річних опадів серед усіх регіонів країни як для сценарію A2, так і для A1B. Абсолютний мінімум зволоження очікується в АР Крим, коли середня річна сума опадів за період 2031–2050 рр. для A2 не перевищуватиме 370 мм. Розглядаючи часовий розподіл в межах кожного періоду дослідження, можна зауважити, що для сценарної групи A2 в кожному двадцятиріччі очікується рівний хід показників опадів, і лише в 2011–2030 рр. можлива тенденція на незначне зменшення, хоча середньорічні значення за вказане двадцятиріччя дещо вищі ніж за два інші. Графіки розподілу для сценарію зміни клімату A1B показують прогнозовану тенденцію росту суми опадів в межах кожного періоду, що вивчається. Цікавим являється також той факт, що на відміну від усіх розглянутих раніше регіонів, де найбільші значення середньорічної кількості опадів прогнозувались за даними A2, для восьмого, дев'ятого, десятого та одинадцятого кліматично однорідного регіону максимумами зволоження очікуються за прогнозованими значенням для сценарію A1B.

Також є ймовірність того, що найбільше опадів буде в перший (1986–2005 рр.) або другий (2011–2030 рр.) період, а не на 2031–2050 рр., як в усіх інших випадках.

Таким чином, з отриманих результатів можна зробити висновок, що режим опадів в найближчі декілька десятиріч буде зазнавати значних змін. Як за сюжетною лінією A2, так і A1B для більшості регіонів України, за виключенням південних, очікується збільшення річної суми опадів до 2050 року. Найбільша кількість опадів очікується в західних областях країни, найменша – в південних та АР Крим, що може призвести до збільшення кількості посушливих явищ. За сценарієм A2 більше опадів слід очікувати над північно-західними регіонами, а за сценарієм A1B – над південними.

### 1.3 Зв'язок посух в Україні з блокуючими процесами в атмосфері

Засуха є одним з найнесприятливіших погодних явищ, яке може не тільки впливати локально на формування врожаю сільськогосподарських культур, але й, загалом, на економічну стабільність окремих країн і цілих регіонів. Дослідження показують, що на півдні Східної Європи синоптичні умови для формування засух починають створюватися вже наприкінці зими й навесні [6-8]. Антициклонічний характер циркуляції в помірних широтах є характерним для квітня і травня, що відіграє визначальну роль у високій повторюваності і тривалості бездощових періодів, які є основою для формування посух в подальшому. У весняно-літній період посухи на півдні Східної Європи зазвичай розвиваються за умов розвитку в атмосфері регіону високого, стаціонарного антициклону, якій порушує зональне перенесення в атмосфері і може відповідати синоптичним умовам блокування [9]. Дефіцит опадів при цьому формується в результаті комплексу чинників, а саме, зсув основних траєкторій циклонів та їх зон опадів, адіабатичне прогрівання середніх шарів тропосфери у висотному антициклоні, радіаційне прогрівання і висушування повітряних мас у поверхні землі.

#### 1.3.1 Загальні відомості та визначення атмосферного блокування

Численні дослідження в області вивчення циркуляційних особливостей атмосфери під час тривалих та інтенсивних посух, що виконувалися різними авторами синоптичними та кількісними методами, дозволили скласти певну картину, яка відображує структуру тропосферного поля тиску та потоків повітря, та може бути описана за допомогою синоптичних критеріїв блокування або індексів блокування [9-10].

Синоптичні методи базуються на основі аналізу взаємного розташування зони конвергенції потоку і осередків ізалогіпс на картах АТ-500 і ВТ-500/1000 та врахуванні 3-4-місячної циклічності реперних процесів антициклогенезу. За результатами досліджень блокуючих процесів виділено три основних типи синоптичних процесів при блокуванні, залежно від конфігурації висотного гребеня і траєкторії приземного антициклону [9]. У будь-якому випадку, типовою ознакою блокування є розщеплення зонального потоку на дві гілки, які огинають „блок” по південній та північній периферії, а потім обидві гілки знов зливаються до одного потоку. Перша форма блокуючих процесів характеризується розщеплюванням західного потоку на дві гілки, які обтікають структуру висотного баричного поля у вигляді „диполя” (на півночі – антициклон, на півдні – циклон). У поверхні землі розташовується малорухливий антициклон, що повільно зміщується в процесі блокування по петлеподібній траєкторії. Друга форма блокування характеризується наявністю висотного, меридіонально орієнтованого

гребеня. У поверхні землі синоптичні процеси мають чітко виражену меридіональність. Формування та тривале існування такого гребеня часто пов'язано з субтропічним максимумом, наприклад, з азорським антициклоном для процесів блокування над Європою. Третя форма блокування характеризується омега-подібною формою висотного гребеня, якій має велику протяжність у зональному напрямі, ніж у попередньому випадку. У поверхні землі антициклони повільно переміщуються в східному напрямі. Характерною особливістю блокуючих антициклонів всіх типів є їх безперервна регенерація, яка обумовлена надходженням холодних мас повітря, як правило, в тилу циклонів, що зміщуються по східній периферії висотного гребеня. При цьому може відбуватися формування нових теплих ядер високого тиску на західній периферії блокуючої системи.

Окрім структури висотного термобаричного поля, в синоптичній практиці для визначення процесу блокування враховують історичну послідовність процесу, тривалість існування, яка за різними джерелами повинна становити не менше 3-10 діб, велику просторову протяжність та географічне розташування блоку в помірних та високих широтах. Синоптичні ознаки можуть бути використані й як прогностичні. Так, Калачикова В.С. [11] при аналізі блокуючих антициклонів над Сибіром у холодне півріччя показано, що за 2-3 дні до початку блокування відбувається встановлення диполя у полі аномалій висотного баричного поля, а саме, формування над північними районами осередку додатних ізаномал, а над південними – від'ємних.

З кінця 70-х років минулого століття основний напрям у дослідженні блокуючих процесів перейшов до пошуку об'єктивних методів виявлення блоків. Найбільш уживаними показниками (або індексами) блокування стали такі, що відображують існування малорухомого, високого антициклону чи гребеня або дипольну структуру поля геопотенціалу. На сучасному етапі розвитку метеорології немає як загальноприйнятого визначення процесу блокування, так й чисельного критерію, що його визначає. Лейєнас і Окленд [12-13] застосували різницю геопотенціальних висот ( $H$ ) між широтами 40 та 60° пн.ш. в Північній півкулі на рівні АТ-500 гПа для створення довготного індексу блокування  $I(\lambda)$

$$I(\lambda) = H_{40^\circ \text{ пн.ш.}}(\lambda) - H_{60^\circ \text{ пн.ш.}}(\lambda). \quad (1.1)$$

Довгота  $\lambda$  визначається як блокуюча, якщо одночасно задовольняються умови

$$\begin{aligned} I(\lambda) &< 0; \\ (I(\lambda-10) + I(\lambda) + I(\lambda+10)) / 3 &< 0. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Тібальді і Монтені в своїх дослідженнях помітили, що індекс Лейєнаса-Окланда може бути від'ємним за наявності відсічених висотних циклонів, що переміщуються до полюсу, але в дійсності процес не відповідає блокуванню

[14]. Для виключення такої ситуації було запропоновано розраховувати додатковий параметр, який вкупі з вже існуючим утворив індекс блокування Тибальді-Монтені. Згідно цієї методики, визначаються два типи градієнтів геопотенціальної висоти поверхні АТ-500 гПа - *GHGN* та *GHGS*, які щоденно розраховуються для кожної довготи. Градієнт *GHGS* пропорційний до компоненти зонального геострофічного вітру та є виміром інтенсивності зональної течії для кожної довготи, аналогічно індексу  $I(\lambda)$ . Градієнт *GHGN* уведений для того, щоб виключити неблоковані течії за наявності відсічених мінімумів північніше  $60^\circ$  пн.ш. Індекс Тибальді-Монтені виявився досі зручним для автоматизації процесу розрахунку на даних об'єктивного аналізу, що сприяло його популяризації в дослідженнях блокування атмосфери [10, 15].

Блокуючі процеси проявляються в атмосфері не тільки з певною періодичністю, але й зосереджені в локалізованих географічних регіонах. В одному з останніх фундаментальних досліджень по кліматології блокування в північній півкулі, виконаному Барріопедро та ін. [15], показано наявність двох основних секторів блокування в холодному сезоні – Євроатлантичний (з максимумом на  $10^\circ$  сх.д.) та Тихоокеанський (з максимумом на  $180^\circ$  сх.д.). Блоки концентруються в широтній смузі  $60-70^\circ$  пн.ш., але в Євроатлантичному регіоні є тенденція до зміщення положення блокувань південніше за  $60^\circ$  пн.ш., а в Тихоокеанському секторі – північніше цієї широти. В теплом сезоні Тихоокеанський максимум роздвоюється на дві смуги – близько  $120^\circ$  сх.д. та  $150^\circ$  зх.д. Аналогічна ситуація складається в Євроатлантичному регіоні – два райони локалізуються близько  $10^\circ$  зх.д. та  $30^\circ$  сх.д. Звертає увагу той факт, що з цих знайдених зон блокування три розташовані на межі океан-континент, і лише один всередині континенту на межі Європи та Азії. В холодний період року максимальна повторюваність блокування зосереджена над океанічними поверхнями, в теплий сезон спостерігається зміщення цих осередків в напрямку до полюсу та на межу океан-континент.

Порівняння результатів авторами цього дослідження з попередніми показало, що хоча, в цілому, влітку спостерігається зменшення кількості процесів блокування, частота блокування суттєво зросла над сходом Європи та заходом Азії, що дозволяє говорити про появу третього центру блокування в північній півкулі. На часту повторюваність антициклонічних центрів над Східною Європою та Україною, зокрема, вказано в дослідженні Мартазинової та ін. [16-17], де в кліматичних приземних полях тиску знайдено пересування на схід протягом ХХ століття основних антициклонічних центрів дії атмосфери, внаслідок чого над даним регіоном в еталонних полях простежується антициклон або розвинутий гребінь в усі сезони року.

Наприкінці ХХ - початку ХХІ століття на території Європи, як показано в [18-19], максимум блокуючих ситуацій спостерігався над



районами Прибалтики, а також Уралом. Середня тривалість блокування становила 6-7 діб, при цьому найбільша кількість блокуючих ситуацій при найдовшій тривалості відмічалася влітку. Найбільшою кількістю блоків за розглянутий період (1998-2008 рр.) були відмічені 2003 та 2006 рр., хоча в наступному 2010 р. став одним з найвидатніших по тривалості та інтенсивності блокуючих процесів в поточному столітті [20-21]. Посуха влітку 2010 р. на Європейській території Росії була аналогічною тій, що охопила ті ж території в 1972 р. Порівняльний аналіз циркуляційних умов в 2010 та 1972 рр. показав наявність спільних рис, пов'язаних з блокуючими процесами [22]. В обох випадках в Північній півкулі тривалість блокуючих процесів була більша за середню, в теплий сезон переважали вторгнення арктичного сухого повітря, яке, прогріваючись, підтримувало існування антициклонічних утворень у поверхні Землі тривалий час. Більш того, в сучасний період (1998-2013 рр.), як показано в [23], спостерігається загальне підвищення тривалості та одночасного формування блокуючих процесів – 3-4 на півкулі порівняно з 2-3 процесами в 60-ті роки ХХ століття. Оскільки блокування супроводжується посиленням міжширотного обміну повітряними масами, збільшення сумарної кількості та тривалості блокуючих процесів може бути одним з факторів сучасної стабілізації глобальної температури.

### 1.3.2 Просторова структура блокування при посухах в Україні

Відомо, що на півдні Східної Європи посухи найчастіше розвиваються при високій повторюваності східної форми циркуляції (Е) за класифікацією Вангенгейма у весняно-літній період [7,24]. Напередодні початку посушливого періоду, як правило, значну повторюваність мають високі і поширені антициклони, які стаціонують в різних частинах Європи та призводять до зміни зонального перенесення в атмосфері на меридіональний, внаслідок чого основні шляхи циклонів та їх зон опадів пролягають північніше або південніше континентальної Європи. Антициклональний характер циркуляції в помірних широтах, в цілому, є характерним для квітня та травня, що визначає високу повторюваність та тривалість бездощових періодів, які впливають на встановлення річного мінімуму відносної вологості повітря та опадів. Звичайно, ці показники можуть посилюватися завдяки утворенню стаціонарних або блокуючих антициклонів.

Для оцінки просторово-часової структури блокування атмосфери під час посух в Україні були використані дані каталогу весняно-літніх посух [25], починаючи з 1948 р. та по 1986 р. Всього розглянуто 16 років, коли спостерігалися сильні посухи з поширенням на понад 30 % від площі території України протягом квітня-червня. В табл. 1.3 наведені основні відомості про посухи, а саме – площа охоплення посухою у відсотках від площі України, області, в яких спостерігались найнижчі значення ГТК.

Також в табл. 1.3 представлені дані по визначених центрах блокувань, які будуть розглядатися нижче.

Таблиця 1.3 – Характеристика весняно-літніх посух в Україні

Рік	Площа охоплення посухою, % [25]	Центр посухи, області України [25]	Найменші значення ГТК [25]	Центри блокування (градуси сх.д.)		
				квітень	травень	червень
1948	40	Херсонська, Дніпропетровська	0,5-0,6	30,0-32,5 10,0-12,0	35,0-42,5	37,5-42,5 62,5-67,5
1950	75	Дніпропетровська, Донецька	0,4-0,5	52,5-65,0	17,5-22,5	22,5-27,5 47,5-70,0
1951	50	Дніпропетровська, Одеська, Миколаївська	0,5-0,6	62,5-67,5	10,0-12,5	37,5-40,0 67,5-70,0
1954	52	Херсонська, Крим	0,4-0,5	10,0-20,0	10,0-27,5	35,0-42,5
1957	57	Херсонська, південь Криму	0,2-0,3	30,0-32,5	32,5-37,5	37,5-40,0 47,5-50,0
1959	62	Запорізька, Харківська, Луганська, Полтавська	0,5-0,6	10,0; 37,5	32,5-37,5	42,5-45,0
1963	57	Донецька, Запорізька	0,6-0,7	37,5-40,0	35,0-37,5	10,0-15,0 70,0-75,0
1964	51	Південь Житомирської, Херсонська	0,6-0,7	27,5-30,0	27,5-30,0 72,5-80,0	32,5-35,0 57,5-60,0
1967	37	Одеська, Миколаївська	0,6-0,7	50,0-52,5	32,5-35,0	27,5-32,5
1968	67	Запорізька, Херсонська, Дніпропетровська	0,2-0,3	22,5-27,5 62,5-65,0	37,5-40,0 10,0-12,5	10,0-15,0 37,5-40,0
1972	54	Запорізька, Луганська	0,5-0,6	10,0; 25,0	10,0-12,5	32,5-35,0 65,0-70,0
1975	52	Луганська, Донецька	0,4-0,5	35,0-37,5	32,5-35,0	20,0-25,0
1979	62	Луганська, Донецька, Херсонська, Запорізька	0,4-0,5	12,5-20,0 50,0-55,0	27,5-32,5	20,0-25,0
1981	41	Схід Дніпропетровської	0,5-0,6	10,0-12,0	32,5-35,0	62,5-65,0
1983	49	Кіровоградська, Одеська	0,4-0,5	45,0-50,0	32,5-35,0	77,5-80,0 30,0-32,5
1986	39	Кіровоградська, Запорізька	0,3-0,4	32,5; 52,5-55,0	27,5-32,5	20,0-22,5

Можна бачити, що в кожному десятилітті спостерігалось щонайменше три-чотири роки з весняно-літніми посухами. Особливо посушливим видався

період з кінця 50-х років та 60-ті роки минулого століття. У 1968 р. відмічена найсильніша посуха по площі охоплення та за значенням ГТК. Інтенсивні посухи також спостерігалися у 1950, 1959, 1970 рр. В 11 роках площа охоплення посухою перевищила 50 % території країни. Якщо розглядати центри посух, то найбільш часто такими виявляються степові області України – Одеська, Херсонська, Миколаївська, Запорізька, Донецька та Луганська. Доволі часто сильні посухи спостерігаються в Дніпропетровській та Кіровоградській областях і Криму. Інші області України в меншому ступені схильні до прояву сильної посухи.

Для аналізу блокуючих ситуацій над територією України був використана запропонована Лейснасом формула [26], яка пристосована для визначення індексів блокування у вузлах сітки

$$I(\lambda, \varphi) = H(\lambda, \varphi - 15) - H(\lambda, \varphi), \quad (1.3)$$

де  $H$  – значення геопотенціальної висоти  $H_{500}$ ;

$\varphi, \lambda$  – відповідно, широта та довгота вузла розрахунку.

Вузол сітки відноситься до блокуючого, якщо  $I(\lambda, \varphi) < 0$ . При цьому необхідно враховувати додатковий критерій, за якого західна складова геострофічного вітру у напрямку до полюсу від широти  $\varphi$  на довготі  $\lambda$  повинна бути  $\geq 15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Для розрахунку індексів блокування використовувалися дані реаналізу Національного центру передбачення клімату США NCEP-NCAR - поля геопотенціалу на рівні 500 гПа, взяті в області, окресленої координатами 10–80 ° сх.д. і 25–70 ° пн.ш. за весняно-літній сезон (квітень-червень) в роки з сильними посухами, зазначеними в табл. 1.3.

Спираючись на ті факти, що синоптичний період блокування звичайно перевершує 3 доби, а до сильних посух призводять тільки тривалі ситуації, що не сприяють утворенню опадів, в дослідженні використані осереднені за пентадами поля геопотенціалу. Якщо процес блокування стійкий та інтенсивний, він проявиться в будь-якій формі блокування в осередненому висотному баричному полі. Вважаємо, що це припущення також може дозволити використовувати формулу Лейснаса (1.3) без додаткової умови по швидкості вітру, адже при існуванні стаціонарної довгої хвилі меридіональний градієнт тиску (та, відповідно, швидкість вітру) найбільший на вершині висотного гребня [27]. Слід також зазначити, що індекс Лейснаса-Окланда пристосований для визначення блокуючих структур типу „диполя”, та в деякій мірі може враховувати „омегоподібний” гребінь (поява двох квазісиметричних осередків від’ємних значень індексу), але не виявляє розвинутих меридіональних гребенів. В кожному з 16 випадків посух індекси блокування були розраховані щопентадно, отримані середньомісячні поля

[28], аналіз яких дав змогу визначити картину районів блокування при посухах.

В квітні (рис. 1.9) найбільша кількість блокуючих ситуацій проявляється в широтній смузі 45,0-65,0 ° пн.ш. з максимумом вздовж 52,5-55,0 ° пн.ш. При цьому, район найбільшої частоти появи блокуючих ситуацій (понад 12 %) локалізований між 25,0 та 62,5 ° сх.д., тобто охоплює майже повністю територію України. На схід від 70 ° сх.д. блокуючих ситуацій не спостерігалось взагалі, а на захід від 25 ° сх.д. при невисокій повторюваності блокуючих ситуацій (до 12 %) відбувається зміщення їх на північ.

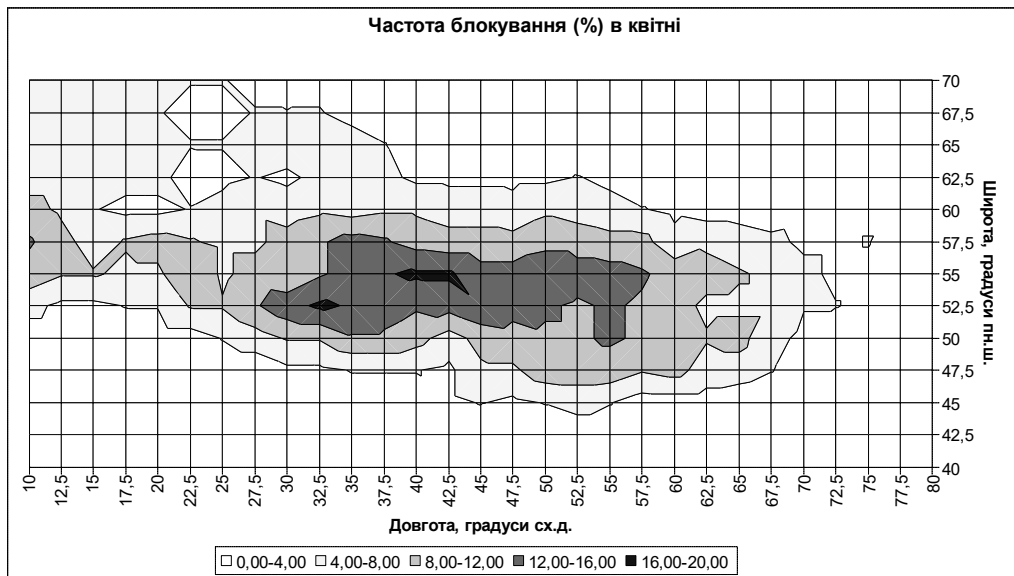


Рисунок 1.9 – Просторовий розподіл блокуючих ситуацій в квітні.

В травні загальна повторюваність блокуючих ситуацій значно зростає та максимум локалізується над територією України (рис. 1.10). Осередок найбільшої повторюваності (понад 25 %) знаходиться в області, окресленої координатами 22,5-47,5 ° сх.д. та 50,0-62,5 ° пн.ш. Як й в квітні, блокуючі ситуації не відмічаються східніше за 70 ° сх.д. Можна бачити, що над Західною Європою формується інший осередок блокування, пов'язаний з інтенсифікацією азорського антициклону.

В червні інтенсивність блокування в регіоні, що розглядається, послаблюється (рис. 1.11). Основний осередок зберігається в тих самих довготних межах, але слід звернути увагу на збільшення блокуючих структур на північ та схід від України, внаслідок чого максимум блокування спостерігається північніше території країни. Ця ситуація пов'язана із загальною перебудовою тропосферного баричного поля на літній тип, в якому сезонною особливістю є розвиток висотного гребня над континентом.

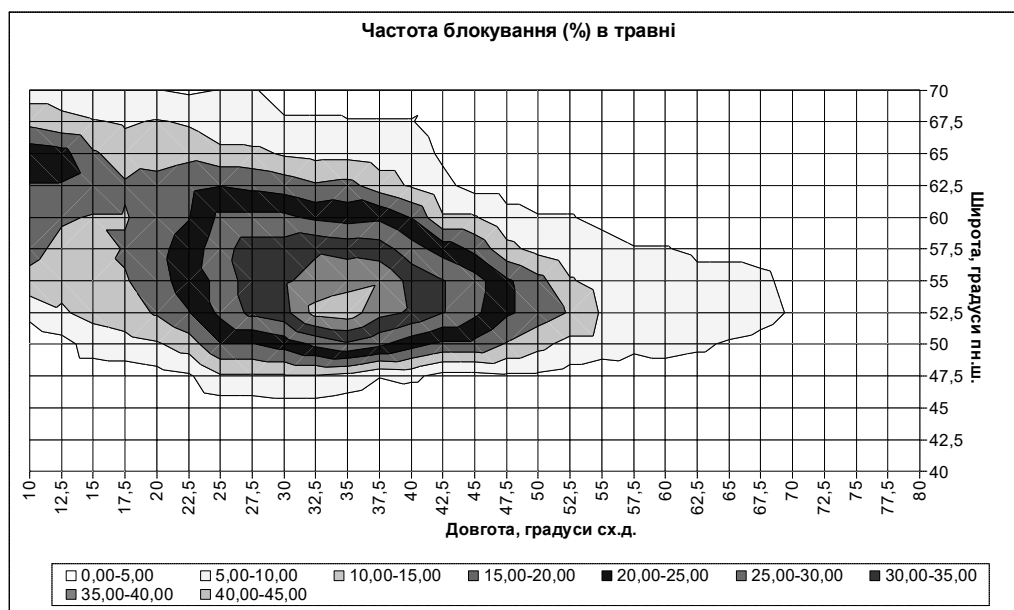


Рисунок 1.10 – Просторовий розподіл блокуючих ситуацій в травні.

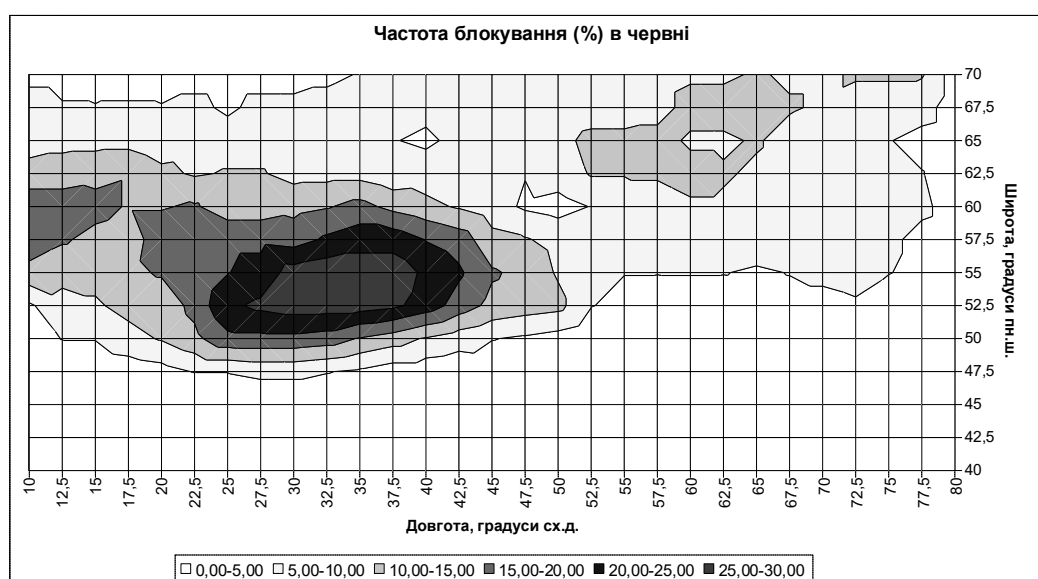


Рисунок 1.11 – Просторовий розподіл блокуючих ситуацій в червні.

Загальна картина розподілу блокуючих ситуацій за весняно-літній сезон має риси щомісячних блокувань та характеризується осередком максимальної повторюваності (понад 25 %) над північними районами України та центральними районами ЄТР (рис. 1.12).. Формування вторинного максимуму на захід від 10 ° сх.д. свідчить про те, що в посушливі сезони

режим регіональної циркуляції над Україною обумовлений антициклонічними процесами різного географічного походження, такими, як розвиток та поширення на континент гребня азорського антициклону або надходження в Східну Європу антициклонів скандинавського походження. Останні перетворюються на стаціонарні процеси завдяки інтенсивній трансформації арктичного повітря над прогрітим континентом, де формується позитивна аномалія температури повітря, що підтримує висотний гребінь в значній товщі тропосфери.

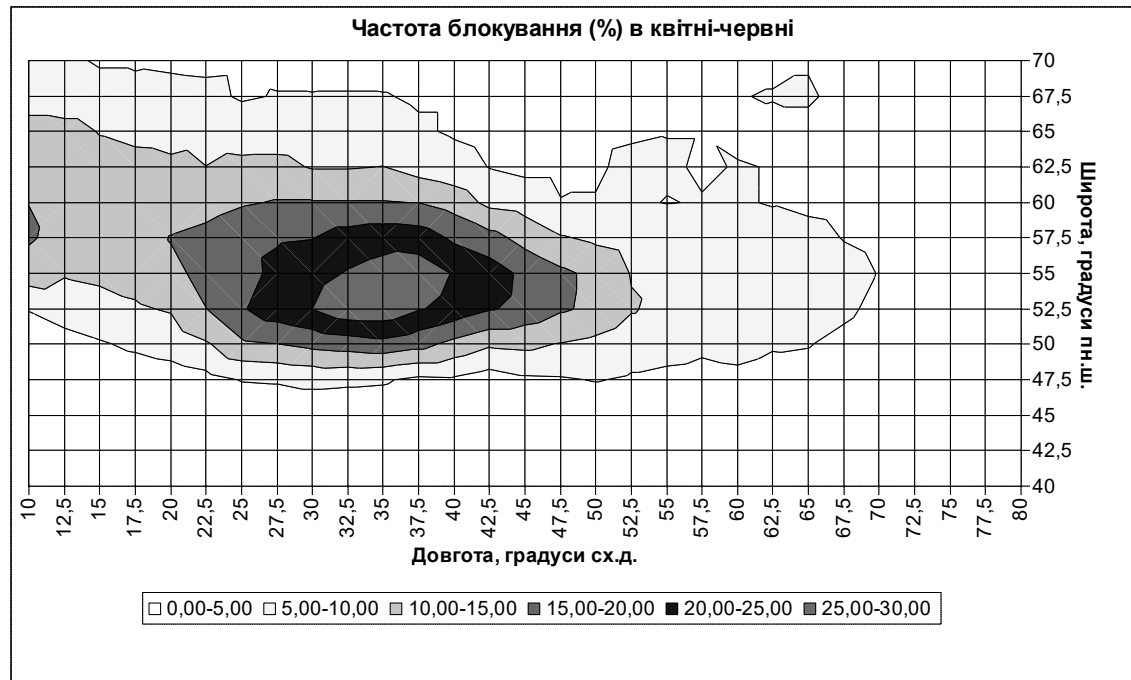


Рисунок 1.12 – Просторовий розподіл блокуючих ситуацій в квітні-червні.

Одночасне сезонне послаблення зональної циркуляції в Атлантико-Європейському регіоні дає змогу розвиватися меридіональним процесам над континентом, внаслідок чого найбільш частим є стаціонування меридіонального гребня над Східною Європою. В усіх місяцях сезону максимальна кількість блокуючих процесів спостерігається вздовж широти  $55^{\circ}$  пн.ш., яку можна в даному випадку вважати центральною для ситуацій з сильними посухами в Україні.

Розглянута структура поля просторового розподілу блокуючих процесів в регіоні є осередненою для всіх років з посухами, але, зрозуміло, що в цій виборці є весняно-літні сезони, що відрізняються від загальної картини в усіх або деяких місяцях, але при цьому в Україні спостерігалися посухи. Для локалізації районів блокування в кожному році була визначена сумарна повторюваність блокуючих ситуацій (кількість негативних індексів блокування) для кожної довготи регулярної сітки регіону дослідження та проведено кореляційний аналіз між отриманими рядами за 16 років кожного

з трьох місяців. Побудовані кореляційні матриці дозволили виявити схожі роки та ті, що відрізнялися від середньої структури розподілу індексів блокувань по довготах. Схожими за структурою блокування вважалися ряди з позитивним значимим коефіцієнтом кореляції (для 5 % рівня значимості).

На рис. 1.13 наведений розподіл індексів блокування по довготах за сезон в цілому та по окремих місяцях, осереднений по всіх роках зі значимими коефіцієнтами кореляції. Можна бачити, що сезонний центр блокування спостерігається на довготі  $35^{\circ}$  сх.д. (рис. 1.13, а). Частота блокування поступово зменшується на схід, на заході відмічається вторинний максимум на  $10^{\circ}$  сх.д. Тобто, в роки з сильними посухами в Україні найбільша повторюваність блокуючих структур спостерігається саме над центральною частиною країни, при цьому не можна виключати суттєвого впливу високої повторюваності блокуючих структур на заході.

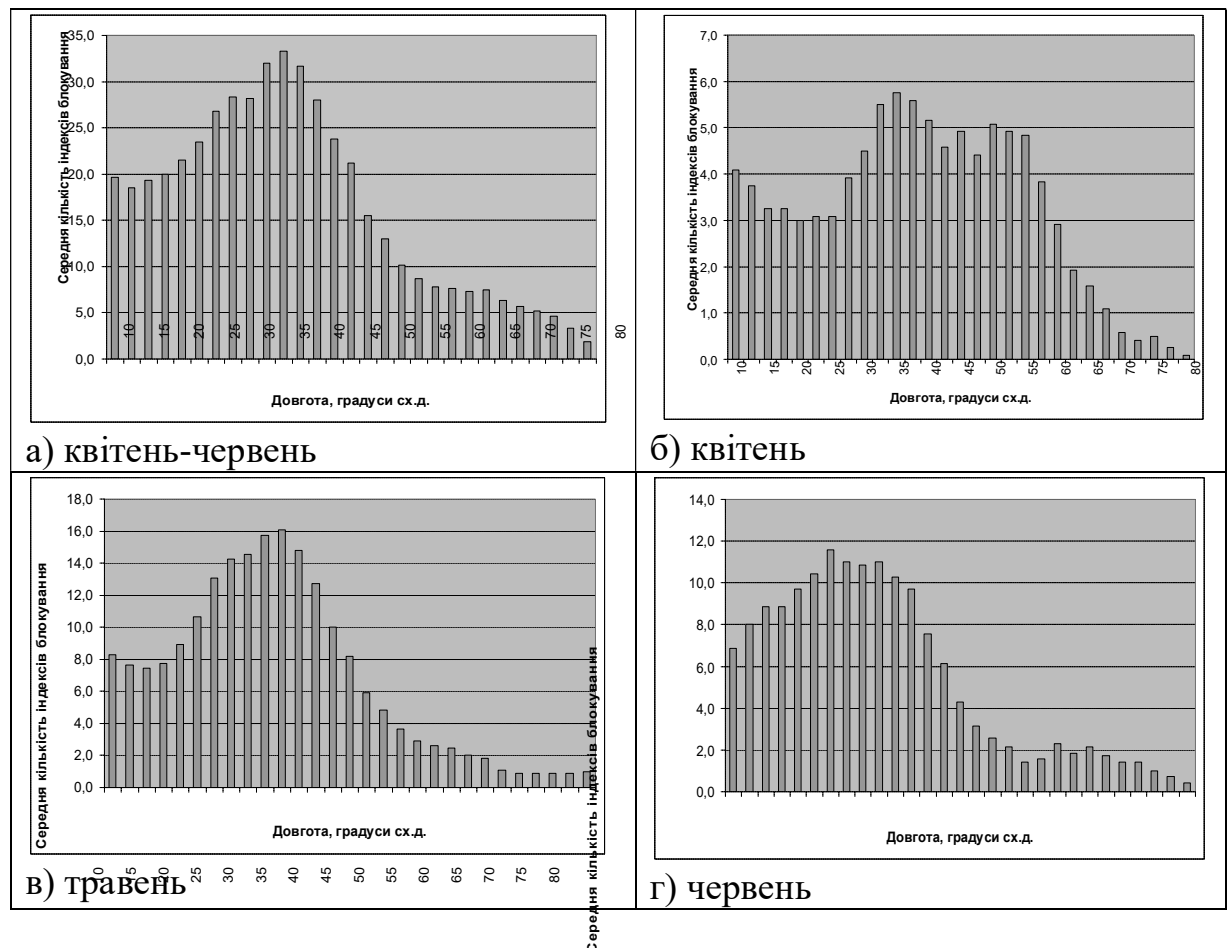


Рисунок 1.13 – Осереднений розподіл частот блокування в весняно-літньому сезоні (квітень-червень) при сильних посухах.

Побудований по 12 роках типовий розподіл частот блокування в квітні має основний чіткий максимум на довготах  $32,5-37,5^{\circ}$  сх.д. та більш слабкий,

вторинний на  $50-55^{\circ}$  сх.д. (рис. 1.13, б). На схід відбувається швидке зменшення повторюваності блокуючих структур, тоді як на крайньому заході відмічається ще один пік, пов'язаний з стаціонарними гребнями азорського походження.

Типовий розподіл блокуючих структур у травні по 11 рокам осереднення має максимум повторюваності на  $32,5-35,0^{\circ}$  сх.д., тобто безпосередньо над районами України (рис. 1.13, в). Повторюваність блокування швидко зменшується на схід, та має менш чіткий, порівняно з квітнем, другий максимум на заході.

У червні довготний розподіл блокуючих структур найбільш неоднорідний і змінюється рік від року, про що свідчить загальне зниження тісноти кореляційного зв'язку. В типовому розподілі, побудованому по 7 роках (рис. 1.13, г), основний максимум повторюваності блокуючих процесів лежить в межах території України ( $25,0-35,0^{\circ}$  сх.д.) та наголошується слабкий вторинний максимум в на довготі Уралу.

В табл. 1.3 наведені дані по розглянутих роках про довготні інтервали, що відповідають центрам блокування, при цьому за наявності двох центрів в певному місяці в першій строчці вказаний основний максимум, в другій – вторинний. В квітні в 9 роках центр блокування спостерігався в межах України (в довготному інтервалі  $25-40^{\circ}$  сх.д.). В 7 роках центри блокування розташовувалися на схід від  $40^{\circ}$  сх.д., в 6-ти – на захід від  $25^{\circ}$  сх.д. Квітень 1959 та 1972 рр. відзначилися слабкими процесами блокування в досліджуваному регіоні – максимальна сума блокуючих ситуацій на центральних довготах не перевищувала 6 випадків, на більшості довгот дорівнювала нулю. В травні більшість спостережуваних центрів блокувань – 12, знаходилася в межах території України. Один випадок блокування спостерігався на схід від  $40^{\circ}$  сх.д., а ще 5 випадків – на захід від  $25^{\circ}$  сх.д. В червні також 12 центрів блокувань знаходилися безпосередньо над територією країни, але значно підвищилася, порівняно з травнем, кількість подвійних центрів – в 9 роках з 16-ти. При цьому 10 центрів блокувань розташовувалися на схід від  $40^{\circ}$  сх.д., а 3 – на захід  $25^{\circ}$  сх.д. Таким чином, в усіх посушливих роках характер погоди визначався наявністю блокуючих структур безпосередньо над територією України, при цьому майже в половині сезонів відмічені два центра блокування – один над Україною, другий на схід або захід від неї. Якщо в квітні та, особливо, в травні другий центр доволі часто знаходився над Західною Європою, в червні починають посилюватися блокуючі процеси на сході (Урал та схід ЄТР). При порівнянні географічного положення центрів посухи та центрів блокувань (див. табл. 1.3) можна бачити, що при переважанні осередків блокування на захід та над центром країни посуха охоплює центральні та південні області. При переважанні східних процесів центри посухи зміщуються на східні області України. Низькою повторюваністю блокуючих структур відрізнявся травень 1951 р. та в меншому ступені 1950 р., що не виключає частого



переміщення рухомих антициклонів без порушення загального західного перенесення в атмосфері.

### 1.3.3 Стан зонального потоку під час блокування

Як вже відмічалось вище, найуживаніші індекси блокування Лейєнаса-Окланда та Тибальді-Монтені в деякій мірі відображують інтенсивність зональної течії в середній тропосфері через показник меридіонального градієнту тиску, але безпосередньо зональна компонента швидкості вітру не розглядається.

В якості динамічного показника стану зонального потоку, пов'язаного з виникненням блокуючих процесів в атмосфері, веб-ресурсом The IRI/LDEO Climate Data Library (<http://iridl.ldeo.columbia.edu>) пропонується експериментальний індекс блокування *EBI* (European Blocking Index), який розраховується за даними реаналіза NCEP-NCAR зональної компоненти вітру  $u$  на ізобаричній поверхні 300 гПа. Використовуються осереднені по пентадах поля у вузлах регулярної сітки з кроком  $2,5^\circ$  в Атлантико-Європейському регіоні, обмеженому координатами  $15^\circ$  зх.д. –  $25^\circ$  сх.д. і  $35$ – $55^\circ$  пн.ш. Позитивні значення *EBI* вказують на наявність блокування зональної течії, негативні - на посилення зонального перенесення відносно кліматичної норми, яка обчислюється за період 1971-2000 рр. Значення індексу близько  $\pm 1$  свідчать про екстремальні випадки стану повітряної течії.

Оскільки індекс *EBI* розрахований на застосування для районів Західної Європи, в східній частині Європейського континенту його використання є недоцільним. Тому був запропонований аналогічний індекс, названий Європейським континентальні індексом блокування *ECBI* (European Continental Blocking Index) [29], який розраховується в області, обмеженій координатами  $10$ – $60^\circ$  сх.д. і  $40$ – $60^\circ$  пн.ш., за формулою

$$ECBI = -\frac{\bar{u}_{pt}}{\bar{u}_{cl}} + 1, \quad (1.4)$$

де  $\bar{u}_{pt}$  - осереднене по площі регіону поточне пентадне значення зональної компоненти швидкості вітру на рівні 300 гПа;

$\bar{u}_{cl}$  - осереднене по площі регіону кліматичне значення зональної компоненти швидкості вітру (за базовим періодом 1981-2010 рр.).

Часовий хід обчисленого за формулою (1.4) пентадного індексу *ECBI* за період 1990-2013 рр. представлений на рис. 1.14. Можна бачити, що індекс зазнає чітко виражених коливань за часом. Періоди с екстремумами блокування наголошуються в 1991-1993, 1996, 2003, 2005, 2007 рр., при

цьому до 2000 р. коливання носили більш виражений характер, в наступний період амплітуда коливань дещо зменшилася.

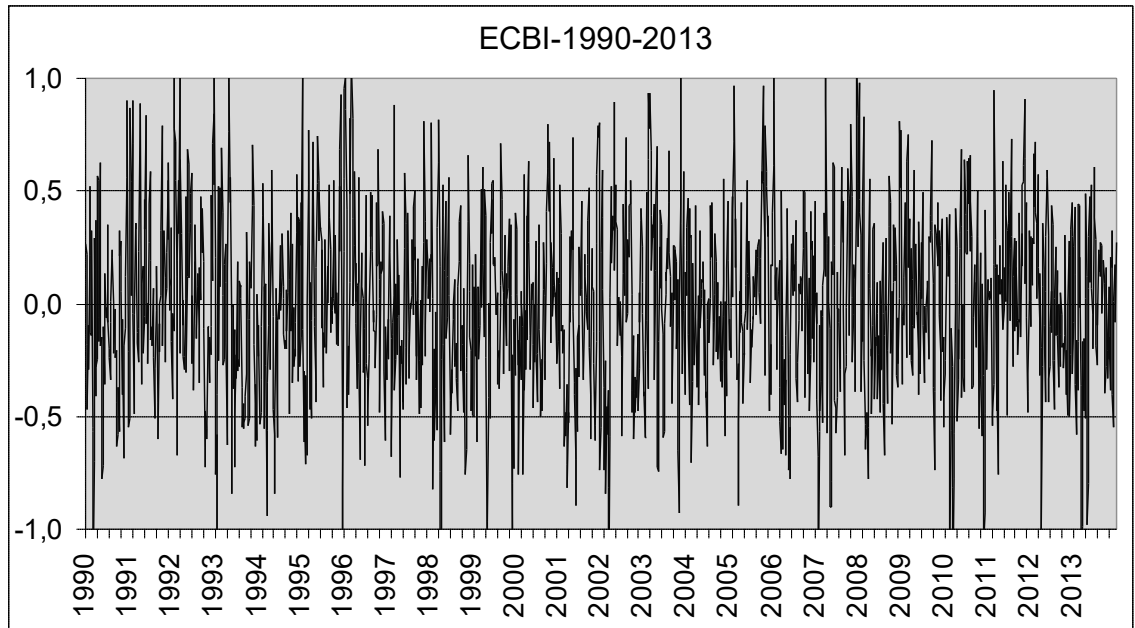


Рисунок 1.14 – Часовий хід індексу ЕСВІ за період 1990-2013 рр.

Детальний аналіз прихованих періодичностей в пентадному індексі за 6-ти річні часові проміжки часу показав, що можна виділити декілька значимих коливань в кожному з періодів. В 1990-1995 рр. та 2002-2007 рр. виділялися найдовші значимі коливання з періодом 10,6 місяців. В усіх часових проміжках найбільшу амплітуду мають квазісезонні коливання з періодом від 2,2 до 3,2 місяця, які можна вважати найбільш значимими для цього індексу. В період 2008-2012 рр. значимими були коливання з періодом близько 9 місяців. На усіх часових відрізках також простежуються відносно короточасні коливання з періодичністю близько 1,5-1,8 місяця.

Для середньомісячних значень *ЕСВІ* виявлено наявність значимих квазісезонних коливань з періодом від 2,4 до 3,8 місяця, піврічних коливань з періодом майже 7 місяців та коливань з періодом близько 10 місяців.

Спектральний аналіз *ЕСВІ* показав, що середній період коливання індексу складає 3,4 року, найбільш важливий пік - 2,1 року.

Таким чином, запропонований індекс блокування *ЕСВІ* зазнає періодичних коливань протягом року, переважно узгоджуючись з сезонним станом загальної циркуляції атмосфери. При цьому, на понад двадцятирічному періоді не виявлено довгоперіодних понадрічних коливань, які залежать від загальних геофізичних факторів.

Частота появи індексів певного знаку, або відповідних ситуацій блокування та посилення зонального перенесення в вегетаційний період важлива для оцінки умов формування врожаю сільськогосподарських

культур. Діаграми повторюваності місячних індексів *ECBI* в досліджуваний період по сезонах представлені на рис. 1.15.

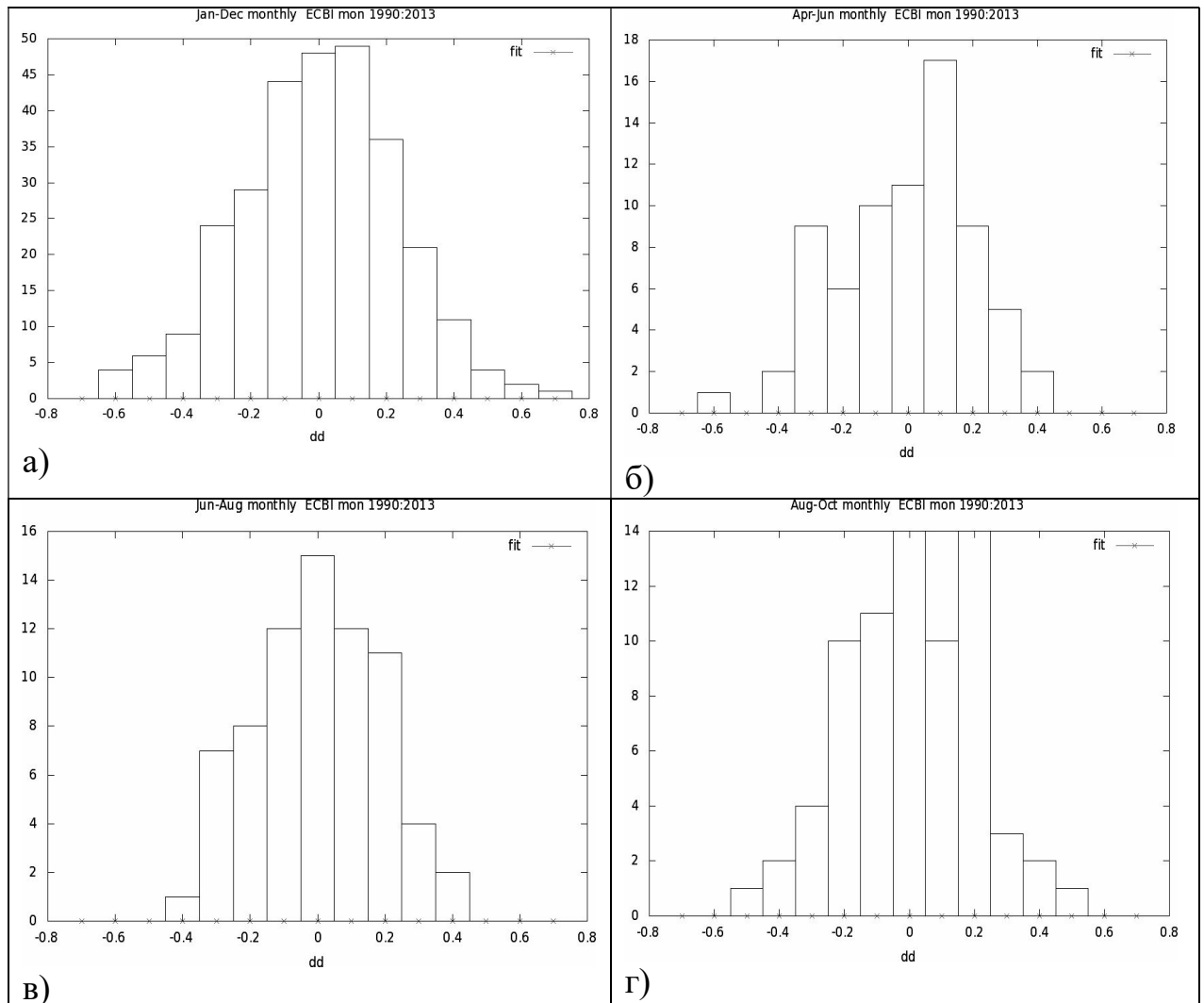


Рисунок 1.15 – Повторюваність місячних індексів *ECBI* протягом року та за окремі сезони вегетаційного періоду 1990-2013 рр.

Розподіл місячних індексів *ECBI* протягом року близький до нормального (рис. 1.15, а), з невеликою долею сумарного переважання від'ємних значень, що відповідають зональному стану регіональної циркуляції. Найбільшу ж повторюваність має градація малих додатних значень індексу (до 0,2), що відповідає слабким процесам блокування. Протягом окремих сезонів вегетаційного періоду картина дещо інша. В весняно-літній сезон (квітень-червень) переважання мають блокуючі ситуації, що свідчить про високу повторюваність меридіонального характеру циркуляції в цей сезон (рис. 1.15, б).

В літній період (червень-серпень) характер циркуляції загалом близький до кліматичного стану, розподіл індексів *ECBI* близький до нормального (рис. 1.15, в).

В літньо-осінній сезон (серпень-жовтень) знов починає переважати меридіональний характер циркуляції і збільшується частота блокування зональної течії (рис. 1.15, г). Як й навесні, в цей період підвищується, порівняно з літом, частота додатних індексів з максимальними значеннями. Тобто, ситуації порушення зональної течії в перехідні сезони більш інтенсивні та тривалі, ніж влітку. Переважання меридіонального типу циркуляції, як вже зазначалося, є одним з сприятливих факторів для утворення посух.

#### 1.3.4 Аномалії висотних полів тиску в період посух

Наявність блокуючого процесу та високі меридіональні індекси циркуляції в певному регіоні можуть вважатися необхідними умовами для реалізації процесу посухи, але достатньою умовою буде наявність антициклонічного поля, яке не сприяє утворенню опадів. Для ідентифікації антициклонічного процесу скористаємося характеристикою, яка відображує відносне перевищення (зниження) або аномалії геопотенціальних висот ізобаричної поверхні 500 гПа вздовж широтних кіл. Як показано в [30], така величина характеризує вихрову структуру нестационарного поля тиску і може бути використана для ідентифікації антициклонів (гребенів) та циклонів (улоговин) з наступною ідентифікацією блокуючих ситуацій за певних критичних умов.

Для обраних в дослідженні ситуацій з весняно-літніми посухами розрахунок аномалій проводився наступним чином. Для кожної пентади місяців, що розглядаються, за даними регулярної сітки були розраховані середні значення геопотенціальної висоти поверхні 500 гПа для кожної широти ( $\bar{H}_\varphi$ ) та визначенні в кожному вузлі ( $\varphi, \lambda$ ) відхилення (аномалії) висот  $\Delta H_{\varphi, \lambda}$ .

$$\Delta H_{\varphi, \lambda} = H_{\varphi, \lambda} - \bar{H}_\varphi. \quad (1.5)$$

Отримані пентадні поля аномалій були осереднені для кожного місяця для того, щоб отримати загальну картину розподілу циклонічних та антициклонічних структур і визначити райони з найбільшим відносним перевищенням геопотенціальних висот в кожному місяці. Було визначено географічне положення точок з найвищим додатним відхиленням в широтному поясі 40-70 ° пн. ш. та виділені довготи з найбільшим середнім вздовж довготи додатним відхиленням. Положення локального максимуму може вважатися центром блокуючого антициклону (центром блокування), якщо оцінювати щоденно з певними критеріями, як наприклад, в [30]. В нашому випадку отримаємо просторово-часовий розподіл центрів

підвищеного тиску як точок найбільшого перевищення геопотенціальних висот, що дає змогу оцінити можливі положення гребневих структур при формуванні посух в Україні. В графічному вигляді такий розподіл представлений на рис. 1.16 для кожного місяця окремо та сезону в цілому (сумарний). Слід зазначити, що в досліджуваній області могли спостерігатися один або два центри підвищених геопотенціальних висот, тому кількість точок в кожному місяці різна. За наявності двох центрів їх інтенсивність могла бути близькою або суттєво відрізнятися, в більшості випадків більш інтенсивним був західний максимум.

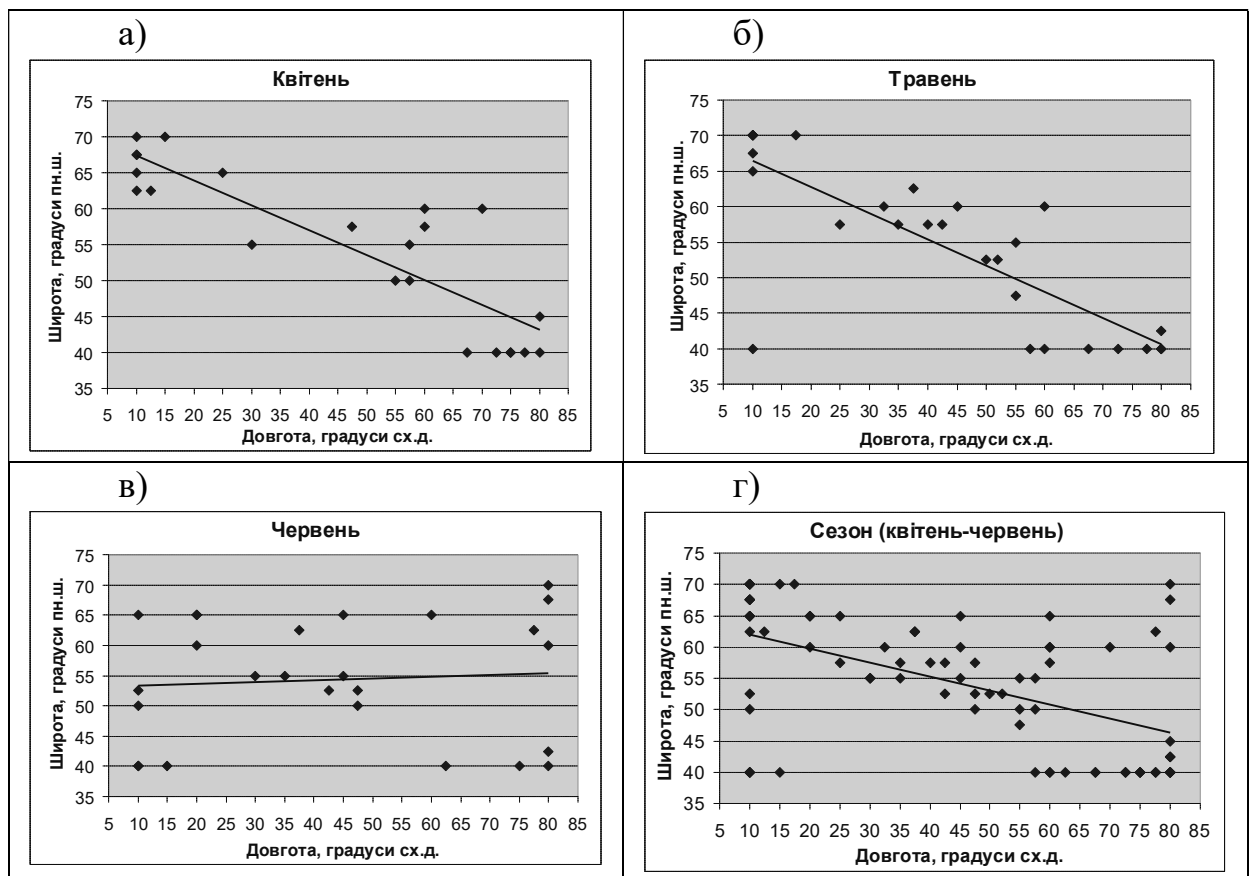


Рисунок 1.16 – Просторовий розподіл центрів позитивних аномалій геопотенціальних висот поверхні 500 гПа під час весняно-літніх посух.

В квітні та травні (рис. 1.16, а, б) розташування центрів аномалій має майже однаковий характер. В західній частині регіону гребеневі структури мають тенденцію розташовуватися на широтах північніше  $55^{\circ}$  пн.ш., далі на схід положення центрів аномалій поступово зміщується на південь, при цьому на схід від  $60-65^{\circ}$  сх.д. основна частина гребенів скупчена південніше  $45^{\circ}$  пн.ш. Між двома місяцями є суттєва відмінність – якщо в квітні на довготах в межах України кількість гребневих структур була мінімальною

порівняно з прилеглими областями, то в травні, навпаки, майже третина центрів позитивних аномалій зосереджена на довготах  $25-45^{\circ}$  сх.д., що вказує на підвищення повторюваності висотних антициклонічних полів в цей період над Україною.

В червні (рис. 1.16, в) розподіл центрів позитивних аномалій геопотенціальних висот є найбільш неоднорідним – гребеневі структури спостерігалися в усьому регіоні, але якщо на довготах  $10-50^{\circ}$  сх.д. локальні максимуми були зосереджені в досить вузькій широтній смузі відносно  $55^{\circ}$  пн.ш., в східній частині центри відмічалися по крайових широтах області. Як й в попередньому місяці, в червні близько третини випадків антициклонічних максимумів відмічалися на довготах в межах території країни.

В сезонному розподілі (квітень-червень) просторового розташування позитивних аномалій геопотенціальних висот простежується загальна тенденція зміщення центрів з північних широт на заході в південні широти на сході регіону (рис. 1.16, г). При цьому значна частина центрів аномалій зосереджена між довготами  $25-55^{\circ}$  сх.д. вздовж широтного кола  $55^{\circ}$  пн.ш., що відповідає географічній локалізації блокуючих ситуацій, отриманих раніше. Середньомісячні аномалії висот в локальних центрах коливалися в широких межах від 14,6 до 136,1 гп.м зі стандартним відхиленням 25,8 гп.м.

Аналіз середньодовготних значень відхилень геопотенціальних висот також дозволив виявити зони найбільшої повторюваності антициклонічних структур як довготи з найбільшою позитивною аномалією. В розглянутих роках 58,8 % випадків доводилося на довготи  $25-55^{\circ}$  сх.д. і понад 82 % спостерігалось в межах  $10-55^{\circ}$  сх.д., тобто найбільш інтенсивні та просторово протягнуті гребеневі структури спостерігалися в межах території України та на захід від неї. Середнє значення аномалії геопотенціальної висоти склало 36,2 гп.м зі стандартним відхиленням по виборці 17,1 гп.м, максимальне відхилення досягало 81,8 гп.м.

Таким чином, порівнюючи географічний розподіл позитивних аномалій геопотенціальних висот з розподілом індексів блокування (див. п. 1.3.2), можна вважати, що більшість антициклонічних структур, що впливали на процес утворення посух в Україні, відносилися до блокуючих процесів.

#### **1.4 Атмосферна циркуляція і значимі посухи в Україні на початку XXI століття**

Початок XXI століття відзначився декількома інтенсивними посухами, які охоплювали значну частину території України в різні місяці вегетаційного періоду. До таких випадків можна віднести наступні періоди [31-33]: весняна посуха 2002, 2003 років, весняна та літня посуха 2007, 2009, 2012 років, осіння посуха 2011 р. Для стислого описання синоптичних

процесів, які переважали в період посух, застосуємо класифікацію макропроцесів Б.Л. Дзердзєєвського [34], основними поняттями якої є елементарні циркуляційні механізми (ЕЦМ), тобто характерні синоптичні ситуації в Північній півкулі, що мають певні ознаки за розташуванням циклонів та антициклонів, наявністю і кількістю блокуючих процесів та закономірностей при переході від одного до іншого типу. За цією класифікацією групою вчених Інституту географії РАН створений та постійно ведеться календар послідовної зміни ЕЦМ, початок якого доводиться на 1899 р. В класифікації виділено 4 групи циркуляції, 13 типів та 41 підтип циркуляційних процесів, сучасний детальний опис яких можна знайти в книзі Н.К Конової [35] та на сайті <http://atmospheric-circulation.ru>.

Безпосередньо для східної половини Європейського сектору, де розташована територія України, з основних процесів півкулі виділяють також чотири групи циркуляційних процесів, відомості про які наведені у табл. 1.4 [36]. В таблиці сірим кольором виділені типи ЕЦМ, за яких над територією України переважає антициклонічне поле приземного тиску. Перші літери біля номера ЕЦМ позначають підтип процесу, другі літери „з” та „л” відмічають приналежність процесу до зимового або літнього періоду відповідно.

Таблиця 1.4 – Розподіл ЕЦМ по групах циркуляції для Східної Європи

Група циркуляції	ЕЦМ
Широтна західна	2в, 5а, 5в, 6, 7ал, 7бл, 8вз, 11а, 11б, 11в, 11г, 12г
Довготна північна	4а, 4б, 4в, 10а, 10б
Довготна південна	1а, 1б, 2а, 2б, 3, 5б, 5г, 7аз, 7бз, 8вл, 8гз, 8гл, 9а, 9б, 12бл, 12вл, 13з, 13л
Довготна північна + довготна південна	8а, 8бз, 8бл, 12а, 12бз, 12вз

Надамо коротку характеристику груп циркуляції, згідно [36], для наступного використання в описанні синоптичних процесів, за яких розвивалися посухи в Україні.

До широтної (або зональної) західної групи відносять такі ЕЦМ, за яких в високих широтах переміщуються атлантичні циклони, а в більш південних широтах існує антициклонічний режим циркуляції, обумовлений відрогами азорського антициклону (влітку) або сибірського максимуму (взимку). При слабкому розвитку гребенів на південь Східної Європи можливі виходи середземноморських циклонів. В арктичному басейні добре розвинута тропосферна область низького тиску.

В довготну північну групу входять ЕЦМ, за яких над Східною Європою формується блокуючий процес. Утворення меридіонально

орієнтованої смуги підвищеного тиску відбувається в умовах арктичного вторгнення в тилу глибоких атлантичних циклонів. Влітку така смуга часто поєднується з відрогом азорського антициклону, взимку – сибірського. Як можна бачити з табл. 1.4, всі типи ЕЦМ, які представляють цю групу, характеризують наявність антициклонічного поля над Україною.

Довготна південна група об'єднує ЕЦМ, які відповідають умовам виходу середземноморських циклонів на Чорне море або Чорноморське узбережжя Кавказу. Подальші траєкторії цих циклонів часто проходять через територію України. Оскільки траєкторії переміщення циклонів та антициклонів при меридіональних процесах повністю визначаються довготним положенням висотних улоговин/гребенів, з 18 різноманітних ЕЦМ, що входять до цієї групи, лише половина ЕЦМ відповідає умовам антициклогенезу над Україною. Решта дев'ять ЕЦМ характеризують ситуації, сприятливі для виходу південних циклонів через територію країни.

Група циркуляції „довготна північна + довготна південна” відповідає складним меридіональним процесам, за яких на одних довготах в межах європейського сектора відбувається вихід південних циклонів, а на інших довготах в тилу південних циклонів цього сектору або сусіднього формується блокуючий гребінь. В цій групі лише один тип ЕЦМ (8бз) характеризує антициклонічну циркуляцію над Україною, інші відповідають циклонічному приземному полю.

### **2002 рік**

Помірна посуха охопила в квітні-червні степову зону України, менш інтенсивні посушливі умови склалися в Лісостепу та Поліссі. Висока повторюваність антициклонічної циркуляції квітні-травні призвела до раннього сходу снігового покриву та швидкого висушування поверхні ґрунту. В ці місяці на ЕЦМ, які не сприяють випадінню опадів (3, 4б, 6, 9а, 10б і 13л), доводилося 19 та 17 днів відповідно. В червні тривалість ЕЦМ, що характеризують антициклонічну циркуляцію, становила 26 днів.

Локалізація осередків блокування в весняно-літній період відбувалася в широтній смузі 52,5-62,5 ° пн.ш., з трьома максимумами, один з яких спостерігався на північному заході України (27,5 - 35,0 ° сх.д.) (рис. 1.17, а).

Часовий хід індексу ЕСВІ свідчить про наявність регіонального блокуючого процесу протягом квітня та в першій половині травня (рис. 1.17, б). В другу половину травня та протягом червня процесів блокування не спостерігалось.

### **2003 рік**

Весняна посуха 2003 р. з переважно помірною інтенсивністю охопила всі основні агрокліматичні зони України та призвела до найбільшого за розглянутий період зниження врожайності озимої пшениці - на 11-12 ц/га від тренду в середньому по Україні. Посуха також негативно вплинула й на ярові культури.



В квітні характер атмосферної циркуляції був нестійким і визначався частою зміною баричних полів. При цьому на типи ЕЦМ, що відповідають антициклонічній циркуляції над Східною Європою (13з, 13л, 3, 2б, 8 гл), доводилося 12 днів. Найбільшу повторюваність мали форми ЕЦМ 12 (а, бл), за яких над Північною Атлантикою виникає блокуючий гребінь, а над Європою формується глибока улоговина.

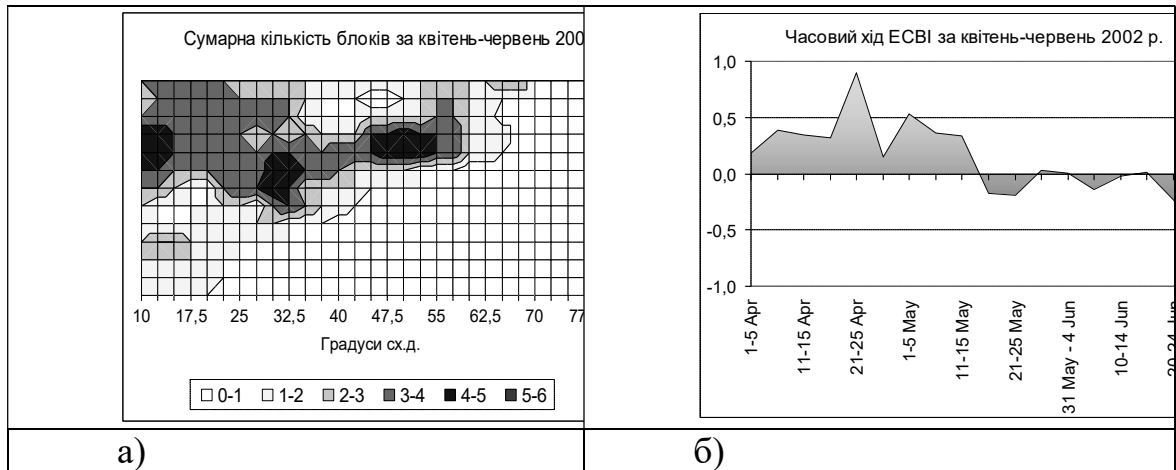


Рисунок 1.17 – Повторюваність блоків (а) та часовий хід індексу ЕСВІ (б) в квітні-червні 2002 р.

Вихід південного циклону на Україну спостерігався лише в першій декаді місяця, потім переважали гребні східного або західного походження. Початок травня оголосився арктичним вторгненням на східні райони ЄТР в тилу глибокого циклону та виникненням і активним посиленням антициклону над Україною. Протягом місяця переважали ЕЦМ, за яких Східна Європа опиняється в антициклонічних полях (8а, 9а, 6, 7ал). Стаціонарний континентальний гребінь з південного сходу існував до кінця місяця, трохи послаблюючись 18-20 травня (ЕЦМ 12а) за рахунок розвитку інтенсивної циклонічної діяльності над Західною Європою. В червні також переважали ЕЦМ з антициклонічною циркуляцією або малоградієнтним полем над Україною – 13л, 2а, 2в, а також ЕЦМ 12 типу, за яких Україна знаходилася переважно на східній периферії висотної улоговини з виносом теплих повітряних мас середземноморського походження. Основна циклонічна діяльність була зосереджена над Північною Атлантикою. Проходження активного атмосферного фронту з утворенням циклону над спостерігалось 17-19 червня (ЕЦМ 8бл) та 22-24 червня (ЕЦМ 12а), потім встановився антициклонічний характер циркуляції.

Основні сезонні блокуючі процеси були зосереджені на північний захід від території України та пов'язані з розвитком в північному напрямку гребня азорського антициклону в квітні-травні (рис. 1.18, а). Формування гребня над сходом ЄТР в червні доповнило осередок блокування на 50-55 ° сх.д.

В часовому ході індексу ЕСВІ виділяється тривалий період блокування в середині квітня – понад 2 тижні, а також протягом майже всього травня (рис. 1.18, б), що вкупі з антициклонічним приземним полем призвело до сухої та малохмарної погоди з сильним прогріванням повітря, внаслідок чого сформувалася посуха. Хоча протягом червня блокування було відсутнє, в Україні спостерігалися периферійні антициклонічні процеси, які постійно змінювали один одного, підтримуючи погоду переважно без опадів.

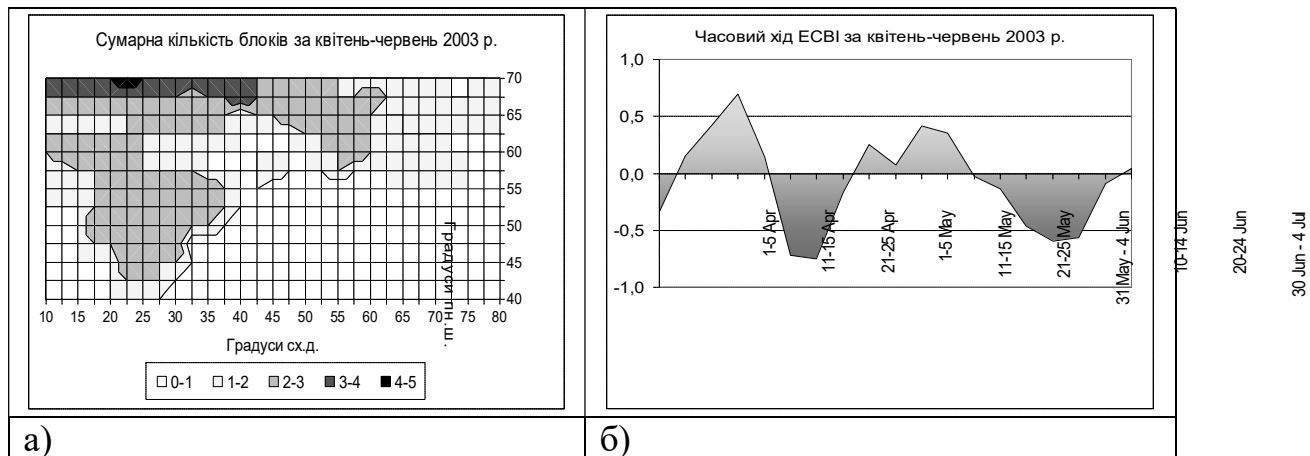


Рисунок 1.18 – Повторюваність блоків (а) та часовий хід індексу ЕСВІ (б) в квітні-червні 2003 р.

### 2007 рік

Виключно інтенсивна посуха в 2007 р. охопила всі основні агрокліматичні зони України навесні, в літні місяці вона тривала в Степу та Лісостепу. Інтенсивність посухи в квітні-червні досягала критерію сильної в Степу та помірної в Лісостепу. В літні місяці інтенсивність посухи зменшилася до слабкої в лісостеповій зоні, та залишилася майже незмінною в степових областях.

Вже з 1 квітня над Україною сформувався антициклон при ЕЦМ 13л, який тривав протягом 14 днів. В наступні місяці, протягом літа переважали ЕЦМ 12-х типів, а також 3 та 9а, сумарна тривалість яких в декілька разів перевищувала середню багаторічну. При цих ЕЦМ значного розвитку в східному напрямку набуває азорський антициклон, який підпитується арктичними вторгненнями, тому в 2007 р. спостерігалось часте розповсюдження його відрогів на територію України.

Центр сезонного осередку блокування розташовувався в широтній смузі 55,0-60,0 ° пн.ш., в межах 10,0-37,5 ° сх.д. (рис. 1.19, а). При цьому спостерігалася незначна широтна міграція осередку, що призвело до високої частоти блокування в одному районі. Навесні центр блокування був невеликим за площею та локалізований над північчю України. Наприкінці літа площа розповсюдження осередків блокування значно розширилася при зберіганні тієї ж частоти.

Часовий хід індексу ЕСВІ показує, що протягом квітня-серпня поява блокуючого процесу мала чітку періодичність в 3-5 пентад, внаслідок чого регіон був під впливом блоків в середині квітня, з середини травня до початку червня, з кінця липня й до кінця серпня (рис. 1.19, б).

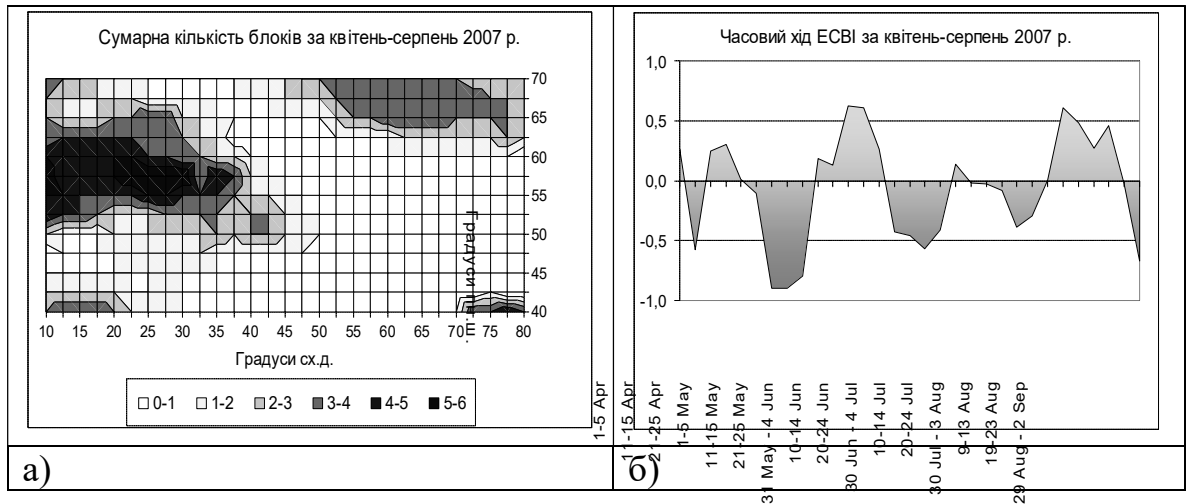


Рисунок 1.19 – Повторюваність блоків (а) та часовий хід індексу ЕСВІ (б) в квітні-серпні 2007 р.

### 2009 рік

В 2009 р. літня посуха спостерігалася в степовій та лісостеповій зонах України. Посушливі явища почали розвиватися з середини травня, тому в весняний період інтенсивність посухи була слабкою, але влітку в Степу посуха досягала вже критеріїв сильної.

З кінця травня при ЕЦМ 12а, 12бл и 12вл, які змінювали один одного протягом всього червня (в сумі 26 днів), арктичне повітря проникало далеко на південь Західного Сибіру і підтримувала зберігання антициклонічної циркуляції, яка досягала півдня Східноєвропейської рівнини. В липні такі ж процеси зайняли 19 днів, підтримуючи антициклонічну погоду в регіоні. В 14 днях переважали стаціонарні антициклонічні процеси при ЕЦМ 2а, 9а, 13л. В серпні при ЕЦМ 13л в умовах розповсюдженні на схід відроду азорського походження сформувався антициклон над Україною. Підтримуючись арктичними вторгненнями через Західну Європу, антициклон розвився та розповсюдився на всю Східну Європу, внаслідок чого загальна тривалість антициклонічних ЕЦМ (2а, 8гз, 13л) склала 13 днів.

Розподіл осередків блокування в червні-вересні неоднорідний, має широтну спрямованість вздовж 50-55 ° пн.ш. з окремими центрами близько 10, 32,5 та 60 ° сх.д. (рис. 1.20, а). Інтенсивний осередок блокування в північно-східному куті області сформувався наприкінці літа, порушуючи зональне перенесення над північним Уралом та Західним Сибіром.

Часовий хід індексу ЕСВІ вказує на наявність блокування з кінця травня й протягом майже всього червня. В липні та серпні переважали

процеси зонального перенесення, які сприяли розповсюдженню відрога азорського антициклону на Україну (рис. 1.20, б). Тривалий епізод блокування почався в третій декаді серпня і тривав до кінця вересня, відповідаючи формуванню потужного антициклону над Уралом та сходом ЄТР.

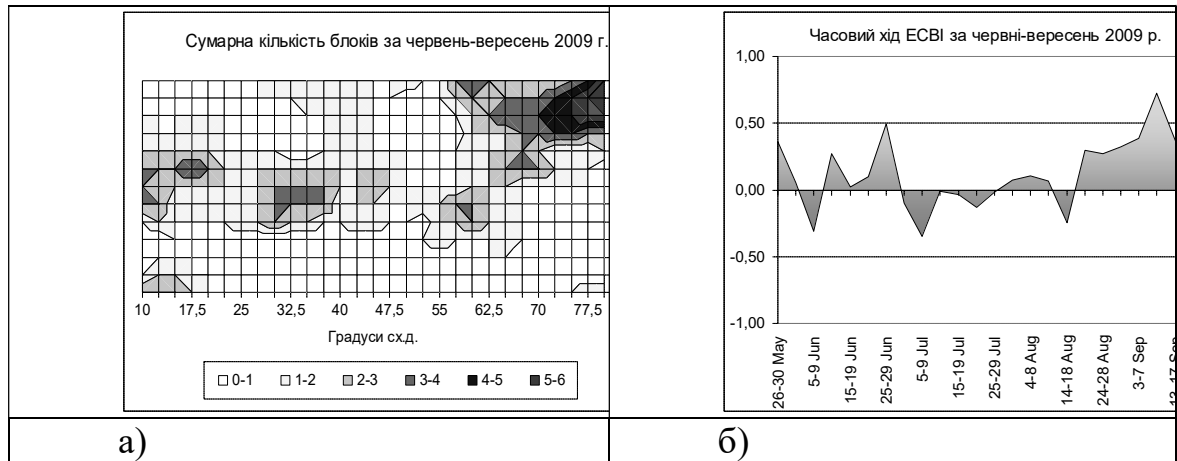


Рисунок 1.20 – Повторюваність блоків (а) та часовий хід індексу ЕСВІ (б) в червні-вересні 2009 р.

### 2011 рік

Осінь 2011 р. в Україні відзначилася аномально сухою та прохолодною погодою, що призвело до формування рідкісної в цю пору року атмосферної та ґрунтової посухи на значній частині території країни [33]. Великих збитків зазнало сільське господарство - на третині засіяних площ озимі не зійшли, внаслідок чого навесні довелося пересівати значну частину полів.

Дефіцит опадів формувався протягом всієї осені – якщо вересні в західних та центральних областях випало 18-42 % від норми, то в листопаді на заході та півдні країни кількість опадів склала близько 5 % від норми, при цьому цей місяць виявився ще й відносно холодним. Кількість бездощових періодів за серпень-листопад 2011 р. становила від 3 до 5 по різних пунктам, а сумарна кількість днів в них коливалась від 55 в Харкові до 87-89 в Тернополі та Одесі.

Протягом трьох осінніх місяців територія України знаходилася під частим впливом антициклонічних систем різної тривалості і походження. В вересні високу повторюваність мали ЕЦМ, яким відповідають антициклонічний характер циркуляції (5а, 8вл, 8гз, 11а, 13з ) - всього 15 днів, при цьому спостерігалися навіть їх зимові варіанти. В інших періодах спостерігалися такі різновиди ЕЦМ 12 типу (12бл, 12бз), за яких Україна опинялася на східних периферіях південних циклонів в зоні адвекції теплого та відносно сухого середземноморського повітря.

У жовтні антициклонічні ЕЦМ спостерігалися протягом 12 днів (7аз, 8а, 8бз, 11г, 12г, 13з) з переважанням північно-західних антициклонів Скандинавського походження, що супроводжувались адвекцією холодного і сухого арктичного повітря. Єдиний південний циклон 9-10 жовтня забезпечив понаднормові суми опадів в деяких пунктах України, які, тим не менш, не покращили загальну ситуацію із зволоженням ґрунту.

У листопаді циклонів не спостерігалось взагалі, антициклонічні ЕЦМ були присутні протягом 19 днів, при цьому переважали південні і східні периферії північно-західних і північних антициклонів, які постійно регенерували над північними районами Європи і Скандинавією (відповідні типи ЕЦМ 8вз, 8гз, 11г). Також, спостерігався тип 12г, який характеризується утворенням стійкої смуги підвищеного тиску над південною половиною Європи.

Блокуючі процеси, як можна бачити з рис. 1.21, а, були зосереджені над Західною та Центральною Європою, при чому стійкий процес блокування почався в середині жовтня, посилювався к середині листопада, триваючи впродовж всього місяця (рис. 1.21, б). Розвиток блокуючого гребня над Скандинавією обумовив часті вторгнення сухого арктичного повітря на Східну Європу, що призвело до формування дефіциту опадів та прохолодної погоди в Україні.

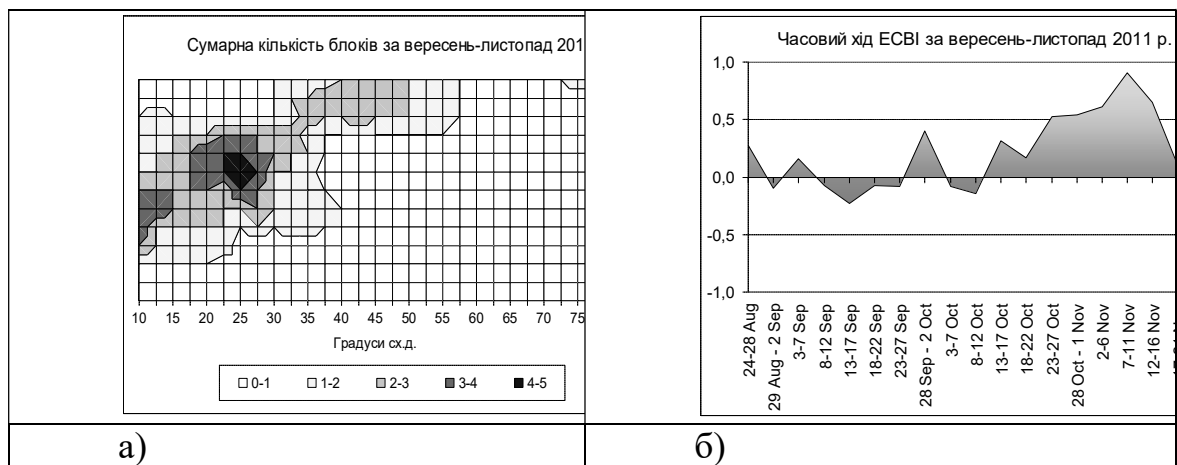


Рисунок 1.21 – Повторюваність блоків (а) та часовий хід індексу ЕСВІ (б) в вересні-листопаді 2011 р.

## 2012 рік

Сезонна посуха 2012 р. охопила країни південного сходу Європи та Балканського півострову. Протягом весни та літа посухою були охоплені степові та лісостепові райони України, при цьому в південних районах посуха досягала критеріїв помірної та сильної.

Протягом квітня-серпня в циркуляційних процесах переважали ЕЦМ з арктичними вторгненнями на Західну Європу та Західний Сибір (8а, 8бл, 8гл, 12а, 12бл), а також ЕЦМ, що сприяють формуванню постійного антициклону на півдні Східноєвропейської рівнини (2а, 2б, 3, 6). Найбільш інтенсивними та згубними виявилися посухи в тих регіонах, по яких проходили арктичні вторгнення.

В квітні повторюваність антициклонічних ЕЦМ була невелика – всього 5 днів, в травні кількість днів збільшилася до 15, при цьому переважали типи ЕЦМ західного та південного спрямування (3, 6, 9а, 13л). В першій місяць літа інтенсивність антициклонічної циркуляції досягла максимуму – протягом 26 днів в червні спостерігалися антициклонічні ЕЦМ (2а, 3, 9а та 13л). Найбільшу повторюваність мали ЕЦМ 9а та 13л, пов'язані з утворенням стаціонарного антициклону над півднем Східної Європи.

В липні та серпні антициклонічний характер циркуляції над Україною зберігався і відповідні ЕЦМ (2а, 3, 6, 9а, 12г, 13л) спостерігалися 21 та 20 днів відповідно.

В сезонному розподілі блокуючих ситуацій виділяється два осередки – один над Східною Європою, другий над північчю Уралу (рис. 1.22, а). Осередок з центром над північними районами України утворився завдяки високій повторюваності блокуючих ситуацій в цьому районі в травні та липні. В квітні найбільшу повторюваність мали блоки в районі Нижнього Поволжя, а в червні – тільки над північчю Уралу. В серпні блокуючі ситуації з'являлися з однаковою частотою над різними районами Європи (по 1-2 випадки), що сприяло підтримці антициклонального характеру циркуляції атмосфери по всій території.

В часовому ході індексу ЕСВІ головний епізод блокування спостерігався в травні (рис. 1.22, б). Протягом червня-серпня періоди блокування були нетривалими та мало інтенсивними, що свідчить про встановлення антициклонального характеру циркуляції за рахунок розвитку та розповсюдження азорського антициклону на схід, як це спостерігалось в 2007 році.

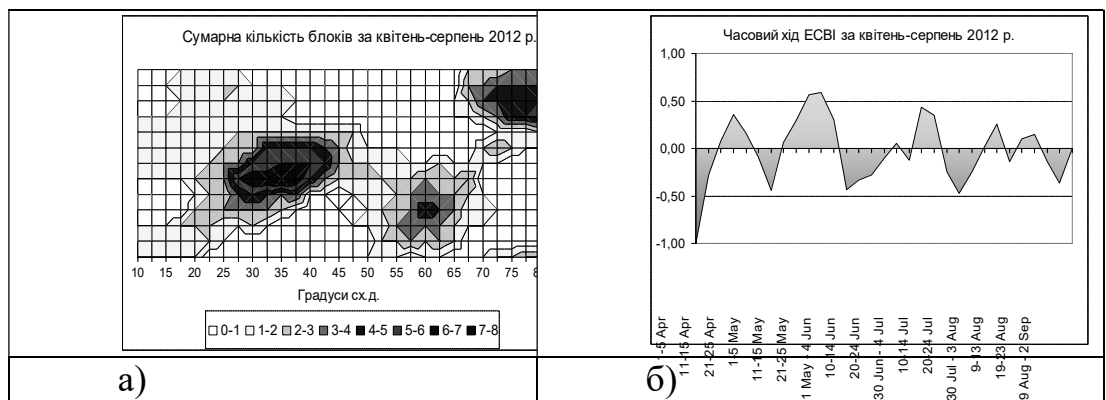


Рисунок 1.22 – Повторюваність блоків (а) та часовий хід індексу ЕСВІ (б) в квітні-серпні 2012 р.

Розглянуті особливості атмосферного блокування під час значимих посух в Україні дозволяють зробити наступні висновки.

1. На формування стійкого і поширеного осередку посухи блокування впливає в тих випадках, якщо його тривалість становить 4 і більше пентад протягом місяця. При цьому основний центр осередку блокування лежить, як правило, на північний захід від області посухи.

2. Довготривалі процеси блокування одного місяця можуть мати подовжену дію в розвитку та/або зберіганні посухи в наступному місяці, навіть якщо блокування припинилося. Такі умови добре простежуються на весняних посухах 2002-2003 рр., коли процесів блокування в квітні-травні було достатньо, щоб сформувати посуху, яка трималася ще в червні.

3. Посухи в Україні можуть виникати й без процесу блокування в тому разі, якщо довготривалий період територія країни опиняється під впливом рухомих антициклонів західного типу або смуг підвищеного тиску, що утворюються в південній половині Європи при встановленні зонального типу макроциркуляції і розвитку активної циклонічної діяльності в високих широтах. Такі процеси є вельми стійкими і, в залежності від сезону року, можуть формувати дефіцит опадів на фоні як високих, так й низьких температур повітря.

## 2 КЛІМАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПЕРІОДУ В СЬОГОДЕННІ ТА МАЙБУТНЬОМУ

### 2.1 Загальні положення

У новій оцінці Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) – СТОКГОЛЬМ, 27 вересня 2013р. – міститься висновок про те, що вплив людини на кліматичну систему очевидно. Воно проявляється у більшості регіонів земної кулі [1].

Надзвичайно висока ймовірність того, що вплив людини є основною причиною спостережуваного потепління, починаючи з середини ХХ-го століття. Доказів цьому стало більше завдяки збільшенню кількості та підвищенню якості спостережень, глибшого розуміння реакції кліматичної системи і використанню вдосконалених кліматичних моделей.

Потепління в кліматичній системі є незаперечним фактом, і, починаючи з 1950 р., у всій кліматичній системі спостерігаються численні зміни, що не мають прецедентів від декількох десятиліть до тисячоліть.

Кожне з останніх трьох десятиліть температура поверхні Землі послідовно підвищувалася і була вище температури будь-якого з попередніх десятиліть, починаючи з 1850р.

Очікується, що глобальна зміна температури поверхні на кінець ХХІ - го століття ймовірно перевищить  $1.5^{\circ}\text{C}$  у порівнянні з 1850-1900 рр.. у всіх розглянутих сценаріях, крім самого м'якого, і ймовірно перевищить  $2^{\circ}\text{C}$  в двох жорстких сценаріях. Досить імовірно, що хвилі тепла будуть виникати частіше і тривати довше. У міру потепління Землі, очікується, що вологі регіони отримуватимуть більше опадів, а сухі регіони - менше опадів, хоча будуть і винятки.

Запобігти повністю прогнозовані зміни клімату людству навряд чи вдасться. Однак можна спробувати пом'якшити кліматичні зміни, стримати темпи зростання температури з тим, щоб уникнути небезпечних і необоротних наслідків у майбутньому.

Вирішувати завдання щодо пом'якшення наслідків кліматичних змін необхідно не тільки на глобальному, але також на національному, регіональному та місцевому рівнях при спільних зусиллях уряду, бізнесу, науки та громадськості. Багато країн вже розробляють національні та регіональні кліматичні програми, спрямовані як на зниження викидів парникових газів, так і на адаптацію до несприятливих наслідків кліматичних змін, які передбачають активне залучення в їх реалізацію всіх зацікавлених сторін.

Спільні дії міжнародного співтовариства щодо обмеження антропогенного впливу на кліматичну систему – пріоритетний шлях



вирішення проблеми зміни клімату. Однак, одних цих заходів недостатньо. Наслідки зміни клімату відчуються вже зараз, отже, вже зараз треба намагатися пристосуватися (адаптуватися) і мінімізувати їх негативні впливи, організовувати заходи з адаптації до мінливих умов. Тобто заходи з адаптації можуть бути спрямовані як на зниження кліматичних ризиків, так і на витяг потенційних вигод від зміни клімату.

Завчасні дії можуть принести помітну економічну вигоду і звести до мінімуму загрози щодо екосистем, здоров'я людини, економічного розвитку, власності та інфраструктури.

Підрахунки витрат на вироблення адаптаційних заходів щодо запобігання негативних наслідків підвищення рівня моря, паводків, а також перехід на використання більш стійких альтернативних джерел енергії підтверджують, що вигода від прийняття розумних рішень може бути дуже істотною. Водночас, як наголошується в доповіді МГЕЗК, супутні вигоди заходів по скороченню викидів парникових газів можуть компенсувати значну частку витрат на запобігання змін клімату та адаптації до них.

Кліматичне забезпечення гарячого водопостачання житлового, адміністративно-господарського та промислового комплексів – одна з найбільш важливих і складних господарських проблем України. Витрати на опалення становлять не менше 30-40 % загальних витрат вироблюваної теплової енергії. У деяких регіонах іноді таких коштів не знаходять, внаслідок чого виникає порушення процесу опалення, що призводить до негативних соціально-економічних наслідків.

Потреба в гарячому водопостачанні визначається характером опалювального періоду (періоду, коли середньодобова температура повітря стійко тримається нижче 8 °C). Залежно від середньої тривалості опалювального періоду регіонах України Мінфіном в даний час виділяються кошти (грошові трансферти) на закупівлю палива.

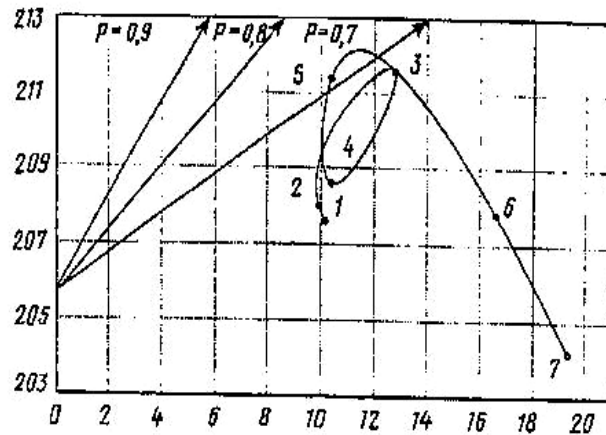
Крім середньої тривалості і середньої температури опалювального періоду за багаторічний період необхідно обчислювати характеристики опалювального періоду за окремими роками, які потім можуть використовуватися для розрахунку середніх квадратичних відхилень тривалості і температури опалювального періоду як за весь період, так і за ковзаючі 10-тиріччя. У цьому випадку метод А.А. Шепелевського і розкладання Фур'є не застосовують через нерівномірність річного ходу температури повітря. На практиці найчастіше використовують найбільш простий метод, вважаючи датою переходу до опалювального періоду перший день з середньодобовою температурою нижче 8 °C, після якого середньодобова температура трималася ще  $n$  днів, датою кінця опалювального періоду – останній день, коли  $n$  днів поспіль утримується середньодобова температура більше 8 °C. Як правило,  $n$  вважають рівним 5 днів.

У деяких роботах, за аналогією зі способом обчислення вегетаційного періоду, за початок опалювального періоду приймається дата, після якої середня добова температура не піднімалася вище  $8^{\circ}\text{C}$  на більше число днів, ніж опускалася нижче  $8^{\circ}\text{C}$  до цієї дати. Кінець періоду визначається в зворотному порядку. Проведені порівняння показали, що цей метод не покращує результати і поступається навіть методом А.А. Шепелевського – початок і кінець опалювального періоду за середніми багаторічними даними для кожної станції визначається за річним ходом температури повітря. Річний хід температури, який відновлюється за допомогою рядів Фур'є. Його порівняння з реперних станціях з річним ходом, отриманим методом А.А. Шепелевського, показало гарне відповідність [2,3].

Слід зазначити, що зміна тривалості опалювального періоду з висотою в загальному відповідає зміні з висотою середньої місячної температури повітря. У районах з континентальним кліматом тривалість опалювального періоду з висотою спочатку зростає, а потім зменшується. У районах з кліматом перехідним від морського до континентального відбувається нелінійне зменшення тривалості опалювального періоду з висотою. Аналогічним чином йде і зі ступенем близькості пункту до великого водоймища. Так само як і температура повітря, тривалість опалювального періоду з видаленням від водойми збільшується.

Для діагностики впливу поточних змін клімату на тривалість опалювального періоду застосовано метод так званої EV-діаграми для ковзних оцінок математичного очікування  $E$  і дисперсії  $V$  (метод вперше був використаний О. Д. Сиротенко стосовно до даних про продуктивність сільського господарства) [2].

На рис. 2.1 на EV-діаграмі показана динаміка характеристик тривалості опалювального періоду. По осі абсцис відкладені значення середніх квадратичних відхилень за ковзні десятиліття, а по осі ординат – тривалість опалювального періоду за ці ж десятиліття. Десятиліття обрані за період з 1940 по 2000 р. Дані відносяться до метеостанцій Санкт-Петербург, але й на інших станціях характер розподілу характеристик опалювального періоду приблизно такий ж.



P-рівень ймовірності; 1-7-характеристики опалювального періоду по 7 ковзаючим десятиліттях, починаючи з 1985-1994 рр..

Рисунок 2.1 – Ковзні оцінки математичного очікування  $E$  і дисперсії  $V$  тривалості опалювального періоду в Санкт-Петербурзі на EV-діаграмі.

Вважається, що тривалість опалювального періоду розподілена нормально. Тому на рис. 2.1 проведено три прямі, відповідні Гауссовій ймовірності розподілу тривалості опалювального періоду – 70, 80 і 90%. Очевидно, що від першого ковзаючого десятиліття до сьомого зменшується середня тривалість опалювального періоду і збільшується його дисперсія. Судячи з графіком, тривалість опалювального періоду відрізняється значною нестійкістю.

Зростання дисперсії в останні десятиліття призводить до необхідності визначати середню багаторічну тривалість опалювального періоду, зважуючи доданки на дисперсію. З цією метою по опорних станцій для території кожної адміністративної одиниці середня зважена тривалість опалювального періоду розраховувалася за формулою

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i / D_i}{\sum_{i=1}^m 1 / D_i}, \quad (2.1)$$

де  $D_i$  і  $\tau_i$  - відповідно дисперсія тривалості та тривалість опалювального періоду за  $i$ -е ковзне десятиліття.

Середня різниця між середньою тривалістю опалювального періоду і середньої зваженої введена в усереднену з адміністративної області тривалість опалювального періоду [3]. Для Росії в цілому середня багаторічна тривалість опалювального періоду обчислена як середня зважена величина з середніх значень тривалості опалювального періоду по адміністративних районах. В якості ваг приймається чисельність населення в цих районах. Строго кажучи, витрати на опалення залежать не тільки від

тривалості опалювального періоду, а й від його середньої температури. Наприклад, збільшення середньої температури взимку на  $1^{\circ}\text{C}$  скорочує тривалість опалювального періоду в середньому на 5-10 днів. З іншого боку, тривалість опалювального періоду змінюється менше, ніж його середня температура. Наприклад, при однаковій тривалості опалювального періоду, але при різній температурі в різних адміністративних районах, витрати на опалення в цих двох адміністративних одиницях розрізняються. Можна, звичайно, палити і в тому, і в іншому випадку в розрахунку на одну і ту ж температуру. З метою економії часто так і роблять, беручи до уваги еквівалентну температуру. Але при опаленні на завищену температуру повітря економії палива в адміністративній одиниці з більш низькою температурою повітря не вийде. Навпаки, на ділі це обертається збільшенням витрат теплової енергії в порівнянні з витратами, розрахованими на реальну, нижчу температуру повітря. У приміщенні, при цьому буде порівняно холодно. Цей парадокс давно пояснений енергетиками і пов'язаний з необхідністю додаткового підігріву рециркулює води.

Для оцінки можливих змін характеристик опалювального періоду до кінця ХХІ століття були залучені результати розрахунків температури повітря по ансамблю моделей МГЕЗК (СССма, CSIRO, GFDL, HadCM3, ECHAM, NCAR / PCM) для сценарію сильного потепління А2. На основі цих результатів за значеннями середньої місячної температури повітря, отриманим у вузлах координатної сітки з кроком  $2,5 \times 2,5^{\circ}$ , можливо розрахувати середню тривалість опалювального періоду на наступні десятиріччя ХХІ століття. При очікуваному в цей період потепління тривалість, опалювального періоду повинна помітно скоротиться. Можливість скорочення опалювального періоду в майбутньому слід враховувати при розробці стратегії розвитку економіки країни.

## **2.2 Методика та результати дослідження змін кліматичних характеристик опалювального періоду**

Для розрахунку тривалості опалювального періоду (ТОП, в кількості днів) період ТОП розділяється на дві частини відносно умовно обраної дати 1 січня аналізованого опалювального періоду (ОП). В цьому випадку перша частина ОП (початок опалювального періоду – ПОП), визначається як тривалість періоду від дати стійкого переходу у бік пониження середньодобової температури повітря через  $8^{\circ}\text{C}$  до 1 січня наступного календарного року, а друга половина (кінець опалювального періоду – КОП) від 1 січня до дати переходу середньодобової температури через  $8^{\circ}\text{C}$  у бік підвищення. При розрахунках дат переходу динамічного ряду температури через  $8^{\circ}\text{C}$  середньомісячна температура відносилася до 15 числа кожного

місяця і далі, методом лінійної інтерполяції, між двома аналізованими місяцями визначалася передбачувана дата початку або кінця опалювального періоду.

Часовий проміжок між середніми датами початку і закінчення опалювального періоду складає тривалість опалювального сезону.

Розрахунки виконувалися за формулами [4]:

$$D_{\text{ПОП}} = N_{\text{ПОП}} - \frac{(\bar{T}_i - 8)}{\bar{T}_i - \bar{T}_{i+1}} \cdot n, \quad (2.2)$$

$$D_{\text{КОП}} = N_{\text{КОП}} + \frac{(\bar{T}_j - 8)}{\bar{T}_j - \bar{T}_{j+1}} \cdot n, \quad (2.3)$$

$$D_{\text{ТОП}} = D_{\text{ПОП}} + D_{\text{КОП}}. \quad (2.4)$$

де  $D_{\text{ПОП}}$ ,  $D_{\text{КОП}}$ ,  $D_{\text{ТОП}}$  – тривалість (кількість днів) першої половини, другої половини і всього опалювального періоду відповідно;

$\bar{T}_i$  – середньомісячна температура повітря  $i$ -того місяця, в якому починається опалювальний період, значення якої складає  $\bar{T}_B > 8^\circ\text{C}$ ;

$\bar{T}_{i+1}$  – середньомісячна температура повітря, значення якої складає  $\bar{T}_B < 8^\circ\text{C}$ ;

$\bar{T}_j$  – середньомісячна температура повітря  $j$ -того місяця, у якому закінчується опалювальний період, значення якої складає  $\bar{T}_B < 8^\circ\text{C}$ ;

$\bar{T}_{j+1}$  – середньомісячна температура повітря, значення якої складає  $\bar{T}_B > 8^\circ\text{C}$ ;

$N_{\text{ПОП}}$  – кількість днів від 15-го числа  $i$ -того місяця, в якому  $\bar{T}_B > 8^\circ\text{C}$  до 1-го січня;

$N_{\text{КОП}}$  – кількість днів від 1-го січня до 15-го числа  $j$ -того місяця, в якому  $\bar{T}_B < 8^\circ\text{C}$ ;

$n$  – кількість днів аналізованого місяця.

В більшості міст України початок опалювального періоду припадає на жовтень або листопад, якщо перехід здійснювався раніше або пізніше, то відповідно розглядалися вересень-жовтень або листопад-грудень.

Ця інформація використовується при розрахунку кількості енергії, необхідної для опалювання протягом опалювального періоду.

Оптимальною температурою в приміщенні вважається  $18^\circ\text{C}$  [4]. Оскільки в даний час наші приміщення заповнені різними побутовими приладами – джерелами тепла, то за рахунок їх нагрівання температура

повітря в квартирі підвищується приблизно на 3 °С, тому для розрахунків дефіциту тепла, який необхідно компенсувати або тепловитрати на опалювання приміщень, нами використовувалося два значення оптимальної температури: 18 та 15 °С. Розрахунки дефіциту тепла (ДТ) в градусо-днях здійснювалися для двох значень за формулами

$$\begin{aligned} \text{ДТ}_{18} &= (18 - T_{\text{ср}}) \times \text{ТОП}, \\ \text{ДТ}_{15} &= (15 - T_{\text{ср}}) \times \text{ТОП}. \end{aligned} \quad (2.5)$$

де  $T_{\text{ср}}$  °С — середня температура опалювального періоду;

ТОП — тривалість опалювального періоду у днях.

У різних регіонах України терміни початку та кінця опалювального сезону розрізняються, але на більшій частині території це період з жовтня по квітень включно[5,6,7].

Для виявлення кліматичних змін початку, закінчення та тривалості опалювального періоду були обрані міста, які розташовані на півночі, сході, півдні і заході України: Чернігів, Луганськ, Миколаїв та Івано-Франківськ. Для визначення кліматичних характеристик опалювального періоду використовувалися розрахункові дані по моделі REMO Max Planka Institute for Climatology на 2030 р.

Отримані результати представлено в таблиці: початок, закінчення та тривалість опалювального періоду,  $\bar{t}$  — середня температура опалювального періоду, а також комплексна величина — дефіцит тепла (ДТ) або енергоспоживання, необхідні для підтримки у приміщенні необхідної температури, яка обчислюється у градусо-днях. Тепловитрати або енергоспоживання залежать від тривалості опалювального періоду і від середньомісячної температури повітря, тобто чим вища середньомісячна температура і менша тривалість опалювального періоду, тим менше енергоспоживання.

Проаналізувавши дані таблиці 2.1 можна помітити, що початок опалювального періоду в усіх регіонах України зміщено на більш пізні дати на 17-20 днів.

Це пояснюватися очікуваним підвищенням температури в осінній сезон по всій території України. Кінець же опалювального періоду співпадає з даними, отриманими за столітній період. Це вказує на те, що в найближчі десятиліття температура весняного сезону значно не зміниться. Тривалість опалювального періоду скоротиться в середньому на 22 дні на північному сході України, на півдні (м. Миколаїв) опалювальний період скоротиться на максимальне число днів — 29, на найменше на західній Україні — 16 днів.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку кліматичних характеристик опалювального періоду

Регіон	Початок ОП *	Закінчення ОП *	Тривалість ОП *, $\tau$	Середня темпера- тура, $\bar{t}$	$(15 - \bar{t}) \cdot \tau$
Чернігів	29 жовтня 8 жовтня	14 квітня 16 квітня	168/190	-1,7	2806
Луганськ	1 листопада 14 жовтня	6 квітня 8 квітня	157/179	-1,9	2653
Миколаїв	16 листопада 27 жовтня	31 березня 6 квітня	135/164	2,5	1688
Івано-Франківськ	2 листопада 15 жовтня	15 квітня 15 квітня	164/180	-0,2	2493

Примітка.\* – Розрахунки проведені за період 1900-2000 рр.

Для правильного планування розподілу енергоресурсів на найближчі 10-20 років по всій території України, для розрахунку потужності опалювальних систем необхідна інформація про тривалість опалювального періоду, середню температуру опалювального періоду, максимальну добову амплітуду температури повітря, найбільш холодних днів і т.п. Всі ці величини впливають на енергоспоживання. В зв'язку з тим, що на характеристики опалювального періоду суттєво впливають фізико-географічні особливості України, то логічно провести такий аналіз для різних природнокліматичних зон України.

В першу чергу необхідно проаналізувати очікувані середньорічні температури, за значеннями, отриманими по моделі REMO Max Planck Institute for Climatology до 2030р. Графіки середньорічних температур повітря для різних природнокліматичних зон наведені на рисунках 2.2 - 2.6 – Полісся, Лісостеп та Степ.

На графіках середньорічної температури повітря для полісся чітко спостерігаються три мінімуми і три максимуми, мінімальні значення відповідають 2015 р., 2021 р. і 2024 р., максимальні значення – 2019 р., 2023 р. і 2028 р. Амплітуда мінливості середньорічної температури повітря полісся складає 3-4 °С, при цьому середньорічна температура змінюється від 6 °С до 10 °С. Графіки середньорічної температури повітря зони лісостепу повністю повторюють профілі графіків для полісся, мінімальні і максимальні значення відповідають тим же рокам і тільки значення амплітуди декуди менше, складає – 3-3,5 °С і середньорічна температура змінюється від 7-8 °С до 10-11 °С.

Графіки мінливості середньорічної температури повітря степової зони суттєво відрізняються від графіків зони лісостепу і полісся. По-перше,

графіки мають більш згладжений вид, неможливо виділити роки максимуму, найбільш холодні роки співпадають. По-друге, амплітуда коливань складає 2-3 °С, значення середньорічної температури знаходяться в інтервалі від 10-11 °С до 13-14 °С.



Рисунок 2.2 – Середньорічна температура повітря у центральному Поліссі за період 2011-2030 рр..

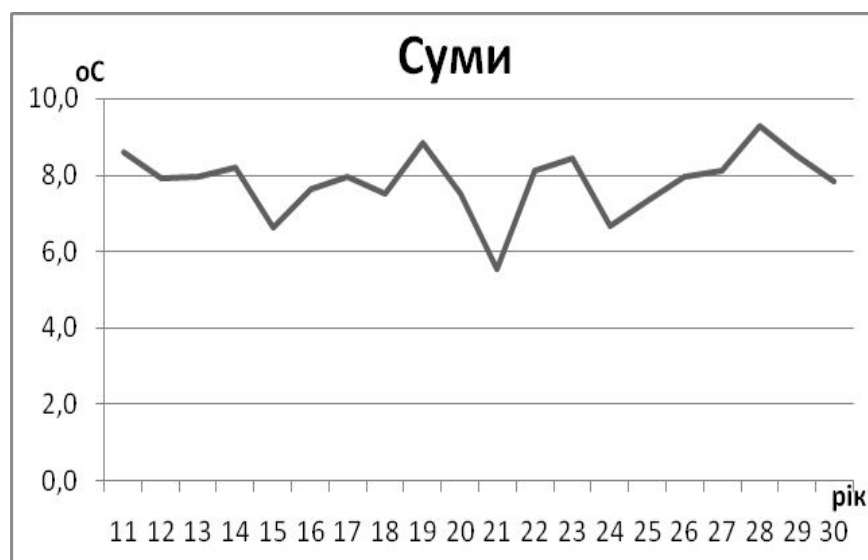


Рисунок 2.3 – Середньорічна температура повітря у східному Лісостепу за період 2011-2030 рр..





Рисунок 2.4 – Середньорічна температура повітря у центральному Лісостепу за період 2011-2030 рр..



Рисунок 2.5 – Середньорічна температура повітря у північному Степу за період 2011-2030 рр..

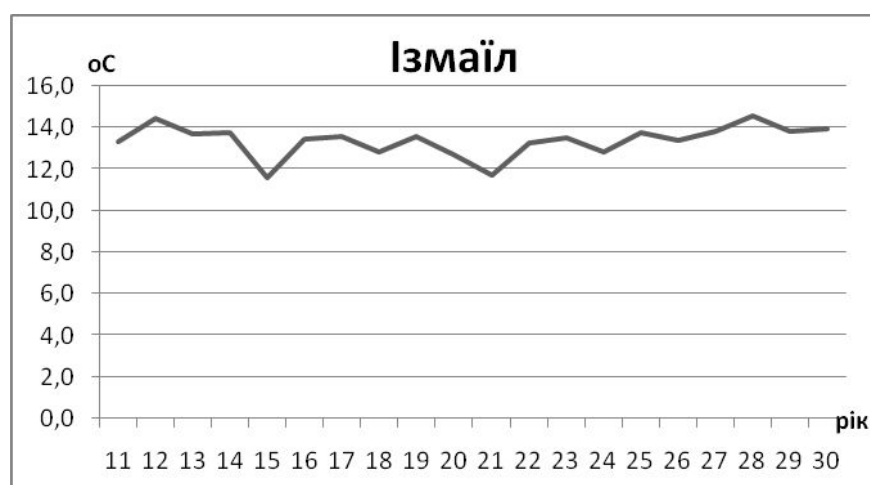


Рисунок 2.6 – Середньорічна температура повітря у південному Степу за період 2011-2030 рр..

На підставі графіків середньорічної температури повітря для подальшого аналізу були вибрані найхолодніший і найтепліший роки найближчого 20-річчя, відповідно 2012 р. і 2028 р., а також опалювальні періоди наступного 2013/14 р.

В таблиці 2.2 наведені результати проведеного аналізу характеристик опалювального періоду для різних природних зон України.

Аналіз характеристик опалювального періоду для різних регіонів України показує, що розбіжності в датах початку опалювального сезону від Полісся до південних окраїн Степу на наступний рік мають скласти півтора місяця – 40 днів: 11 жовтня у східному Лісостепу і 20 листопада на півдні степової зони; для найбільш холодного року відмінності прогнозуються до 20 днів (16 жовтня в східному Лісостепу і 6 листопада в південному Степу).

Таблиця 2.2 – Характеристики опалювального сезону за період 2011-2030р.

		$t_{\text{рік}}$	$t_{\text{оп}}$	НОП	ООП	Тривалість ОП	Градусо- дні
	2013/14	8,0	-1,3	11.10	12.04	183	3500,4
Суми	2020/21	5,5	-2,7	16.10	16.04	182	3620,9
	2027/28	9,3	0,5	23.10	30.03	158	2679,4
	2013/14	8,6	-0,5	15.10	9.04	176	3480,2
Житомир	2020/21	6,2	-1,5	19.10	16.04	179	3477,8
	2027/28	9,4	1,5	26.10	29.03	154	2694,8
	2013/14	9,4	-1,6	18.10	07.04	171	3318,7
Вінниця	2020/21	6,7	-1,4	21.10	14.04	175	3372,0
	2027/28	10,0	2,1	28.10	27.03	150	2378,5
	2013/14	10,1	-0,6	22.10	05.04	165	3035,1
Кіровоград	2020/21	7,7	-1,1	22.10	10.04	170	3215,6
	2027/28	11,3	2,8	02.11	22.03	140	2158,4
	2013/14	12,8	1,8	11.11	30.03	139	2152,3
Миколаїв	2020/21	10,7	1,8	31.10	03.04	154	2651,5
	2027/28	14,0	4,5	24.11	10.03	106	1414,7
	2013/14	13,7	3,8	20.11	28.03	128	1816,2
Ізмаїл	2020/21	11,7	3,4	06.11	03.04	148	2250,7
	2027/28	14,6	6,8	02.12	04.03	92	1139,5

В той час, як для найбільш теплого року ці відмінності складають також півтора місяці – 40 днів (23 жовтня Полісся і 2 грудня на півдні Степової зони). При цьому дати початку опалювального періоду зсувається від холодного року до теплого в Поліссі і зони Лісостепу на 7-13 днів, а на півдні Степовій зоні – на 24-25 днів.

Відмінності в датах закінчення опалювального періоду в Поліссі, Лісостепу і Степу на наступний рік складає 7 днів (від 12 квітня до 5 квітня і до 28 березня), а в найбільш холодний рік – закінчення періоду станеться на тиждень пізніше по всіх зонах. Для теплого року характерно, що закінчення опалювального сезону в Поліссі та Лісостепу наступить пізніше в порівнянні зі степовою зоною на 23-26 днів (4-10 березня і 27-30 березня). Якщо порівнювати закінчення опалювального сезону в найбільш холодний і найбільш теплий роки, то зміна дат в Поліссі та Лісостепу буде складати 17-19 днів, на півдні Степу – 24-30 днів.

Таким чином, розбіжність на протязі опалювального періоду в Поліссі та Лісостепу в холодний рік складає 7-9 днів, Лісостепу та Степу – 21-22 дня.

В теплий рік ця розбіжність між Поліссям і Лісостепом складатиме 8-14 днів, між Лісостепом і Степом – 44-48 днів. Це має проявитися в змінах тривалості опалювального періоду від холодного року до теплого року. І якщо різке скорочення тривалості опалювального періоду в найбільш теплий рік наступного 20-річчя в Поліссі та Лісостепу складатиме 25-30 днів, тобто практично один місяць, то в Степу це скорочення складатиме вже півтора-два місяці (48-56 днів).

Проаналізувавши середню температуру опалювального періоду можна відмітити, що для наступного року і найбільш холодного року відмінність між температурами опалювального періоду Полісся і Лісостепу складає в середньому 1-1,5 °С, в той час, як між температурами Лісостепу та Степу відмінність складає вже 3,2-5,2 °С, для найбільш теплого року ця відмінність складає відповідно 1,3-1,6 °С і 2,3-4,7 °С.

Для повної характеристики опалювального періоду був розрахований дефіцит тепла в градусах-днях. Використовуючи отримані результати можна правильно розподілити енерго-паливні ресурси на найближче 20-річчя.

Для більш детальнішого аналізу кліматичних характеристик опалювального періоду необхідно проаналізувати мінливість тривалості опалювального періоду за досліджуваний період. Для цього були побудовані графіки тривалості опалювального періоду та розрахована лінія тренда. Графіки тривалості опалювального періоду наведені на рисунках 2.7-2.11 – Полісся, Лісостеп та Степ.

На графіках можна бачити на скільки мінливе тривалість опалювального періоду в майбутні 20-річчя. Максимальна амплітуда становить 77 днів у м. Ізмаїл, далі 54 днів у Житомирі та Вінниці, 47 днів – м. Миколаїв, 38 днів – м. Кіровоград, 33 дні – м. Суми. При цьому найбільш чітко виражений тренд спостерігається на графіках для міст Суми, Кіровоград та Миколаїв.

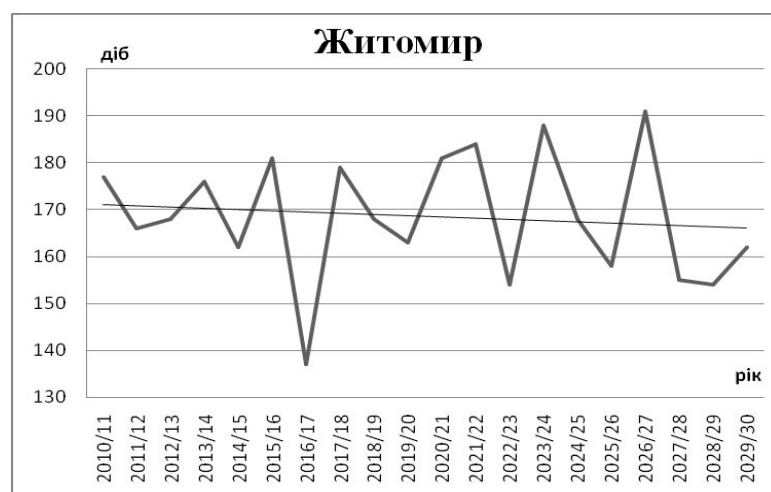


Рисунок 2.7 – Тривалість опалювального періоду у центральному Поліссі за період 2011-2030 рр..

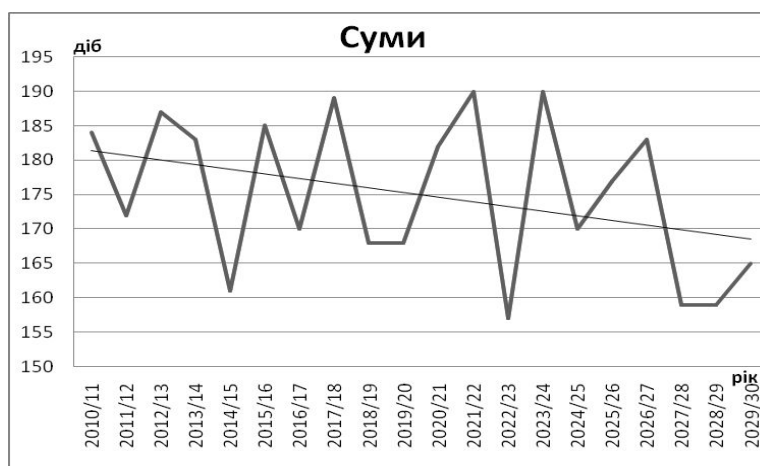


Рисунок 2.8 – Тривалість опалювального періоду у східному Лісостепу за період 2011-2030 рр..



Рисунок 2.9 – Тривалість опалювального періоду у центральному Лісостепу за період 2011-2030 рр..



Рисунок 2.10 – Тривалість опалювального періоду у північному Степу за період 2011-2030 рр..

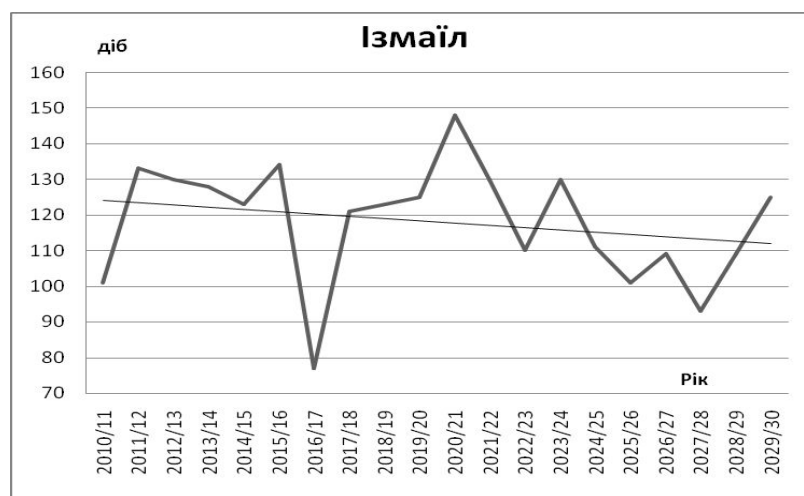
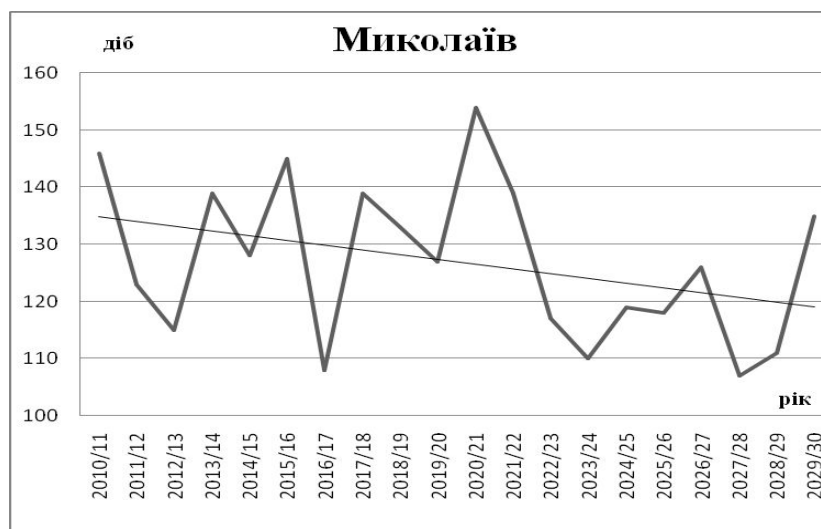


Рисунок 2.11 – Тривалість опалювального періоду у південному Степу за період 2011-2030 рр..

Необхідно також проаналізувати дати початку і закінчення опалювального періоду за графіками представленим на рисунках 2.12-2.16.

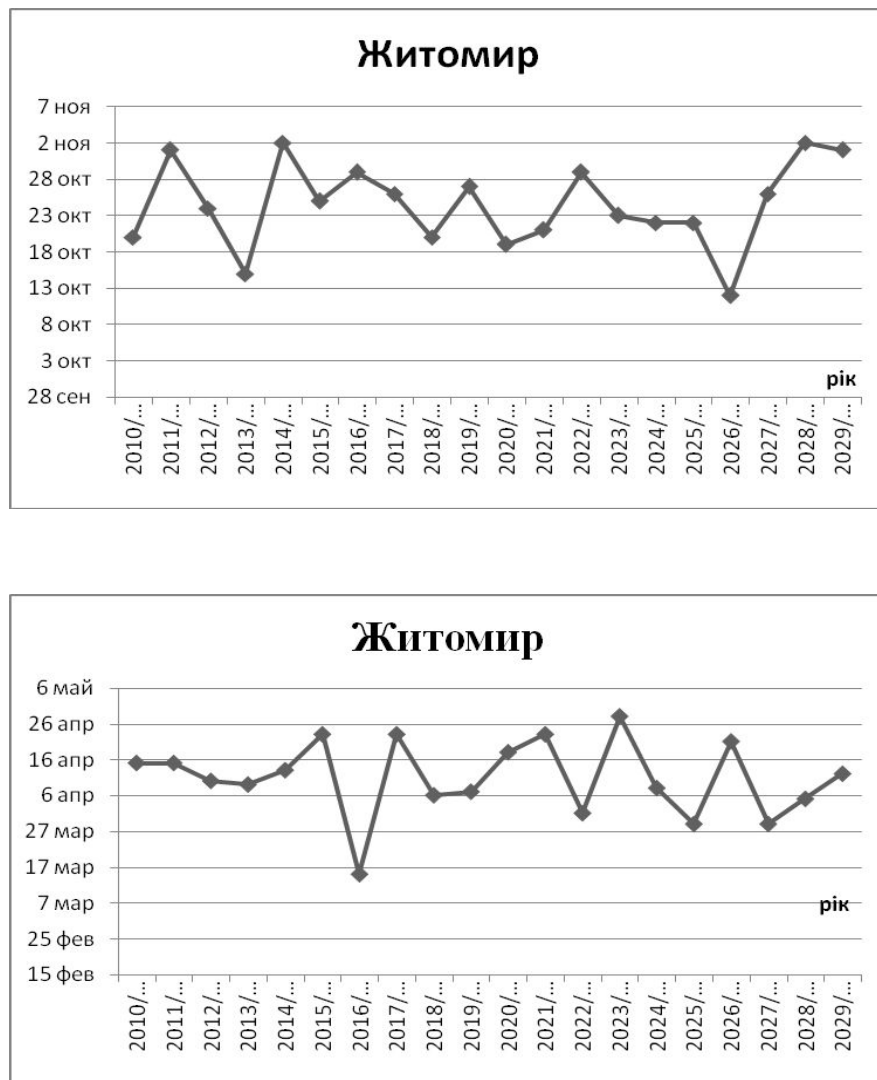


Рисунок 2.12 – Графік дат початку і закінчення опалювального періоду у центральному Поліссі за період 2011-2030 рр..

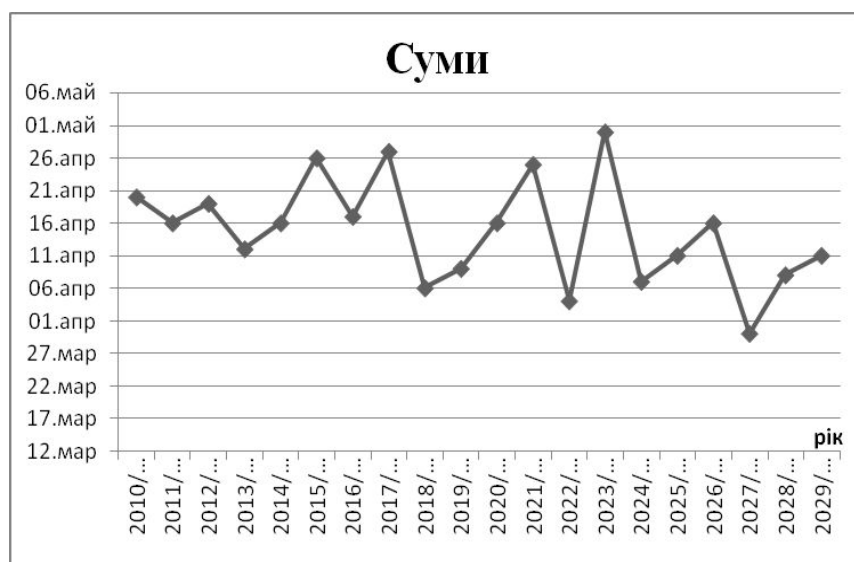
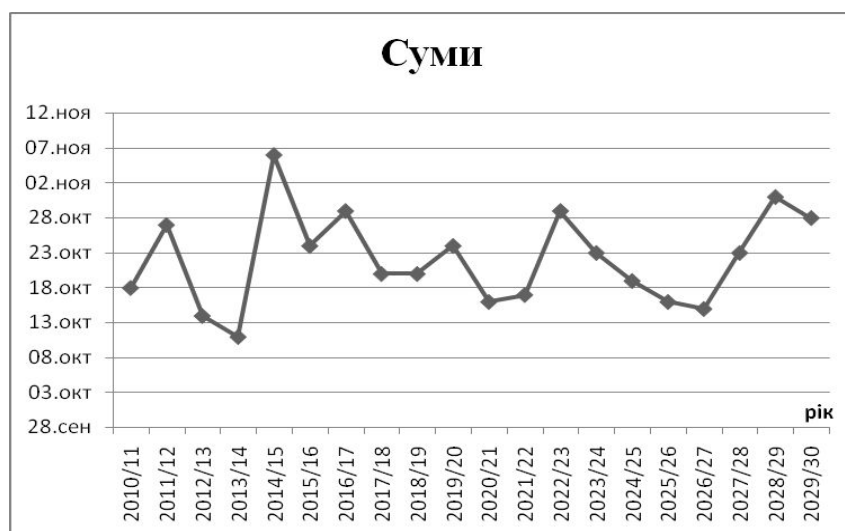


Рисунок 2.13 – Графік дат початку і закінчення опалювального періоду у східному Лісостепу за період 2011-2030 рр..



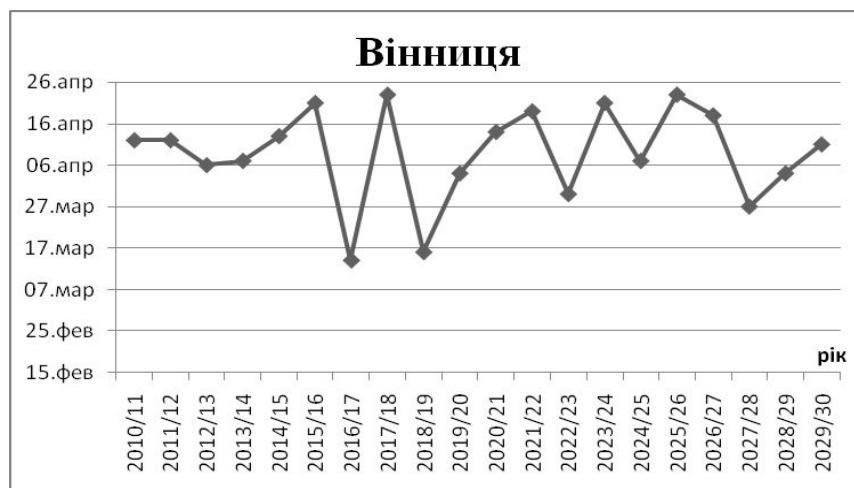
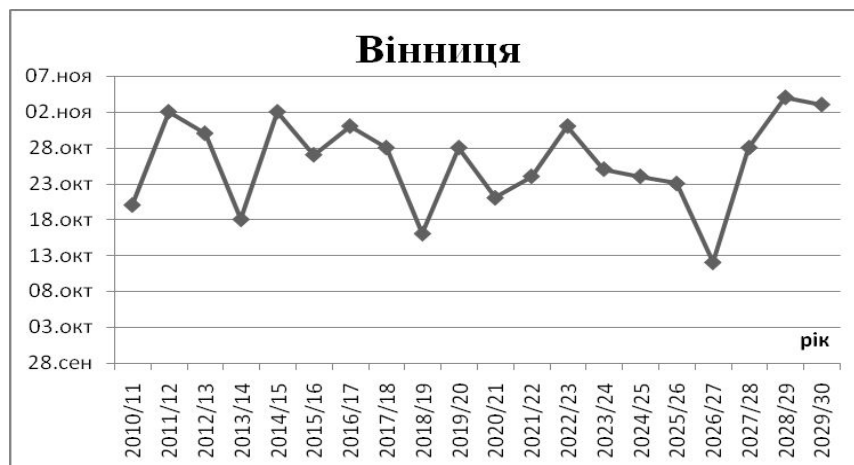


Рисунок 2.14 – Графік дат початку і закінчення опалювального періоду у центральному Лісостепу за період 2011-2030 рр..



Рисунок 2.15 – Графік дат початку і закінчення опалювального періоду у північному Степу за період 2011-2030 рр..

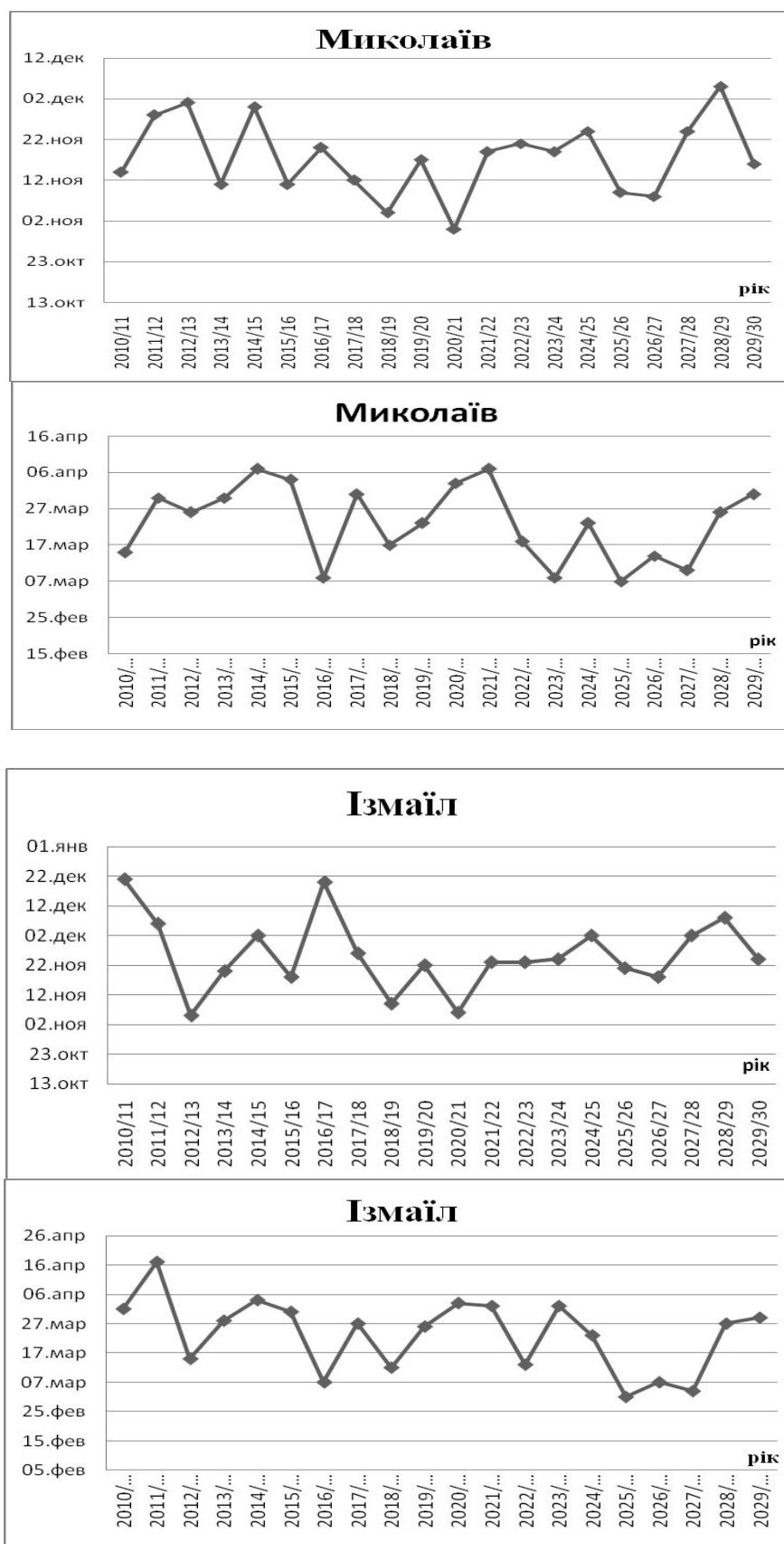


Рисунок 2.16 – Графік дат початку і закінчення опалювального періоду у південному Степу за період 2011-2030 рр..

Найбільш пізніми датами початку опалювального періоду для полісся очікується 2 листопада, для лісостепу – 4-6 листопада, для північних районів степу – 8 листопада, для південних районів степу – 30 листопада.

Найбільш раніми датами закінчення опалювального періоду для полісся очікується 29 березня, для лісостепу – 30 березня (м. Суми) 14 березня (м. Вінниця), для північних районів степу – 15 березня, для південних районів степу – 2 березня.

В результаті проведеного дослідження впливу мінливості клімату на характеристики опалювального періоду на найближче 20-річчя можна зробити наступні висновки:

1. Кліматичні коливання, що прогнозуються на найближче двадцятиріччя, проявиться в тому, що тривалість опалювального періоду на більшій частині території України буде мати також коливальний характер. Зменшення тривалості опалювального періоду буде спостерігатися значно більше в Степової та Лісостепової зонах, чим в Поліссі.

2. Зменшення тривалості опалювального періоду у всіх природнокліматичних зонах відбувається за рахунок збільшення середньомісячних температур повітря у осінній період, тобто за рахунок настання пізніше дати початку опалювального періоду.

3. Найбільш менші значення енергоспоживання належать південним частинам України, найбільше значення спостерігаються на півночі, на заході та сході значення практично однакові.

4. Результати цього дослідження вказують на явну тенденцію потепління клімату, що в свою чергу веде до скорочення тривалості опалювального періоду та скорочення потреб витрат на паливо та опалення. Це все обумовлює можливість розвитку економіки у зв'язку кліматичними змінами

### **3 КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАДІАЦІЙНИХ УМОВ УКРАЇНИ НА МЕЖІ СТОЛІТЬ**

#### **3.1 Огляд досліджень з питань змін глобального радіаційного режиму**

##### **3.1.1 Загальні положення**

Проблема змін клімату – одна з найактуальніших проблем сучасності. Вона стосується вчених усіх наукових напрямків, тому що має не тільки науковий і практичний інтерес, але й соціальний. Сьогодні майже всі дослідники зійшлися на думці, що потепління клімату відбувається і є всі підстави припустити, що воно може мати певні прояви в економіці й соціальній сфері, швидше за все негативні і до того ж часто непередбачувані. І це, перш за все, пов'язано з тим, що важливим екологічним наслідком глобального потепління є трансформація не тільки поля температури, а й поля атмосферних опадів, вітру тощо, тобто усіх показників, які характеризують стан кліматичної системи або клімат Землі. Тобто зміни клімату є часткою глобальних змін природного середовища, які проявляються як на глобальному, так і регіональному рівнях [1-2].

Дійсно, кліматичні зміни не означають просто підвищення температури. Під усталеним терміном «глобальна зміна клімату» розуміють перебудову всіх геосистем. А потепління розглядається лише як один з аспектів змін. Дані спостережень свідчать про підвищення рівня Світового океану, танення льодовиків і вічної мерзлоти, посилення нерівномірності випадіння опадів, зміну режиму стоку річок та про інші глобальні зміни, пов'язані з нестійкістю клімату.

Зміни в кліматичній системі відбувалися протягом мільйонів років, тобто клімат Землі змінювався в минулому і буде змінюватися у майбутньому. Однак сучасні зміни клімату пов'язані, за думкою багатьох дослідників, не тільки і не стільки з природними коливаннями клімату різного часового масштабу, але й з антропогенними факторами [3-8].

До основних факторів, відповідальних за природну складову змін клімату, перш за все, відносять:

- астрономічні фактори, обумовлені процесами, що відбуваються на Сонці і в Сонячній системі, а також змінами орбітальних параметрів Землі;
- геофізичні фактори, які пов'язані з властивостями Землі як планети;
- циркуляційні фактори, пов'язані з процесами у середині самої атмосфери при взаємодії з іншими компонентами кліматичної системи, і насамперед з циркуляцією атмосфери і океану.

До того ж слід розглядати антропогенні фактори змін природного середовища і клімату, які мають різну тривалість, розповсюдження і різну ступінь впливу.

Усі фактори, як природного так і антропогенного характеру, відповідні за зміни, які відбуваються в надходженні сонячної енергії до нашої планети та її перетвореннях в умовах Землі.

Дійсно, глобальний середній клімат Землі визначається енергією, яка надходить від Сонця, а також її перетвореннями в атмосфері і на підстильній поверхні, тобто відбиттям, поглинанням і випромінюванням енергії, що залежить від фізичних властивостей останніх. Тобто, клімат Землі нерозривно пов'язаний з радіаційним балансом нашої планети [4, 5, 6]. Тому радіаційний баланс Землі на верхній межі атмосфери є ключовим параметром, що характеризує енергетичний обмін між кліматичною системою Землі і космосом. І будь-які (природного чи антропогенного походження) збурення радіаційного балансу Землі, які отримали назву *радіаційного форсингу*, є основним фактором, що визначає динаміку планетарної кліматичної системи. В основу дослідження динаміки радіаційних умов глобального масштабу покладено результати космічного моніторингу, основу якого закладено на початку восьмидесятих років минулого століття [8, 9].

Для оцінки вразливості галузей економіки України і формування державної програми їх адаптації до змін клімату треба мати чітке уявлення про зміни, які відбувались протягом ХХ століття в режимі багатьох метеорологічних величин (температури повітря, опадів, вітру, сонячної радіації тощо), і прогноз цих змін до 50-х років ХХІ століття. Така робота проводиться з використанням багаторічних кліматичних даних, а також розрахункових кількісних показників згідно різних сценаріїв [10]. Особливий інтерес при цьому викликає питання про напрямок подальших змін в режимі сонячної радіації, що є першопричиною кліматичних перетворень. До того ж це дозволить з'ясувати можливості використання в майбутньому для задоволення енергетичних потреб країни невичерпної енергії Сонця і розв'язання деяких задач соціально-економічної спрямованості.

### 3.1.2 Енергетичні аспекти змін клімату Землі

***Промениста та теплова рівновага Землі.*** Промениста енергія Сонця є основним і практично єдиним джерелом тепла для поверхні Землі і її атмосфери. Спектр сонячної радіації на межі земної атмосфери практично знаходиться у діапазоні довжини хвиль між 0,17 до 4 мкм з максимумом при 0,475 мкм (рис. 3.1). До того ж майже 48 % цієї енергії знаходиться у видимому спектрі ( $0,39 < \lambda < 0,76$ ), тобто є джерелом світла, такого важливого для життя на Земній кулі [11].

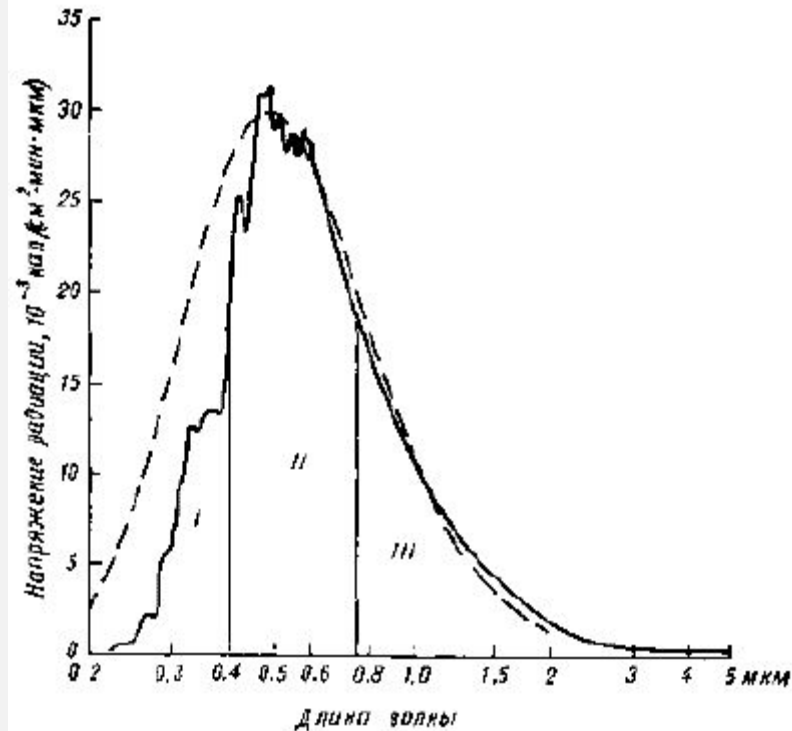


Рисунок 3.1 – Розподіл енергії в спектрі Сонця на верхній межі атмосфери і в спектрі чорного тіла при 6000 °K (пунктир) [11]:

I – ультрафіолетове випромінювання, II – видиме випромінювання, III – інфрачервоне випромінювання

Сонячна енергія перетворюється у теплову частково у самій атмосфері, але головним чином на земній поверхні. Вона йде тут на нагрівання верхніх шарів ґрунту і води, а від них і повітря. Нагріта земна поверхня і нагріта атмосфера в свою чергу самі випромінюють невидиму інфрачервону радіацію у космічний простір, тим самим охолоджуючи земну поверхню і атмосферу.

Протягом значних відрізків часу середні річні температури земної поверхні і атмосфери у будь-якій точці Земної кулі мало змінювались від року до року і мали місце лише їх коливання навколо середніх значень. Це свідчило про те, що планета Земля знаходилась у тепловій рівновазі: надходження тепла урівноважувався його витратами. Можна говорити і про променисту рівновагу тому що тепло, яке отримує Земля з її атмосферою - це поглинута сонячна радіація, а втрати відбуваються шляхом власного випромінювання у космічний простір.

Але протягом останнього часу, починаючи з другої половини XX століття, в температурному режимі нашої планети спостерігаються помітні односпрямовані зміни: середня річна глобальна температура підвищується.

Це свідчить про те, що відбуваються деякі зміни у процесі надходження сонячної енергії, її перетворення як в атмосфері Землі, так і на земній поверхні.

Для того, щоб зрозуміти ці зміни, розглянемо основні характеристики радіаційного режиму, складові радіаційного балансу та механізми перетворення в умовах Землі енергії, що надходить від Сонця.

**Перетворення сонячної радіації в атмосфері Землі і на підстильній поверхні.** Кількість сонячної радіації, яку отримує планета Земля на верхній межі атмосфери (ВМА), прийнято характеризувати *сонячною сталою*  $S_o$ . Це потік сонячної радіації, який надходить на ВМА на одиницю поверхні, перпендикулярну сонячним променям, в одиницю часу при середній відстані між Землею і Сонцем ( $r_o = 149,6$  млн. км). Вона дорівнює  $S_o = 1,375$  кВт/м<sup>2</sup>, що відповідає повній потужності випромінювання Сонця  $3,9 \cdot 10^{23}$  кВт. Оскільки протягом року Земля рухається навколо Сонця по екліптичній орбіті і відстань між ними не залишається постійною, то змінюється протягом року і надходження сонячної енергії: від  $1,349$  кВт/м<sup>2</sup> на початку липня, коли  $r = 152,1$  млн. км, до  $1,443$  кВт/м<sup>2</sup> на початку січня, коли  $r = 147,1$  млн. км. Цю величину визначають за формулою:

$$S^* = S_o / R^2, \quad (3.1)$$

де  $R$  – відносна відстань між Землею і Сонцем, яка визначається як відношення фактичної відстані  $r$  до середньої  $r_o$ . Ясна річ, що сонячна стала, крім відстані між Землею і Сонцем, залежить від випромінювальної здатності Сонця.

Потік сонячної радіації  $S$ , який надходить до горизонтальної поверхні на ВМА, визначається також кутовою висотою Сонця  $h_o$ :

$$S = (S_o / R^2) \sin h_o. \quad (3.2)$$

Висота Сонця є функцією широти місцевості  $\varphi$ , схилення Сонця  $\delta$  і його годинного кута  $\tau$ . Тоді формула (3.2) набуває вигляду:

$$S = (S_o / R^2) (\sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau) \quad (3.3)$$

Сонячна радіація, проходячи через усю товщу атмосфери, значно послаблюється внаслідок поглинання її термодинамічно активними домішками атмосфери та розсіювання. Її частину, що надходить до земної поверхні безпосередньо від сонячного диску у вигляді пучка паралельних променів, називають *прямою сонячною радіацією*, яка обмежується



довжиною хвиль  $0,29 - 2,0$  мкм. У сумі з *розсіяною* радіацією вона складає *сумарну радіацію*  $Q$ .

Потік цих видів сонячної радіації характеризується *інтенсивністю* радіації, тобто її кількістю, яка надходить за одиницю часу на одиницю площини. Для прямої сонячної радіації синонімом цього поняття є *щільність потоку* радіації. Вона залежить від хмарності, оптичної маси і прозорості атмосфери.

В цілому атмосфера поглинає 15-20 % радіації, що надходить від Сонця. Основний поглинач радіації в інфрачервоній області спектру - це водяна пара, яка зосереджена у тропосфері. Досить сильно поглинає цю частину спектру радіації і вуглекислий газ, але його вміст в атмосфері малий, тому загальне поглинання ним незначне. Більш сильним поглиначем сонячної радіації в ультрафіолетовій частині спектру є озон. Його вміст в атмосфері, навіть у стратосфері, дуже малий, але роль його визначна. В ультрафіолетовій частині спектру поглинання відбувається і за рахунок азоту, але воно незначне. Добре поглинають радіацію також атмосферні аерозолі, хмари та тверді частки, зважені в атмосфері.

Поглинена сонячна радіація сприяє нагріванню атмосфери, яка віддає це тепло як у космічний простір, так і у напрямку до земної поверхні - *зустрічне випромінювання атмосфери*.

І будь-які зміни у складі атмосфери можуть призвести до значних змін у перетворенні сонячної радіації під час її надходження до підстильної поверхні.

Сонячна радіація, яка надходить до підстильної поверхні, частково відбивається нею ( $A \cdot Q$ ), а частково поглинається верхнім тонким шаром ґрунту або води і переходить у тепло, сприяючи також нагріванню атмосфери. Відбивальна здатність підстильної поверхні характеризується *альбедо*  $A$ , значення якого залежить від типу і кольору поверхні і змінюється в значних межах, особливо на суші. Планетарне альбедо Землі оцінюється в 35-40 %. Нагріта підстильна поверхня отримує здатність власно випромінювати довгохвильову радіацію, інтенсивність якої пропорційна, згідно закону Стефана - Больцмана, четвертому ступеню нагрітості тіла. Земна поверхня випромінює майже як абсолютно чорне тіло і при температурі  $15^{\circ}\text{C}$ , або  $288^{\circ}\text{K}$ , інтенсивність випромінювання дорівнює  $0,6 \text{ кал/см}^2 \text{ хв}$ .

Таке значне *власне випромінювання земної поверхні* призводило б до швидкого її вихолодження, як би, як згадувалось вище, не зворотній процес - *зустрічне випромінювання атмосфери*: нагріта атмосфера (завдяки поглиненій, відбитій від підстильної поверхні радіації, а також власному тепловому випромінюванню земної поверхні) віддає тепло як у космічний простір, так і у напрямку до підстильної поверхні (до 70 %). Останній потік значно зменшує тепловтрати підстильної поверхні (*парниковий ефект*). А

різниця між власним випромінюванням підстильної поверхні і зустрічним випромінюванням атмосфери називають *ефективним випромінюванням*  $I$ .

Співвідношення між розглянутими потоками *надходження* сонячної енергії до підстильної поверхні через сумарну радіацію  $Q$  і *втратні складові* через короткохвильову відбиту радіацію  $A \cdot Q$  і довгохвильове ефективне випромінювання  $I$  дозволяють оцінити *радіаційний баланс* підстильної поверхні  $R$ :

$$R = Q - A \cdot Q - I = Q(1 - A) - I, \quad (3.4)$$

де  $Q(1 - A)$  - поглинена підстильною поверхнею короткохвильова радіація.

Можна визначати радіаційний баланс атмосфери і системи підстильна поверхня-атмосфера, тобто планети Земля у цілому.

З часом завдяки природним факторам і діяльності людини (антропогенний фактор) як склад атмосфери, так і властивості підстильної поверхні змінюються. Це призводить до змін в механізмі перетворення сонячної радіації на планеті Земля. Наслідки цих змін, за думкою багатьох дослідників, особливо проявляються останнім часом, а саме у помітному потеплінню клімату починаючи з другої половини XX століття.

**Космічний моніторинг радіаційного балансу Землі.** Радіаційний баланс Землі (РБЗ) як планети можна оцінити завдяки дослідженням радіаційних потоків на верхній межі атмосфери. Цю проблему розв'язано за допомогою космічного моніторингу (з 1980 р), тобто системи спостережень і вимірювань складових РБЗ вимірювальними засобами космічного базування. Удосконалення вимірювальної техніки і постійне зростання об'єму даних спостережень дозволяє з достатньою достовірністю надати загальну картину важливих змін в кліматичній системі Землі [9,12] .

Достовірність оцінок і моніторингу радіаційного балансу в значній мірі визначається точністю і неперервністю рядів спостережень. Значного прогресу в рішенні задачі отримання таких даних було досягнуто в рамках супутникових експериментів Nimbus/ERB та ERBE/NASA. Один з основних висновків цих експериментів полягав у тому, що настільки масштабні проекти, як довготривалий супутниковий моніторинг складових РБЗ, повинен виконуватись спільними зусиллями Метеослужб і Космічних Агентств різних країн. Добрим прикладом такої співдружності є робота з вивчення РБЗ, яка була почата в 1987 р. у рамках Ради «Інтеркосмос» АН СРСР спільно з Національним центром космічних досліджень Франції (КНЕС). Програма взаємодії включала спільну розробку скануючого радіометра радіаційного балансу (СРРБ) для оснащення супутників «Метеор-3» з метою відтворення прогалини (майже 10 років, що виникли в 90-ті роки) у багаторічному ряді даних з РБЗ, зібраних НАСА (США). Роботи за проектом СРРБ велись спільно фахівцями Росії, Франції та Німеччини, маючи

на увазі продовження космічного моніторингу РБЗ у додаток до вже отриманих даних з проекту ERBE та напередодні проекту CERES. Для координації наукових досліджень саме у рамках цього проекту була створена Міжнародна наукова група CPPB (ISSWG).

На сьогодні координуючу роль в організації і валідації космічних спостережень РБЗ здійснює міжнародна наукова група CERES (CERES Science Team) під керівництвом Нормана Лоеба (Norman Loeb). Вчені та фахівці різних країн, об'єднані координуючою діяльністю CERES, ставлять перед собою наступні задачі: 1) забезпечити неперервність довгострокових космічних спостережень радіаційного балансу на верхній межі атмосфери, в атмосфері і на поверхні Землі, які узгоджуються з метеорологічними даними, включаючи дані про хмари та аерозолі; 2) проводити дослідження, що спрямовані на поглиблене розуміння причин мінливості РБЗ та ролі хмар у цих процесах; 3) забезпечити отримання загальнодоступних інформаційних продуктів для оцінки та досконалості моделей клімату.

Важливість спостережень за енергетичними потоками на ВМА в наш час не викликає сумніву. Сучасні методи космічного моніторингу дозволяють проводити контроль усіх трьох складових РБЗ: *сонячну радіацію, що надходить на верхню межу атмосфери (НСР), короткохвильову сонячну радіацію, що втрачає атмосфера, відбиваючи її у космічний простір (ВКР), та довгохвильову сонячну радіацію, яку втрачає система атмосфера – підстильна поверхня (ВДР)*, тобто теплове випромінювання Землі. В останній час науковою групою CERES проведена значна робота з контролю і нормалізації раніше отриманих радіаційних даних і зараз усі зацікавлені фахівці мають відкритий доступ до упорядкованого архіву даних за період з березня 2000 р. по червень 2012 р. До важливих досягнень групи CERES останніх років слід віднести появу експертних оцінок достовірності (довірчі інтервали) значень складових РБЗ, які надають уявлення про те, наскільки виправданим може бути та чи інша інтерпретація отриманих результатів спостережень.

Результат космічного моніторингу РБЗ на ВМА можна виразити наступним чином:

$$R = Q(1 - A) - L, \quad (3.5)$$

де  $Q$  – сонячна радіація, що надходить (НСР), яка визначається інтегральною сонячною сталою (ІСС)  $S_o$ , (при цьому з урахуванням фактора глобального усереднення  $1/4$  отримуємо  $Q = S_o / 4$ ),

$A$  – альбедо Землі,

$L$  – довгохвильова радіація, що втрачає система (ВДР).

$QA$  визначає короткохвильову радіацію, що втрачає система (ВКР). Якщо коальбедо Землі (ступень поглинання) виразити співвідношенням  $\gamma = 1 - A$ , то величина  $P = Q \cdot \gamma$  визначає поглинену короткохвильову радіацію (ПКР). Значення енергетичних потоків надаються розмірностями Вт/м<sup>2</sup> і

вважаються додатними для потоків, які надходять, і від'ємними для тих, що втрачаються.

Сучасні значення ІСС на ВМА, згідно [9], складають  $1364 \text{ Вт/м}^2$ , що відповідає НСР, яка дорівнює  $341,3 \text{ Вт/м}^2$ . Чисельні значення інших компонентів надані в наступній таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Сучасні глобальні середньорічні значення РБЗ та його складові

Параметр	Середні значення (Вт/м <sup>2</sup> )	Абсолютний сер.кв.відхил (Вт/м <sup>2</sup> )	Відносний сер.кв.відхил (%)	Довірчий інтервал (Вт/м <sup>2</sup> )
Н С Р	341,3	0,7	0,2	340,0 – 341,8
В Д Р	238,3	1,8	0,8	235,6 – 240,5
В К Р	99,9	3,2	3,2	96,6 – 105,2
Р Б З	3,1	3,1	100,0	-0,4 – 7,0

Примітка. НСР – сонячна радіація, що надходить на ВМА, ВДР – довгохвильова сонячна радіація, яку втрачає система, ВКР – короткохвильова сонячна радіація, яку втрачає система, РБЗ – радіаційний баланс Землі

Довгохвильова радіація, що втрачає Земля на ВМА на 78 % припадає на довгохвильове атмосферне вихолодження, а на 22 % – на випромінювання земною поверхнею.

Наведені в табл. 3.1 дані відрізняються від попередніх, отриманих за допомогою ERBE і CRRБ – першого етапу космічного моніторингу 1980-2000рр: ВКР дорівнювало  $107 \text{ Вт/м}^2$ , ВДР –  $234 \text{ Вт/м}^2$ , тобто значення ВДР дещо зросло, а ВКР – зменшилось. А це говорить про те, що має місце глобальний додатний тренд ВДР і від'ємний тренд ВКР.

Зазначимо, що усі ці зміни відбуваються, як свідчать деякі дослідження, у відсутності статистично значущого тренду змін інтегральної сонячної сталої (ІСС). На рубежі ХХІ-го століття мало місце хвилювання щодо зростання ІСС. Так, тренд між 21-м і 23-м Сонячними циклами склав  $+0,037 \%$  за десятиріччя. Тому всі чекали, що ж буде відбуватися після завершення 23 циклу, який розтягнувся майже на 12,5 років. Але «спокійне» Сонце у 2010 р. перейшло в 24-й цикл активності і стало ясно, що тренд між 21-м і 24-м циклами склав усього  $+0,004 \%$  за десятиріччя. А це означає, що сучасна ІСС фактично не змінюється.

Але існують і протилежні точки зору щодо змін сонячної сталої, особливо на значних відрізках часу, про що мова піде нижче.

Просторово-часовий розподіл компонентів РБЗ на рівні ВМА може бути основою для визначення потоків енергії, які керують загальною циркуляцією атмосфери і океанів, і в той же час є деяким наслідком цієї циркуляції. Система «атмосфера – підстильна поверхня» поглинає частину потоку прямої сонячної радіації, що надходить, і випромінює довгохвильову

(ДХ) теплову радіацію на довжині хвиль, більших за 4,0 мкм. Довгохвильовий потік, що втрачається, коливається в межах від 120 до 450 Вт/м<sup>2</sup> при глобальному *середньорічному* його значенні близькому до 240 Вт/м<sup>2</sup>. Відбитий потік короткохвильової сонячної радіації (КХ) зі спектром в області 0,2 – 4,0 мкм змінюється від 0 до 750 Вт/м<sup>2</sup>. Річний цикл глобального середнього РБ на ВМА має амплітуду близько 15 Вт/м<sup>2</sup> з максимальним додатним значенням в кінці літа у Південній півкулі. Близькі до нульових (але ненульові) величини середньорічних середніх по усій Земній кулі значень РБ (декілька ват на квадратний метр), отримані за даними вимірювань, є предметом дискусій у всесвітньому науковому суспільстві: чи слід вважати глобальний радіаційний дисбаланс провісником важливих кліматичних змін або це наслідки похибок даних (на етапах вимірювань та обробки).

Дійсно, величина змін РБЗ достатньо мала і може бути меншою за 1 Вт/м<sup>2</sup>, а знати її треба з точністю до частки, розраховуючи її на основі супутникових даних як різницю між достатньо великими величинами (близько 340 Вт/м<sup>2</sup>). Навіть для відносної похибки вимірювань CERES 0,2 % оцінка абсолютної похибки (при ВКР  $\approx 100$  Вт/м<sup>2</sup>, ВДР  $\approx 240$  Вт/м<sup>2</sup>) може становити 0,5 Вт/м<sup>2</sup>. Тому питання про точність радіаційних вимірювань не сходять з порядку денного і до теперішнього часу не є вирішеним.

Сучасне значення поглиненої КР складає 241,3 Вт/м<sup>2</sup>, з них поглинання атмосферою складає  $77 \pm 7$  Вт/м<sup>2</sup>, а земною поверхнею  $163 \pm 7$  Вт/м<sup>2</sup>. Поточна оцінка глобального дисбалансу складає  $+0,5 \pm 0,26$  Вт/м<sup>2</sup>. Це свідчить про те, що Земля отримує від Сонця енергії більше, ніж випромінює її у космічний простір, тобто йде нагрівання нашої планети. Цей дисбаланс підтверджується вимірюваннями зростання тепловмісту океану протягом останніх 30 років: Світовий океан акумулює в середньому  $0,4 \cdot 10^{22}$  Дж за рік [8,13]. Це на порядок більше, ніж вся енергія, яку отримує людство від спалювання усіх видів палива протягом року. Як наслідок, очікується подальше глобальне потепління навіть без суттєвих змін складу атмосфери. Але слід пам'ятати, що поверхні суші і океану мають різні часові масштаби температурного відгуку на радіаційні збурення: для суші вони складають 10 років, а для океану майже 100 років. І саме феноменальна «теплоємкість» Світового океану, тобто його унікальна теплова інерційність рятує нас від екстремальної прояви глобального потепління. Тобто клімат Землі має суттєву теплову інерційність. І цей важливий факт не завжди адекватно враховується не тільки політиками, але й деякими вченими. Ефект інерції сповільнює реакцію Землі на кліматичні збурення, тобто перешкоджає змінам планетарного енергетичного балансу відбитись у змінах глобальної температури.

Таким чином, глобальна температура зростає поки що достатньо повільно. Але коли буде вичерпана акумулятивна здібність Світового океану, може початись дійсно глобальне екстремальне потепління, що безумовно

проявиться в аномальних природних явищах і, в першу чергу, швидкому підвищенню рівня Світового океану, посиленні активності тропічних циклонів.

Усі космічні засоби спостережень слугують тільки для діагностики кліматичних змін. І якщо припустити найнесприятливіший сценарій розвитку подій з інтенсифікацією глобального потепління, коли діагноз стане дійсно загрозливим для людства, то висловлюється думка про необхідність використання технологій активного впливу на оточуюче середовище. [12-15]. Тому на порядку денному стало питання про активний вплив на кліматичну систему шляхом штучної корекції складових РБЗ для зменшення глобальної температури. Такі підходи, які називають *геоінженерними*, підрозділяють на дві групи): 1) цілеспрямовані зміни РБЗ для компенсації парникового ефекту; 2) вилучення з атмосфери надлишкової кількості діоксида вуглецю. До першої групи віднесені такі методи, як введення в стратосферу сульфатних і інших відбивальних аерозолів, створення орбітальних відбивачів або відбивачів у точці Лагранжа, збільшення хмарності над Світовим океаном і зміни альbedo самої земної поверхні. Цю точку зору наполегливо пропагандує академік РАН Ю.А. Ізраель [13-15]. Він вважає, що рішення проблеми змін клімату ( не залежно від причин цих змін) – це зменшення на 1-2% сонячної радіації, яка надходить до Землі. Для цього припускається закачати в стратосферу 600 тис. тон аерозолів (сірки). За думкою Ізраеля, цього достатньо, щоб стабілізувати температуру і клімат на сучасному рівні. У результаті таких дій на 1м<sup>2</sup> земної поверхні випаде 0,2 mgr сірки, що в 1000 разів менше, ніж випадає сьогодні з звичайних промислових викидів. Цей метод, як вважає вчений, можна впровадити за 2-3 роки.

В рамках другої групи розглядається посилення поглинання діоксида вуглецю лісами, океаном та штучними поглиначами.

Треба пам'ятати, що зовнішній радіаційний форсинг хоч і є важливим фактором впливу на кліматичну систему Землі, не є єдиним, який визначає сучасні кліматичні зміни. Важливу роль тут відіграють обернені зв'язки. В теперішній час найбільша невизначеність у зворотних зв'язках кліматичної системи існує щодо хмарності. Підсумковий ефект впливу хмарного покриву Землі на клімат вкрай мінливий в залежності від висоти, типу і оптичних властивостей хмар. Але ключова їх роль у регулюванні радіаційного балансу безумовна. Тонкі пір'ясті хмари добре пропускають сонячне випромінювання і в той же час блокують значну частину теплового випромінювання від підстильної поверхні. Товсті купчасті хмари ефективно відбивають сонячне випромінювання і в меншій мірі блокують теплове випромінювання поверхні. Більшість кліматичних моделей апріорі припускають, що інтегральний ефект хмарних зворотних зв'язків додатний, тобто такий, що посилює нагрів, хоч в наш час під питанням залишається не тільки величина, але й знак цього ефекту.

### 3.1.3 Природні та антропогенні фактори змін радіаційного режиму Землі

**Астрономічні аспекти змін радіаційного режиму Землі.** У XIX столітті геологи несподівано зробили відкриття: виявилось, що колись величезні арктичні льодовики наступали на сушу і накривали майже всю Європу і Північну Америку. Згодом після цього відкриття стало ясно, що льодовикові періоди наставали не один раз і повторювались через визначені проміжки часу. Причини цього явища не знаходили пояснення до початку XX століття, поки у 1936 р. сербським геофізиком і астрономом Мілутиним Міланковичем (Milutin Milankovitch) не була висловлена гіпотеза про циклічні коливання інсоляції, спричинені коливаннями параметрів обертання Землі навколо Сонця та навколо власної осі, які формують енергетичний баланс Землі. Вченим були закладені основи астрономічної теорії змін клімату. Розраховані за її допомогою кліматичні цикли (*цикли Міланковича*) добре відповідають коливанням клімату, що виявлені дослідниками в історії Землі за останні 500 тис. років.

Дійсно, клімат Землі визначається кількістю енергії, яку вона отримує від Сонця. І будь які зміни в надходженні сонячної енергії спричиняють зміни глобального клімату, які неодноразово мали місце в історії Землі. Серед природних причин, відповідальних за варіації сонячного випромінювання і змін клімату, перш за все розглядаються астрономічні фактори, а саме: положення і рух Землі в Сонячній системі, нахил її осі до площини орбіти і швидкість обертання, світимість Сонця тощо. Розглянемо їх більш детально [4, 16-21].

**Зміна форми орбіти.** Річний рух Землі навколо Сонця відбувається по еліпсу, в одному з фокусів якого знаходиться Сонце. Траєкторія цього руху, тобто орбіта Землі, називається *екліптикою*. Величина стиску еліптичної орбіти (співвідношення між великою і малою півсями орбіти) характеризується *ексцентриситетом*, який на сьогодні складає 0,0167. Його зміни відбуваються в межах 0,0007 – 0,0658. Це означає, що з часом орбіта Землі з форми еліпсу, витягнутого в одному напрямку, перетворюється у коло, потім знову в еліпс, витягнутий в напрямку, перпендикулярному до початкового, потім знову в коло і т.д. При найбільшому ексцентриситеті у найближчій до Сонця точці на орбіті (*перигелії*) Земля отримує сонячної енергії більше, ніж у протилежній точці (*афелії*) на величину, що складає чверть сонячної сталої; при малих ексцентриситетах ця різниця незначна. Тобто сезонні контрасти збільшуються у період максимальної еліптичності орбіти, як мало місце приблизно 20 тис. років тому, коли спостерігався один з найбільших максимумів цього параметру. В такому разі Земля ( під час полярної ночі на одному із полюсів) віддаляється на значну відстань від

Сонця. Це спричиняє серйозне сезонне охолодження однієї із півкуль планети, що призводить до зледеніння.

Періоди коливання ексцентриситету складають близько 100 тис., 425 тис. та 1200 тис. років.

В наш час Земля, рухаючись протягом року по орбіті, проходить точку *перигелія* 3 січня і її рух в цей період найшвидший. Протилежну точку орбіти – *афелію* Земля проходить 4 липня і її рух має найменшу швидкість. В наступному ми повільно наближаємося до періоду найменшої еліптичності, коли сезонні контрасти повинні зменшуватись. Часовий хід ексцентриситету за останні 500 тис. років надано на рис.3.2.

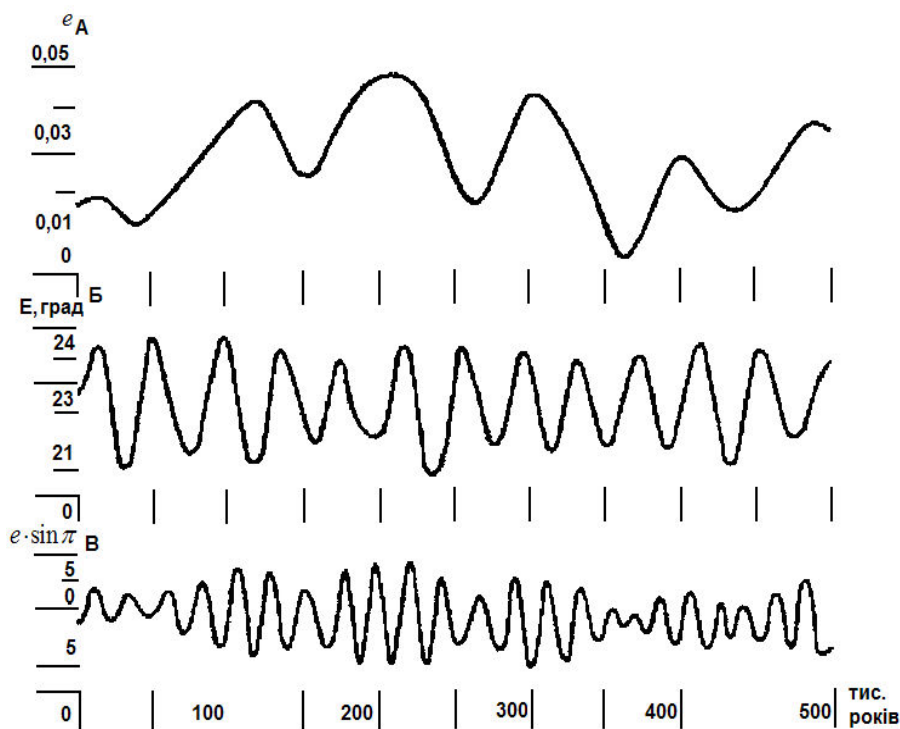


Рисунок 3.2 – Зміни геометрії Земної орбіти за останні 500 тис.р.

- А – зміни ексцентриситету (  $e$  ),
- Б – зміни кута нахилу (  $E$ , град. ),
- В – зміни прецесії (  $e \cdot \sin \pi$  )

*Зміна нахилу земної осі.* Земна вісь нахилена до площини екліптики, що викликає зміну сезонів. У теперішній час кут між ними становить  $66,5^\circ$ , тобто площина екватора і площина екліптики складають кут у  $23,5^\circ$ . Цей кут повільно змінюється між  $22$  і  $24,5^\circ$  зі стійким циклом у 41 тис. років (але виявлені і інші періоди, близько 200 тис. років). При зменшенні кута нахилу полярні області отримують протягом року тепла менше, а при збільшенні – більше, викликаючи аналогічні циклічні коливання ступеня контрасту між



сезонами. У період максимальних кутів нахилу льодовики повинні відступити, а інтенсивність циркуляції атмосфери — збільшується; при зменшенні кута нахилу — навпаки. У найближчому майбутньому (найближчі 8— 10 тис. років) слід очікувати зменшення кута нахилу, що призведе до наступу льодовиків, зменшенню контрастів між сезонами і послабленню інтенсивності циркуляції атмосфери.

*Прецесія.* Говорячи про річний рух Землі навколо Сонця зазвичай звертають увагу на майже незмінне положення у просторі земної осі. Насправді земна вісь не повернута завжди в одному й тому ж напрямку — вона повільно рухається за коловим конусом з центром у полюсі екліптики (рис. 3.3 ). Цей ефект має назву «прецесія», тобто процес повороту земної осі, в результаті чого відбувається зміна кількості сонячного випромінювання, що потрапляє на планету у північній та південній півкулях впродовж року.

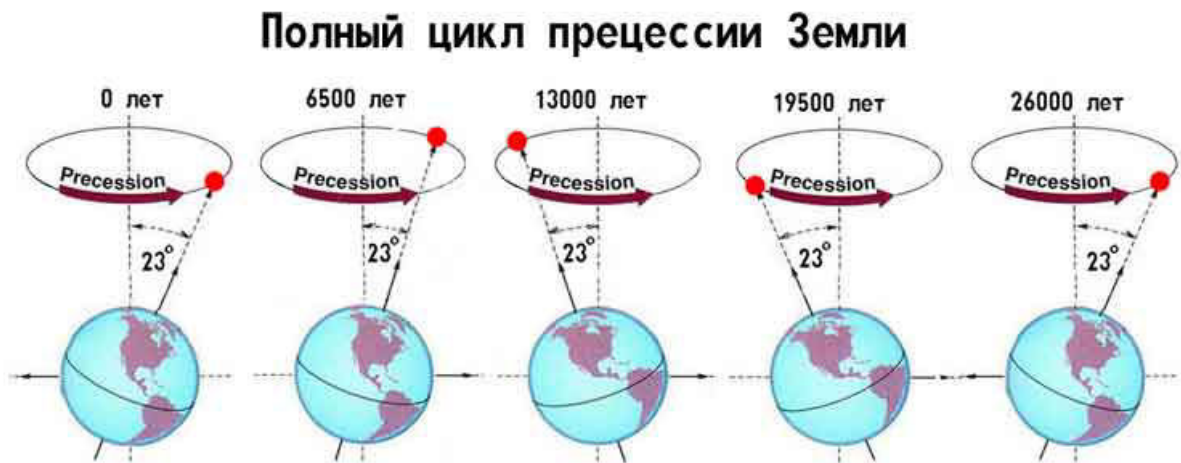


Рисунок 3.3 – Прецесія земної осі.

Період повного обертання осі світу складає близько 26 тис. років. Зараз Земля нахилена так, що у січні (коли вона знаходиться найближче до Сонця) північна півкуля, де розташована основна частина суші, відвернута від Сонця. Через 13 тис. років ситуація зміниться на протилежну: у січні північна півкуля буде повернута до Сонця і цей місяць стане у північній півкулі серединою літа.

Таким чином, усі параметри земної орбіти з часом під впливом гравітаційної взаємодії планет Сонячної системи змінюються. Ці астрономічні перетворення можуть викликати значні коливання величини сонячної радіації, що отримує Земля, і, як наслідок, зміни клімату.

Сучасними дослідженнями було переконливо доведено, що приблизно  $60 \pm 10 \%$  кліматичної мінливості у діапазоні від 10 тис. до 100 тис. років за останній мільйон років пов'язано саме з орбітальними коливаннями, що

впливають на радіацію, яка надходить. Було відновлено ландшафти, температура водної поверхні, орографія за останні 450 тис. років і більш детально за останній льодовиковий період плейстоцена.

Методом спектрального аналізу проб було встановлено три періодичності коливань клімату. *Перший період*, що становить 100 тис. років, пов'язаний практично з таким же середнім періодом коливань ексцентриситету земної орбіти. *Другий період*, приблизно в 40—43 тис. років, узгоджується з періодичними змінами кута нахилу площини екватору до площини орбіти Землі. *Третій період*, порядку 19—23 тис. років, пов'язаний з прецесією земної орбіти (рис. 3.4).

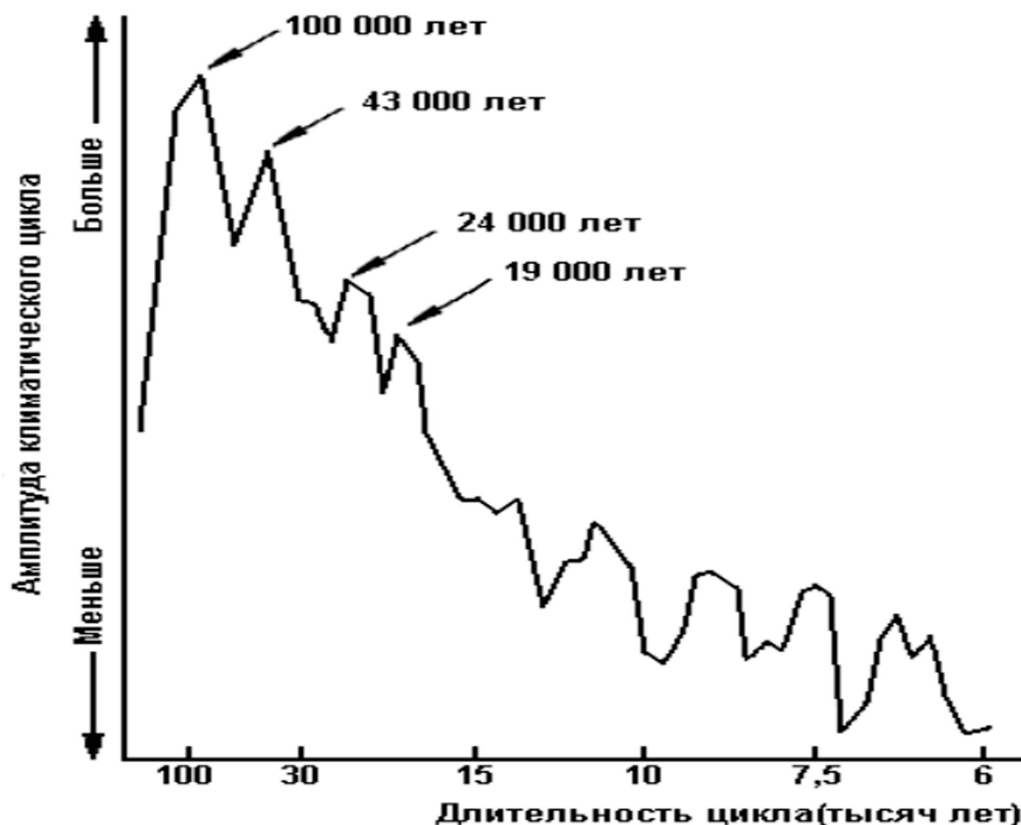


Рисунок 3.4 - Спектр кліматичних змін за останні півмільйона років [4].

**Сонячна стала.** Слід зазначити, що з часом не залишаються сталими і фізичні характеристики стану самого Сонця: відбуваються часові варіації його форми і діаметру, а з відси і площини випромінювальної поверхні; в ході еволюції Сонця змінюється активність процесів, які відбуваються в його надрах, що змінює його світимість і інсоляцію, яка надходить на верхню межу атмосфери Землі. Тобто змінюється і сонячна стала [18-21]. Є непрямі докази того, що декілька мільярдів років тому світимість Сонця була приблизно на 30% нижча за сучасну. Ці тривалі зміни мабуть мають місце і зараз, але вони занадто малі для масштабів часу в сотні і тисячі років.

Уперше сонячну активність почали фіксувати за кількістю сонячних плям, одним із найпоширеніших показників яких є так зване «число Вольфа». Цей комбінований індекс сонячних плям ще у 1847 р. ввів швейцарський астроном і математик Іоган Рудольф Вольф (Johann Rudolf Wolf). Його роботи поклали початок опису сонячно-земних зв'язків атмосферних явищ і сонячної активності. Вольф побудував часовий хід чисел з 1700 по 1847 роки. З 1848 р. до теперішнього часу цей ряд безперервно поповнюється. До того ж, за історичними записами і радіовуглецевим аналізом зрізу дерев, числа Вольфа були відновлені приблизно за останню тисячу років (рис. 3.5).

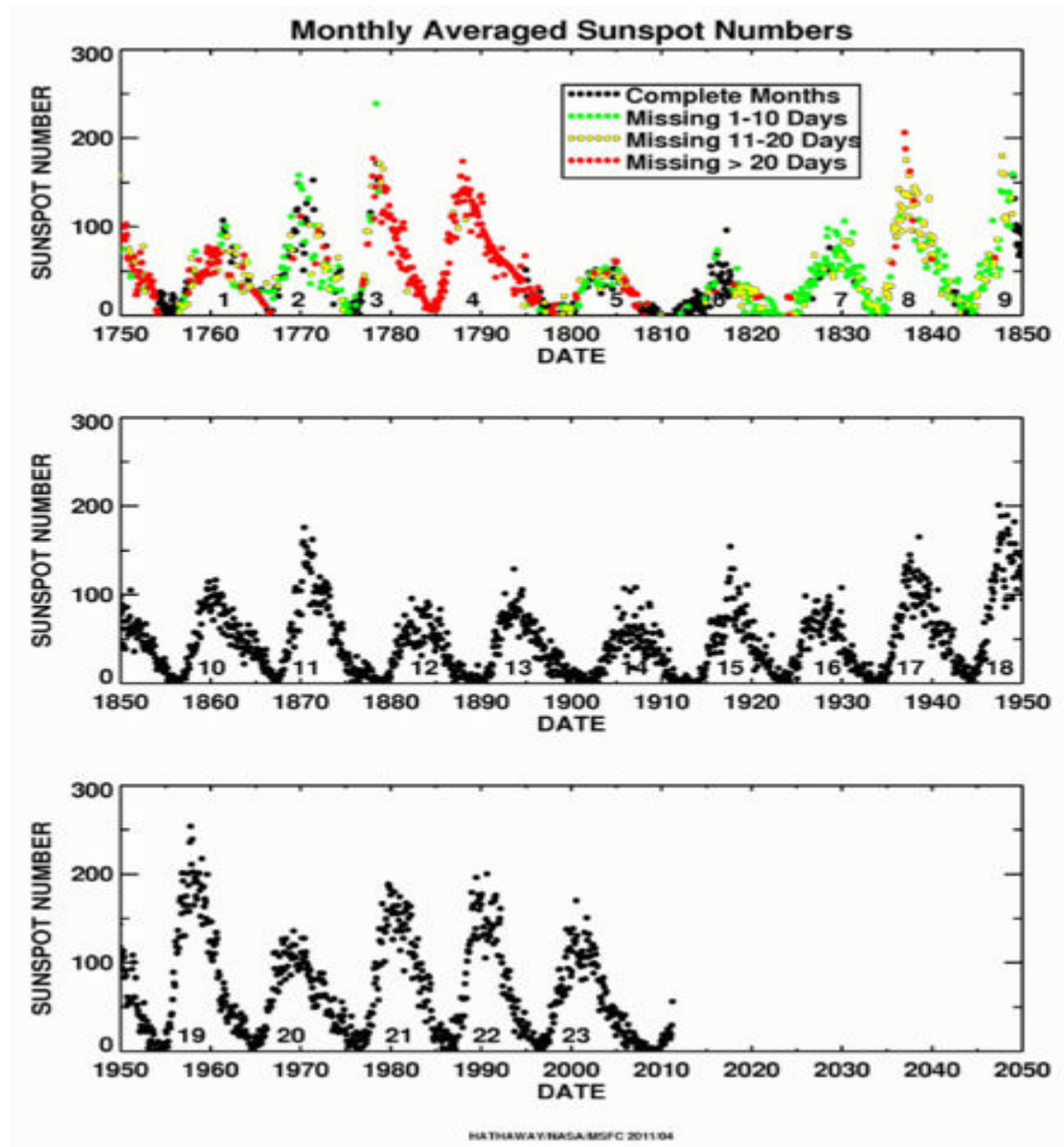


Рисунок 3.5 – Число Вольфа з 1750 року.

Були встановлені сонячні цикли – періоди зміни сонячної активності, які розрізняються за частотою появи плям, їх активністю і терміном життя. В

період мінімальної активності плям на Сонці дуже мало або їх нема взагалі, в той час як у період максимуму їх може спостерігатися декілька сотень. У кінці кожного циклу полярність сонячного магнітного поля змінюється на протилежну. Виявлені 11-річні, а пізніше 22-річні цикли обертання полярності геліомагнітного поля. На сьогодні встановлені вікові і двовікові цикли.

Наявність великих плям на Сонці було засвідчено ще у далеку давнину у Китаї. З 1610 р. завдяки винаходу телескопу почалась епоха інструментальних спостережень.

Сонячні цикли мають нумерацію, яку запропонував Р.Вольф. Так, період від мінімуму 1755 р до мінімуму 1766 р було названо першим циклом, а цикли від 14 до 23 належать XX століттю (рис. 3.5 ). У 2009 році почався 24-й сонячний цикл. Найбільш суттєвою подією саме минулого століття у житті Сонця став надзвичайно високий рівень і тривалість, практично протягом усього століття, зростання інтенсивності енергії, що випромінює Сонце (табл.3.2, рис.3.6). Такого не спостерігалось що найменше протягом 700 років [18,19,29].

Таблиця 3.2 – Дані про останні 11-річні сонячні цикли

Рік і місяць початку	Номер циклу	Рік і місяць максимуму	Максимальна кількість плям
1944-02	18	1947-05	201
1954-04	19	1957-10	254
1964-10	20	1968-03	125
1976-06	21	1979-01	167
1986-09	22	1989-02	165
1996-09	<u>23</u>	2000-03	139
2008-01	24	2012-12*	87*

\*– Дані останнього рядка — прогноз

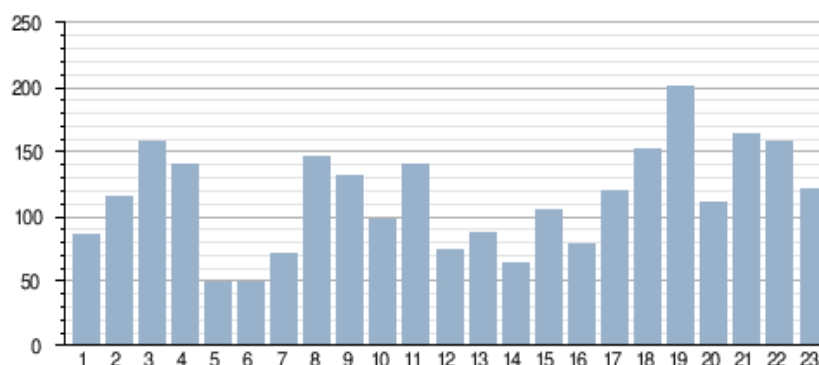


Рисунок 3.6 – Максимальні числа сонячних плям в 11-річних циклах за згладженими середньомісячними даними (1755-2008)[14].

З початку 90-х років минулого століття інтенсивність сонячного випромінювання поволі йде на спад як у рамках 200-літнього, так і в рамках 11-літнього циклу. Зараз ми знаходимось у 24-му циклі, розвиток якого прогнозується за сценарієм низьких сонячних циклів вперше з початку XX століття.

З'ясувалось, що в роки мінімуму числа Вольфа варіюють між 0 та 10, а в роки максимуму – від 50 до 100 і більше. У роки активних циклів, яким, наприклад, був 21-й цикл (1976 - 1986 pp), його максимум оцінювався числами Вольфа більшими за 160.

Зазначимо, що загальна світимість Сонця протягом останніх 11-річних циклів сонячної активності змінюється з амплітудою приблизно 0,1%, або  $1,3 \text{ Вт/м}^2$ . За час прямих вимірювань за допомогою супутників має місце незначний від'ємний тренд.

Усі ці зміни в активності Сонця призводять до змін у кількості енергії, яку воно віддає у напрямку Землі.

На сьогодні пояснити всі кліматичні зміни однією сонячною активністю не можна, як не можна і відкидати її: зв'язок коливань сонячних плям з коливанням клімату в останнє тисячоліття проглядається. Так, добре відомий *мінімум Маундера* – період довготривалого зменшення кількості сонячних плям (приблизно з 1645 по 1715 роки) співпадає в часі з найбільш холодною фазою глобального похолодання, яке мало місце протягом XIV – XIX століть. Це так званий малий льодовиковий період. Його виявив Едвард Уолтер Маундер (1851-1928 pp.), англійський астроном, вивчаючи архіви спостережень за Сонцем.

На основі аналізу даних про плямоутворювальну активність Сонця Джон Едді встановив наявність на шкалі часу порядку століття і більше кореляції між чітко встановленими періодами значних варіацій рівня плямоутворювальної активності протягом усього минулого тисячоліття і відповідними глибокими змінами клімату Землі. При цьому циклічність змін клімату, особливо Європи минулого тисячоліття, не була корінною перебудовою кліматичних умов, хоча дуже часто зміни клімату були настільки суттєвими, що впливали на життя народів і окремих держав, призводячи до економічних і демографічних криз.

Аналогічні дослідження, проведені Є.Борисенковим [3, 4], дозволили встановити, що протягом останніх 7500 років у кожному з 18 глибоких мінімумів плямоутворювальної активності Сонця типу маундеровського з квазідвохсотлітньою періодичністю спостерігались періоди глибокого похолодання клімату, а в період високих максимумів двовікової плямоутворювальної активності – глибоке потепління. Саме це сприяло формуванню *малого кліматичного оптимуму*, який припадав на XI – XIII століття: Гренландія виправдовувала свою назву «зелена земля», в Шотландії вирощували виноград, економічне піднесення у Європі поклав початок епохи Відродження та інше.

У роботі російського океанолога З.М.Гудковича [22] та його колег з Арктичного і Антарктичного науково-дослідного інституту (Санкт-Петербург), надрукованій у 2005 р., для пояснення лінійного тренду змін клімату Арктики в XX столітті приведено відповідний додатний лінійний тренд чисел Вольфа, можливо пов'язаний також з наявністю 200-літнього циклу.

У наступних роботах цих же авторів показана достовірна емпірична залежність між індексами сонячної активності і поліциклічними коливаннями середньорічної поверхневої температури повітря в Арктиці, льодовитості арктичних морів у XX столітті з середньою тривалістю циклів близько 60, 20, 10 та менше років, які відбувалися на фоні квазілінійного тренду потепління. Внесок найбільш енергоємного 60-річного циклу у зміни кліматичної системи, за думкою авторів, найпомітніше проявляються в Арктиці, однак його присутність виявлена і в інших регіонах, включаючи Антарктиду. З ним пов'язана, відзначено багатьма вченими, зміна епох потепління та похолодання, яка відбувалась у XX столітті. Таким чином, автори пояснюють лінійний тренд потепління у XX столітті змінами сонячної активності, яка проявляється у вигляді коливань 60-річного циклу, і до 2012 – 2015 рр. авторами прогнозується зміна тренду на похолодання [23].

І перш за все звертається увага на те, що не 11-річні, а двовікові цикли сонячної варіації, які викликані, насамперед, відповідними значними змінами величини сонячної сталої, слугують домінуючим фактором кліматичних змін – довготривалих геофізичних ефектів, які тривають десятки років.

Подібної точки зору дотримуються автори проекту «Астрометрія» [18,19]. Вивчаючи часову динаміку фізичних характеристик Сонця, вони встановили циклічні зміни сонячної активності, а звідси і інтенсивності сонячної сталої. За їх думкою з початку 90-х років минулого століття інтенсивність сонячного випромінювання поволі йде на спад як у рамках 200-літнього, так і в рамках 11-літнього циклу, і досягне свого мінімуму, за оцінками авторів, орієнтовно у  $2042 \pm 11$  році, що, всупереч загальноприйнятій зараз думці, неминуче призведе до глобального зниження температури до стану глибокого похолодання клімату, аналогічного періоду мінімуму Маундера. Орієнтовна його тривалість 45-65 років, після чого настане потепління у рамках наступного двовікового циклу Сонця, яке припаде на початок XXII століття (рис. 3.7).

Таким чином, глибокі зміни клімату Землі різного знаку, навіть у період відсутності індустріального впливу на природу, могли бути викликані, за думкою авторів астрометричної точки зору, тільки відповідними довготривалими і значними змінами потужності потоку сонячної радіації, що надходила, тобто змінами сонячної сталої, що обумовлені астрономічними факторами.

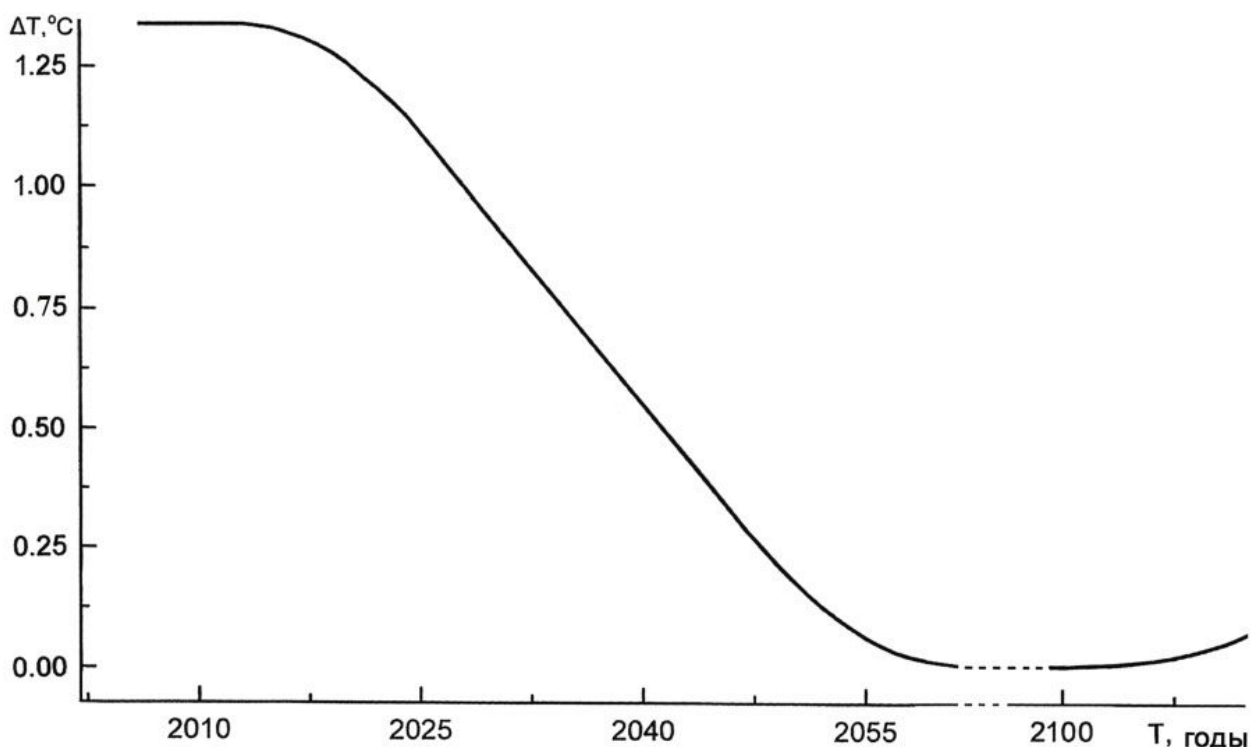


Рисунок 3.7 – Прогноз сценарію глибокого похолодання клімату до середини XXI століття

Однак сучасні зміни клімату пов'язують не тільки з природними його коливаннями різного часового масштабу, але й з антропогенними факторами. І питання про причини сучасного глобального потепління є ще в значній мірі дискусійним.

**Антропогенні фактори змін клімату Землі.** На сьогодні існує значна кількість наукових робіт, у яких вклад природних коливань клімату в сучасне потепління оцінюється в 25 % і робиться висновок саме про антропогенний характер потепління кінця XX – початку XXI століть [1,2,7].

Дійсно, важливу роль в формуванні клімату Землі відіграють властивості атмосфери і земної поверхні, які з часом природно або завдяки втручанню людини змінюються. Так, відбувається підвищення концентрації парникових газів, дія яких збільшує поглинання атмосферою теплового випромінювання підстильної поверхні і посилює *парниковий ефект*. Збільшується також вміст аерозолів, які відбивають і поглинають сонячне випромінювання, що надходить. І значну частину сучасного глобального потепління пов'язують зі зростанням концентрації вуглекислого газу і інших малих газових домішок в роботі [Kaufman, Stern, 1997].

Стисло зупинимось на еволюції ідей щодо антропогенних причин змін клімату.



Вперше парниковий або тепловий ефект атмосфери описав у 1824 р. французький фізик Жозеф Фур'є (Joseph Fourier). У 1861 році ірландський фізик Джон Тиндалля (John Tyndall) продемонстрував збільшення парникового ефекту завдяки деяким газам та воді, що випаровується. В 1896 р. шведський хімік Сванте Арреніус (Svante Arrhenius) перший висловив ідею про кліматичний вплив вмісту вуглецю в атмосфері як одному з механізмів зворотних зв'язків у системі атмосфера–підстильна поверхня, що призводить до нагрівання приземних шарів атмосфери за рахунок поглинання парниковими газами відбитого від земної поверхні інфрачервоного випромінювання. Згідно його розрахунків, якщо вміст вуглецю збільшиться вдвічі, то це може викликати підвищення температури повітря на 8-9 °C у Північній Америці та на півночі Європи. На основі цих розрахунків він спробував пояснити цикли зледеніння на Землі впливом парникового ефекту внаслідок викидів парникових газів у результаті вулканічної діяльності.

За розрахунками спеціалістів, які були зроблені у 1927 р., викид вуглецю в атмосферу, що пов'язаний з роботою промислових підприємств і від спалених родовищ нафти та газу, склав 1 мільярд тон за рік. Систематичні вимірювання рівня CO<sub>2</sub> в атмосфері розпочав у 1958 р. американський вчений Чарльз Кілінг (Charles Keeling), використовуючи мережу метеорологічних станцій від Гаваїв до Антарктиди. Через 4 роки він надрукував докази того, що концентрація вуглецю в атмосфері збільшується і склав так звану «криву Кілінга» (Keeling Curve). А в 1989 р. стало відомо, що викиди CO<sub>2</sub> досягли 6 мільярдів тон за рік, тобто за 60 років, що пройшли від перших розрахунків, вони збільшилися у 6 разів. В 2006 р. викиди вуглецю оцінюються вже в 8 мільярдів тон за рік.

Один з перших прямих доказів глобального потепління, яке почалося ще в кінці XIX ст., було надано у 1921 р. російським океанографом і дослідником Арктики Н.М.Кніповичем : було зафіксовано потепління вод Баренцового моря і збільшення його солоності до глибини 400 м.

Потепління, яке почалося у Північній півкулі в кінці XIX століття, привертає увагу кліматологів лише у 20-30 роках XX століття, коли з'явилися ознаки інтенсивного потепління в Арктиці.

Інтенсивне потепління продовжувалось майже до початку 40-х років XX ст. і було зафіксовано численними спостереженнями за приземною температурою повітря на метеорологічних станціях Північної півкулі. Потепління супроводжувалось повсюдним таненням льодовиків практично на усіх континентах, суттєво скоротились площі льоду в Арктичних морях. Тільки в Радянському секторі Арктики з 1924 р. по 1945 р. площа льоду скоротилась майже наполовину. У 1935 р. звичайні морські судна могли здійснювати плавання протягом однієї навігації вздовж усього Північного морського шляху, не зустрічаючи льоду. Межа вічної мерзлоти повсюди відступила на північ.



У 1938 р. британський інженер Каллендар (Guy Callendar), використовуючи дані 147 метеорологічних станцій у різних кінцях світу, показав, що середня температура повітря у приземному шарі атмосфери Землі підвищилась за минулі сто років. Саме він вперше пов'язав велику концентрацію вуглецю в атмосфері з глобальним потеплінням.

Зазначимо, що реакція на це відкриття була негативною і жорстко критикувалась. До того ж після 40-х років ХХ ст. з'явилися ознаки похолодання, зафіксовані багатьма дослідниками на достатньо розгалуженій мережі метеорологічних станцій у Північній півкулі: почався наступ льодовиків, межа вічної мерзлоти повсюди змістилась на південь та ін. Період похолодання продовжувався до 60-70-х років ХХ ст.

У 1955 р. американський дослідник Гілберт Пласс (Gilbert Plass), озброєний обчислювальною технікою, яка тільки з'явилась, підрахував, що збільшення вдвічі викидів  $\text{CO}_2$  може спричинити підвищення середньорічної температури повітря на 3-4  $^{\circ}\text{C}$ . Таким чином він скоректував розрахунки С. Арреніуса півторавікової давнини.

Під керівництвом радянського вченого М.І.Будико [6,7] було розроблено напівімперичний метод визначення складових радіаційного балансу, а у 1956 р. співробітниками ГГО ім. О.І.Воєйкова було складено «Атлас теплового балансу Земного шара». Це заклало підвалини створення «енерго-балансової» моделі клімату, що враховує існуючі зворотні зв'язки – додатні і від'ємні – у кліматичній системі. Ця модель зіграла важливу роль у сучасній концепції потепління клімату на Землі внаслідок збільшення вмісту вуглецю в атмосфері. До того ж у 1957 р., коли багато вчених покладали надію на поглинальну здібність Світового океану, американський океанограф Роджер Ревел (Roger Revelle) припустив, що води Світового океану не в змозі поглинути надлишки вуглецю. Він писав, що «людство своєю діяльністю проводить геофізичний експеримент величезного масштабу».

Слід зазначити, що не всі підтримують точку зору щодо ролі вуглецю у потеплінні клімату. Так, у роботі російського вченого В.О. Костицина висловлена думка, яка фактично спростовує гіпотезу Арреніуса щодо вирішального вкладу парникового ефекту і  $\text{CO}_2$  у походженні епох заледеніння на Землі завдяки вулканічній діяльності.

У 1984 р. М.М. Моїсєєв, аналізуючи думку В.О. Костицина та її розвиток у подальших роботах В.Я. і С.Я. Сергіна (1971 р.), розглянув механізм круговороту вуглецю з врахуванням взаємодії океану і атмосфери. Він прийшов до висновку, що парниковий ефект може бути посиленням за рахунок життєдіяльності біоти. Так, при низьких температурах у північних широтах океан поглинає вуглець, а при високих у екваторіальній зоні – виділяє. Було показано, що при певному критичному значенні температури повітря починає інтенсивно працювати механізм насоса, що викачує  $\text{CO}_2$  з океану. Вчений також висловив припущення про те, що життєдіяльність

рослин та тварин буде лише інтенсифікувати процес вилучення вуглецю з атмосфери. А це означає, що активність живої речовини планети буде призводити до зменшення того критичного значення, при якому починається дія механізму насоса, що викачує вуглекислоту з океану, і виникає незворотній процес підвищення середньої температури повітря.

Відстоюючи свою точку зору про визначний вплив на тепловий режим Землі саме варіації сонячної сталої автори проекту «Астрометрія» [18,19,29] доводять, що підвищення концентрації парникових газів не є причиною глобального потепління. Навпаки, за їх думкою, підвищення концентрації вуглецю в атмосфері є наслідком підвищення температури Світового океану та суші: Світовий океан є основним сховищем вуглецю і прогрів океану призводить до викиду в атмосферу великих його об'ємів.

На рис. 3.8 надані зміни температури повітря ( $\Delta t$  °C) і концентрації  $\text{CO}_2$  (млн.  $^{-1}$ ) за палеокліматичними даними в останні 450 тис. років.

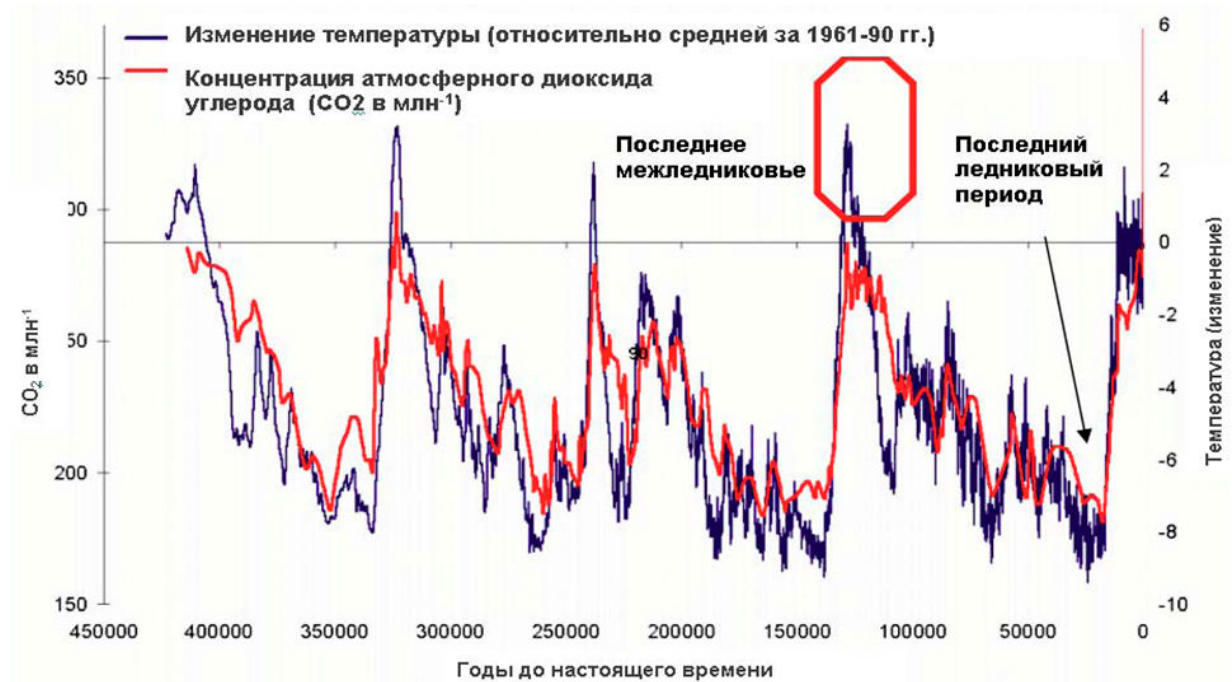


Рисунок 3.8 – Зміни температури ( $\Delta T$ , °C) і концентрації  $\text{CO}_2$  (млн $^{-1}$ ) за палеокліматичними даними в останні 450 тис. років. ([www.daviesand.com/Choices/Precautionary\\_Planning/New\\_Data/](http://www.daviesand.com/Choices/Precautionary_Planning/New_Data/))

З нього видно, що зміни температури не є наслідком коливань концентрації  $\text{CO}_2$ , а навпаки – коливання  $\text{CO}_2$  йдуть слідом за коливаннями температури повітря. Головним кліматичним циклом тут є 100 000 – літній. Це припущення співпадає з астрономічною теорією Міланковича складає приблизно 95 %.

Тобто, поширена думка про визначну роль промислової діяльності людини у глобальному потеплінні клімату склалась завдяки підміні причини наслідком. І автори роблять висновок, що глобальне потепління клімату Землі, що спостерігається, зумовлено зовсім не антропогенними викидами парникових газів в атмосферу, а головним чином незвичайно високою інтенсивністю сонячного випромінювання, яке зберігалось практично все минуле століття. Наступне за цим зниження глобальної температури відбудеться навіть у випадку, коли антропогенний викид вуглецю в атмосферу дійде до рекордного рівня в подальшому.

Розвиваючи свою думку автори навіть стверджують, що CO<sub>2</sub> не тільки не сприяє глобальному потеплінню клімату, але навіть приносить користь, стимулюючи розвиток життя на Землі: він життєво необхідний для рослин - головних очисників природи. Більша концентрація вуглецю прискорює зростання лісів і рослин. Про це свідчить, зокрема, «зелена революція» – різке і повсюдне збільшення продуктивності сільськогосподарських культур у ХХ столітті. Якщо він перестане надходити в атмосферу, рослини вичерпають його запас за час порядку 10 років і після цього все живе може перестати існувати.

#### 3.1.4 Правові аспекти проблеми зміни клімату Землі

Зміна клімату становить загрозу для глобальної економіки. Тому уряди багатьох країн починають приймати політичні кроки для усунення причин глобальних кліматичних змін і пом'якшення наслідків цих змін. Така політика спрямована головним чином на обмеження викидів парникових газів [24, 25, 26].

Вже у 1965 р. Експертна Рада при Президенті США заявила про те, що парниковий ефект є реальною загрозою («real concern») для планети Земля. Скоріше за все це була перша серйозна заява на такому високому урядовому рівні.

Для того, щоб розробити заходи щодо адаптації усіх сфер діяльності людини і взагалі людства до майбутніх змін клімату, треба було об'єднати зусилля вчених світу, керівників усіх країн до оцінки цих змін і з'ясування причин, що призводять до них. Так, у 1986 р. за ініціативи радянської сторони ВМО і Генеральна Асамблея ООН прийняла рішення створити групу експертів, яка повинна була підготувати у 1987-1988 рр. доповідь про наслідки глобального потепління. У 1988 р. була створена *Міжурядова група експертів з проблем змін клімату* (МГЕЗК - IPCC), довгі роки віцепрезидентом якої був академік Ю.А.Ізраель. Основна задача цієї наукової організації полягала у збиранні і аналізі підтверджень змін клімату, вивченні впливу цих змін на природу і дослідженні можливостей зменшення антропогенного навантаження на кліматичну систему.

У 1989 році прем'єр-міністр Великобританії Маргарет Тетчер під час виступу в ООН сказала, що «ми становимось свідками того, як величезна кількість CO<sub>2</sub> викидається в атмосферу. Як результат, зміни, що чекають нас у майбутньому, будуть носити більш фундаментальний і ширший характер, ніж нам уявлялось раніше». На завершення вона закликала почати роботу над глобальним погодженням з недопущення негативних змін клімату. В цьому ж році, як вже згадувалось раніше, стало відомо, що викиди CO<sub>2</sub> досягли 6 мільярдів тон за рік, тобто у порівнянні з 1927 р збільшились у шість разів.

Перший Звіт (доповідь) щодо стану оточуючого середовища (так званий Assessment Report) IPCC публікує у 1990 р. У ньому повідомляється, що за минулі 100 років середня температура на Землі підвищилась на 0,3 - 0,6° С. Там же було зроблено висновок про те, що в наслідок діяльності людини викиди парникових газів можна порівняти з природними причинами. Ця доповідь змогла переконати країни світу у необхідності міжнародної угоди з проблем клімату. У червні 1992 р. у Ріо-де-Жанейро (Бразилія) проходить Міжнародна конференція Earth Summit, де відбулось підписання *Рамкової Конвенції зі змін клімату* ООН (РКЗК ООН) щодо змін клімату. Основною її задачею була стабілізація і установлення контролю за концентрацією CO<sub>2</sub> в атмосфері і недопущення незворотних змін у екосистемі Землі за рахунок діяльності людини. Ратифікувавши цю Конвенцію, Україна взяла на себе певні зобов'язання, у тому числі : підвищувати ефективність і інтенсивність наукових досліджень з питань глобальних і регіональних змін клімату, а також питань оцінки екологічних і соціально-економічних наслідків глобального потепління.

Економічно розвинені країни дали згоду зменшити викиди CO<sub>2</sub> до рівня 1990 року.

Автори другого звіту IPCC у 1995 році приходять до висновку про те, що докази, які були в їх розпорядженні, свідчать про наявність видимих наслідків життєдіяльності людини на зміни клімату. Фразу «a discernible human influence» – назвуть першим конкретним ствердженням відповідальності людства за негативні зміни клімату планети.

Віхою у співробітництві державних і урядових організацій стала конференція сторін Рамкової конвенції ООН зі змін клімату, яка проходила в 1997 р. у японському місті Кіото. На ній було прийнято «Кіотський протокол», у якому розвинені країни взяли на себе обов'язок знизити викиди CO<sub>2</sub> у середньому на 5 % у період 2008-2012 рр. Нажаль, Сенат США робить заяву про те, що США не підпише його. А в 2001 р. Джордж Буш офіційно виводить США з переговорів щодо приєднання до Кіотського протоколу. Росія ратифікувала Кіотський протокол у 2005 р. Після цього цей міжнародний документ вступає в силу для 189 країн-учасниць.

Наскільки політики починають всерйоз говорити про проблему свідчить заява у 2005 р. прем'єр-міністра Об'єднаного Королівства Тоні Блера

про те, що питання про зміни клімату стануть пріоритетом для нього під час головування у Великій вісімці і Європейській Спільноті.

У 2006 р. публікується четвертий звіт ІРСС, в якому поряд з парниковим ефектом обговорюються і інші механізми зворотних зв'язків у середині кліматичної системи атмосфера – океан – суша – кріосфера – біосфера, які здібні посилити негативний антропогенний вплив на клімат планети. В цей час значну роботу у питанні розповсюдження інформації про зміни клімату проводить спільно з групою експертів колишній віцепрезидент США Альберт Гор, за яку у 2007 р. він отримує Нобелівську премію Миру.

У грудні 2009 р. у Копенгагені проходить XV Конференція сторін Рамкової конвенції ООН зі змін клімату, на якій передбачалось розробити документ на заміну Кіотського протоколу, деякі показники якого були встановлені до 2012 року включно. Але сторони не досягли згоди. Лише було прийнято рішення щодо допомоги країнам, що розвиваються, у розмірі 5,5 мільярдів доларів (передбачалось підняти до 7 мільярдів) для ліквідації наслідків потепління. Також домовились про зменшення викидів до 17% у порівнянні з 2005 р. Росія погодилась скоротити викиди в атмосферу навіть на 25 % у порівнянні з 1999 р., але в рамках нового договору, а не в продовженні Кіотського протоколу. Нажаль, були відсутні представники України, яку було названо «динозавром дня» за значні викиди в атмосферу, найнижчу ефективність земле- та енерговикористання. Київ, серед деяких інших, названо найбільш забрудненим містом.

Наступна XVI Конференція сторін Рамкової конвенції ООН зі змін клімату проходила в 2010 р. у місті Канкун (Мексіка). На ній було досягнуто Конкунське Погодження, в якому затверджена концепція після – Кіотських погоджень, схвалене більшістю країн – членів ООН. Україна знову названа «динозавром дня».

XVII Конференція РКЗК ООН відбулася в 2011 р. в Дурбані (ПАР). На ній було прийнято рішення про підготовку нової глобальної угоди щодо проблем змін клімату [UNFCCC, 2011], яке б базувалось на новій концепції єдиних глобальних дій.

У кінці 2012 р. кліматична політика світового товариства вступила в новий етап. На конференції сторін РКЗК ООН у Дохе (Катар) було прийнято рішення, яке завершувало дії за старою концепцією і відкривало зелене світло за новою концепцією. Старий підхід базувався на жорсткому розподіленні обов'язків розвинених країн і країн, що розвиваються, яке було зафіксовано у Кіотському протоколі в 1997 р. Новий підхід передбачає поєднання дій усіх країн, де важлива роль відводиться країнам BRICS, а також організація великої фінансової інфраструктури глобальної кліматичної політики [UNEP, 2012].

У листопаді 2013 р у столиці Польщі проведена чергова 19-та конференція учасників Рамкової конференції ООН щодо змін клімату.

Головна задача делегатів конференції – розробка основ для нової кліматичної угоди, яка повинна почати діяти після 2020 року, замінив Кіотський протокол.

Слід зазначити, що рівень представництва на переговорах РКЗК обмежувався, в кращому випадку, міністрами охорони навколишнього середовища. Можливо тому ряд положень Кіотського протоколу так і не було реалізовано. Але час не чекає. Зміни клімату набувають загрозливого характеру. Тому саміт з проблем клімату, скликаний за ініціативою генерального секретаря ООН Пан Гі Муна, що проходив 23 вересня в Нью-Йорку, відбувався на рівні керівників країн і урядів. Ця зустріч покликана закласти основи майбутньої кліматичної угоди щодо зниження емісії парникових газів, підписання якої передбачається в Парижі наприкінці 2015 року. Визначена основна задача, яка стоїть перед країнами світу: побудова світової енергетики без викидів CO<sub>2</sub>, збереження лісів планети і впровадження низьковуглеводної економіки. Визначені плани і прогнози на майбутнє, а саме, країни ЕС мають намір скоротити викиди до 2050 р на 80-90%. А ряд країн пообіцяли вже у найближчий час перейти на 100% використання відновлюємої енергетики.

На закінчення відзначимо, що Кіотський протокол (КП) свої першочергові задачі виконав. По-перше, кліматична тематика захопила всі країни, у тому числі США і Канаду, які у КП не приймали участі. По-друге, розвинені країни у цілому на 5% знизили викиди. По-третє, знайшли випробування механізми співпраці. Так, не показав себе працездатним механізм торгівлі квотами, що стало поштовхом до пошуку нових шляхів розв'язання проблеми змін клімату.

## **3.2 Загальна характеристика радіаційного режиму на території України на межі століть і у першій половині XXI століття**

### **3.2.1 Вихідні дані і методи їх дослідження**

В умовах загального потепління клімату відбуваються зміни режиму всіх його показників, які характеризують стан кліматичної системи. Ці зміни зумовлені, перш за все, збуреннями в радіаційному режимі Землі, які є похідними змін клімату на нашій планеті у цілому. І для з'ясування причин, які призводять до сучасного перетворення клімату, необхідно скласти уявлення про можливі напрямки перетворень саме в режимі сонячної радіації, спрогнозувати майбутні радіаційні умови. Але широке різноманіття природних та антропогенних факторів, що впливають на зміни клімату, роблять край складним і навіть неможливим проведення однозначних довгострокових прогнозів природно-кліматичних умов на визначених

територіях. Одним з можливих варіантів виходу з даної ситуації при оцінці природно-господарського ризику та для інших практичних задач є розгляд декілька можливих сценаріїв змін клімату.

Дослідження змін в режимі сонячної радіації на території України в першій половині 21 ст. (до 2050 року) відбувалось на базі даних, отриманих згідно двох сценаріїв: «жорсткого» A2-C4I і «помірного» A1B –MPI (далі A2 і A1B).

Відомо, що радіаційні умови будь-яких регіонів Земної кулі визначаються, перш за все, їх широтним розташуванням. Але навіть в одній широтній зоні залежно від хмарності і прозорості атмосфери радіаційні умови можуть помітно розрізнятися. Тому для оцінки потенціалу сонячної енергії використовується значна кількість показників, які формують так званий сонячний кадастр. Серед них це: тривалість сонячного сяйва, кількість сонячної радіації, що надходить (прямої, розсіяної, сумарної) до підстильної поверхні в умовах безхмарного неба і за умов середньої хмарності, радіаційний баланс, число днів без сонця і різні характеристики хмарності та інше. В загальному випадку цю інформацію можна отримати аналітичним способом, шляхом безпосередніх вимірювань на метеорологічних станціях. Багаторічні актинометричні дані акумульовані в кліматичних довідниках і базі даних.

У проведеному дослідженні у якості характеристики радіаційного режиму використовувалась сумарна радіація  $Q$ , а саме, її щорічні середні місячні значення за середніх умов хмарності, а також дані з середньої місячної хмарності 22 станцій, рівномірно розташованих по території України. Станції вибрані таким чином, щоб вони висвітлювали усі природні зони країни. В табл. 3.3 вони надані згідно свого широтного і довготного положення у напрямку з півночі на південь із заходу на схід.

Наявність у нашому розпорядженні сценарних даних за відрізок часу в сто років (1951 – 2050 рр.) дозволило сформулювати ряди щорічних значень середньої місячної сумарної радіації і середньомісячної хмарності за різні у хронологічному відношенні відрізки часу, а саме, за періоди: 1951-2050, 1986-2005, 2011-2050, 2011-2030, 2031-2050 рр. Це дало можливість зробити попередню оцінку часового розподілу сумарної радіації у різних регіонах України протягом сторіччя, з'ясувати, яке місце в даному сторіччі займає період дослідження (2011-2050 рр.) і період, прийнятий в роботі в якості базового (1986 – 2005 рр.), багаторічні характеристики якого взяті за «норму».

Оскільки членами складених рядів за суттю є випадкові величини, то в основу обробки вихідних даних покладено загальні положення ймовірно – статистичного методу, який дозволяє визначити базові кліматичні характеристики. Такими характеристиками є середні моментні характеристики (середнє арифметичне і середній квадратичний відхил),

коефіцієнти асиметрії та ексцесу, повторюваність, забезпеченість, квантили розподілу метеорологічної величини. В наступному особливу увагу буде приділено визначенню закону розподілу середніх місячних значень сумарної радіації, що дозволить встановити ймовірності помітних відхилень у режимі сонячної радіації від середнього стану, які можливі кожні 5, 10, 20 і т.д. років, і зробити оцінки кліматичних ризиків.

Таблиця 3.3 – Список станцій, дані яких використані в роботі

№ з/п	Станція	Широта $\varphi$	Довгота $\lambda$
1	Щорс	51,48	31,57
2	Сарни	51,21	26,37
3	Суми	50,53	34,43
4	Броди	50,06	25,09
5	Житомир	50,16	28,38
6	Харків	49,58	36,15
7	Тернопіль	49,34	25,36
8	Миронівка	49,39	30,59
9	Полтава	49,36	34,33
10	Вінниця	49,14	28,28
11	Губиниха	48,49	35,16
12	Ужгород	48,36	22,19
13	Луганськ	48,34	39,15
14	Умань	48,46	30,14
15	Кіровоград	48,30	32,15
16	Чернівці	48,17	25,56
17	Донецьк	48,01	37,50
18	Миколаїв	46,57	32,09
19	Мелітополь	46,50	35,22
20	Джанкой	45,43	34,24
21	Сарата	46,01	29,40
22	Ізмаїл	45,21	28,50

Зазначимо, що отримані за сценаріями A1B-MPI і A2-C4I дані суттєво різняться між собою. Для визначення, які з них більш наближені до реальних величин сумарної радіації, зроблено співставлення їх розрахункових значень з фактичними даними спостережень станції Полтава, яка представлена в довідникових матеріалах різних років видання, а саме, 1966 р [27] і 1994 р [28].

Надані в табл. 3.4 дані свідчать про те, що найбільш помітні розбіжності (майже вдвічі) між сценарними даними в місяці холодної пори року (з листопада по лютий).



Таблиця 3.4 - Багаторічні середні місячні значення сумарної радіації з різних джерел інформації (Вт/м<sup>2</sup>), ст. Полтава.

Джерела інформації	М і с я ц ь											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Кл. довід. 1963 р.вид.	104,7	151,4	221,1	256,1	314,2	325,8	360,8	314,2	279,4	163,1	93,1	69,7
Клімат. кадастр	103,3	158,1	211,9	259,4	340,3	338,6	353,3	342,2	285,6	184,2	93,6	66,9
Сценарій A1B-MPI	21,4	47,2	98,6	168,1	216,2	234,9	240,5	198,0	137,1	74,5	29,7	16,5
Сценарій A2-C4I	49,6	85,6	151,9	201,6	235,9	247,9	239,7	210,9	158,1	96,8	51,5	38,0

Але за обома сценаріями багаторічна величина сумарної радіації відрізняється від спостереженої за ті ж відрізки часу: вона є значно меншою у порівнянні з реальною. Підтвердженням цих розбіжностей можуть слугувати також співвідношення між найбільшим (в липні) і найменшим (в грудні) за рік значенням сумарної радіації: між фактичними даними вони різняться майже в 5 разів, за сценарієм A2-C4I – більш ніж в 6 разів, а за сценарієм A1B-MPI – в 14 разів. На наш погляд, ці розбіжності між реальними і розрахунковими величинами сумарної радіації  $Q$  зумовлені способом визначення її середнього місячного значення: як і в розрахунках, наприклад, середньої місячної температури, величина якої фактично відповідає її значенню за 1 годину, осереднення  $Q$  також відбувалось за 24 годинами (не враховуючи тривалості тільки денної частини доби). Підтвердженням цього припущення можуть слугувати дані сумарної радіації ст. Полтава, які наведені у наступній таблиці:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91
2	49,6	85,6	151,9	201,6	235,9	247,9	239,7	210,9	158,1	96,8	51,5	38,0
3	1,19	2,05	3,65	4,84	5,66	5,95	5,75	5,06	3,79	2,32	1,24	0,91

Де: 1 – багаторічні дані NASA про середній місячний рівень сонячної радіації, наданий у кВт\*час/м<sup>2</sup> за день;  
 2 – середнє місячне сценарні за A2 значення  $Q$  у Вт/м<sup>2</sup> (тобто за годину);  
 3 – значення  $Q$  (з колонки 2), помножені на 24 години у кВт/м<sup>2</sup>, (за день).

Як бачимо, дані рядків 1 і 3, які за нашим розумінням мають однаковий фізичний сенс, в такому разі більш-менш відповідають один одному.

Враховуючи те, що розрахункові дані за сценарієм A2-C4I більш відповідають спостереженням, в наступному дослідженні радіаційних умов на території України в першій половині ХХІ століття відбувалися, головним

чином, за даними саме цього сценарію. Для визначення тенденції змін до 2050 року використовувалися також дані за сценарієм A1B (табл. А.1- А.13).

### 3.2.2 Динаміка радіаційного режиму в умовах потепління клімату

Відомо, що зміна режиму тієї чи іншої метеорологічної величини в часі може проявлятися у змінах просторового розподілу і закону розподілу цієї величини. Насамперед це відбивається у змінах основних статистичних параметрів ряду, який складає метеорологічна величина. В загальному випадку це означає можливі зміни як математичного сподівання, оцінкою якого є багаторічна середня, так і середнього квадратичного відхилу.

Оцінка змін, можливих у режимі сонячної радіації в умовах загального потепління, також передбачає визначення закономірностей розподілу його характеристик (в нашому випадку сумарної сонячної радіації, середні місячні значення якої і склали ряди, які досліджуються) як в часі, так і в просторі. Для цього були розраховані кліматичні показники цих рядів, тобто проведена оцінка параметрів їх статистичного розподілу.

Сумарна сонячна радіація – це сума потоків прямої сонячної радіації, що надходить на горизонтальну поверхню, та розсіяної сонячної радіації. Цей короткохвильовий потік сонячної енергії має найменшу, в порівнянні з іншими потоками, мінливість. І використання навіть відносно коротких рядів дозволяє отримати оцінки її режиму з достатньою статистичною виправданістю.

Для з'ясування тенденції у зміні режиму сонячної радіації наприкінці ХХ ст. і в період до 50-х років ХХІ ст., перш за все, проведено співставлення багаторічних значень середніх місячних величин сумарної радіації (за сценарними даними), усереднених за різні у хронологічному відношенню відрізки часу, а саме, за періоди: 1985 - 2005, 2011 - 2030, 2031 - 2050 і 2011 - 2050 роки. В основу цього аналізу покладені розраховані різниці між багаторічними даними за різні у хронологічному плані відрізки часу та графіки часового розподілу сумарної радіації (табл. А.14-А.17, рис. А.1-А.16).

Встановлено ( на основі сценарію А2-С4І ), що базовий період відрізняється найбільшими за все сторіччя значеннями сумарної радіації. Про це свідчать дані табл. 3.5, де наведено різниці  $\Delta 1$  між багаторічними значеннями  $Q$ , усереднені за часові інтервали (1986-2005) та (1951-2050 рр.). На всій території країни у середньому за рік  $\Delta 1 \geq 0$ , і в окремі місяці переважним також є додатне її значення. Інша картина характерна для періоду з 2011 по 2050 рр.: тут у часовому розподілі спостерігаємо (згідно сценарію) можливе поступове зменшення сумарної радіації у сторічному інтервалі майже в усіх регіонах України: річні значення  $\Delta 2 < 0$ , і за окремими місяцями переважною є також від'ємне її значення (табл. 3.6 ).

Таблиця 3.5 - Різниця ( $\Delta$  1) між багаторічними величинами середньої місячної кількості сумарної радіації ( $\text{Вт/м}^2$ ) за різні періоди усереднення: (1986-2005pp.) та (1951-2050 pp.). Сценарій А2.

№ з/п	Станція	М і с я ц і												Сер. за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	Щорс	2,4	1,4	3,4	0,6	7,0	-5,9	2,1	-1,4	5,1	2,9	0,4	2,3	1,7
2	Сарни	1,4	0,5	5,2	0,2	5,5	-2,8	4,8	-1,9	5,1	2,4	-0,4	2,6	1,9
3	Суми	2,5	1,4	3,1	4,2	-1,3	-3,0	3,6	-1,7	4,0	4,3	0,6	2,0	1,6
4	Броди	1,3	-0,7	4,5	-4,4	5,1	-6,4	5,5	1,4	5,3	1,6	-0,7	2,2	1,2
5	Житомир	1,7	1,2	5,8	-0,6	4,8	-5,0	4,8	2,3	8,1	2,5	0,4	2,2	2,4
6	Харків	2,2	0,1	2,4	3,0	5,6	0,9	0	1,0	3,1	4,1	0,3	1,5	2,0
7	Тернопіль	1,1	-0,5	4,4	-2,0	5,0	-5,8	5,6	1,6	4,8	1,3	-0,6	2,0	1,4
8	Миронівка	2,3	2,5	3,0	-0,6	4,9	-3,2	5,1	0,7	5,0	2,7	0,9	2,8	2,2
9	Полтава	2,2	0,3	2,4	0,9	6,1	-0,5	1,8	-1,2	2,4	1,5	-0,8	2,1	1,4
10	Вінниця	-2,1	2,1	4,1	-1,5	4,1	-3,4	4,3	0	5,2	1,9	0,4	2,5	1,5
11	Губиниха	1,4	-0,3	1,4	1,0	2,0	2,0	0,3	2,0	2,5	2,6	1,1	1,7	1,5
12	Ужгород	0,6	-3,0	4,7	0,2	4,5	-7,0	6,7	3,0	2,1	1,9	1,3	1,6	1,4
13	Луганськ	1,8	-1,8	1,6	3,5	7,0	0,8	-1,5	2,0	-1,2	3,4	1,0	1,7	1,5
14	Умань	1,5	1,9	2,7	-0,2	3,0	-1,8	2,3	1,0	4,5	1,5	1,1	2,6	1,7
15	Кіровоград	2,0	1,6	1,4	0,3	2,6	-1,5	3,0	1,3	3,6	2,2	1,4	2,8	1,7
16	Чернівці	0,0	-2,0	3,3	0,9	3,9	-4,9	7,8	1,9	1,2	-0,5	-0,4	0,4	1,0
17	Донецьк	1,4	-2,2	1,5	2,7	3,5	1,7	-2,5	2,4	1,3	3,2	0,8	1,4	1,3
18	Миколаїв	1,3	-0,5	0,7	3,3	1,0	1,8	1,7	2,7	3,1	2,0	2,3	0,9	1,7
19	Мелітополь	0,3	-0,7	1,7	0,9	0,7	1,1	-0,8	2,7	3,1	1,2	1,3	0,9	1,0
20	Джанкой	0,8	-0,2	1,3	0,9	-1,2	1,2	-0,4	3,5	3,0	0,5	1,0	0,2	0,9
21	Сарата	-0,1	-0,6	0,4	4,9	2,1	0,7	0,4	-0,4	2,0	-0,9	2,2	0,6	1,0
22	Ізмаїл	-0,1	-2,1	-0,3	5,4	3,3	-1,2	2,4	-1,0	1,5	-0,1	2,0	0,3	0,8

Таблиця 3.6- Різниця ( $\Delta$  2) між багаторічними величинами середньої місячної кількості сумарної радіації ( $\text{Вт/м}^2$ ) за різні періоди усереднення : (2011 -2050pp.) та (1951-2050 pp.). Сценарій А2.

№ з/п	Станція	М і с я ц і												Сер. за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	Щорс	-1,1	0	-3,5	-2,9	-4,6	-2,0	-2,6	0,0	-0,3	-3	-0,2	-0,5	-2,0
2	Сарни	-1,7	0,5	-3,8	-5,1	-5,5	-4,0	-4,4	-1,5	-1,1	-3,3	-0,3	-1,9	-2,7
3	Суми	-1,1	0,6	-4,2	-5,1	-5,3	-1,7	-1,5	-0,8	0,0	-3,2	-0,2	-1,6	-2,0
4	Броди	-1,9	1,3	-3,5	-4,5	-6,2	-3,8	-5,7	-1,2	-0,9	-2,0	-0,2	-1,4	-2,5
5	Житомир	-2,0	0,0	-3,0	-4,7	-5,7	-1,3	-4,1	-4,9	0,2	-2,9	0,1	-2,0	-2,5
6	Харків	-1,2	0,1	-4,3	-4,8	-4,0	-2,8	0,4	-1,3	-0,8	-2,5	-0,2	-1,4	-1,9
7	Тернопіль	-1,7	0,8	-2,9	-4,7	-6,2	-2,4	-5,5	-1,3	-0,6	-1,6	0,0	-1,3	-2,3
8	Миронівка	-1,2	0,8	-4,0	-3,5	-4,3	-1,9	-4,0	-2,8	-0,1	-2,9	0,4	-1,8	-2,1
9	Полтава	-0,8	0,5	-3,5	-4,1	-3,7	-2,0	-1,2	-1,4	-0,1	-1,9	0,8	-1,4	-1,6
10	Вінниця	-1,9	-0,1	-2,8	-3,3	-5,5	-3,4	-4,5	-2,4	-1,0	-2,4	0,2	-1,9	-2,4
11	Губиниха	-1,1	1,0	-2,9	-3,0	-1,7	-3,9	1,1	-1,8	-0,1	-1,8	0,4	-1,0	-1,2
12	Ужгород	-0,6	3,6	-2,3	-5,2	-3,8	0,3	-5,2	0,2	-1,2	0,0	-0,6	-1,7	-1,4
13	Луганськ	-1,2	0,3	-1,7	-7,5	-1,9	-0,8	3,4	-3,0	-0,4	-1,6	-0,2	-1,3	-1,3
14	Умань	-1,0	0,8	-3,3	-2,1	-2,6	-2,4	-3,0	-2,8	-0,3	-2,5	0,4	-2,0	-1,7
15	Кіровоград	-1,2	0,6	-3,0	-3,0	-2,0	-1,8	-1,3	-3,8	0,0	-2,7	0,7	-2,7	-1,7
16	Чернівці	-1,2	1,0	-2,5	-4,6	-5,8	-2,1	-5,3	-2,1	-0,4	-1,8	0,0	-0,8	-2,1
17	Донецьк	-1,3	0,8	-2,6	-5,3	-0,7	-2,1	4,1	-2,1	-1,4	-1,9	0,1	-0,8	-1,1
18	Миколаїв	-0,8	0,9	-2,4	-3,6	-2,2	-4,0	-0,4	-3,1	0,2	-2,1	0,4	-0,8	-1,5
19	Мелітополь	-0,7	1,9	-2,7	-3,2	-1,1	-3,1	1,6	-1,6	-1,1	-1,7	-0,2	-0,6	-1,0
20	Джанкой	-0,9	1,4	-1,9	-3,3	-0,8	-2,9	2,1	-2,3	-0,6	-1,2	0,0	-0,5	-1,4
21	Сарата	-0,7	1,1	-2,6	-2,2	-3,0	-4,5	-1,1	-1,7	-0,2	-1,9	-0,3	-1,5	-1,6
22	Ізмаїл	-0,3	1,1	-2,5	-2,5	-2,9	-3,5	-2,5	-1,2	-0,5	-3,1	-0,5	-0,8	-1,6

Ще більш поглиблені ці відмінності при співставленні періоду дослідження (2011 -2050 рр.) з базовим (1986-2005 рр.):  $\Delta 3^* < 0$  (табл. 3.7).

Не так однозначні висновки за даними сценарію А1В. Але й вони дозволяють стверджувати, що період з 1986 р по 2005 р відрізняється переважно більш високим за сторіччя фоном сумарної радіації. На початку ж 21 сторіччя, як і за даними сценарію А2, також слід очікувати зменшення сумарної радіації до 2050 року (табл. А. 16, А. 17). Деяке збільшення її можливо лише у перехідні сезони.

Для ілюстрації вище наведеного побудовані і проаналізовані графіки часового розподілу середньомісячних значень сумарної радіації  $Q$  в центральних місяцях сезонів за даними двох станцій, розташованих на крайній півночі і крайньому півдні країни (Суми та Ізмаїл).

У розглянутому сторіччі спостерігаються помітні коливання величини сумарної радіації від року до року. Так, до середини сімдесятих років маємо її знижений фон. В наступному відбувається підвищення сумарної радіації приблизно до початку і середини дев'яностих років з наступним знову зменшенням. Наявність вказаних коливань не дозволяє чітко встановити трендову складову таких змін. Але хоча і повільно, вони відбуваються і мають від'ємний характер (рис. 3.9 - 3.16 ).

Зміни, що мають місце, більш помітні, якщо розглядати відрізок часу 1986-2050 рр. Починаючи з середини дев'яностих років спостерігаємо поступове зниження сумарної радіації. Однак швидкість цих змін в окремі пори року не однакова: в осіннє-зимові місяці ця тенденція (рис. А.1, А.7) більш помітна, ніж в весняно-літні (рис. А.3, А.5, А.9). І вона зберігається до кінця періоду дослідження. Тільки слід зазначити, що на півдні України ці зміни проходять повільніше (рис. А.2, А.8), а в окремі сезони тут вони мають навіть зворотній напрям (рис. А.4, А.6).

В період, що досліджується (2011-2050 рр.), тенденція зниження сумарної радіації зберігається, але її швидкість уповільнюється (рис. А.9-А.16).

Розбіжності, які мають місце в радіаційному режимі розглянутих періодів, проглядаються і в деяких інших показниках просторового розподілу сумарної радіації. Так, розкид між середніми за рік величинами сумарної радіації по окремих станціях України, хоча і не значно, але різняться (табл. 3.8). В основний період, який відрізняється підвищеним фоном сонячної радіації, перепад між ними найменший і складає 43,4 Вт/м<sup>2</sup>. В період дослідження, для якого характерним є зменшення сумарної радіації, цей перепад підвищується до 45.5 Вт/м<sup>2</sup>.

*\*Примітка:*  $\Delta$  різниця між багаторічними значеннями середньої місячної сумарної радіації відповідних періодів:  $\Delta 1 = (1986-2005\text{pp.}) - (1951-2050\text{pp.})$ ,  $\Delta 2 = (2011-2050\text{pp.}) - (1951-2050\text{pp.})$ ,  $\Delta 3 = (2011-2050\text{pp.}) - (1986-2005\text{pp.})$ ,  $\Delta 4 = (2031-2050\text{pp.}) - (2011-2030\text{pp.})$ .

Таблиця 3.7 - Різниця ( $\Delta 3$ ) між багаторічними величинами середньої місячної кількості сумарної радіації ( $\text{Вт/м}^2$ ) за різні періоди усереднення: (2011 – 2050pp.) та (1986-2005 pp.). Сценарій А2.

№ з/п	Станція	М і с я ц і												Рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	Щорс	-3,5	-1,4	-7,1	-3,5	-11,6	3,9	-4,7	1,4	-5,4	-6,0	-0,6	-3,9	-3,5
2	Сарни	-3,1	0,1	-8,9	5,3	-10,9	-1,4	-9,2	0,4	-6,3	-5,7	0,2	-4,5	-3,7
3	Суми	-3,6	-0,9	-7,3	-9,3	-13,0	1,3	-5,1	1,0	-4,0	-7,5	-1,00	-3,6	-4,4
4	Броди	-3,1	2,0	-8,0	-0,2	-11,3	3,0	-11,1	-3,1	-6,2	-3,7	0,5	-3,7	-3,7
5	Житомир	-3,7	-1,2	-7,1	-4,1	-11,1	3,7	-8,9	-7,2	-7,9	-5,5	-0,3	-4,2	-4,8
6	Харків	-3,4	0	-6,7	-7,8	-9,6	-3,7	0,4	-3,3	-3,9	-6,6	-0,5	-2,9	-4,0
7	Тернопіль	-2,8	1,2	-7,2	-2,7	-11,2	3,4	-11,1	-2,9	-5,5	-2,9	0,7	-3,3	-3,7
8	Миронівка	-3,5	-1,7	-7,0	-2,9	-9,2	1,3	-9,1	-3,5	-4,9	-5,6	-0,7	-4,6	-4,3
9	Полтава	-3,1	0,2	-5,9	-5,0	-9,8	-1,5	-3,0	-0,2	-2,5	-3,4	1,6	-3,5	-3,0
10	Вінниця	0,3	-2,2	-6,9	-1,8	-9,0	0	-7,8	-2,3	-7,2	-4,3	-2,0	-4,6	-4,0
11	Губиниха	-2,5	1,3	-4,3	-4,0	-3,6	-5,8	0,8	-3,7	-2,6	-4,4	-0,7	-2,7	-2,7
12	Ужгород	-1,2	5,6	-6,0	-5,4	-8,3	7,3	-10,9	-2,8	-3,3	-1,9	-1,9	-3,3	-2,7
13	Луганськ	-3,0	2,1	-3,9	-11,0	-7,9	-1,6	4,9	-5,0	0,8	-5,0	-1,2	-3,0	-2,8
14	Умань	-2,5	-1,0	-6,0	-1,9	-5,6	-0,6	-5,3	-4,6	-4,8	-4,0	-0,7	-4,5	-3,5
15	Кіровоград	-3,2	-1,0	-4,5	-3,2	-4,6	-1,2	-4,2	-5,2	-3,6	-5,0	-0,8	-4,2	-3,4
16	Чернівці	-1,2	3,0	-6,0	-5,3	-9,7	2,8	-13,1	-4,0	-2,6	-0,3	0,4	-1,2	-3,1
17	Донецьк	-2,7	3,0	-4,1	-8,0	-4,2	-3,8	6,4	-4,5	-0,27	-5,1	-0,7	-2,2	-2,2
18	Миколаїв	-2,1	1,3	-3,0	-6,9	-3,1	-5,9	-2,2	5,8	-3,0	-4,1	-1,8	-1,7	-2,2
19	Мелітополь	-1,0	2,6	-4,4	-4,1	-1,8	-6,2	2,4	-4,3	-4,2	-3,1	-1,5	-1,5	-2,3
20	Джанкой	-1,7	1,6	-3,4	-4,2	-0,4	-4,1	2,5	-5,8	-3,6	-1,7	-1,0	-0,7	-1,9
21	Сарата	-0,6	1,7	-3,0	-6,9	-4,9	-5,2	-1,5	-1,3	-2,2	-1,0	-2,5	-2,1	-2,5
22	Ізмаїл	-0,3	3,3	-0,2	-7,8	-6,2	-2,3	-4,9	-0,2	-2,0	-3,0	-2,4	-1,0	-2,2

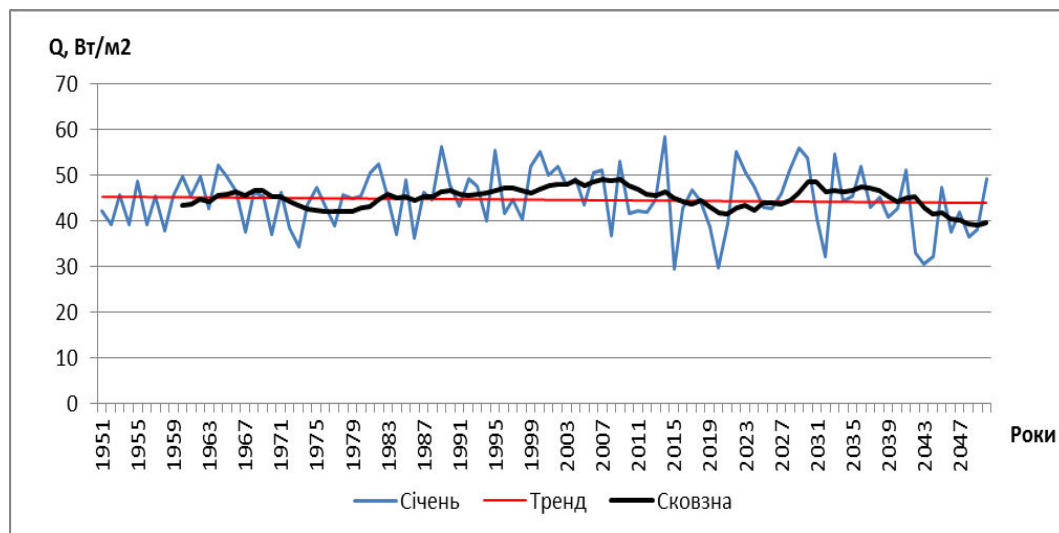


Рисунок 3.9 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Січень.1951-2050 рр.

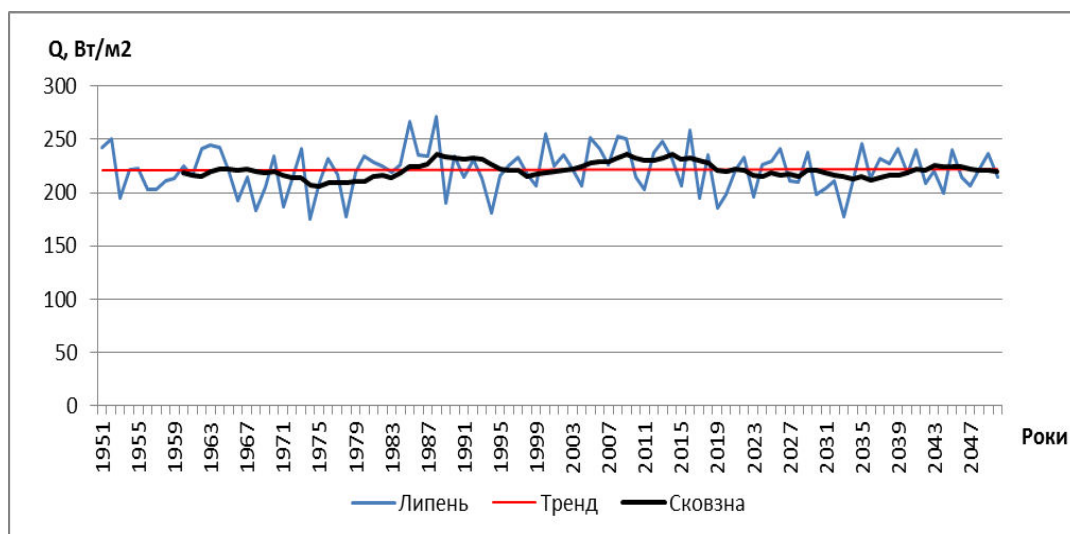


Рисунок 3.10 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Липень.1951-2050 рр.

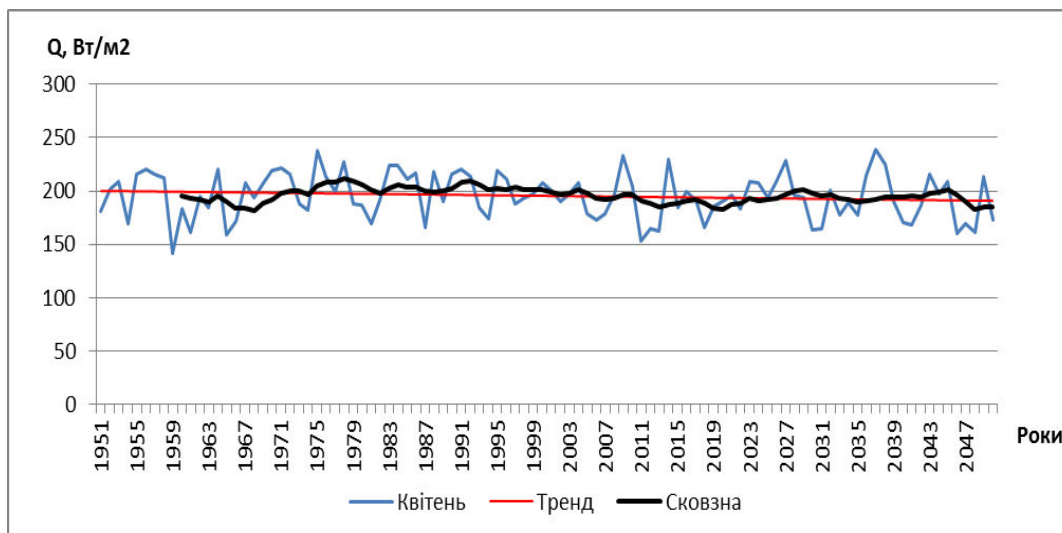


Рисунок 3.11 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Квітень. 1951-2050 рр.

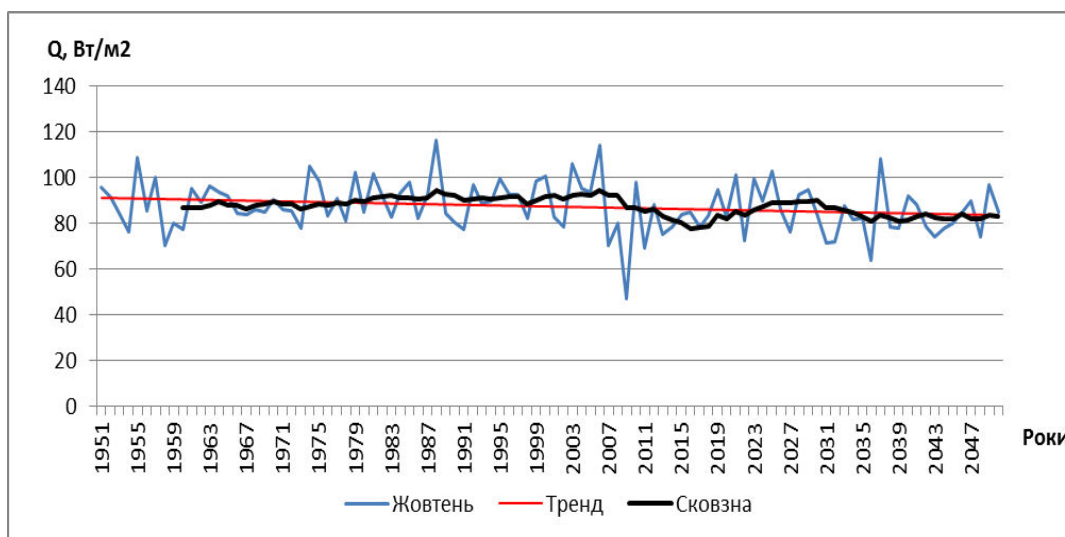


Рисунок 3.12 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Жовтень. 1951-2050 рр.



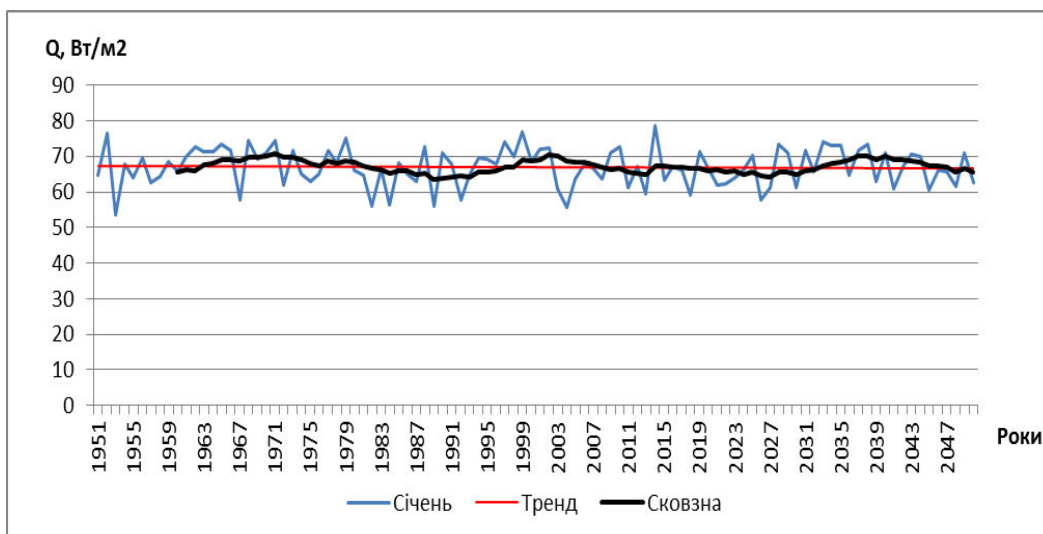


Рисунок 3.13 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Січень. 1951-2050 рр.

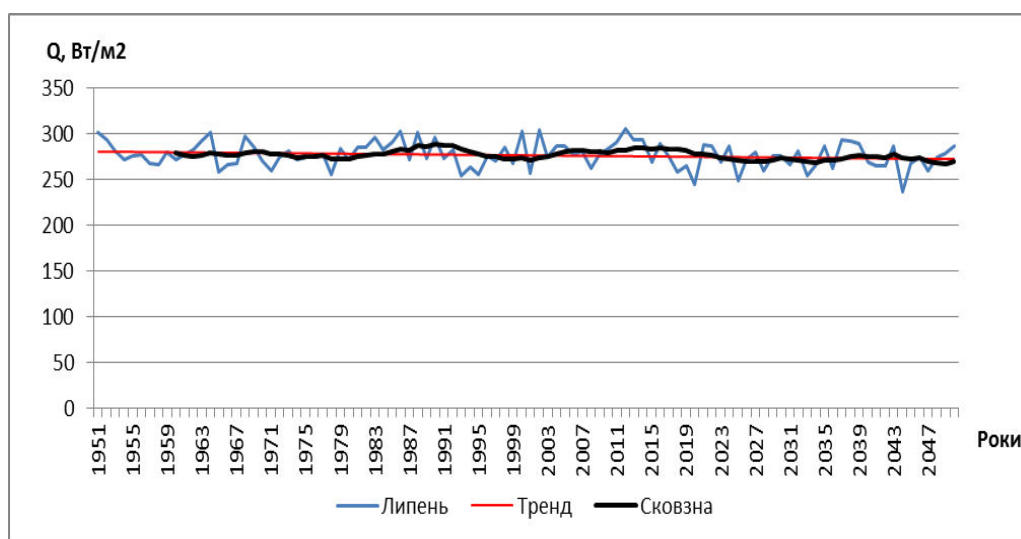


Рисунок 3.14 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Липень. 1951-2050 рр.

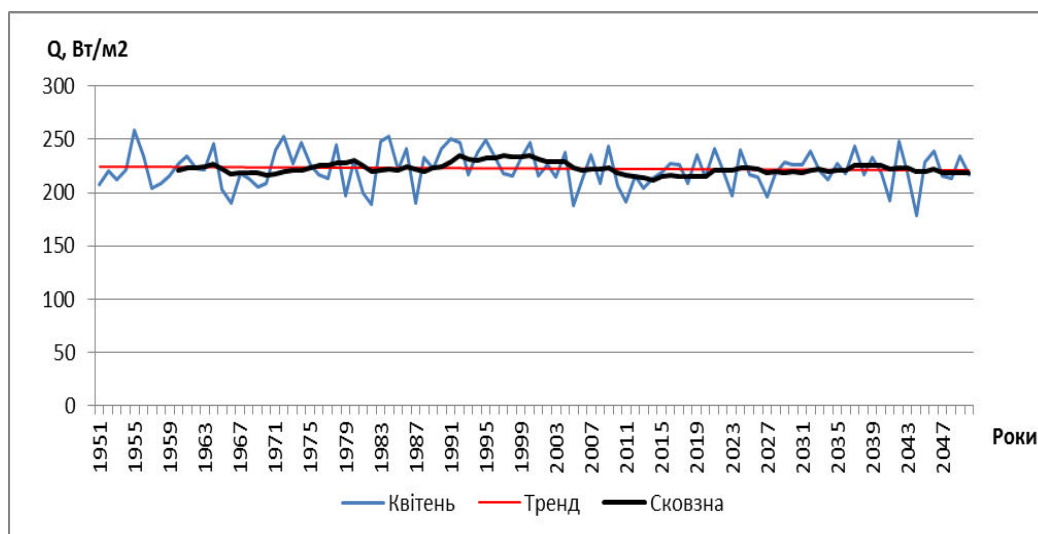


Рисунок 3.15 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл.Квітень.1951-2050 рр.

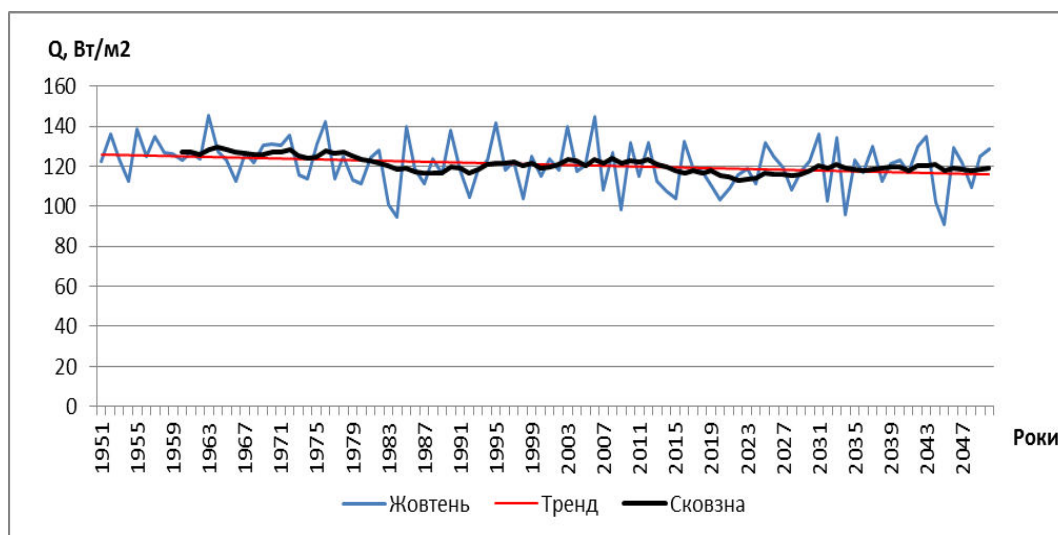


Рисунок 3.16 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл.Жовтень.1951-2050 рр.

Таблиця 3.8 – Багаторічна середня за рік сумарна радіація ( $\text{Вт/м}^2$ ) за різні періоди усереднення

№ з/п	Станція	Середня за рік		
		2011-2050	1986-2005	1951-2050
1	Щорс	129,6	133,1	131,4
2	Сарни	125,2	129,7	127,8
3	Суми	135,2	131,2	137,2
4	Броди	133,3	137,0	135,9
5	Житомир	132,6	137,5	135,2
6	Харків	144,4	148,3	146,3
7	Тернопіль	136,0	139,7	138,3
8	Миронівка	140,1	144,4	142,4
9	Полтава	145,7	148,7	147,3
10	Вінниця	141,0	144,8	143,3
11	Губиниха	153,3	156,0	154,5
12	Ужгород	152,5	155,2	153,9
13	Луганськ	158,4	161,2	160,2
14	Умань	149,0	152,4	150,7
15	Кіровоград	151,7	155,1	153,4
16	Чернівці	153,4	149,2	148,1
17	Донецьк	156,7	159,0	157,8
18	Миколаїв	164,4	167,6	165,9
19	Мелітополь	166,9	169,1	167,9
20	Джанкой	170,6	172,4	171,5
21	Сарата	166,8	169,2	168,3
22	Ізмаїл	170,7	173,1	172,2
Різниця (max-min)		45,5	43,4	44,4

Звертає увагу і той факт, що розбіжності між найбільшими (на півдні) і найменшими (на півночі) амплітудами у річному ході з часом також змінюються: за сторіччя (1951-2050 рр.) – це  $45,1 \text{ Вт/м}^2$ , у період підвищених значень сумарної радіації (1986-2005 рр.) вони знизилися до  $41,3 \text{ Вт/м}^2$ , а в період з 2011 по 2050 рр., коли накреслюється зменшення сумарної радіації, знову можуть підвищитися до  $49,1 \text{ Вт/м}^2$  (табл. 3.9). Тобто складається враження, що в період загального зменшення сумарної радіації розбіжності між її значеннями протягом року (річна амплітуда) можуть посилюватися.

Таким чином, згідно сценарних даних зміни у режимі сонячної радіації на території України до 2050 р. можуть відбуватися у напрямку зменшення у надходженні сонячної радіації до підстильної поверхні. Але протягом першій половині ХХІ сторіччя у характері цих змін можливі деякі особливості.

Таблиця 3.9 – Річна амплітуда сумарної радіація (Вт/м<sup>2</sup>) за різні періоди усереднення

№ з/п	Станція	Амплітуда за різні періоди		
		2011-2050	1986-2005	1951-2050
1	Щорс	196,6	194,3	197,1
2	Сарни	190,6	191,2	192,8
3	Суми	198,9	198,3	199,0
4	Броди	192,7	193,3	195,0
5	Житомир	191,2	188,1	191,0
6	Харків	205,9	206,7	207,3
7	Тернопіль	188,2	187,2	189,3
8	Миронівка	196,4	192,4	199,5
9	Полтава	209,3	207,3	209,9
10	Вінниця	193,4	190,8	194,7
11	Губиниха	214,4	216,8	216,6
12	Ужгород	226,4	220,0	224,4
13	Луганськ	223,0	218,6	224,5
14	Умань	204,0	201,1	224,5
15	Кіровоград	208,7	206,1	210,0
16	Чернівці	187,1	193,2	188,4
17	Донецьк	221,1	217,8	217,5
18	Миколаїв	223,7	226,1	225,2
19	Мелітополь	230,8	232,1	229,9
20	Джанкой	236,2	234,5	233,5
21	Сарата	217,6	217,0	217,2
22	Ізмаїл	219,0	222,9	221,1
Різниця (max-min)		<b>49,1</b>	<b>41,3</b>	<b>45,1</b>

Для з'ясування причин цих змін на території України у першій половині ХХІ ст. і визначення ролі хмарності у їх формуванні, аналогічним чином було проаналізовано часові зміни у режимі хмарності: у першій половині ХХІ ст. переважає, особливо в тепле півріччя, збільшення хмарності (табл. А.14).

Природно, що зв'язок між сумарною радіацією, яка надходить до підстильної поверхні, і хмарністю існує. Вона має більш складний, ніж лінійний, характер, якщо розглядати ряди конкретних значень сумарної радіації і балу хмарності. І в цьому випадку використовувати коефіцієнт кореляції, як кількісний показник ступеню залежності між ними, не

коректно. Тому для оцінки ролі фактору хмарності були сформовані ряди різностей в значеннях сумарної радіації і різностей в значеннях хмарності, розрахованих за окремі відрізки часу, а саме за період 2011- 2050 та 1986-2005 рр. Припускаючи наявність лінійної залежності в значеннях цих різниць було розраховано коефіцієнт кореляції, як міру зв'язку між змінами в режимі сонячної радіації і режимі хмарності.

Ряди, які будувались, складались по 22 станціях з 12 місячних значень різниць, що дало можливість встановити характер залежності в цих змінах протягом року. Крім того були сформовані ряди різниць за кожний місяць за даними 22 станцій, що дозволило проаналізувати просторову залежність між цими змінами

Надані в табл. 3.10 значення коефіцієнта кореляції свідчать, що зміни, які можливі в режимі сонячної радіації на кожній станції протягом року, добре корелюються зі змінами в режимі хмарності: крім ст. Сарни і Луганськ, коефіцієнт кореляції більший за 0,50, а за більшістю станцій він перевищував 0,7.

Таблиця 3.10 - Значення коефіцієнта кореляції між різницями сумарної радіації і різницями хмарності за станціями у річному розрізі ( періоди 2011-2050 рр. та 1986-2005 рр.)

Станції					
1.Щорс	2.Сарни	3.Суми	4.Броди	5.Житомир	6.Харків
-0,84	-0,27	-0,74	-0,77	-0,73	-0,53
Станції					
7.Тергнопіль	8.Миронівка	9.Полтава	10.Вінниця	11.Губиниха	12.Ужгород
-0,81	-0,62	-0,68	-0,66	-0,82	-0,60
Станції					
13.Луганськ	14.Умань	15.Кіровоград	16.Чернівці	17.Донецьк	18.Миколаїв
-0,42	-0,59	-0,64	-0,87	-0,70	-0,50
Станції					
19.Мелітополь	20.Джанкой	21.Сарата	22.Ізмаїл		
-0,75	-0,70	-0,93	-0,85		

У кожному ж місяці року ці зв'язки у просторовому розгляді не однозначні: досить високі вони в тепле півріччя і зовсім не прослідковуються наприкінці зими і початку весни, де коефіцієнт кореляції набуває навіть додатного значення (табл. 3.11). Тобто, на наш погляд, можна говорити про помітний вплив на зміни в режимі сонячної радіації тих перебудов, які передбачаються в режимі хмарності. А якщо розглядати хмарність, як показник інтенсивності циркуляційних процесів, то можна

зробити висновок, що саме зміни циркуляційних умов можуть призвести до змін у надходженні сонячної радіації.

Таблиця 3.11 - Значення коефіцієнтів просторової кореляції між різницями сумарної радіації і різницями хмарності за періоди 2011-2050 рр. та 1986-2005 рр. за місяцями

М і с я ц і											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-0.58	0.30	0.16	0.17	-0.90	-0.92	-0.94	-0.33	-0.69	-0.58	-0.22	-0.67

Дійсно, кліматична система включає в себе низку прямих і обернених зв'язків, які змінюють реакцію системи на зовнішній вплив. Що до хмарності, то тут можна говорити про двояку її роль: збільшення хмарності, з одного боку, зменшує надходження сонячної енергії до підстильної поверхні, що може сприяти похолоданню; з другого боку, її збільшення підсилює парниковий ефект атмосфери і тим самим сприяє потеплінню за рахунок зменшення втрати тепла земною поверхнею. Значна невизначеність величини цих зв'язків ускладнює оцінку ролі саме хмарності.

### 3.2.3 Просторово-часовий розподіл сумарної сонячної радіації на території України у першій половині XXI ст.

**Просторовий розподіл сумарної радіації.** Загально відомо, що крайнє південне положення території України зумовлює значний природний енергетичний потенціал нашої країни: в середньому за рік прихід сумарної радіації тут складає 4200-5020 МДж/м<sup>2</sup>. Питання в тому, чи збережеться цей потенціал в майбутньому і які зміни в радіаційних умовах слід очікувати. Для відповіді на ці запитання ми розглянули (на першому етапі дослідження) динаміку змін у режимі сонячної радіації і з'ясували, що поступове зменшення у надходженні сумарної радіації до підстильної поверхні почалось ще у восьмидесятих - дев'яностих роках минулого століття і продовження цієї тенденції може зберігатися у першій половині нового століття. В наступному проведено аналіз просторово-часового розподілу сумарної радіації на території України за її середніми місячними величинами, визначеними на основі даних періоду з 2011 по 2050 рр. (за сценарієм A2-C4I).

Зазначимо, що з заходу на схід Україна займає майже  $20^\circ$  за довготою. Незначна територіальна протяжність за широтою, яка складає приблизно  $6^\circ$ , припускає досить стабільний розподіл сонячної енергії по території. Але помітні розбіжності в режимі хмарності на півдні і півночі України (табл. А.12-А.13), зумовлені своєрідними циркуляційними умовами влітку і взимку, визначили і деякі розбіжності в характері її розподілу як по території, так і протягом року.

Уявлення про просторовий і часовий (протягом року) розподіл сумарної радіації на території країни, які слід очікувати у першій половині ХХІ століття за сценарієм А2-С4І, надають дані табл. А.3. Схематично наведені в ній ізоплети наочно свідчать про більш стабільний розподіл сумарної радіації по території в проміжок часу між днями осіннього і весняного рівнодення, тобто в холодну половину року: розбіжність в її значеннях між південними і північними станціями складає  $20 \text{ Вт/м}^2$  -  $40 \text{ Вт/м}^2$  (відповідно у зимові місяці і місяці перехідних сезонів). Так, у січні різниця між середніми місячними її значеннями на півночі і півдні складає  $28,3 \text{ Вт/м}^2$  і майже стільки у грудні  $28,7 \text{ Вт/м}^2$ . В тепле півріччя ця розбіжність майже вдвічі більша і дорівнює  $60\text{-}80 \text{ Вт/м}^2$ : в червні вона перевищує  $62 \text{ Вт/м}^2$ , а в липні сягає  $82,2 \text{ Вт/м}^2$ .

Співставлення просторового розподілу сумарної радіації з просторовим розподілом хмарності у місяці рівнодень і сонцестоянь (рис. 3.17-3.20) знову ж таки підкреслює думку про вирішальну роль хмарності, тобто циркуляційного фактору, не тільки у часових змінах радіаційного режиму, але й у формуванні характеру просторового розподілу Q.

У річному ході в усіх регіонах України максимум і мінімум сумарної радіації, природно, припадає відповідно на місяці літнього і зимового сонцестоянь, що, перш за все, зумовлено астрономічними факторами. Перепад між ними визначає її річну амплітуду, яка також по території помітно різниться: вона зростає з півночі до півдня (табл. А.3-А.5). Так, перепад між червневими і грудневими її значеннями на півночі складає  $190\text{-}210 \text{ Вт/м}^2$ , на півдні він сягає  $220\text{-}236 \text{ Вт/м}^2$ . Це також є, як згадувалося вище, результатом різних циркуляційних умов північних і південних регіонів взимку і влітку, а, відсіль, і своєрідних умови хмарності в них: якщо взимку помітних розбіжностей в хмарності на півдні і півночі не спостерігається, то влітку переважання безхмарного стану неба в умовах антициклональних режимів погоди на півдні сприяє збільшенню надходження сумарної радіації тут.



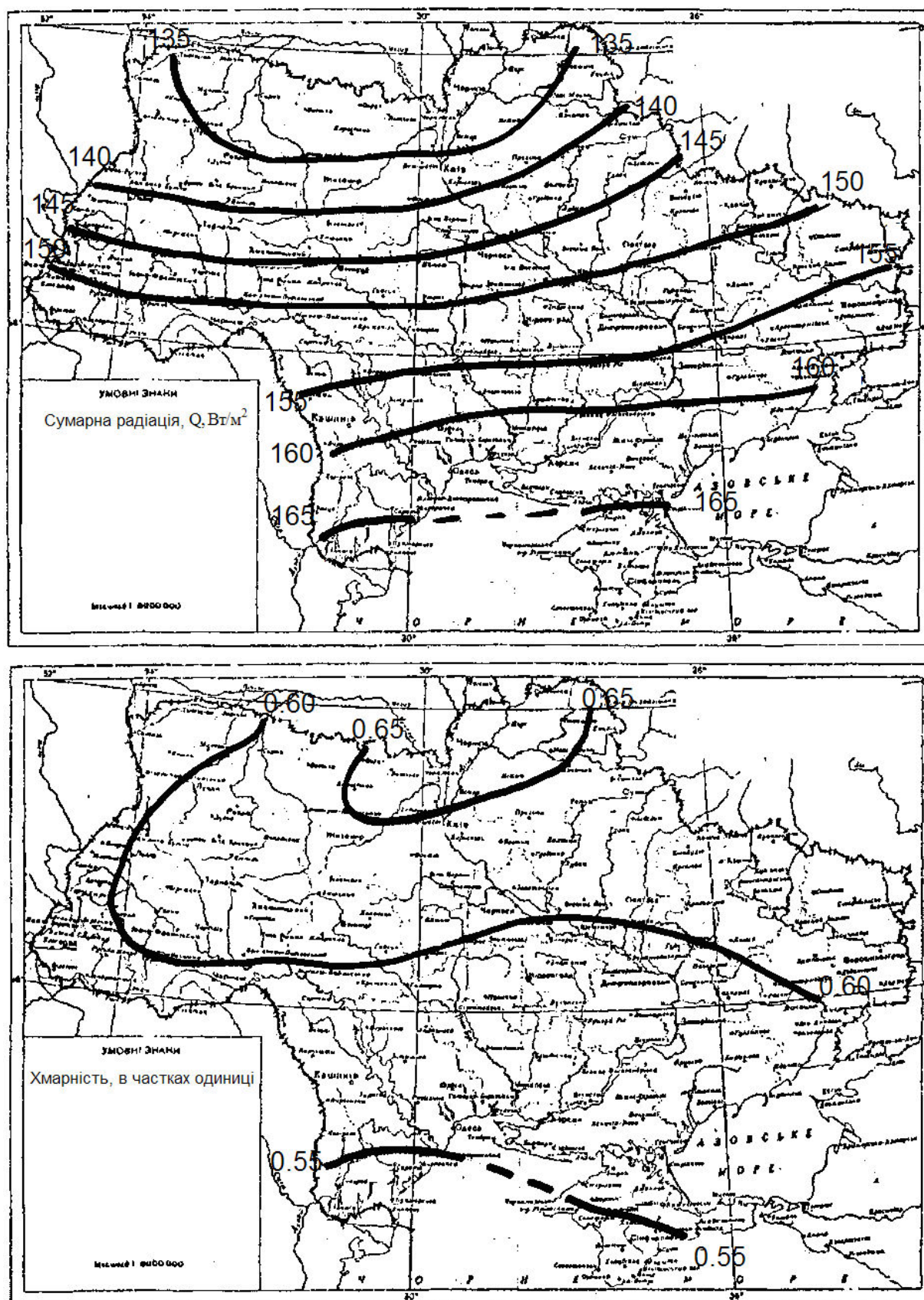


Рисунок 3.17 – Просторовий розподіл сумарної радіації,  $\text{Вт/м}^2$  і хмарності, у частках одиниці. Березень.



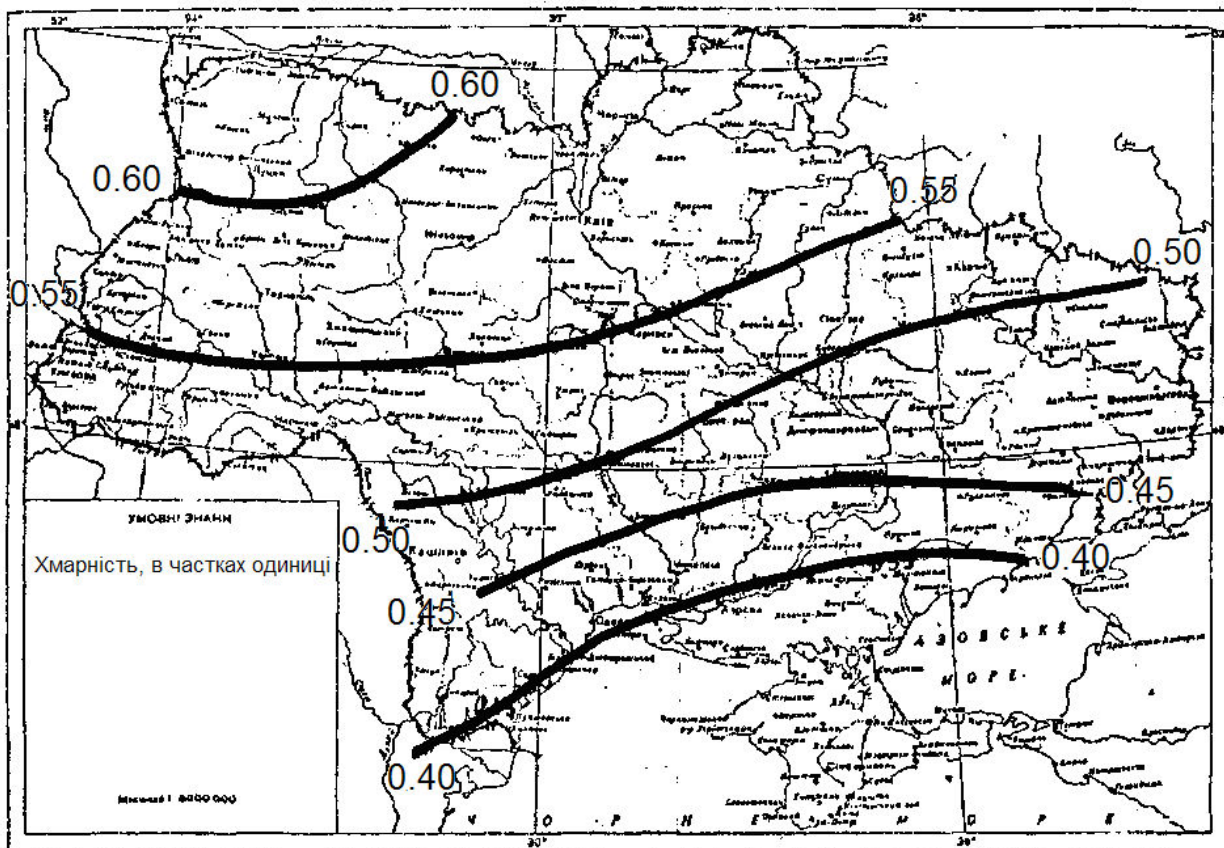
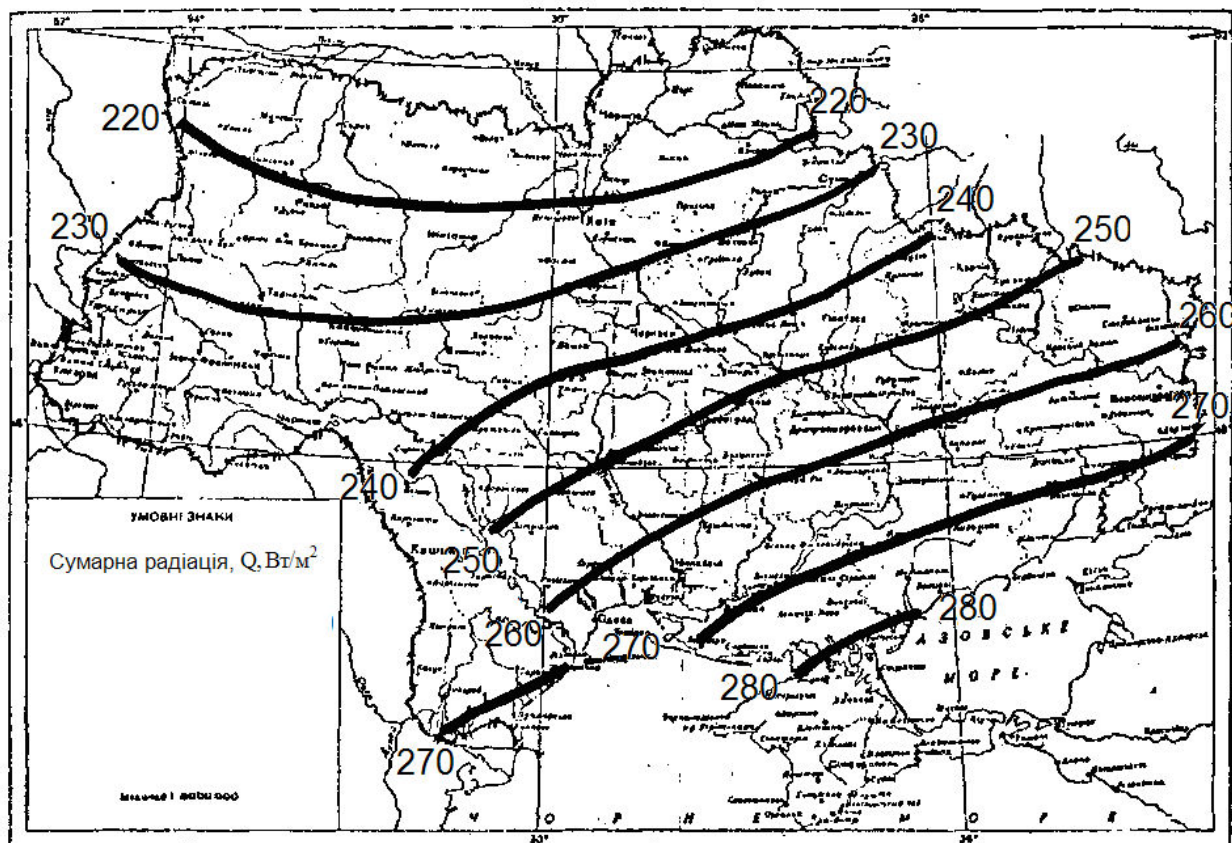


Рисунок 3.18 – Просторовий розподіл сумарної радіації,  $\text{Вт/м}^2$  і хмарності, у частках одиниці. Червень.



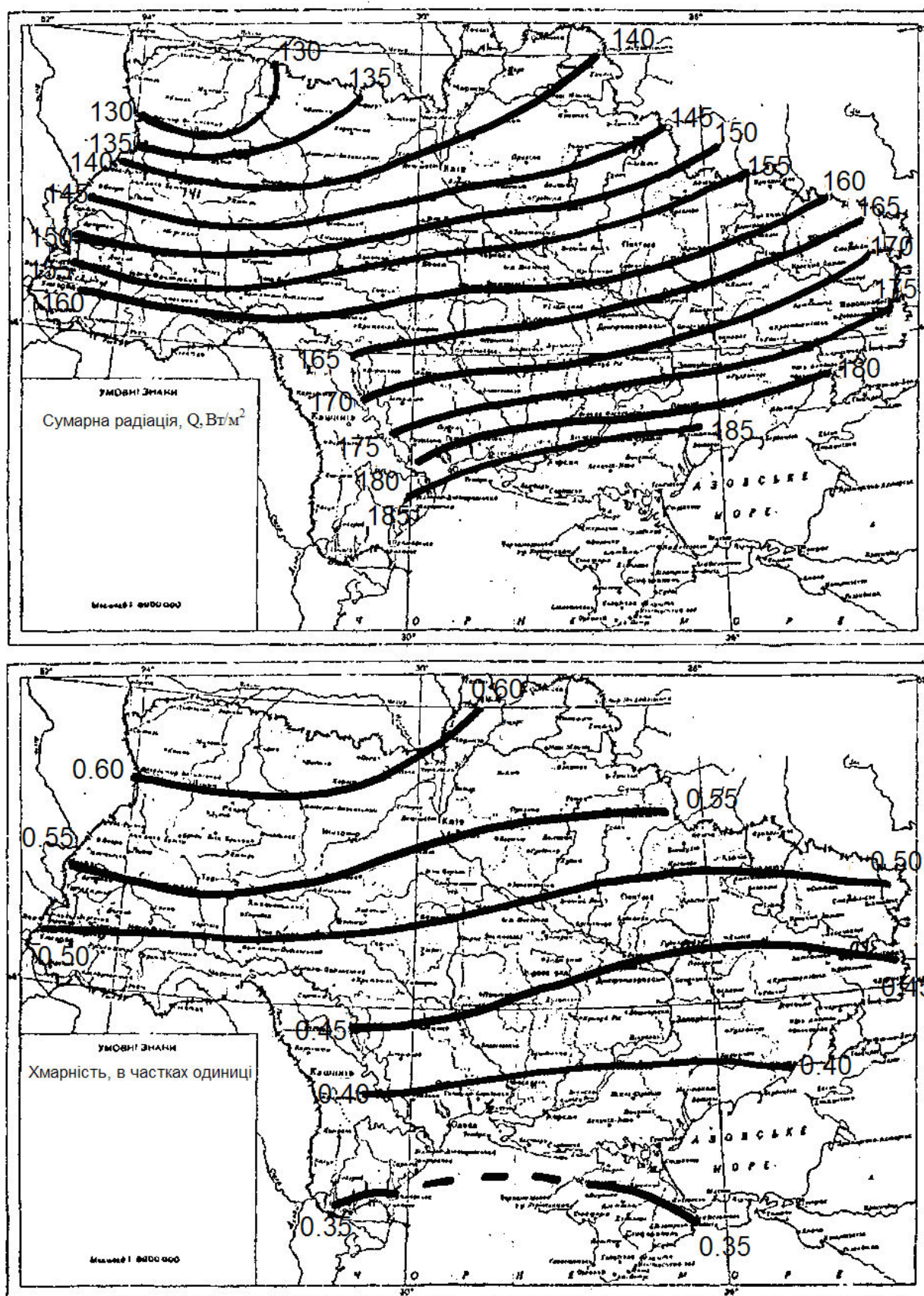


Рисунок 3.19 – Просторовий розподіл сумарної радіації,  $\text{Вт/м}^2$  і хмарності, у частках одиниці. Вересень.



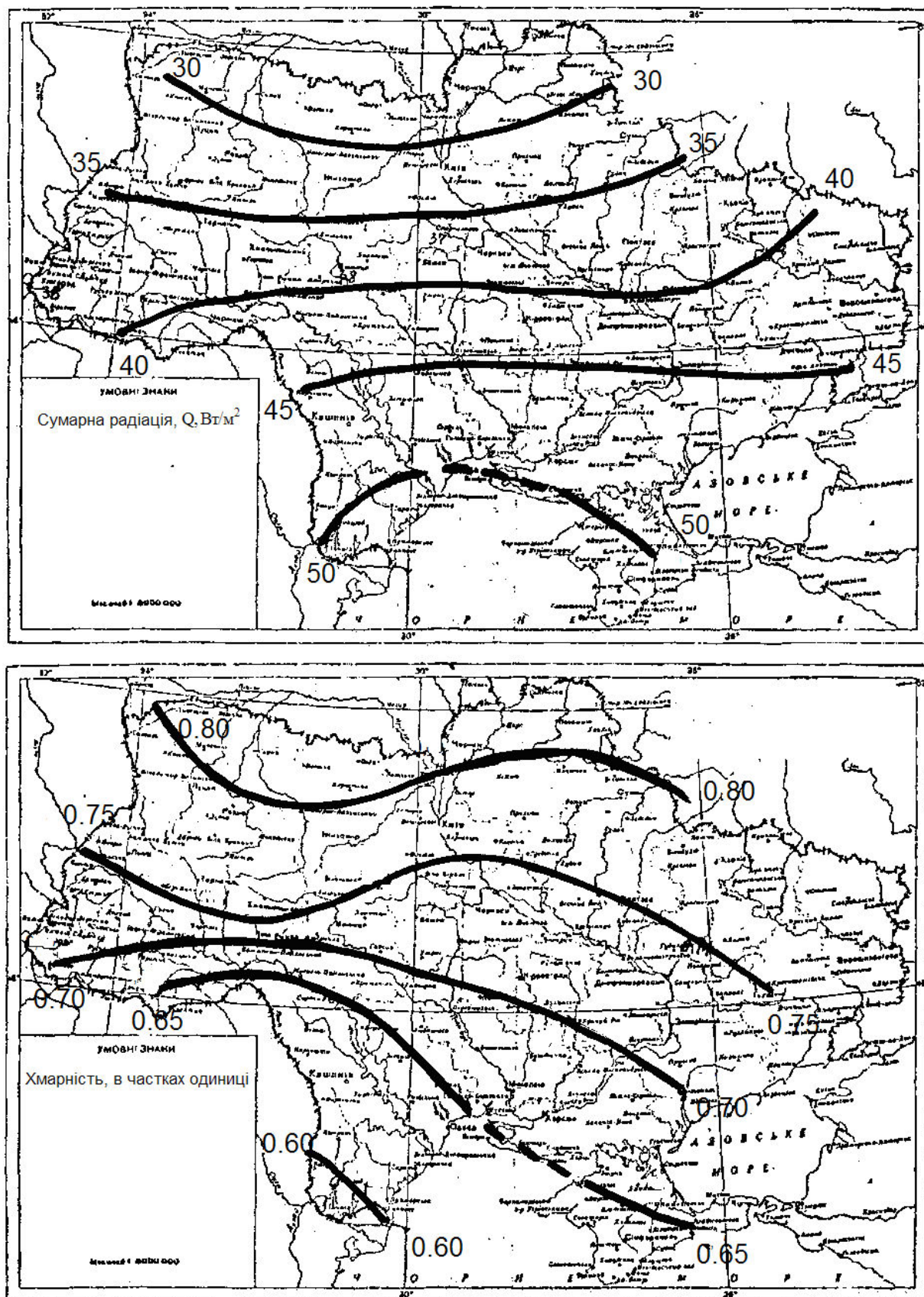


Рисунок 3.20—Просторовий розподіл сумарної радіації,  $\text{Вт/м}^2$  і хмарності, у частках одиниці. Грудень.

**Оцінка часової мінливості сумарної радіації.** Багаторічна середня збудованих часових рядів середніх місячних значень сумарної радіації, яку використано для розв'язання деяких питань у попередніх розділах, є результатом підсумку всіх її величин, діапазон змін яких може бути різним від року до року. І однією з обставин, що ускладнює використання сонячної радіації як джерела енергії для практичної мети, саме є її значна мінливість у часі (як протягом доби, року так і від року до року). Про це свідчать надані в табл. 3.12 і 3.13 максимальні і мінімальні значення середньої місячної величини сумарної радіації для окремих станцій (найпівнічнішої Суми і найпівденнішої Ізмаїл) і за різні відрізки часу. Різницю між ними можна використати як показник мінливості величин вихідного ряду. Але, як бачимо, він значною мірою залежить від об'єму вибірки. Тому у якості кількісного показника часових змін, який не має цього недоліку, використовують середній квадратичний відхил  $\sigma_x$  і коефіцієнт мінливості (або варіації)  $C_v$ . Останній розраховується для виключення впливу середнього значення ряду. Ці характеристики розраховані за даними періоду 2011-2050 рр. і зведені в табл.3.14 і А.18.

Значення коефіцієнта мінливості (табл. 3.14) підтверджують вже відомий факт, що більш сталий режим сумарної радіації на території України в теплу пору року, що визначено більшою стабільністю циркуляційних умов, а це, в свою чергу, зумовлює меншу мінливість хмарності: з півночі до півдня коефіцієнт змінюється в межах 0,06-0,12. Більш мінливі радіаційні умови в холодну пору року, коли з півдня до півночі коефіцієнт мінливості збільшується від 0,08 до 0,19. Протягом року в окремих районах України режим сумарної радіації теж різний: на півдні країни від липня до січня коефіцієнт мінливості змінюється в межах 0,06 - 0,09, а на півночі – від 0,09 до 0,19.

Співставлення значень  $C_v$ , розрахованих за сценарними даними, з тими, що отримані за реальними даними спостережень і наведених в [10], виявило значну розбіжність між ними: сценарні  $C_v$  майже вдвічі нижчі за реальних.

**Оцінка статистичного розподілу середньої місячної сумарної радіації.** Важливими оцінками статистичного розподілу випадкової величини є основні третій і четвертий моменти, які дозволяють розрахувати коефіцієнт асиметрії  $A_s$  і коефіцієнт ексцесу  $E$ . тобто визначити ступень відмінності даного розподілу від нормального.

Таблиця 3.12 – Характеристики часової мінливості сумарної радіації,  
ст. Суми

Місяць	Період (роки)	Межі сумарної радіації, (Вт/м <sup>2</sup> )	Різниця, (Вт/м <sup>2</sup> )
Січень	1986-2005	36,4 - 56,4	20,0
	2011-2050	29,4 - 58,5	29,1
	1951-2050	29,4 - 58,5	29,1
Лютий	1986-2005	62,6 - 98,5	35,9
	2011-2050	62,4 - 103,8	41,4
	1951-2050	61,4 - 103,8	42,4
Березень	1986-2005	123,3 - 173,0	49,7
	2011-2050	106,0 - 167,2	61,2
	1951-2050	106,0 - 176,0	70,0
Квітень	1986-2005	166,1 - 220,0	53,9
	2011-2050	153,0 - 239,3	86,3
	1951-2050	141,1 - 239,3	98,2
Травень	1986-2005	206,3 - 261,4	55,1
	2011-2050	177,3 - 251,0	73,7
	1951-2050	172,7 - 278,3	105,6
Червень	1986-2005	167,8 - 267,1	99,3
	2011-2050	186,4 - 294,2	107,8
	1951-2050	167,8 - 300,6	132,8
Липень	1986-2005	190,0 - 271,5	81,5
	2011-2050	177,2 - 258,9	81,7
	1951-2050	174,6 - 271,5	96,9
Серпень	1986-2005	150,2 - 246,8	96,6
	2011-2050	135,4 - 239,3	103,9
	1951-2050	135,4 - 246,8	111,4
Вересень	1986-2005	123,5 - 193,1	69,6
	2011-2050	114,4 - 188,6	74,2
	1951-2050	107,1 - 193,1	86,0
Жовтень	1986-2005	77,5 - 116,5	39,0
	2011-2050	63,9 - 108,1	44,2
	1951-2050	47,4 - 116,5	69,1
Листопад	1986-2005	34,7 - 55,3	20,6
	2011-2050	28,0 - 56,4	28,4
	1951-2050	28,0 - 61,4	33,4
Грудень	1986-2005	23,5 - 42,3	18,8
	2011-2050	22,3 - 42,7	20,4
	1951-2050	21,1 - 45,2	24,1

Таблиця 3.13 – Характеристики часової мінливості сумарної радіації,  
ст. Ізмаїл

Місяць	Період (роки)	Межі сумарної радіації, (Вт/м2)	Різниця, (Вт/м2)
Січень	1986-2005	55,8 - 77,0	21,2
	2011-2050	57,7 - 78,7	21,0
	1951-2050	53,7 - 78,7	25,0
Лютий	1986-2005	83,9 -119,3	35,4
	2011-2050	80,6 -116,8	36,2
	1951-2050	80,6 -119,3	38,7
Березень	1986-2005	136,0 -186,6	50,6
	2011-2050	131,8 -189,6	57,8
	1951-2050	136,0 -189,6	53,6
Квітень	1986-2005	187,5 -250,0	62,5
	2011-2050	178,3 -248,5	70,2
	1951-2050	178,3 -258,7	80,4
Травень	1986-2005	227,2 -292,0	64,8
	2011-2050	222,6 -290,5	67,9
	1951-2050	222,6 -295,2	72,6
Червень	1986-2005	231,6 -298,4	66,8
	2011-2050	232,5 -311,5	79,0
	1951-2050	231,6 -319,7	88,1
Липень	1986-2005	253,8 -303,9	50,1
	2011-2050	237,5 -305,1	67,6
	1951-2050	237,5 -305,1	67,6
Серпень	1986-2005	217,5 -265,7	48,2
	2011-2050	217,3 -264,2	46,9
	1951-2050	206,1 -270,5	64,4
Вересень	1986-2005	172,5 -211,5	39,0
	2011-2050	151,4 -215,7	64,3
	1951-2050	141,4 -215,7	74,3
Жовтень	1986-2005	103,8 -141,5	37,7
	2011-2050	90,8-136,2	45,4
	1951-2050	90,8- 145,3	54,5
Листопад	1986-2005	63,5-87,7	24,2
	2011-2050	55,5-86,2	30,7
	1951-2050	55,5-87,8	32,3
Грудень	1986-2005	45,7-63,8	18,1
	2011-2050	47,4-64,2	16,8
	1951-2050	44,3 -64,8	20,5

Таблиця 3.14 – Значення коефіцієнта мінливості  $C_v$  середньої місячної сумарної радіації (2011-2050 pp)

Станції	М і с я ц і											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Щорс	0,18	0,16	0,13	0,10	0,10	0,09	0,10	0,12	0,12	0,12	0,15	0,19
Сарни	0,15	0,15	0,13	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,16
Суми	0,18	0,14	0,11	0,12	0,09	0,10	0,09	0,13	0,12	0,12	0,16	0,19
Броди	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,11	0,13	0,11	0,14
Житомир	0,13	0,14	0,11	0,09	0,10	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,14
Харків	0,16	0,13	0,10	0,11	0,09	0,10	0,08	0,13	0,10	0,12	0,14	0,19
Тернопіль	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,10	0,13
Миронівка	0,13	0,12	0,12	0,10	0,10	0,08	0,08	0,10	0,11	0,11	0,11	0,14
Полтава	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12
Вінниця	0,11	0,12	0,11	0,09	0,11	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12
Губиниха	0,15	0,12	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,10	0,09	0,10	0,14	0,16
Ужгород	0,15	0,13	0,10	0,10	0,07	0,07	0,09	0,09	0,11	0,12	0,10	0,15
Луганськ	0,12	0,12	0,08	0,11	0,08	0,08	0,07	0,09	0,09	0,10	0,12	0,16
Умань	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,14
Кіровоград	0,12	0,10	0,11	0,09	0,10	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13
Чернівці	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,11	0,08	0,10
Донецьк	0,14	0,12	0,09	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,13	0,18
Миколаїв	0,10	0,10	0,09	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11
Мелітополь	0,11	0,10	0,07	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,11	0,13
Джанкой	0,09	0,9	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11
Сарата	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,09	0,09	0,10
Ізмаїл	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,06	0,08	0,09	0,09	0,09

Як свідчать дані табл. 3.15, чіткої закономірності в характері статистичного розподілу середньої місячної сумарної радіації виявити складно. Але все ж слід відзначити, що для більшості місяців, особливо в теплу пору року, для статистичного розподілу визначним є лівостороння асиметрія (коефіцієнт асиметрії від'ємний). Величина  $As$  з півночі до півдня коливається в досить значних межах. При цьому статистичний розподіл, ближчий до симетричного, більш притаманний північним і центральним регіонам України ( $As$  не перевищує 0,50). З наближенням до півдня асиметричність розподілу, за правилом, збільшується і коефіцієнт асиметрії перевищує 0,50.

Для трьох зимових місяців майже в усіх регіонах характерним є правостороння асиметрія, але для більшості станцій коефіцієнт асиметрії не перевищує 0,25-0,50, що свідчить про незначну або помірну скошеність кривої розподі

Таблиця 3.15 – Значення коефіцієнта асиметрії  $As$  розподілу середньої місячної сумарної радіації (2011-2050 рр.)

№ з/п	Станції	М і с я ц і											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Щорс	0,21	0,30	-0,92	0,32	0,36	0,50	0,15	0,19	0,31	0,15	-0,09	0,32
2	Сарни	0,28	-0,03	-0,72	0,37	-0,36	0,03	0,27	-0,09	0,23	0,42	-0,03	0,38
3	Суми	-0,09	0,45	-0,62	0,28	-0,50	0,46	0,12	-0,38	0,34	0,65	-0,32	0,25
4	Броди	0,12	0,06	-0,29	0,08	-0,50	-0,48	0,41	-0,14	0,21	0,50	0,04	0,48
5	Житомир	0,49	-0,38	-0,57	0,17	-0,33	-0,10	0,33	-0,47	0,56	0,05	-0,53	0,03
6	Харків	0,13	0,80	-0,06	0,05	-0,45	0,24	-0,25	-0,57	-0,06	-0,02	-0,61	0,27
7	Тернопіль	0,28	0,07	-0,17	-0,20	-0,46	-0,35	0,32	-0,18	0,21	0,60	-0,02	0,27
8	Миронівка	0,62	0,14	-0,58	-0,05	0,03	0,25	-0,36	-0,44	-0,12	-0,39	-0,52	0,16
9	Полтава	0,30	0,72	-0,69	0,27	0,16	0,16	-0,32	-0,50	-0,33	-0,27	-0,68	0,43
10	Вінниця	0,75	-0,70	-0,40	-0,07	-0,40	-0,40	-0,11	-0,59	0,02	0,20	-0,28	-0,45
11	Губиниха	0,31	0,73	-0,76	0,04	-0,57	-0,08	-0,21	-0,55	-0,13	-0,29	-0,48	0,27
12	Ужгород	0,17	-0,32	-0,23	0,16	-0,07	-0,25	0,21	-0,31	-0,17	-0,18	-0,33	0,37
13	Луганськ	0,07	0,57	0,33	-0,77	-0,44	-0,58	-0,51	-0,47	-0,13	-0,05	-0,33	0,21
14	Умань	0,74	-0,43	-0,54	-0,11	-0,16	-0,47	-0,33	-0,59	-0,38	-0,35	-0,25	0,09
15	Кіровоград	0,45	0,26	-0,72	0,07	-0,25	-0,05	-0,25	-0,60	-0,79	-0,59	-0,52	0,52
16	Чернівці	0,65	-0,11	0,18	-0,61	-0,12	-0,30	0,19	-0,60	-0,30	-0,16	0,07	-0,39
17	Донецьк	0,05	0,54	-0,20	-0,52	-0,47	-0,48	-0,38	-0,62	-0,32	-0,11	0,01	0,13
18	Миколаїв	0,34	-0,27	-0,12	-0,02	-0,54	-0,45	-0,38	-0,40	-0,55	-0,17	-0,40	0,24
19	Мелітополь	0,27	0,45	-0,52	-0,26	-0,35	-0,43	-0,26	-0,80	-0,45	-0,80	-0,29	-0,08
20	Джанкой	0,62	-0,12	-0,79	-0,23	-0,32	-0,48	-0,40	-0,98	-1,08	-0,58	-0,22	-0,31
21	Сарата	0,15	-0,71	-0,49	-0,59	-0,71	0,17	-0,34	-1,10	-0,80	-0,35	-0,34	-0,62
22	Ізмаїл	0,19	-1,21	-0,56	-0,50	-0,43	-0,10	-0,37	-1,03	-0,81	-0,34	-0,47	-0,53



Таке формування різних за розподілом рядів середньої місячної сумарної радіації також викликано особливостями циркуляційних умов різних регіонів України. Більш стабільні циркуляційні процеси на півночі (як влітку, так і взимку) сприяють більш – менш рівнозначній повторюваності ясного і похмурого стану неба, тому різноспрямовані відхилення величин сумарної радіації від її середнього стану майже однакове. Але наявність влітку від'ємного коефіцієнту  $As$  говорить про те, що тут інколи в тривалих циклонічних умовах погоди значні відхилення величини сумарної радіації у бік зменшення хоч зрідка, але мають місце. А це призводить до формування лівосторонньої асиметрії розподілу і зниження багаторічної її величини у порівнянні з найбільш ймовірною.

У місяцях перехідних сезонів в північних регіонах коефіцієнт асиметрії додатній. Це пов'язано, на наш погляд, з тим, що в умовах перебудови циркуляційних умов з зимових на літні рідкісні, але тривалі періоди з антициклонічними умови погоди, пов'язаними з розширенням дії Азорського антициклону, можуть зумовити незвичайно значне надходження сонячної радіації, що сприяє формуванню кривої розподілу з правосторонньою асиметрією. І завдяки цьому багаторічна величина середньої місячної сумарної радіації може бути завищена у порівнянні з найбільш ймовірними.

У зимові місяці не можна виключати ролі як Сибірського так і Азорського антициклонів у формуванні поля підвищеного тиску над територією України. Це, в свою чергу, може призвести до значних, у порівнянні за звичайними, надходжень сонячної радіації і формуванню статистичного розподілу сумарної радіації також з правосторонньою асиметрією.

У коефіцієнті ексцесу переважають від'ємні його значення, тобто крива розподілу більш сплюснена у порівнянні з нормальним розподілом. За величиною він менший влітку і більший взимку (табл.3.16).

#### 3.2.4 Особливості радіаційного режиму у першій половині ХХІ ст.

Прогнозована тенденція зменшення сумарної радіації у першій половині ХХІ ст. почала формуватись, як згадувалося вище, ще наприкінці ХХ ст.: на наведених станціях, які розташовані в різних кліматичних зонах України, в усіх місяцях року спостерігається від'ємна різниця між багаторічними даними періоду дослідження і основним періодом. За сценарними даними ця тенденція уповільнившись продовжує зберігатися і протягом усього періоду дослідження. Для визначення особливостей змін сумарної радіації саме у першій половині 21 ст. (до 2050 р.) цей період довільно було розбито на два двадцятиріччя, які складають 2011-2030 і 2031-2050 роки. Багаторічні середні місячні значення сумарної радіації в указані відрізки часу, а також її річна амплітуда по станціях надані у табл. А.4 і А.5.

Таблиця 3.16 – Значення коефіцієнта ексцесу  $E$  розподілу середньої місячної сумарної радіації (2011-2050 рр.)

№ з/п	Станції	М і с я ц і											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	Щорс	-0,57	-0,45	0,21	-0,68	-0,63	0,62	-0,52	-0,50	0,51	-0,36	-0,33	-0,86
2	Сарни	-0,75	0,92	0,13	0,10	0,34	-0,63	-0,45	-0,07	-0,27	0,59	-0,46	-0,46
3	Суми	-0,61	-0,49	-0,22	-0,70	0,02	0,50	-0,93	-0,15	0,29	0,12	-0,07	-1,15
4	Броди	-0,72	0,37	-0,77	0,25	1,09	-0,35	-0,69	-0,24	-0,15	0,54	-0,21	-0,43
5	Житомир	-0,38	1,36	-0,16	0,45	0,95	-0,70	0,06	0,36	0,83	-0,05	-0,25	-0,67
6	Харків	-0,74	-0,13	-0,81	-0,65	-0,35	-0,28	-0,24	-0,39	0,22	-0,08	0,03	-0,87
7	Тернопіль	-0,52	0,04	-0,78	0,90	1,30	-0,47	-0,51	-0,36	0,24	0,97	0,41	-0,48
8	Миронівка	0,22	0,33	0,38	0,95	-0,34	-0,05	-0,33	0,10	0,18	-0,42	-0,31	-0,96
9	Полтава	-0,51	0,36	0,59	-0,38	-0,49	0,20	-0,06	-0,38	0,59	-0,30	-0,16	-1,03
10	Вінниця	0,58	2,82	-0,15	0,58	2,20	-0,52	0,16	0,38	-0,01	-0,03	-0,33	-0,18
11	Губиниха	-0,64	0,27	1,02	0,08	-0,50	-0,26	-0,26	-0,36	0,05	-0,01	-0,46	-1,22
12	Ужгород	-0,16	0,32	-0,57	-0,50	-0,67	-0,31	-0,26	-0,33	-0,29	0,64	-0,37	-0,88
13	Луганськ	-0,45	-0,06	-0,74	0,67	-0,42	0,39	-0,53	-0,34	-0,81	-0,79	0,21	-1,22
14	Умань	0,05	1,74	0,07	0,51	0,2	0,34	0,1	0,23	-0,05	-0,50	-0,27	-0,76
15	Кіровоград	-0,50	1,11	0,04	0,59	-0,58	-0,03	0,47	0,54	1,00	-0,47	0,38	-0,80
16	Чернівці	0,74	0,25	-0,44	2,41	-0,67	-0,71	-0,67	0,40	-0,24	0,87	0,57	0,29
17	Донецьк	-0,97	0,34	0,13	0,34	-0,78	-0,15	-0,62	-0,19	-0,16	-0,01	0,27	-1,17
18	Миколаїв	-0,23	1,17	-0,03	0,24	-0,21	-0,15	-0,08	-0,23	0,06	-1,28	-0,33	-0,56
19	Мелітополь	0,13	0,37	0,62	-0,07	-0,83	-0,40	-0,48	1,17	0,56	0,27	-0,48	-0,99
20	Джанкой	1,11	-0,18	0,56	-0,43	-0,35	-0,20	-0,36	1,41	2,14	0,44	0,69	-0,21
21	Сарата	0,77	1,04	1,29	0,64	-0,16	-0,78	-0,36	1,50	0,31	-0,40	0,03	0,06
22	Ізмаїл	-0,88	0,85	0,76	0,46	-0,55	-0,16	-0,17	0,91	0,72	-0,39	0,78	-0,02

Дійсно, за величинами сумарної радіації окремих двадцятиріч період на початку XXI століття не слід вважати однорідним. Про це свідчать дані табл.3.17, які представляють собою різницю між багаторічними середніми місячними кожного двадцятиріччя: для значної частини території України, окрім її південних регіонів, помітною може бути тенденція подальшого зменшення сумарної радіації з 2011 до 2050 роки. І тільки в південних районах, особливо у перехідні сезони, чітко проглядається протилежна тенденція: передбачається збільшення у надходженні сумарної радіації. Трохи збентежує отриманий висновок про протилежний напрям можливих зміни величини сумарної радіації у поряд розташованих місяцях року: якщо для липня і серпня має місце напрям у бік зменшення сумарної радіації, то вересень дає їй збільшення по всій території України (табл.3.17).

Інтенсивність і просторовий характер цих змін в окремі місяці не однаковий. Так, найбільш помітно зменшення кількості сумарної радіації, що надходить до підстильної поверхні, може відбуватися у місяці теплого періоду року, коли різниця між наведеними даними за окремі двадцятиріччя може перевищувати  $6-10 \text{ Вт/м}^2$ ; у січні вона менш помітна і складає  $2-4 \text{ Вт/м}^2$ .

Більш наглядно про характер змін у режимі сонячної радіації свідчать карти просторового розподілу цих різниць у центральні місяці сезонів (рис.3.21– 3.22). Схожі зміни спостерігаємо у центральні місяці осінньо-зимового сезонів: майже на всій території України відбувається зменшення сумарної радіації. І тільки у південному напрямку має місце зворотній характер цих змін: відбувається збільшення сумарної радіації, у *січні* – це до південного заходу, а у *жовтні* – до південного сходу, де межа між різноспрямованими змінами  $Q$  проходить майже по північній границі Південного Степу. Схожі між собою зміни у центральні місяці весняно – літнього сезонів. Вони більш помітні ніж у осінньо-зимовий період і охоплюють майже всю територію країни. Але є і відмінності: у липні зменшення сумарної радіації у центральних і південних регіонах відбуваються більш повільно, ніж на її західних і північних окраїнах.

У квітні в західних і південних регіонах може відбуватися навіть збільшення сумарної радіації  $Q$ .

Встановлено, що і характер просторового розподілу сумарної радіації в кожному з двадцятиріч не однаковий (табл. 3.18). Так, у першому з них просторові розбіжності трохи згладжені: різниця між величинами сумарної радіації з півночі до півдня у порівнянні з усім сорокарічним періодом в усі місяці року зменшились. У протилежність цьому в друге двадцятиріччя майже в усі місяці року спостерігається посилення розбіжностей у радіаційних умовах між північними і південними регіонами.

Це також демонструють дані табл. 3.19, де наведені розбіжності між усередненими по станціях північних і південних регіонів значення середньої місячної сумарної радіації, які мали місце в окремі періоди розглянутого сорокаріччя.

Таблиця 3.17 – Різниця ( $\Delta$  4) між багаторічними величинами середньої місячної сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>) за різні періоди усереднення ( 2031 – 2050 та 2011-2030 рр.) . Сценарій А2.

№ з/п	Станції	М і с я ц і											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	Щорс	-4,1	-5,4	-6,8	-0,3	0,1	4,9	-8,6	-11,7	1,0	-3,0	0,0	0,4
2	Сарни	-4,2	-6,9	-3,5	1,3	2,7	-0,3	-8,1	-9,1	3,5	-3,7	-0,6	-0,7
3	Суми	-3,3	-5,0	-6,4	-0,3	2,3	6,1	-1,1	-16,4	2,0	-3,7	0,8	-0,9
4	Броди	-1,8	-5,3	2,0	0,8	1,5	-1,5	-8,6	-7,0	6,9	-2,8	91,0	-0,9
5	Житомир	-1,5	-4,8	-1,9	0,2	-1,1	1,9	-6,4	3,1	4,0	-2,1	-1,4	-1,3
6	Харків	-3,2	-3,1	-6,4	-1,6	1,3	4,9	-1,0	-11,2	3,3	-4,5	0,1	-1,9
7	Тернопіль	-1,3	-6,1	3,0	1,8	-2,1	-0,4	-9,3	-5,2	7,2	-1,3	-1,6	1,8
8	Миронівка	-1,5	-5,7	-4,6	-2,8	3,3	4,2	-2,2	-6,7	2,9	-3,4	-0,7	0,5
9	Полтава	-3,0	-4,8	-4,0	-2,9	3,2	1,5	1,1	-10,5	4,5	-3,1	-0,2	-0,7
10	Вінниця	-0,2	-5,2	0,3	-2,5	-0,7	3,0	-4,1	-6,7	4,9	-1,2	-1,4	-0,6
11	Губиниха	-1,7	-3,2	-1,5	-1,5	3,6	-0,8	-4,2	-7,9	2,8	-0,8	-0,4	0,0
12	Ужгород	-1,8	-1,1	3,6	2,6	5,8	-7,2	-10,3	-4,0	8,8	1,7	0,3	-0,1
13	Луганськ	-3,3	-3,9	-4,1	8,4	2,4	2,5	-4,1	-2,2	-1,7	-2,8	-1,4	-1,8
14	Умань	-0,5	-4,3	-0,6	-2,4	1,5	2,0	-3,2	-0,5	4,0	-0,5	-0,8	1,0
15	Кіровоград	0,0	-4,5	-5,1	-3,9	3,5	0,5	-5,5	-6,0	4,4	-0,6	-0,8	0,5
16	Чернівці	0,6	-5,7	3,0	4,0	-3,2	-4,4	-9,2	2,4	10,1	-0,9	-2,3	-0,8
17	Донецьк	-2,2	-1,2	-0,7	3,4	3,8	3,6	-2,5	-4,6	1,1	-1,7	-0,3	-1,8
18	Миколаїв	1,4	-3,0	-0,1	1,3	-13,6	3,2	-2,1	0,5	2,8	3,2	-1,1	2,3
19	Мелітополь	-0,7	-2,4	0,9	5,9	2,1	-0,8	-4,6	0,9	0,5	3,7	-0,8	2,0
20	Джанкой	1,3	-3,1	2,0	7,1	0,9	4,5	-1,2	4,6	2,3	4,1	-0,1	1,6
21	Сарата	2,3	-3,7	4,0	4,4	1,7	2,0	2,7	9,1	5,6	2,9	-1,5	1,0
22	Ізмаїл	2,4	-3,6	3,9	4,1	1,0	2,1	-3,4	7,5	6,6	2,7	-0,8	-0,5

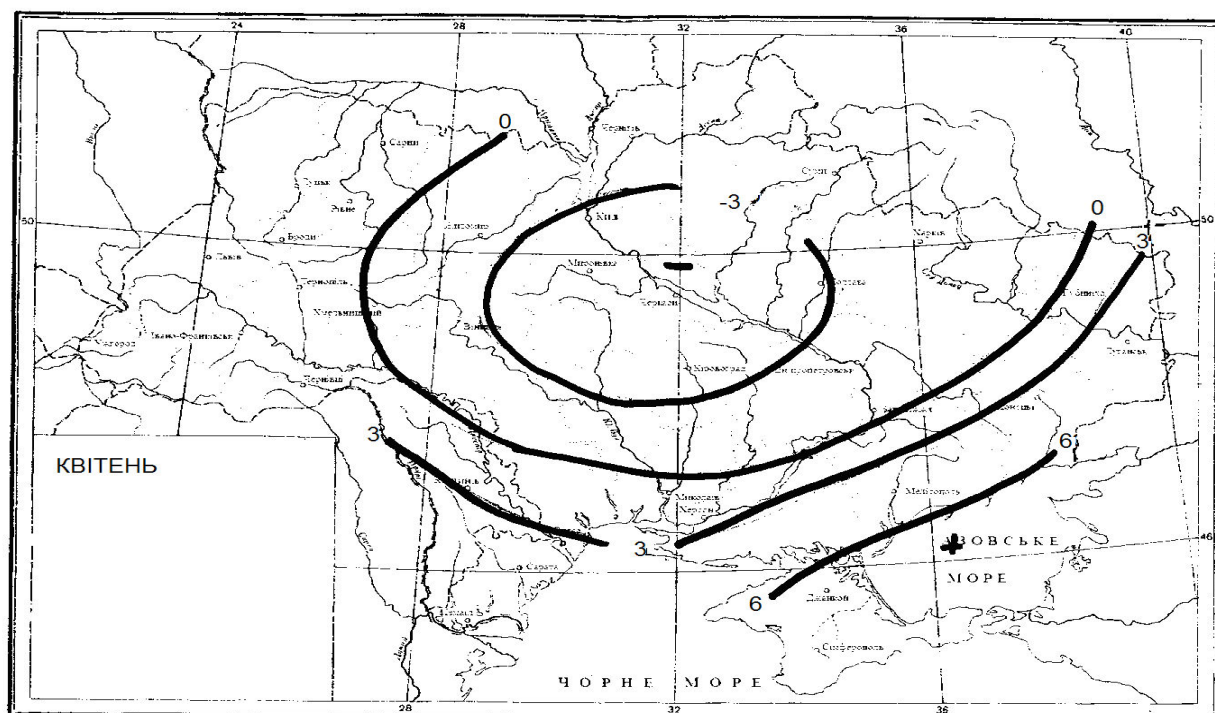
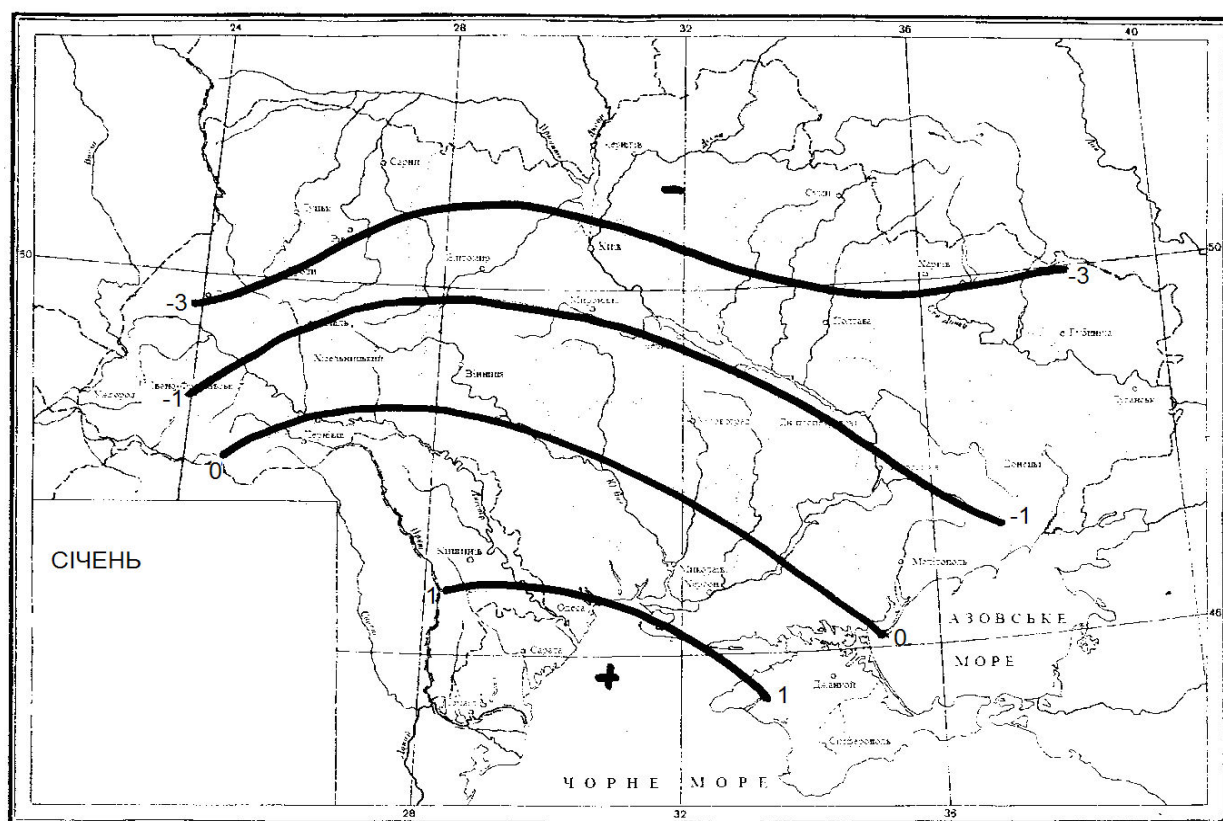


Рисунок 3.21 – Різниця між багаторічними величинами середньої місячної сумарної радіації ( $\text{Вт/м}^2$ ) за різні періоди усереднення (2011-2030 і 2031-2050 pp.).

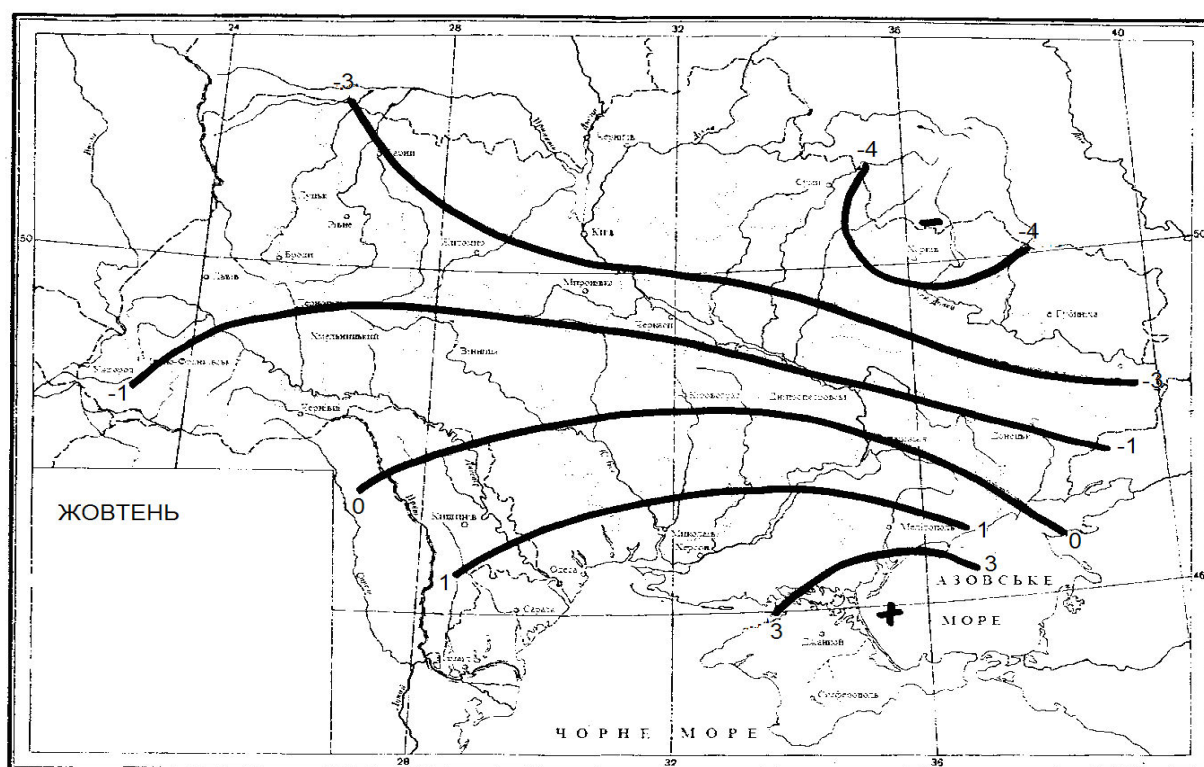
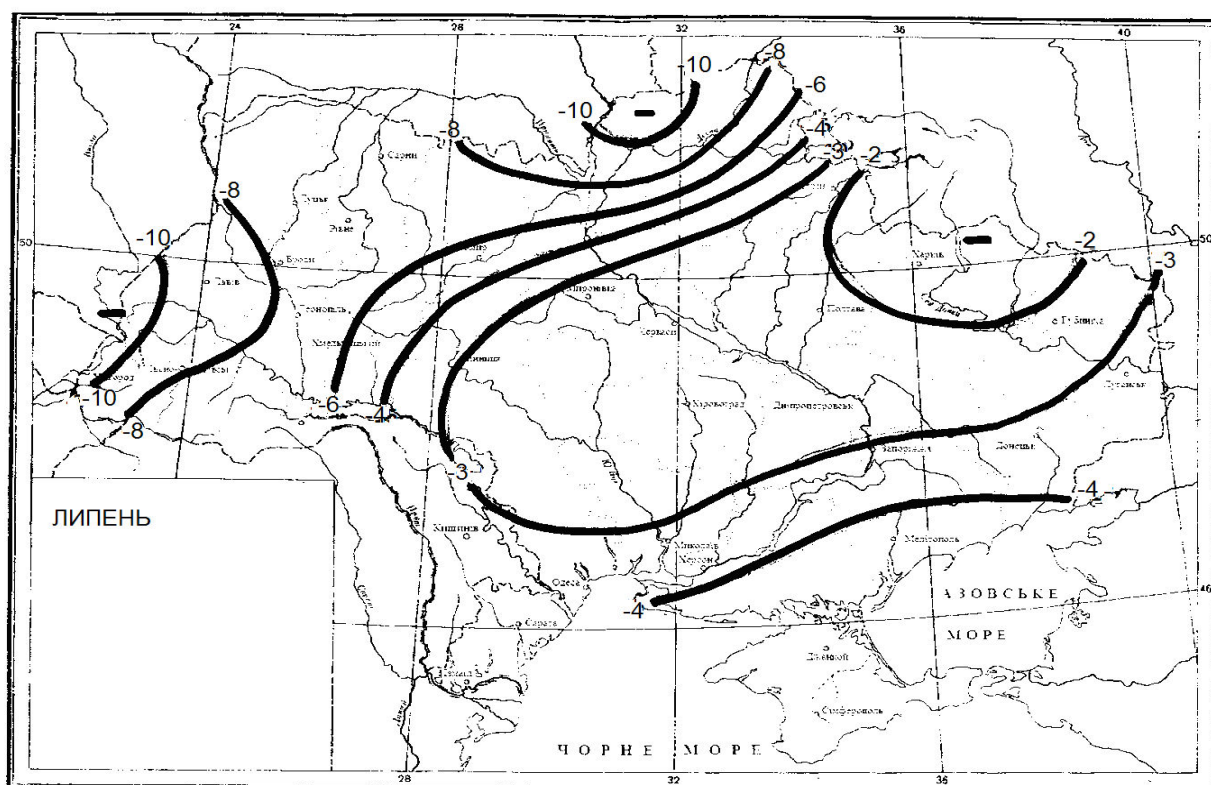


Рисунок 3.22 – Різниця між багаторічними величинами середньої місячної сумарної радіації ( $\text{Вт/м}^2$ ) за різні періоди усереднення (2011-2030 і 2031-2050 рр.).

Таблиця 3.18 – Багаторічна середня за рік сумарна радіація (Вт/м<sup>2</sup>) за різні періоди усереднення

№ з/п	Станція	Середня за рік		
		2011-2050	2011-2030	2031-2050
1	Щорс	129,6	131,0	128,2
2	Сарни	125,2	126,4	124,0
3	Суми	135,2	136,3	134,1
4	Броди	133,3	134,0	132,6
5	Житомир	132,6	133,0	132,1
6	Харків	144,4	145,4	143,5
7	Тернопіль	136,0	136,8	135,3
8	Миронівка	140,1	140,8	139,3
9	Полтава	145,7	146,5	144,9
10	Вінниця	141,0	141,6	140,4
11	Губиниха	153,3	154,0	152,7
12	Ужгород	152,5	152,7	152,2
13	Луганськ	158,4	159,0	158,0
14	Умань	149,0	149,2	148,8
15	Кіровоград	151,7	152,4	151,0
16	Чернівці	153,4	146,4	145,8
17	Донецьк	156,7	156,8	156,5
18	Миколаїв	164,4	165,2	164,8
19	Мелітополь	166,9	166,6	167,1
20	Джанкой	170,6	169,5	171,6
21	Сарата	166,8	165,7	167,8
22	Ізмаїл	170,7	169,8	171,6
Різниця (max-min)		<b>45,5</b>	<b>43,4</b>	<b>47,6</b>

Таблиця 3.19 – Різниця між багаторічними середніми місячними величинами сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>), усередненими по південних і північних регіонах (Вт/м<sup>2</sup>) України за окремі періоди

Періоди	М і с я ц ь					
	I	II	III	IV	V	VI
2011–2050	11,7	14,8	17,8	18,5	26,0	30,4
2011-2030	10,6	13,9	16,3	16,8	26,8	30,9
2031-2050	12,9	15,7	19,3	20,2	26,3	29,9

Періоди	М і с я ц ь					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2011–2050	41,9	37,0	30,7	22,0	15,3	12,1
2011-2030	41,3	32,8	31,0	20,1	15,4	11,6
2031-2050	42,5	41,3	31,4	22,2	1,15	12,7



Таким чином, згідно з наданих сценаріїв, у першій половині ХХІ століття слід очікувати поступове зменшення у надходженні сумарної радіації до підстильної поверхні. Цей процес відбувається з більшою швидкістю в період з кінця ХХ ст. до тридцятих років ХХІ ст. У подальшому, до п'ятдесятих років він буде зберігатися, але уповільниться.

### Висновки

Дослідження динаміки режиму сонячної радіації на території України під час глобального потепління проведено з використанням сценарних даних з середніх місячних значень сумарної радіації за сторічний період (1951–2050 рр.). Встановлено:

1. Часовий розподіл сумарної радіації протягом сторіччя на території України має коливальний характер: до середини сімдесятих років спостерігаємо її знижений фон; в наступному відбувається підвищення сумарної радіації приблизно до початку і середини дев'яностих років з наступним знову зменшенням. Наявність вказаних коливань не дозволяє чітко встановити трендову складову таких змін. Але хоча і повільно, вони відбуваються і мають від'ємний характер.

2. Базовий період (1986-2005 рр.), багаторічні характеристики якого взяті у якості «норми», у сторічному періоді відрізняється найвищим фоном сумарної радіації.

3. Стала тенденцію загального зменшення у надходженні сонячної радіації на території України найбільш помітно почала формуватися саме наприкінці ХХ ст. (з середини дев'яностих років).

4. Згідно сценаріям А2-С4І і А1В –МРІ у першій половині ХХІ ст. (до 2050 року) слід очікувати подальше переважно зменшення сумарної радіації на території України. Це є характерним для значної частини її території, окрім південних регіонів, де, особливо у перехідні сезони, чітко проглядається протилежна тенденція: передбачається збільшення у надходженні сумарної радіації.

5. Співставлення змін, які відбуваються у паралельних 40-річних (2011-2050 рр.) рядах сумарної радіації і хмарності, дозволяють стверджувати про досить тісний зв'язок між ними. Суттєвий вплив на часові зміни сумарної радіації чинять перебудови, які відбуваються у режимі хмарності: зміни, які можливі в режимі сонячної радіації на кожній станції протягом року, добре корелюються зі змінами в режимі хмарності.

У кожному ж місяці року ці зв'язки у просторовому розгляді не однозначні: досить високі вони в тепле півріччя і зовсім не прослідковуються наприкінці зими і початку весни, де коефіцієнт кореляції набуває навіть додатного значення. І якщо розглядати хмарність, як показник інтенсивності циркуляційних процесів, то можна припустити, що саме зміни



циркуляційних умов можуть призвести до змін у надходженні сонячної радіації.

6. Співставлення просторового розподілу сумарної радіації з просторовим розподілом хмарності у місяці рівнодень і сонцестоянь знову ж таки підкреслює думку про вирішальну роль хмарності, тобто циркуляційного фактору, не тільки у часових змінах радіаційного режиму, але й у формуванні особливостей просторового розподілу  $Q$ .

7. Період часу у першій половині ХХІ ст. (2011-2050 рр.) за режимом сумарної радіації не можна вважати однорідним. При збереженні загальної тенденції подальшого зменшення сумарної радіації від одного двадцятиріччя до другого швидкість змін помітно різниться: відбувається її уповільнення.

8. Для розрахунку ймовірнісних характеристик сумарної радіації, які зазвичай покладені в основу визначення ризику, пов'язаного зі змінами радіаційного режиму, необхідна відомість про закон її розподілу. Але чіткої закономірності в характері статистичного розподілу середньої місячної сумарної радіації виявити складно. Слід відзначити, що для більшості місяців, особливо в теплу пору року, для статистичного розподілу визначною є лівостороння асиметрія (коефіцієнт асиметрії від'ємний). Величина  $As$  з півночі до півдня коливається в досить значних межах. При цьому статистичний розподіл, ближчий до симетричного, більш притаманний північним і центральним регіонам України ( $As$  не перевищує 0,50). З наближенням до півдня асиметричність розподілу, за правилом, збільшується і коефіцієнт асиметрії перевищує 0,50.

Для трьох зимових місяців майже в усіх регіонах характерним є правостороння асиметрія, але для більшості станцій коефіцієнт асиметрії не перевищує 0,25-0,50, що свідчить про незначну або помірну скошеність кривої розподілу.

У коефіцієнті ексцесу переважають від'ємні його значення, тобто крива розподілу більш сплюснена у порівнянні з нормальним розподілом. За величиною він менший влітку і більший взимку.

У підсумку зазначимо, що саме варіації світимості Сонця разом з вулканічною діяльністю, за думкою вчених, сприяло змінам клімату в минулому. Щоб пояснити теперішні зміни клімату ці варіації досить слабкі і їх вплив незначний. Тому дійсне і прогнозоване підвищення температури повітря у першій половині 21 ст. за умов зменшення (за складеними сценаріями) сумарної радіації свідчить, на наш погляд, про те, що можливий негативний вплив на режим температури цього явища перекривається збільшенням ролі парникового ефекту, що в свою чергу може бути результатом збільшення термоактивних домішок в атмосфері, тобто її забруднення.

## 4 ВІТРОВИЙ РЕЖИМ УКРАЇНИ

### 4.1 Огляд сучасного стану проблеми

Вітер – одна з основних характеристик динамічного стану атмосфери. Швидкість і напрямки приземного вітру, залежить від циркуляції атмосфери і, в першу чергу, визначається атмосферними процесами синоптичного масштабу. Характер підстильної поверхні, її шорсткість, наявність різних форм рельєфу або великих водойм впливають на зміну параметрів вітру, які задані макропроцесами [1,2,3].

Зміна вітрового режиму на території України в річному циклі визначається синоптичними процесами, розвиток яких залежить від положення баричних центрів над континентом Євразії і Атлантикою. Сезонні переміщення і зміни інтенсивності баричних центрів зумовлюють річний хід складових вектора вітру.

Дослідженню режиму вітру на Україні присвячено значну кількість теоретичних і експериментальних робіт [4]. Узагальнення цих досліджень виконано у фундаментальній монографії «Клімат України», підготовленої співробітниками Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, під редакцією Ліпницького В.М., Дячука В.А. і Бабіченко В.М., опублікованій в 2003 році.

Нижче представлені основні висновки, про режим вітру, представлені в розділі «Атмосферний тиск і вітер» вищеназваної монографії. Слід зазначити, що режим вітру, тобто динамічна складова стану атмосфери, в монографії представлена дуже скупо.

#### 4.1.1 Короткий огляд режиму вітру на Україні за даними роботи [4,5]

Напрямок вітру. У розподілі переважаючого напрямку вітру за рік виділяються дві зони, що знаходяться по обидві сторони від великої осі Воейкова, яка проходить приблизно в напрямку Кишинів – Луганськ. У цих зонах переважає вітер протилежного напрямку: на північ від осі – вітер із західною складовою, на південь – зі східною.

Взимку (січень) тенденція розподілу вітру в цілому зберігається: південніше осі переважає вітер з східної складової (північно-східний, східний і південно-східний), а на південному заході – північний вітер, так як повітряні маси спрямовані в області зниженого тиску над Чорним морем. Район, де відзначається вітер західних румбів, займає лише північний захід і

частково центральні райони. В Українських Карпатах спостерігається вітер різних напрямків (північно-західний, південно-західний і південно-східний).

Навесні відбувається перебудова баричного поля, в результаті чого спостерігається вітер різних напрямків з однаковою ймовірністю. На більшій частині території (на півночі, сході та півдні) переважає східний і південно-східний вітер, на заході – північно-західний, західний, а на південному заході – південний і південно-східний.

Літній тип розподілу вітру встановлюється в червні, зменшуються баричні градієнти, ізобари набувають напрямки близького до меридіонального. Тиск знижується з південного заходу на північний схід і тому в основному відзначається (липень) північно-західний і західний вітер, пов'язаний з тиловою частиною західних циклонів. У південних районах спостерігається вітер північного напрямку.

Восени відбувається поступова зміна синоптичних процесів літнього сезону на зимовий. У північно-західних районах ще зберігається вплив Азорського антициклону, тому на Поліссі і частково в Лісостепу спостерігається вітер західних румбів. У південних районах і в рівнинному Криму різко виражена зона північного і північно-східного вітру. Цей вітер панує і в приморських регіонах, де бризов циркуляція у вересні слабшає. На крайньому південному сході спостерігається вітер східного напрямку.

Повторюваність переважаючого напрямку вітру за період 1961-1990 рр. в порівнянні з періодом 1936-1960 рр. не змінилася, за винятком окремих районів, де однією з причин можна вважати збільшення ступеня захищеності пункту спостереження.

Швидкість вітру. Важливою характеристикою вітрового режиму є швидкість вітру, яка визначається баричним градієнтом. Протягом року чітко виражені послідовні зміни швидкості вітру рисунок 4.1 [4]. У жовтні спостерігаються найбільші значення атмосферного тиску і починаючи з жовтня по квітень відбувається посилення швидкості вітру.

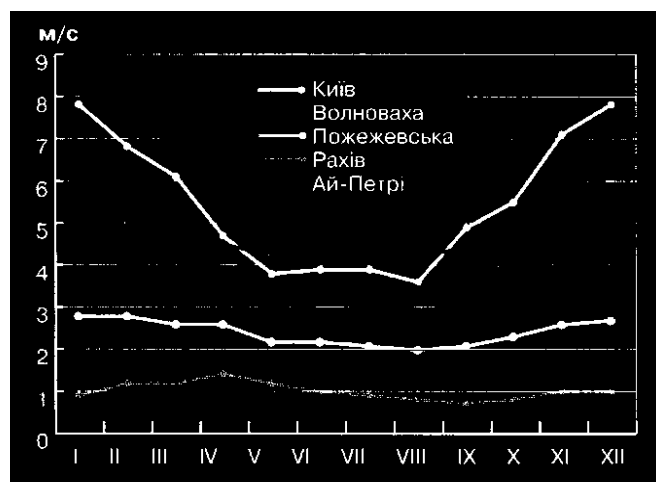


Рисунок 4.1 – Річний хід середньої швидкості вітру (м/с).

Найбільша середня місячна швидкість вітру спостерігається майже на всій території України в лютому (50-55 %), іноді цей максимум припадає на січень (рис. 4.2а), листопад або грудень (10-15 %) і лише в окремих випадках – на березень, квітень (4-5 %).

Найменша швидкість вітру відзначається влітку, коли Україна перебуває під впливом Азорського антициклону, а циклонічна діяльність слабшає. У липні-серпні на більшій частині території швидкість вітру зменшується до мінімальних значень (рис. 4.2б) [4].

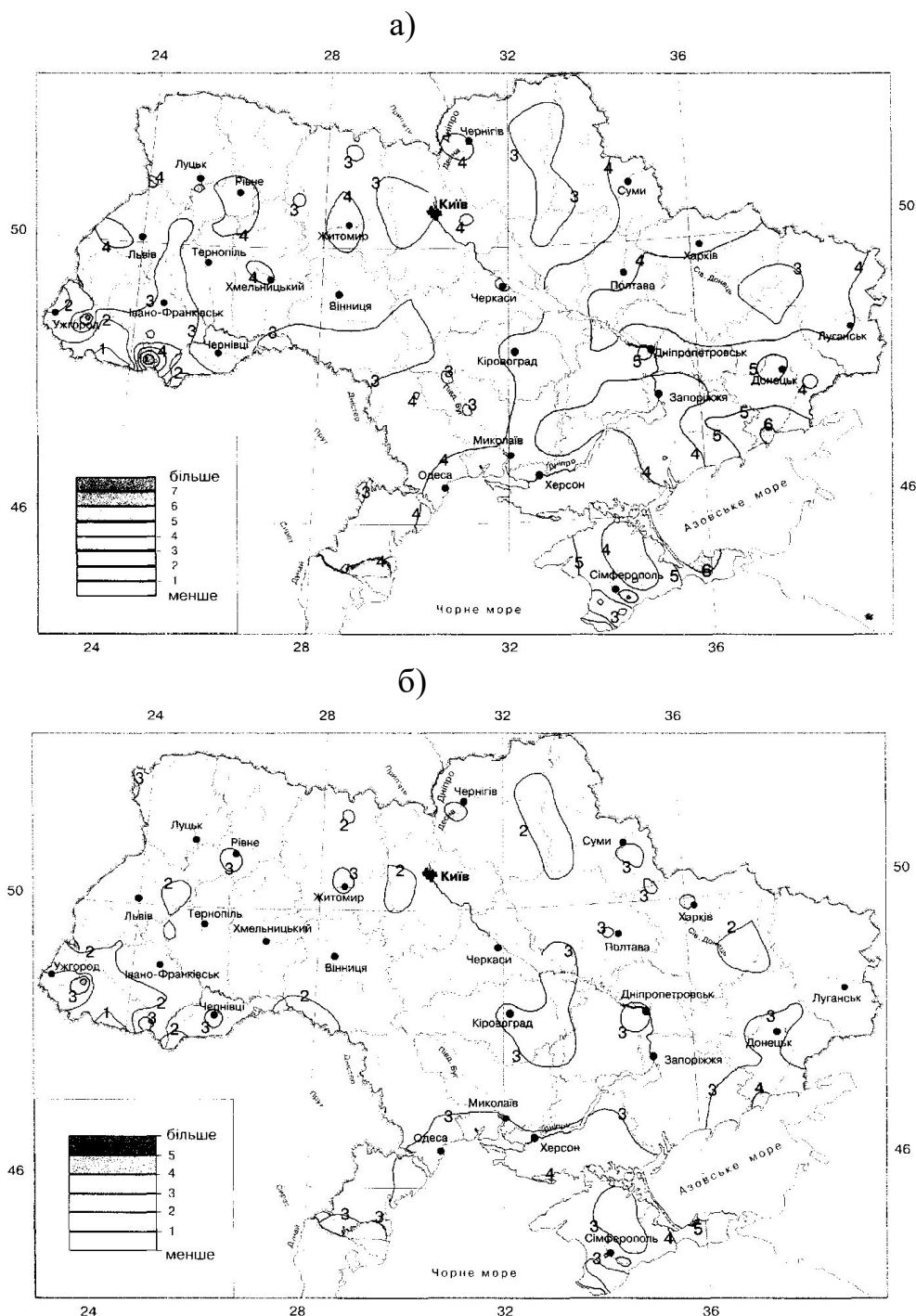


Рисунок 4.2 – Середня швидкість вітру (м/с): а – січень, б – липень

Мінливість швидкості вітру за окремі місяці незначна, за винятком Українських Карпат.

Загальний характер збільшення швидкості вітру (на півночі до 3-4 м/с, на півдні до 5-6 м/с) відзначається з півночі на південь і обумовлено температурними неоднорідностями, а також сезонними баричними циркуляційними процесами в поєднанні з орографічними особливостями місцевості. В холодний період року найбільші баричні градієнти спостерігаються в південних районах і виникають в результаті взаємодії Чорноморської депресії з областю підвищеного тиску, яка розташована над північними районами. Значна швидкість на узбережжях Чорного та Азовського морів пов'язана з наявністю великих водних просторів та місцевої бризової циркуляції.

Різниця швидкості вітру між північними і південними районами в холодний період року сягає 3,5 м/с, влітку і восени вона зменшується і дорівнює 2,8 м/с, а навесні – 2,3 м/с.

Середня швидкість вітру майже на всій території за останні 30 років зменшилася на 10-35 %. Існує думка, що зменшення швидкості вітру пов'язано з переходом в 1966 р. на 8-строкові спостереження. Крім цього, в 1965-1970 рр. на метеорологічній мережі вимір швидкості і напрямку вітру виконувалося за допомогою анеморумбометрів, які осереднюють характеристики вітру за 10-хвилинний інтервал, тоді як раніше, при вимірі за допомогою флюгер, осереднення відповідало приблизно 2-х хвилинному інтервалу.

Однак на окремих станціях (Чернігів, Житомир, Тернопіль, Вінниця, Дніпропетровськ, Ужгород, Чернівці, Сімферополь) спостерігається збільшення швидкості вітру, тому зменшення швидкості вітру слід пояснювати не тільки суб'єктивними причинами, а й впливом змін динамічних макроциркуляційних процесів [4].

В монографії [4] показано, що період (зменшення і збільшення швидкості вітру) мають різну тривалість (від 7-15 років до 20-25 років). На окремих станціях вони не завжди збігаються. Підтверджено висновок, що в східних і південних районах за останнє 30-річчя (починаючи з 70-х років) відзначається зниження середньої швидкості вітру.

Найбільшу повторюваність (60-90 %) має вітер слабкий (0-1 м/с) і помірний (2-5 м/с), в горах в зимові місяці повторюваність такого вітру зменшується до 50-60 %. Швидкість 6-10 м/с найчастіше спостерігається в холодний період року або в перехідні сезони. Вітер зі швидкістю понад 10 м/с буває рідко, в зимові місяці на більшій частині території частота його становить 3-8 %, в гірських районах вона зростає до 20-30 %, влітку майже на всій території зменшується до 1-2 %, в горах – 10 %.

Циклонічна діяльність в Україні особливо активно проявляється у зимово-весняний сезони, що призводить до сильного вітру різних напрямків.

Облік кліматологічної інформації про вітру значній швидкості важливо для багатьох галузей економіки, наприклад, як вітроенергетика.

#### 4.1.2 Моделювання режиму вітру на півдні України по даним роботи [6]

Корисні дослідження вітрового режиму на півдні України виконані канд. фіз.-мат. наук Казаковим О.Л. Він провів порівняння фактичних середньомісячних значень швидкості вітру за період спостережень с 1951 по 2009 рр. з розрахунковими. Середньомісячні значення швидкості отримані за допомогою кліматичних моделей інституту Макса-Планка (МПП) і моделі ГГО ім. А.І. Воєйкова (ГГО) за періоди з 1950 по 2010 рр. У список метеостанцій, які залучалися для аналізу включені тільки метеостанції Одеської області.

Аналіз змін швидкості вітру за моделлю МПП проводився за періоди 1951-1960 рр., 1961-1990 рр., 1991-2010 рр., а також за період з 2011 по 2050 рр., який використовувався для оцінки можливих змін кліматичної системи.

На рисунку 4.3 надана міжрічна та сезонна мінливість середньомісячних швидкостей вітру на метеостанції м. Ізмаїл за даними численних експериментів моделі МРІ.

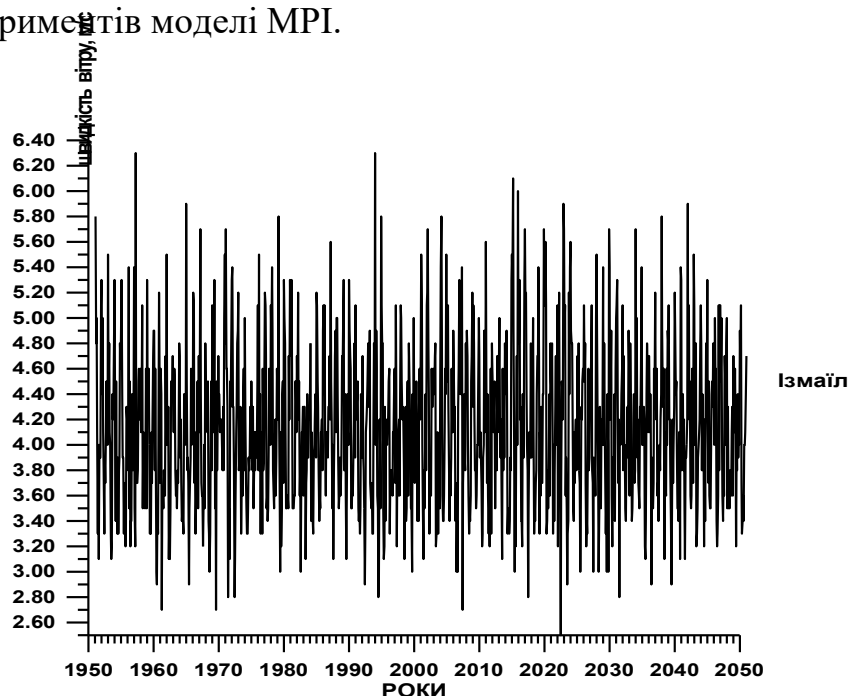


Рисунок 4.3 – Сезоні та міжрічні зміння середньомісячних швидкостей вітру за даними моделі МПП. Ізмаїл.

З рисунку випливає, що за 100-річний період у часовому ряду коливань середньомісячної швидкості вітру будь-які помітні довгоперіодні тренди

відсутні. Практично середня швидкість не змінюється за віковий період, а основні коливання відбуваються біля її середнього значення 4 м/с. На рис. 4.4 представлена сезонна мінливість швидкості вітру за даними моделі МПІ для ряду станцій Одеської області. Показана мінливість вітру для двох розрахункових періодів: перший період – кліматична норма 1961-1990 рр., другий період – прогнозовані зміни кліматичної системи з 2011 по 2050 рр.

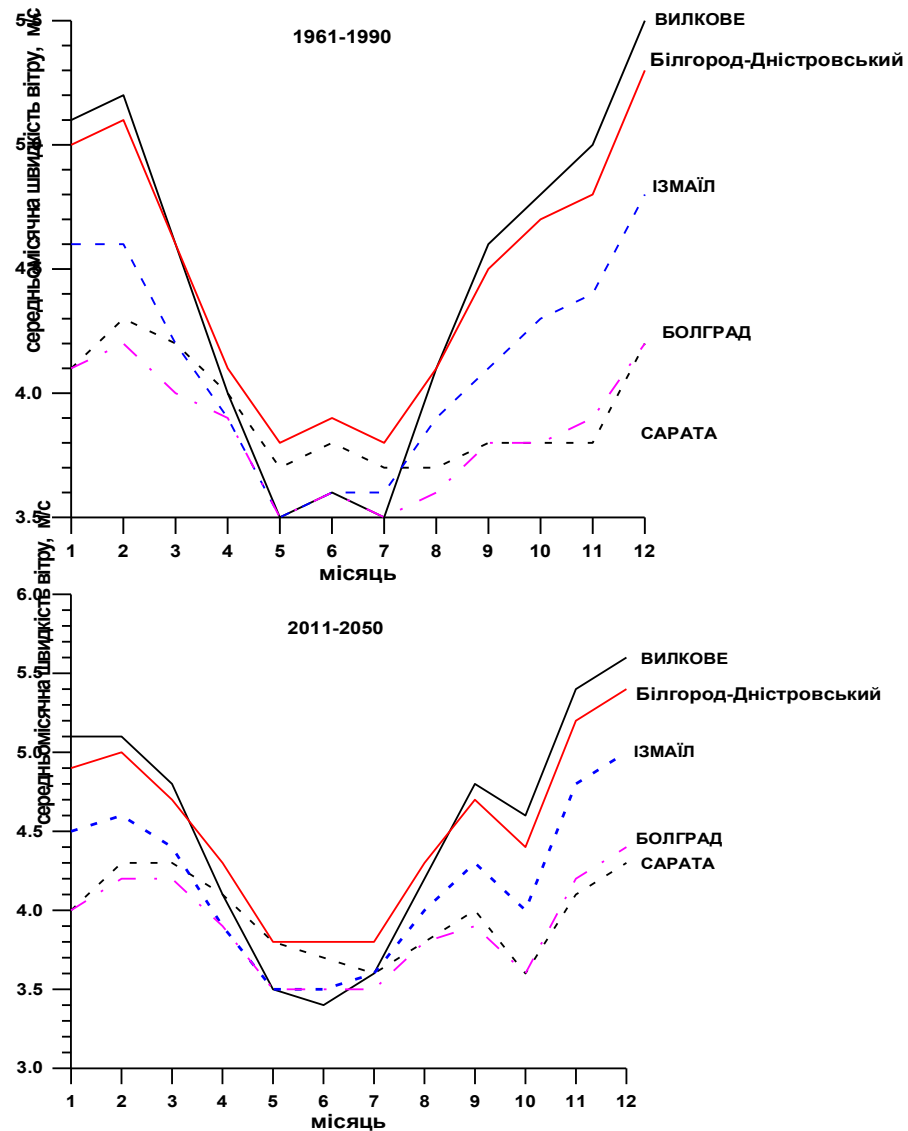


Рисунок 4.4 – Сезонна мінливість середньомісячних швидкостей вітру на станціях за два періоди за даними моделі МПІ.

З рисунків випливає, що в цілому зберігаються ідентичні сезонні особливості мінливості вітру за винятком появи максимальних швидкостей у вересні і мінімальних в жовтні в прогнозованому періоді. Для обох періодів усереднення (1961-1990 рр. та 2011-2050 рр.) для зимового сезону отримано

однаковий порядок убутання значень швидкостей. Влітку і восени цей порядок кілька порушується.

Далі Казаков О.Л. аналізує річний хід зміни швидкості вітру з 2011 до 2050 рр. Найбільші зміни річного ходу отримані за даними моделі МПШ в останній період з 2011-2050 рр., а саме: вторинні максимуми швидкості у вересні і мінімуми в жовтні, а також зростання швидкостей вітру в грудні. При цьому найменше зростання максимумів швидкості отримані на прибережних станціях (Білгород-Дністровський та Вилкове). Вікові коливань швидкості сильніше виявляються на станціях розташованих в глибині суші, ніж на станціях в прибережній зоні.

Казаковим О.Л. проведені також розрахунки за моделлю Головної геофізичної обсерваторії (ГГО, СпБ, Росія). Виявлені відмінності в річному ході для періодів з 1961 по 1990 рр. і з 2011 по 2050 рр., які визначаються за моделями МПШ і ГГО. Результати розрахунків за моделями показують, що існує систематичне заниження середньомісячних швидкостей за даними чисельної моделі ГГО. Це може бути пов'язано тільки з тим, що модель ГГО більш точно враховує особливості підстильної поверхні і гідростатичної стійкості граничного шару в досліджуваному регіоні, ніж модель МПШ.

#### 4.1.3 Порівняння результатів чисельних експериментів з даними спостережень за даними роботи [6]

На рис. 4.5 представлено порівняння міжрічної мінливості середньомісячних значень швидкості вітру виміряної на станціях з даними модельних розрахунків. Для станції м. Сарата в період до 70-х рр. існує кількісний і якісний збіг виміряних швидкостей, які розраховані за моделлю МПШ. В решті період виміряні швидкості істотно нижче розрахункових на 1,5-2 м/с.

В м. Ізмаїл до 80-х років існує близькість між даними спостережень і даними розрахунків по МПШ. В решті період взимку дані спостережень ближче до розрахунків за моделлю ГГО, а влітку до моделі МПШ.

Особливості сезонного ходу розрахункових і виміряних середньомісячних швидкостей вітру показані на рис. 4.5. Криві сезонного ходу по чисельним експериментам відрізняються від фактичних даних. Згідно з розрахунками в річному ході є мінімум з травня по липень і максимум в грудні. За виміряним даними річний мінімум відзначається в серпні і вересні, а максимумами – в кінці зими і початку весни. Для окремих станцій можливо збіг розрахункових і фактичних значень. Наприклад, з серпня по грудень існує якісний збіг швидкостей по моделі ГГО з даними спостережень. Близькі значення швидкості спостерігаються з січня по червень при розрахунках по моделі МПШ для м. Ізмаїл.



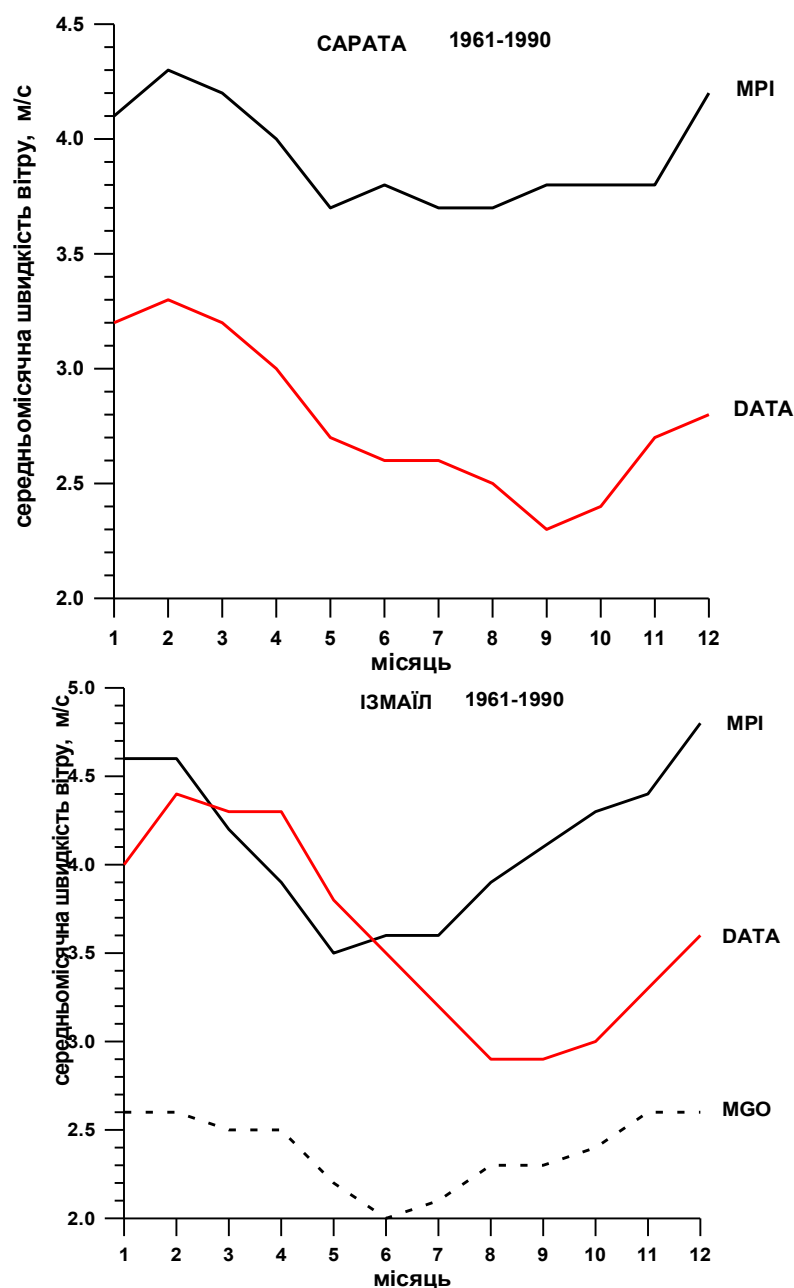


Рисунок 4.5 – Порівняння річного ходу швидкості вітру для станції м. Сарата і м. Ізмаїл за 1961-1990 рр. з даними моделі МП.

Завершуючи свої дослідження Казаков О.Л. робить наступний висновок: не існує статистично значущого кореляційного зв'язку між розрахунковими (по МП і ГГО) і виміряними даними, ні для якого сезону, ні для якої станції, ні якої моделі (табл. 4.1-4.2).

Таблиця 4.1 – Коефіцієнт кореляції між середньомісячними швидкостями вітру в січні за даними вимірів і за даними моделі МПІ

Станції	Сарата	Болград	Ізмаїл	Вилкове	Б-Дністр.
Сарата	0,009	–0,10	0,138	0,102	0,283
Болград	0,004	0,009	0,042	0,121	0,271
Ізмаїл	–0,004	0,002	0,013	0,120	0,278
Вилкове	0,007	0,015	0,111	0,134	0,293
Б-Дністр.	0,170	0,025	0,150	0,193	0,352

Таблиця 4.2 – Коефіцієнт кореляції між середньомісячними швидкостями вітру в липні за даними вимірів і за даними моделі МПІ

Станції	Сарата	Болград	Ізмаїл	Вилкове	Б-Дністр.
Сарата	–0,208	–0,191	–0,183	–0,196	0,125
Болград	–0,179	–0,194	–0,161	–0,221	0,070
Ізмаїл	–0,222	–0,224	–0,115	–0,238	0,017
Вилкове	–0,173	–0,154	–0,083	–0,212	0,006
Б-Дністр.	0,134	0,156	0,165	–0,080	0,148

Моделльні розрахунки приземного вітру завищують значення швидкості, так як швидкість вітру при моделюванні оцінюється по полю атмосферного тиску, приведеного до рівня моря. Використовуючи приземне поле атмосферного тиску, модель розраховує меридіональну і зональну складову вектора швидкості вітру і, очевидно, не коректно враховує геострофічний коефіцієнт тертя, величина якого залежить від характеру підстильної поверхні і гідростатичної стійкості атмосфери в розрахунковій точці. Тому моделюєма швидкість приземного вітру не відповідає фактичній швидкості вітру, вимірюваної на висоті 10 м [6].

#### 4.1.4 Вітроенергетичні ресурси України за даними інтернет-джерел [7,8]

У зв'язку з інтенсивним використанням поновлюваних джерел енергії в останні роки отримали розвиток дослідження вітроенергетичних ресурсів України, виконувані різними державними і приватними компаніями, зацікавленими в достовірній оцінці вітроенергетичного потенціалу різних регіонів України.

Нижче представлений короткий огляд цих досліджень, які більш детально характеризують вітрової режим окремих областей України, в порівнянні з його описом в монографії «Клімат України» [4].

Проведені дослідження показали, що для оцінки вітроенергетичного потенціалу важливе значення відіграє формування клімату в окремих регіонах, а саме у регіонах Карпат, Подільської, Волинської і Придніпровської височинах, Донецькому кряжі і Кримських гір. Для інших регіонів має значення близькість Чорного та Азовських морів, а також рівнинний характер місцевості (Причорноморська низина).

Для сучасного технічного рівня розвитку вітроенергетичних установок (ВЕУ) використовуються райони зі середньорічними швидкостями вітру 5 м/с і більше, на висоті флюгера рівним 10 м. Тому попередня оцінка вітрових характеристик території України дається з використанням цього критерію. Аналіз даних багаторічних спостережень 214 метеостанцій за тривалий період часу свідчать про те, що в Україні переважають вітри від 0 до 5 м/с з повторюваністю від 70 до 90 %.

Загальна потужність перспективних вітроелектростанцій (ВЕС) в Україні оцінюється в 16000 МВт з можливою річним виробітком електроенергії близько 30 млрд. КВт/год. При цьому потужність ВЕС в складі енергетичної системи не повинна перевищувати величини генеруючого резерву, приблизно 7500 МВт.

За середньорічними швидкостям вітру більш 5 м/с можна виділити сім регіонів і дві зони. До регіонів належать Карпатський, Причорноморський, Приазовський, Донбаський, Західно-Кримський, Східно-Кримський, до зон – Харківська і Полтавська.

Карпатський регіон виділений з використанням даних двох метеостанцій: Пожежевської (Івано – Франківська область, середньорічна швидкість – 5,9 м/с) і Плай (Закарпатська область – 5,8 м/с). Обидві метеостанції розташовані на території з дуже високими відмітками: Пожежевська – 1451 м і Плай – 1330 м. Дані метеостанції основної мережі Закарпатського регіону показують, що середньорічні швидкості вітру невеликі і становлять 1,4-3,4 м/с.

Причорноморський регіон. Це смуга узбережжя шириною 25-30 км від кордону з Румунією до Криму. Дані мережі метеостанцій в цій смузі дають середньорічні швидкості вітру більше 5 м/с.

Приазовський регіон розташовується вздовж узбережжя Сиваша і Азовського моря від Перекопського перешийка до кордону з Росією. Ширина смуги від 2-х до 25 км. Найбільші значення показників середньорічної швидкості вітру зафіксовано метеостанцією в м. Маріуполь – 6,1 м/с.

Донбаський регіон починається від Луганська (середньорічна швидкість 5,7 м/с) і поширюється до з'єднання з Приазовським регіоном. Регіон виділений за даними 5 метеостанцій і відноситься до центральної частини Донецького кряжа.

Західно-Кримський регіон поширюється вздовж західного узбережжя Криму, де за даними метеостанцій середня швидкість вітру складає 5,4 м/с.

Східно-Кримський регіон. Це Керченський півострів східне передгір'я Кримських гір і частина Арабатської стрілки. В регіоні три метеостанції, в тому числі метеостанція Мисове, де середньорічні швидкості вітру складають 6,2 м/с.

Гірський Крим. В горах і на південному березі Криму дуже компактна мережу метеостанцій, дані яких дають досить строкату картину розподілу вітру, що характерно для гірської місцевості. Первинний аналіз показує, що середньорічні швидкості близько 5 м/с зареєстровані на метеостанціях, відкритих вітрам південно-західного напрямку і частково північного.

Харківська зона визначена за даними однієї метеостанції (м. Харків). Аналіз даних і орографії місцевості свідчать про можливість утворення майданчиків біля міста, особливо в північно-східному напрямку зі швидкостями вітру більше 5 м/с.

Полтавська зона виділена за даними однієї метеостанції в м. Полтаві зі швидкістю 5 м/с.

Як видно з вище викладеного матеріалу, районування територій розміщення вітроелектростанцій та оцінка вітроенергетичних ресурсів в Україні ведеться на підставі середньорічних швидкостей вітру з урахуванням загального орографічного аналізу.

Комп'ютерні технології, що дозволяють зробити детальні дослідження в питаннях визначення вітроенергетичного потенціалу, на жаль, не застосовувалися. Виключення з цього становить Крим, що займає лідируюче становище в питаннях розвитку вітроенергетики. За програми TACIS, що проводиться Європейською Комісією, за участю фірм: SOGELERG INGENIERIE (Франція), CONPHOEBUS (Італія) з використанням програми WAsP (фірма Riso, Данія) був створений вітрової атлас Криму першого рівня, де були визначені найбільш перспективні майданчики для будівництва ВЕС в Криму.

В цілому територіальні особливості України і вітрові умови сприятливі для будівництва вітроелектростанцій.

Організації, що проводили ці дослідження підкреслюють необхідність використання сучасних комп'ютерних технологій і програм для оцінки вітрового потенціалу і вибору майданчиків ВЕС для всієї території України. Такі дослідження мають бути виконані не за середньорічними швидкостями вітру, а за швидкостями вітру з урахуванням їх добової і сезонної мінливості до висоти 300 м, залежної від мінливості динамічних властивостей поверхні (шорсткість) і гідростатичної стійкості всього граничного шару атмосфери.

Нижче на рисунках 4.6-4.8 показані результати районування території України, які виконані різними державними організаціями та приватними компаніями.



Рисунок 4.6 – Розподіл середньорічної швидкості вітру по Україні за даними джерела [7].



Рисунок 4.7 – Розподіл середньорічної швидкості вітру по Україні на висоті 10 м за даними джерела [8], аркуш 1.



Рисунок 4.7 – Розподіл середньорічної швидкості вітру по Україні на висоті 10 м за даними джерела [8], аркуш 2.

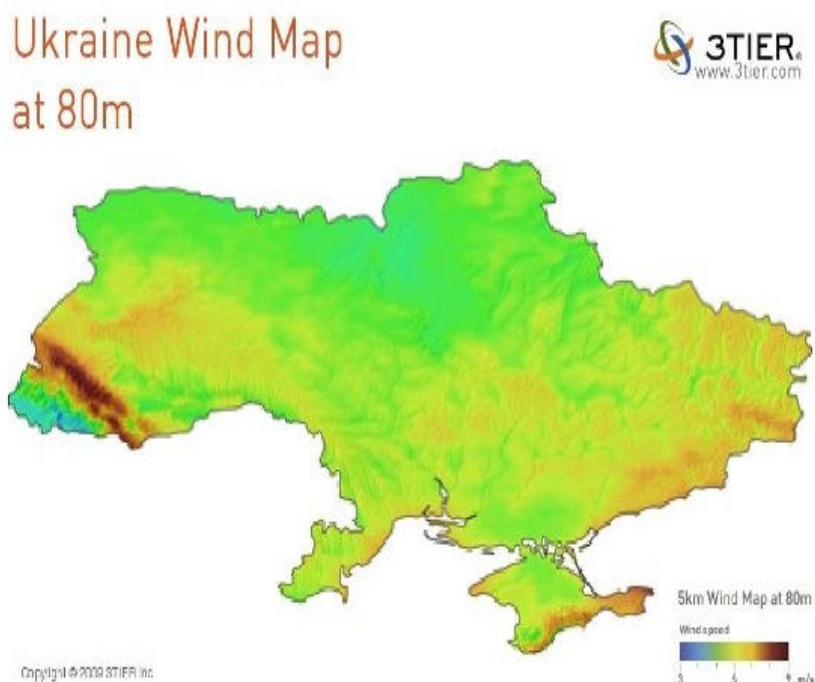


Рисунок 4.8 – Розподіл середньорічної швидкості вітру по Україні на висоті 80 м за даними моделі WRF, згідно джерела [8].

#### 4.1.5 Теоретичні основи моделювання режиму вітру

Короткий опис використовуваних сценаріїв зміни клімату. Довгостроковий характер і невизначеність зміни клімату і його визначальних чинників вимагають підготовки сценаріїв, які охоплювали б період до кінця XXI століття. У березні 2000 р. підготовлена спеціальна доповідь про сценарії викидів (СДСВ). Дана доповідь прийнята на пленарній сесії робочої групи РГІІІ. В даний час є опис нових сценаріїв, а також того, яким чином вони були підготовлені [9,10].

Сценарії СДСВ включають широкий діапазон основних визначальних факторів майбутніх викидів – від демографічних до технологічних та економічних подій. Жоден із сценаріїв не містить викладу будь-якої майбутньої політики, яка стосується зміни клімату. Набір сценаріїв викидів СДСВ заснований на великій оцінці літератури, шести альтернативних концепціях моделювання, а також «відкритому процесі», який заохочував широку участь численних груп окремих осіб і зворотний зв'язок з ними. Сценарії СДСВ включають ряд викидів усіх відповідних різновидів газів з парниковим ефектом (ПГ) і сірки, а також їх визначальні чинники.

На рисунку 4.9 представлена схема, яка ілюструє сценарії СДСВ. Чотири якісних сюжетних лінії дають чотири набору сценаріїв, іменованих «сім'ями»: A1, A2, B1 і B2. В цілому 40 сценаріїв СДСВ були розроблені шістьма групами з моделювання. Всі вони мають рівну значущість без будь-яких встановлених ймовірностей події. Набір сценаріїв складається з шести сценарних груп, отриманих з чотирьох сімей: кожна група в A2, B1, B2, і трьох груп в рамках сім'ї A1, що характеризують альтернативні види розвитку енергетичних технологій: A1FI (значна частка викопних видів палива), A1B (збалансований варіант) і A1T (головним чином не викопні види палива). В рамках кожної сім'ї і групи сценаріїв в деяких з них розділяються «узгоджені» припущення щодо глобального населення, зростання світової продукції і остаточної енергії. Ці варіанти, позначені як «HS» для узгоджених сценаріїв, та «OS» для сценаріїв, в яких розглядаються невизначеності визначальних чинників. На рисунку 4.9 показано кількість сценаріїв, розроблених в рамках кожної категорії. Для кожної з шести сценарних груп дається ілюстративний сценарій. Наводяться два додаткових ілюстративних сценаріїв для груп A1FI і A1T, які завершують набір з шести елементів, що ілюструють всі сценарні групи. Всі вони є в рівній мірі обґрунтованими.



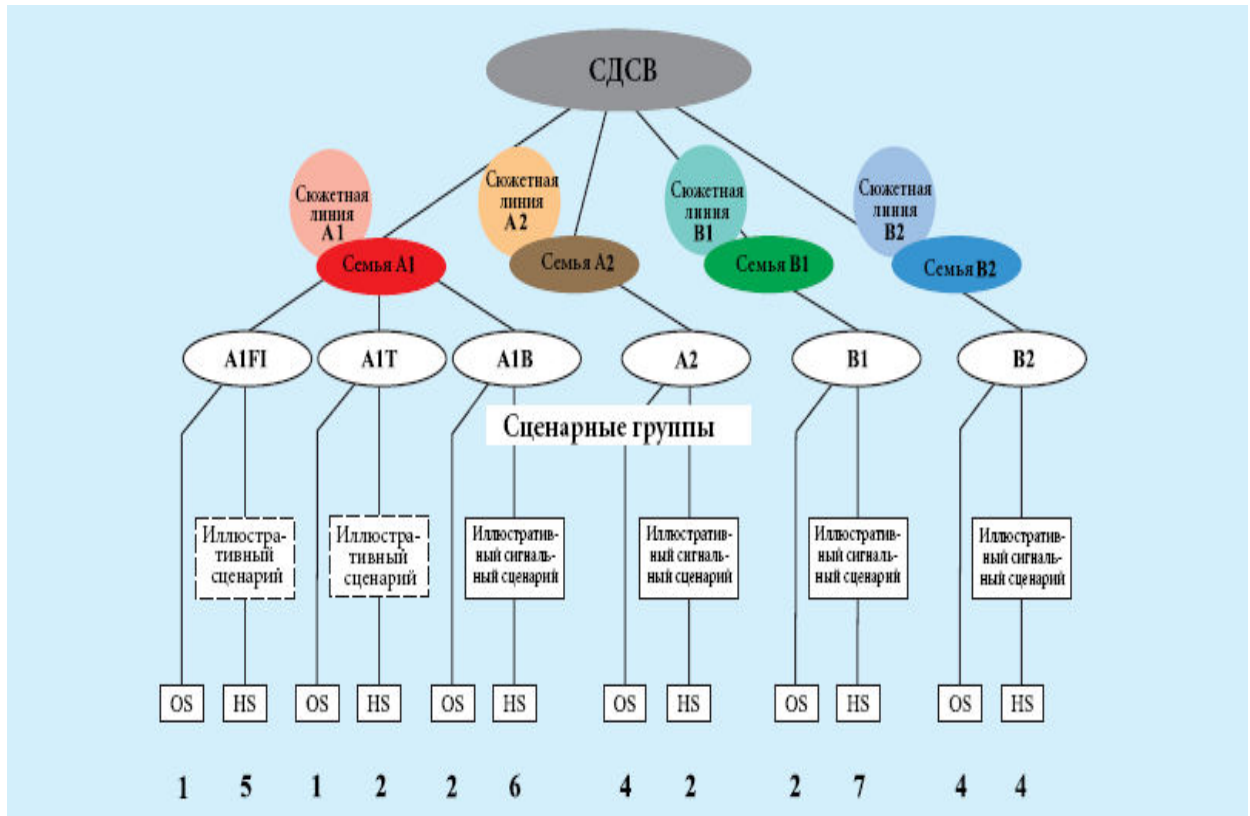


Рисунок 4.9 – Основні характеристики чотирьох сюжетних ліній СДСВ і сценарні сім'ї.

Кожна сюжетна лінія передбачає абсолютно інший напрямок майбутніх подій, в результаті чого чотири сюжетних лінії відрізняються один від одного. Разом вони дають опис різних варіантів майбутнього, які охоплюють значну частку основних невизначеностей в чотирьох визначальних факторах.

Виділено наступні сюжетні лінії.

- Сюжетна лінія та сценарна сім'я A1, містять опис майбутнього світу, що характеризується дуже швидким економічним зростанням, глобальним населенням, показники якого досягають пікових значень в середині століття з подальшим зменшенням, а також швидким впровадженням нових і більш ефективних технологій. Основоположними темами є поступове зближення різних регіонів, створення потенціалу та активізація культурних та соціальних взаємозв'язків при значному зменшенні регіональних відмінностей у доході на душу населення. Сценарна сім'я A1 розділяється на три групи, які дають опис альтернативних варіантів технологічних змін в енергетичній системі. Три групи A1 відрізняються своїм центральним технологічним елементом: значна частка викопних видів палива (A1FI), невикопного джерела енергії (A1T) або рівновагу між усіма джерелами (A1B)

- У сюжетній лінії і сценарної родині A2 дається опис дуже неоднорідного світу. Основоположною темою є самозабезпечення і



збереження місцевої самобутності. Показники народжуваності в різних регіонах дуже повільно зближуються, результатом чого є постійне зростання загальної чисельності населення. Економічний розвиток має головним чином регіональну спрямованість, та економічне зростання в розрахунку на душу населення і технологічні зміни.

- Сюжетна лінія та сценарна сім'я B1 містять опис рухомого в одному напрямку світу з тим же самим глобальним населенням, яке досягає максимальної чисельності в середині століття, а потім зменшується, як і в сюжетній лінії A1, однак при швидких змінах в економічних структурах в напрямку сервісної та інформаційної економіки зі зменшенням матеріальної інтенсивності і впровадженням чистих і ресурсозберігаючих технологій. Головна увага приділяється глобальним рішенням економічної, соціальної та екологічної стійкості, включаючи велику справедливість, але без додаткових ініціатив, пов'язаних з кліматом.

- Сюжетна лінія та сценарна сім'я B2 містять опис світу, в якому головна увага приділяється локальним рішенням проблеми економічної, соціальної та екологічної стійкості. Це світ з постійно збільшується глобальним населенням при темпах нижче ніж A2, проміжними рівнями економічного розвитку і менш швидкими і більш різноманітними технологічними змінами в порівнянні з сюжетними лініями B1 і A1. Хоча даний сценарій також орієнтований на охорону навколишнього середовища та соціальну справедливість, головну увагу в ньому приділяється місцевим та регіональним рівнями.

#### 4.1.6 Характеристика вихідних даних і обґрунтування розрахункових методів, використовуваних для вирішення поставленого завдання

Вітрова енергія є енергією вищої якості, так як може бути безпосередньо, без шкідливих «відходів», перетворена в електричну енергію. Використання енергії вітру є одним з найбільш економічних способів отримання електрики. Енергія вітру відрізняється своєю доступністю і дешевизною.

Можливі кліматичні зміни вітрових ресурсів України досліджуються на основі результатів моделювання клімату за сценарієм A1B і A2. Зміни вітрового режиму аналізуються для двох періодів 2011-2030 рр. і 2031-2050 рр. в порівнянні з режимом вітру за період 1986-2005 рр. Вихідна інформація про вітрові характеристики, яка отримана за допомогою кліматичних моделей A1B і A2, містить такі дані: широтні та меридіональні складові вектора вітру, середні і максимальні (пориви) швидкості вітру осереднені за добу (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Параметри вітрового потоку, які отримані при моделюванні вітрового режиму на Україні, згідно сценаріям A1B і A2

Параметри	Символи	Розмірність
10-meter U wind	uas	$\text{m s}^{-1}$
10-meter V wind	vas	$\text{m s}^{-1}$
10-meter wind speed	wss	$\text{m s}^{-1}$
10-meter daily max. wind speed, without gust	wssmax	$\text{m s}^{-1}$
10-meter daily max. wind speed incl. gust	wsgsmax	$\text{m s}^{-1}$

Перераховані вітрові характеристики представлені для 22-х міст України (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Метеорологічні станції України, які обрані для опису довготривалих змін характеристик вітрового потоку, згідно сценаріям A1B і A2

Номер станції	Назва	№ lat	№ lon	Широта		Довгота	
				гр.	хв	гр.	хв
1	Житомир	94	130	50	16	28	38
2	Вінниця	89	130	49	14	28	28
3	Суми	100	146	50	53	34	43
4	Кіровоград	88	141	48	30	32	15
5	Миколаїв	81	142	46	57	32	9
6	Ізмаїл	72	133	45	21	28	50
7	Броди	92	120	50	6	25	9
8	Сарни	98	123	51	21	26	37
9	Щорс	102	138	51	48	31	57
10	Тернопіль	90	121	49	34	25	36
11	Умань	88	135	48	46	30	14
12	Полтава	94	147	49	36	34	33
13	Харків	97	152	49	58	36	15
14	Губиниха	91	150	48	49	35	16
15	Донецьк	90	158	48	0	37	50
16	Луганськ	93	162	48	34	39	15
17	Сарата	75	136	46	1	29	40
18	Мелітополь	82	152	46	50	35	22
19	Джанкой	77	151	45	43	34	24
20	Ужгород	85	112	48	36	22	19
21	Чернівці	84	123	48	17	25	56
22	Миронівка	92	137	49	39	30	59

Слід зазначити, що вибір списку станцій для опису вітрового режиму України проведений некоректно, оскільки не дотримані умови рівномірного розподілу розрахункових пунктів по вітровим зонам (регіонам) території

України, де виділено 7 регіонів сприятливих для створіння та експлуатації ВЕУ. До таких регіонів віднесені Карпатський, Причорноморський, Приазовський, Донбаський, Західно-Кримський, Гірничо-Кримський, Керченський регіони і виділені дві зони Харківська та Полтавська. Ці зони повинні добре простежуватися на картах просторового розподілу швидкостей вітру.

Так як вітрові умови будь-якого регіону прийнято характеризувати вітроенергетичним кадастром, то, в рамках виконуваного проекту № 157, отримані, для зазначених вище періодів, наступні характеристики вітрового потоку:

1. Середньомісячні і середньорічні швидкості вітру;
2. Середньомісячні і середньорічні швидкості поривів вітру;
3. Абсолютні мінімуми і максимуми середньодобових швидкостей вітру протягом року і місяця;
4. Повторюваність значень швидкості і напрямків вітру протягом року і місяця;
5. Дані про поривчастості і максимальні значення швидкості вітру;
6. Статистичні характеристики розподілу швидкості і напрямку вітру: середньоквадратичне відхилення (дисперсія), асиметрія, ексцес за рік і місяць;
7. Статистичні характеристики розподілу швидкості поривів вітру: середньоквадратичне відхилення (дисперсія), асиметрія, ексцес за рік і місяць;
8. Середньомісячні і середньорічні швидкості вітру на висотах 100, 200, 300 м;
9. Статистичні характеристики розподілу швидкості вітру на висотах: середньоквадратичне відхилення (дисперсія), асиметрія, ексцес протягом року і місяця.

#### *Розрахунок вітроенергетичних показників.*

Технічні вітроенергетичні ресурси дорівнюють річному значенням енергії, яку можна отримати сучасними технічними засобами на даній території [11,12].

Якщо енергію повітряного потоку з поперечним перерізом  $S$  виразити формулою

$$E = \frac{mV^2}{2}, \quad (4.1)$$

а масу  $m$  повітря, при щільності  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>), яка проходить через перетин  $S$  (м<sup>2</sup>) зі швидкістю  $V$  метра в секунду, визначити по формулі

$$m = \rho V S, \quad (4.2)$$

то потужність вітрового потоку, (Вт = Дж/с) дорівнює

$$N = \frac{1}{2} \rho V^3 S, \quad (4.3)$$

де  $\rho = 1,23 \text{ кг/м}^3$  – щільність повітря при нормальних умовах (при температурі  $15^\circ\text{C}$  і атмосферного тиску 760 мм рт. ст.

Потужність вітрового потоку, віднесена до одиниці ( $1 \text{ м}^2$ ) площі визначається

$$N = \frac{1}{2} \rho V^3, \quad (4.4)$$

якщо перевести розмірність Дж/с в КВт, то отримаємо

$$N = \frac{9,81}{2 \cdot 1000} \rho V^3 S = 0,0049 \rho V^3 S. \quad (4.5)$$

Потужність вітрового потоку, для малих часових масштабів, змінюється пропорційно коливанням швидкості вітру. Тому вітроенергетичний потенціал, того чи іншого регіону, визначається за середньорічному розподілу середньомісячної швидкості вітру, яка має набагато меншу мінливість ніж, наприклад, мінливість середньодобових швидкостей вітру. Досвід показує, що інтегральні характеристики вітру за рік, і його енергетичні параметри досить точно характеризують вітроенергетичний потенціал в межах заданого району. Прикладом цього слугують дані таблиці 4.5.

Незважаючи на незначні швидкості вітру в регіонах України, вітроенергетичний потенціал є достатньо великим.

Потенціал вітру в Україні за підрахунками Інституту електродинаміки НАН України в 2000 разів перевищує сучасне виробництво енергії в Україні. Для розміщення вітроелектростанцій достатньо площі, яка включає пасовища, безлісні ділянки гір, мілководні акваторії штучних та природних водоймищ, озер, лиманів, заток і морів. Тільки на Одеській банці в Чорному морі можна розмістити ВЕС з потужністю до 20 тис. МВт.

При визначенні вітроенергетичного потенціалу необхідно враховувати, що швидкість вітру в граничному шарі не є постійною і збільшується з висотою. Наприклад, в Одеській затоці вітроенергетичним потенціал на висоті 10 м, становить  $4000 \text{ КВт/м}^2$ , а на висоті 40 м –  $7000 \text{ КВт/м}^2$ .

Таблиця 4.5 – Середньомісячні і середньорічні швидкості вітру для ряду міст України (1960-1990 рр.)

Пункт	Висота флюгера	Середньомісячні швидкості на висоті флюгера, м/с												$\bar{V}$ , м/с на висоті		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	фл.	5м	10м
		Період спостережень 10 років														
Дніпропетр.	11	5,5	6,0	5,4	5,2	4,6	3,7	3,6	3,8	4,2	4,3	5,1	5,4	4,7	4,4	4,7
Донецьк	10	6,2	6,7	5,6	5,4	4,6	3,6	3,6	3,6	3,9	4,3	6,5	5,8	5,0	4,5	5,0
Київ	17	2,7	2,9	2,7	2,6	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,3	2,5	2,5	2,4	2,0	2,2
Львів	10	3,8	4,2	4,2	3,5	2,9	2,8	2,6	2,5	2,7	3,0	4,3	3,6	3,3	3,2	3,3
Сімферополь	12	4,9	5,2	4,9	4,7	4,7	3,7	3,8	3,5	3,6	4,0	4,8	4,8	4,5	3,8	4,3
Харків	14	4,6	5,1	4,5	4,5	4,2	3,3	3,5	3,2	3,5	3,6	4,3	4,5	4,1	4,7	4,0
		Період спостережень 7-30 років														
Маріуполь	10	6,7	7,1	7,2	6,7	6,2	5,2	4,9	4,4	4,7	5,6	7,0	7,1	6,1	5,4	6,1

Розрахунок питомої енергії вітру. Враховуючи, що швидкість вітру є випадковою функцією часу, вираз для визначення питомої потужності виглядає наступним чином

$$W_{BEY}^{уд} = \frac{1}{2} \rho \int_0^{V_{\max}} \bar{V}^3 f(V) dV, \quad (4.6)$$

де  $f(V)$  – диференціальна повторюваність швидкості вітру по градаціях.

Розрахунок кількості енергії з урахуванням повторюваності швидкостей вітру, наприклад, за місяць, яка буде вироблена вітроенергетичної установкою з питомою площею (1 м<sup>2</sup>), розраховується за формулою

$$W_{BEY}^{уд} = \frac{\beta}{2} \rho \cdot T \left( \sum_{V_{\min}}^{V_{\text{раб}}} \bar{V}_i^3 \cdot p_i + \bar{V}_{\text{раб}}^3 \sum_{V_{\text{раб}}}^{V_{\max}} p_i \right), \text{ кВт/м}^2 \quad (4.7)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, що враховує характеристики БЕУ (де  $\beta = 0,48$ ;

$\beta = 0,8$ );

$\rho = 1,23 \text{ кг/м}^3$  – щільність повітря;

$T$  – кількість годин роботи БЕУ за місяць, або годину;

$\bar{V}_i$  – середня швидкість (м/с) для кожної градації швидкості вітру;

$V_{\text{раб}}$  – робоча швидкість вітру (м/с) для вітроустановки;

$V_{\text{max}}$  – максимальна швидкість вітру (м/с) для вітроустановки;

$V_{\text{min}}$  – мінімальна швидкість вітру (м/с) для вітроустановки;

$p_i$  – повторюваність за місяць (в частках одиниці) швидкостей вітру для обраних градацій швидкості вітру.

Градації, як правило, вибираються через 2 м/с, тобто 0-2; 2-4; 4-6; 6-8; 8-10; ... 16-18.

Коефіцієнт використання енергії вітру  $\beta$  (критерій Бетца-Жуковського) залежить від величини втрати швидкості вітру при проходженні його через площину вітроколеса. Максимальне значення цього коефіцієнта дорівнює 0,593, тобто ВЕУ може використовувати не більше 2/3 енергії вітрового потоку. Для горизонтально-осьових  $\beta$  приймають рівним 0,42-0,48, для вертикально-осьових – 0,38. Коефіцієнт корисної дії ВЕУ прийнятий рівним 0,8.

Повна енергія за місяці для ВЕУ з заданим діаметром вітрового колеса, визначається формулою

$$W_{BEU}^M = W_{BEU}^{уд} \cdot S, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (4.8)$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

де  $D$  – діаметр вітроколеса, м.

Повна енергія за рік визначається як сума енергій за кожен місяць

$$W_{BEU}^{\text{год}} = \sum_{i=1}^N W_{BEU}^M, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (4.9)$$

Вимірювання швидкості вітру на метеорологічних станціях виконується на висоті 10 м. Тому використання даних приземного вітру дозволяє визначити тільки вітроенергетичний потенціал у поверхні Землі. Однак, в даний час практично всі промислові спеціальні станції мають висоту не менше 50 м, а найбільш потужні досягають висоти 100-150 м і більше метрів. В майбутньому планується використовувати ВЕУ з висотою до 300 м.

Швидкість вітру з висотою в граничному шарі атмосфери зростає по степеневому закону, завдяки зменшенню сил тертя, які виникають при русі повітряного потоку у поверхні Землі.

Розрахунок росту швидкості з висотою в граничному шарі здійснюється за формулою

$$\frac{V_h}{V_{10}} = \left( \frac{h}{h_{10}} \right)^m, \quad (4.10)$$

де  $V_h$  – швидкість вітру на розрахунковій висоті  $h$ ;

$V_{10}$  – швидкість вітру на стандартній висоті  $h = 10$  м;

$m$  – показник ступеня, значення якого залежить від швидкості вітру, гідростатичної стійкості атмосфери і шорсткості поверхні.

Значення показника ступеня у формулі (4.10) для різних умов місцевості (міська поверхню, сільська поверхню) визначається по таблиці 4.6. З таблиці випливає, що крім характеру підстильної поверхні показник мірою залежить і від класу стійкості приземного шару повітря. Для визначення класу стійкості використовується класифікація Паскуїлла, яка розділяє гідростатичну стійкість приземного шару на 6 класів, від дуже нестійкого до дуже стійкого стану [12].

Таблиця 4.6 – Залежність показника у степені закону росту вітру з висотою від характеру поверхні і класу стійкості приземного шару атмосфери

Recommended Power-law Exponents for Urban and Rural Wind Profiles		
Stability Class	Urban Exponent	Rural Exponent
A	0.15	0.07
B	0.15	0.07
C	0.20	0.10
D	0.25	0.15
E	0.30	0.35
F	0.30	0.55

У тому випадку, якщо вихідні дані про швидкість вітру, має добові осереднення, наприклад, по 8 термінами спостереження, для визначення показника ступеня у формулі (4.10) застосовують дані таблиці 4.7, де значення показника усереднені по сезонах року [12].

Відзначимо, що на висоті 10 м найбільш енергонесущі швидкості вітру від 8 до 14 м/с, а на висоті 40 м швидкості від 10 до 16 м/с. Низькі швидкості менш  $V < 5$  м/с і високі швидкості більш  $V > 18$  м/с не мають великої енергії, крім того високі швидкості мають дуже низьку ймовірність. На висотах в кілька сотнів метрів зростання швидкості практично припиняється.

Таблиця 4.7 – Залежність показника ступеня в статичному законі росту вітру з висотою для різних сезонів року

Сезон	10 м	20 м	40 м	60 м	80 м	100 м	$m$
Зима	1	1,12	1,26	1,35	1,43	1,50	0,17
Весна	1	1,17	1,36	1,50	1,59	1,66	0,22
Літо	1	1,18	1,40	1,55	1,67	1,76	0,24
Осінь	1	1,12	1,26	1,35	1,43	1,50	0,17
Рік	1	1,15	1,32	1,44	1,53	1,60	0,20

ВЕУ, висота якої від 100 м и більш (High speed propeller – високошвидкісний пропелер), відноситься до високо технологічної вітроустановки. Аеродинамічний профіль плиць знижує опір повітря, завдяки чому досягається висока ефективність роботи ВЕУ близько 48 %. Керуюча електроніка таких установок направляє пропелер назустріч вітру, а також захищає ВЕУ від ураганних вітрів, регулюючи кут атаки плиці.

В даний час у великій енергетиці використовують вітротурбіни з висотою 100 м і більше. Діапазон робочих швидкостей вітру від 3 до 30 м/с. Для нормальної роботи високошвидкісної турбіни потребує вітер від 7 до 12 м/сек. Максимальна робоча швидкість вітру 25 м/с. Швидкість вітру при якій відбувається зупинка ВЕУ  $V_{\max} = 25$  м/с. Гранично допустима швидкість вітру 40 м/с.

Розрахунок потужності, що виробляється вітроустановкою, за даними про середню швидкість за місяць чи рік. Площа, яка «ометається» вітроколесом

$$S = \frac{3,14159 \cdot D^2}{4}, [\text{м}^2] \quad (4.11)$$

де  $D$  – діаметр вітроколеса, м.

Потужність, що виробляється вітроустановкою за даними про середньодобової швидкості вітру

$$\bar{P}_{\text{сут}} = 0,5 \rho \bar{V}_{10}^3 S \cdot \zeta \cdot \eta, [\text{Вт}], \quad (4.12)$$

де  $\rho$  – щільність повітря, що дорівнює 1,23, кг/м<sup>3</sup>;

$\bar{V}$  – швидкість вітру, м/с;

$\zeta$  – коефіцієнт використання енергії вітру дорівнює 0,48 (для ВЕУ «High speed propeller»);

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії ВЕУ прийнятий рівним 0,8.



Річна або місячна потужність  $W$ , яка може бути вироблена ВЕУ визначається за формулою

$$\overline{W}_{\text{мес}} = \frac{\overline{P}_{\text{сут}} \cdot T}{1000}, [\text{кВт} \cdot \text{час}], \quad (4.13)$$

де  $T$  – час роботи ВЕУ за місяць (рік) у годинах.

Енергетичні характеристики вітрового потоку для висот 100, 200, і 300 м для 22 пунктів України розраховані для трьох періодів 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. Результати розрахунків, виконаних в рамках проекту №157, представляють вітроенергетичний кадастр поточного та майбутнього стану розвитку вітроенергетики на Україні. Отримано, наступні характеристики:

1. Середньомісячні і середньорічні значення питомої енергії вітру;
2. Середньомісячні і середньорічні значення повної енергії вітру;
3. Середньомісячні і середньорічні потужності, що виробляються ВЕУ;
4. Багаторічні максимальні і мінімальні місячні потужності, що виробляються ВЕУ;
5. Повторюваність значень потужності, що виробляються ВЕС протягом року. і місяця;
6. Багаторічні середньоквадратичне відхилення (дисперсія), асиметрія, ексцес розподілу потужностей, вироблюваних ВЕУ протягом року і місяця;
7. Абсолютні мінімуми і максимуми питомої та повної енергії вітру і значень потужності ВЕС протягом року і місяця;
8. Показники розподілу функції Вейбула-Гудрича для питомої та повної енергії вітру і потужностей, вироблюваних ВЕС.

#### **4.2 Результати дослідження змін швидкостей вітру в різних регіонах України у зв'язку з прогнозованими змінами клімату до 2050 р., згідно зі сценаріями A1B і A2**

У розділі наводяться результати розрахунків майбутніх регіональних змін вітрового режиму, які отримані за допомогою ансамблю глобальних моделей загальної циркуляції атмосфери і океану (МЗЦА) нового покоління (CMIP5 – Coupled model intercomparison project). Під ансамблем МЗЦА розуміється ансамбль, в якому кожна модель представлена єдиним розрахунком. Основні відомості про ці МЗЦА, включаючи аналіз якості відтворення ними сучасного клімату в межах євразійської території, наводяться в роботах [9,12,14,15].

Майбутні зміни клімату розглядаються для двох сценаріїв SRES ("Special report on emission scenarios" – Спеціальну доповідь про сценарії

викидів, СДСВ): A2, A1B [16,17,18] і для двох часових періодів: для початку (2011-2030 рр.) і середини (2031-2050 рр.) 21-го століття, по відношенню до базового кліматичного періоду 1986-2005 рр.

Певна трудність аналізу модельних даних пов'язана з тим, що для окремих кліматичних характеристик, наприклад, для режиму вітру, були дані не для всіх моделей або сценаріїв. З цієї причини при підготовці цього звіту використовувалися тільки модельні розрахунки за сценаріями A1B і A2.

Слід підкреслити, що зі зменшенням розміру розглянутих регіонів України, достовірність оцінок майбутніх змін клімату і, зокрема, змін швидкості вітру знижується. Наведені нижче оцінки майбутніх змін вітрового режиму на території України, слід розглядати як попередні, що підлягають подальшому уточненню.

#### 4.2.1 Зміна вітрового режиму

Для аналізу змін вітрового режиму територія України поділена на п'ять регіонів [19,20,21]. Вибір регіонів проведено з урахуванням подібності фізико-географічних умов, однотипності прояви кліматоутворюючих факторів і відносній однорідності кліматичних полів, адміністративно-територіального поділу, використовуваного при розробці адаптаційних заходів та розвитку регіонів у зв'язку зі зміною клімату (рис. 4.10).

Виділено 5-ть регіонів, які включають такі області:

- 1) Північні області NU: Житомирська, Київська, Чернігівська, Сумська області.
- 2) Східні області EU: Харківська, Луганська, Донецька області.
- 3) Південні області SU: Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська області, АР Крим.
- 4) Західні області WU: Львівська, Чернівецька, Хмельницька, Рівненська, Луцька, Закарпатська, Івано-Франківська, Тернопільська області.
- 5) Центральні області ZU: Полтавська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Черкаська, Вінницька області.

Такий поділ території дозволяє провести детальну деталізацію просторових вітрових полів.

Відомо, що всі без виключення моделі СМІРЗ дають потепління клімату в країнах східної Європи в 21-му столітті. Вже на початку 21-го століття потепління клімату в багатьох регіонах перевищує стандартні відхилення, що характеризують міжмодельний розкид оцінок.

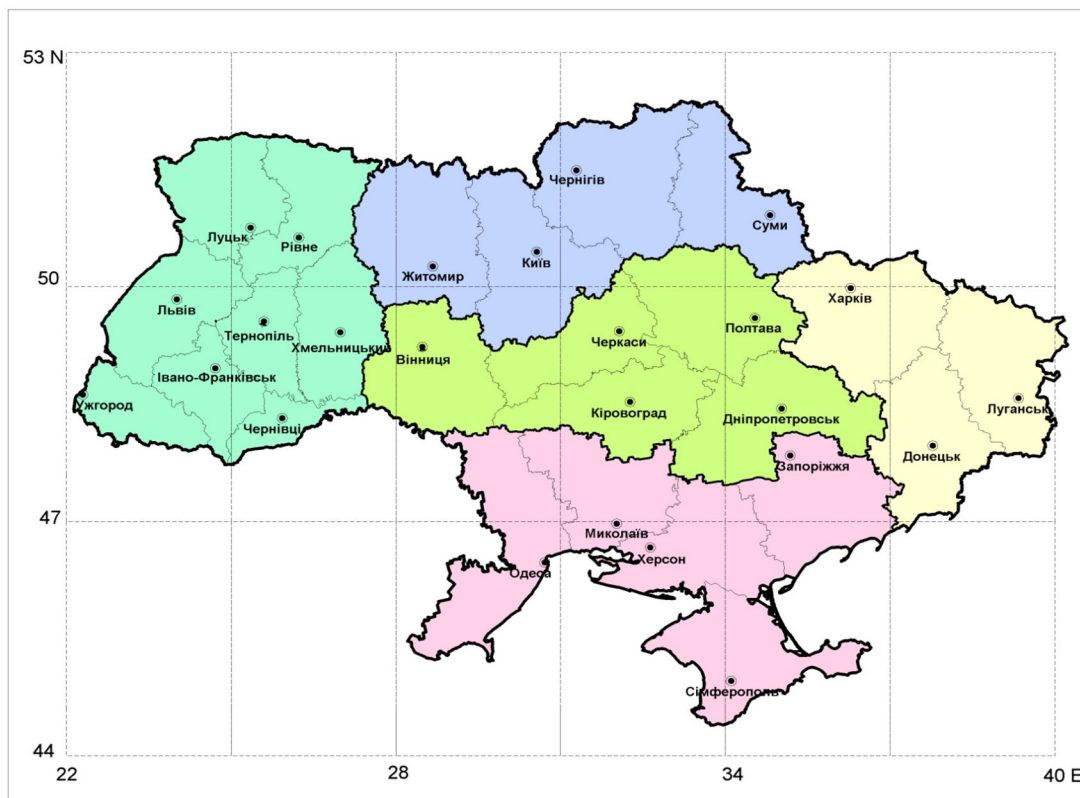


Рисунок 4.10 – Карта поділу території України на 5 регіонів.

На фоні температурних змін, зміна вітрового режиму, а саме швидкості приземного вітру ( $z = 10$  м), в цілому по Україні, в порівнянні з базовим періодом, практично відсутні.

*Тимчасові зміни середньорічних швидкостей вітру.*

Почнемо аналіз з порівняння режиму вітру в минулий 30 річний кліматичний період з 1961 по 1990 рр., з середніми багаторічними даними за періодом с 1986 по 2005 рр., який моделювався моделями МЗЦА в рамках сценаріїв А1В і А2. Відзначимо, що розрахунковий «базовий період 1986-2005 рр.» практично повністю виходить за межі часового інтервалу, який віднесено до кліматичної норми (1961-1990 рр.).

Якщо при розрахунках характеристик вітру за період з 1986 по 2005 рр моделі МЗЦА забезпечувалися даними метеорологічних величинах з просторовим дозволом  $2,5^\circ$  і враховувався характер підстильної поверхні і особливості атмосферної циркуляції. Результати моделювання режиму вітру можна інтерпретувати наступним чином:

- 1) результати становлять фактичне поле вітру по території України за період з 1986 по 2005 рр.;
- 2) результати представляють реаналіз вітрових полів території України за період з 1986 по 2005 рр.;

3) результати представляють прогнозовані зміни вітрового режиму з 1986 по 2005 рр., для випадку, якщо в якості початкових умов задаються сюжетні лінії сценаріїв A1B і A2.

Слідуючи умовам завдання «Оцінити вплив кліматичних змін на вітровий режим», необхідно провести порівняння вітрового режиму кліматичного періоду с вітровими характеристиками базового періоду, припускаючи, що дані режиму вітру на Україні з 1986 по 2005 рр., представляють вітрове поле яке відновлене в сіткової області за допомогою моделей МЗЦА з урахуванням сюжетних ліній сценаріїв A1B і A2.

Решта два періоди з 2010-2030 рр. та 2031-2050 рр., природно, представляють результати моделювання змін клімату за допомогою сучасних глобальних моделей з 28 вертикальними "sigma" рівнями і горизонтальним трикутним усіканням, еквівалентним приблизно 210 км.

У таблицях 4.8 і 4.9 показані середньомісячні багаторічні швидкості вітру  $V_M$  за базовий період (I – 1986-2005 рр.), які отримані з урахуванням сценаріїв A1B і A2 і середньомісячні багаторічні швидкості  $V_{KH}$  за кліматичний період 1961-1990 рр. для 5-ти регіонів України.

На основі зазначених таблиць розрахована різниця між середньомісячними модельними швидкостями вітру ( $V_M$ ) і середньомісячними швидкостями, які відповідають кліматичної норми ( $V_{KH}$ ), тобто розрахована різниця  $\Delta \bar{V} = \bar{V}_M - \bar{V}_{KH}$  (табл.4.10 і 4.11).

З таблиці 4.10 випливає, що усереднена для кожного регіону швидкість вітру скрізь вище на 0,4-0,8 м/с (колонка «рік»), ніж швидкість по кліматичної нормі. Але в східному регіоні і в ряді інших регіонів швидкість вітру, яка моделюється з урахуванням A1B, швидкість  $\bar{V}_M$  виявляється менше ніж  $\bar{V}_{KH}$ , наприклад, в Донецьку швидкість  $\bar{V}_M$  зменшилася на 2,0 м/с в зимовий сезон.

У таблиці 4.11 показані аналогічні різниці швидкостей вітру між швидкістю  $\bar{V}_M$  по A2 зі швидкістю вітру  $\bar{V}_{KH}$ . Перевищення швидкості по A2, зменшилася порівняно з A1B приблизно на 0,5 м/с.

Швидкість вітру в східному регіоні, згідно з розрахунковими даними за базовий період (1986-2005 рр.), значно зменшилася порівняно з кліматичною нормою. Наприклад, у Донецьку швидкість вітру взимку менше на 2,5 м/с в порівнянні зі швидкістю вітру для кліматичної норми, а в середньому за рік зменшення швидкості склало 1,5 м/с.

Такі відмінності між величинами, які осереднені за тривалі проміжки часу, можна визнати значними. Різниця вітрових режимів між кліматичним періодом 1961-1990 рр. і наступним за ним періодом 1986-2005 рр. можуть бути пояснені тільки або зміною великомасштабних циркуляційних процесів, або недостатньою забезпеченістю моделей МЗЦА фактичними даними за період з 1986 по 2005 рр.

Таблиця 4.8 – Порівняння середньомісячних швидкостей вітру  $V_M$  за базовий період (I – 1986-2005 рр.) по А1В з фактичними швидкостями вітру  $V_{KH}$  по кліматичної нормі за 1960-1990 рр. для 5-ти регіонів України

№ ст.	Станція	Місяць																											
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		Рік			
		$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$		
		Західна частина України (W.U.)																											
7	Броди	4,6	2,7	4,5	2,8	4,4	2,8	4,2	2,6	4,0	2,2	4,0	2	3,6	1,8	3,9	1,6	3,9	1,8	4,0	2,3	4,3	2,8	4,7	2,4	4,2	2,3		
8	Сарни	4,2	3,4	4,0	3,4	4,0	3,3	3,8	3	3,6	2,6	3,8	2,4	3,5	2,3	3,7	2,1	3,7	2,4	3,7	2,7	4,0	3,3	4,2	3,2	3,9	2,8		
10	Тернопіль	4,5	4	4,5	4,1	4,3	4	4,2	3,6	4,0	3	4,1	2,8	3,7	2,7	3,9	2,5	3,9	2,9	3,9	3,3	4,3	4,1	4,7	4	4,2	3,4		
20	Ужгород	2,9	2,2	3,1	2,5	3,3	2,8	3,2	3,1	2,9	2,7	2,7	2,4	2,7	2,3	2,7	2,1	2,8	2,3	2,7	2,3	3,0	2,5	2,8	2,3	2,9	2,5		
21	Чернівці	3,5	4	3,7	4,2	3,6	4,1	3,5	4	3,5	3,6	3,6	3,4	3,3	3,3	3,4	3,1	3,3	3,1	3,1	3,4	3,4	3,8	3,7	3,7	3,5	3,6		
	Всього	3,9	3,3	4,0	3,4	3,9	3,4	3,8	3,3	3,6	2,8	3,6	2,6	3,4	2,5	3,5	2,3	3,5	2,5	3,5	2,8	3,8	3,3	4,0	3,1	3,7	2,9		
		Південна частина України (S.U.)																											
5	Миколаїв	4,5	4,1	4,7	4,2	4,4	4,1	4,0	3,9	3,7	3,6	3,8	3,3	3,6	3,1	3,8	3,1	4,0	3,1	4,1	3,2	4,3	3,8	4,6	3,9	4,1	3,6		
6	Ізмаїл	4,7	4	4,9	4,4	4,4	4,3	3,8	4,3	3,6	3,8	3,6	3,5	3,7	3,2	3,9	2,9	4,2	2,9	4,3	3	4,7	3,3	4,9	3,6	4,2	3,6		
17	Сарата	4,4	3,2	4,7	3,3	4,4	3,2	3,9	3	3,8	2,7	3,8	2,6	3,6	2,6	3,8	2,5	4,0	2,3	4,1	2,4	4,3	2,7	4,5	2,8	4,1	2,8		
18	Мелітополь	4,3	2,9	4,5	3,2	4,3	2,9	4,0	2,6	3,6	2,4	3,7	2,1	3,6	2	3,7	2,1	4,0	2,1	3,9	2,2	4,1	2,4	4,4	2,5	4,0	2,5		
19	Джанкой	4,8	3,2	5,0	3,4	4,6	3,3	4,0	3,1	3,8	2,8	3,7	2,5	3,7	2,4	3,8	2,3	4,3	2,3	4,4	2,4	4,5	2,8	5,0	2,9	4,3	2,8		
	Всього	4,6	3,5	4,8	3,7	4,4	3,6	3,9	3,4	3,7	3,1	3,7	2,8	3,6	2,7	3,8	2,6	4,1	2,5	4,2	2,6	4,4	3,0	4,7	3,1	4,2	3,1		
		Північна частина України (N.U.)																											
1	Житомир	4,3	4,7	4,2	4,8	4,1	4,7	4,0	4,3	3,8	3,7	3,9	3,4	3,6	3,3	3,8	3,2	3,8	3,6	3,8	4	4,1	4,8	4,4	4,7	4,0	4,1		
3	Суми	4,2	4,4	4,0	4,6	4,0	4,3	3,9	4,1	3,7	3,5	3,9	3,3	3,4	3,1	3,6	3,1	3,8	3,3	3,8	3,9	4,0	4,4	4,1	4,5	3,9	3,9		
9	Щорс	4,0	3,1	3,8	3,2	3,8	2,9	3,7	2,8	3,5	2,4	3,6	2,2	3,3	2,1	3,5	2	3,6	2,3	3,6	2,5	3,8	3	4,0	3,1	3,7	2,6		
22	Миронівка	4,1	3,7	4,0	3,7	3,9	3,7	3,8	3,5	3,6	2,8	3,7	2,5	3,4	2,5	3,7	2,4	3,7	2,7	3,7	3	3,9	3,6	4,1	3,6	3,8	3,1		
	Всього	4,2	4,0	4,0	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7	3,1	3,8	2,9	3,4	2,8	3,7	2,7	3,7	3,0	3,7	3,4	4,0	4,0	4,2	4,0	3,8	3,4		
		Східна частина України (E.U.)																											
13	Харків	3,8	4,5	3,7	4,8	3,7	4,6	3,7	4,4	3,5	3,8	3,6	3,4	3,2	3,3	3,4	3,2	3,6	3,4	3,5	3,8	3,6	4,2	3,8	4,4	3,6	4		
15	Донецьк	3,5	5,7	3,4	6,4	3,4	5,6	3,4	5,2	3,1	4,4	3,2	3,6	3,0	3,5	3,1	3,7	3,2	4	3,1	4,6	3,3	5,2	3,5	5,4	3,3	4,8		
16	Луганськ	4,0	3,3	3,8	3,8	3,9	3,5	3,9	3,2	3,6	2,8	3,8	2,1	3,4	2	3,5	2,1	3,6	2,3	3,6	2,7	3,8	3,1	3,9	3,1	3,7	2,8		
	Всього	3,8	4,5	3,6	5,0	3,7	4,6	3,7	4,3	3,4	3,7	3,5	3,0	3,2	2,9	3,3	3,0	3,5	3,2	3,4	3,7	3,6	4,2	3,7	4,3	3,5	3,9		
		Центральна частина України (C.U.)																											
2	Вінниця	3,9	3,7	3,9	3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3	3,6	2,7	3,4	2,8	3,6	2,6	3,5	2,8	3,5	3,2	3,8	3,7	3,9	3,7	3,7	3,3		
4	Кіровоград	4,3	4,5	4,3	4,8	4,2	4,6	4,1	4,4	3,9	3,9	4,0	3,5	3,6	3,4	3,8	3,5	3,9	3,6	3,9	3,8	4,1	4,2	4,3	4,4	4,0	4,1		
11	Умань	4,0	2,8	4,0	3	3,9	2,9	3,8	2,9	3,6	2,5	3,7	2,4	3,5	2,3	3,7	2,1	3,7	2,2	3,6	2,4	3,8	2,6	4,0	2,7	3,8	2,6		
12	Полтава	4,1	4,6	4,0	5	3,9	4,5	3,9	4,2	3,7	3,7	3,8	3,2	3,4	3,1	3,6	3	3,8	3,2	3,7	3,7	3,9	4,3	4,0	4,4	3,8	3,9		
14	Губиниха	4,2	3,8	4,1	4,3	4,0	3,9	4,0	3,7	3,7	3,2	3,8	2,6	3,5	2,4	3,7	2,5	3,8	2,7	3,8	3	3,9	3,3	4,1	3,6	3,9	3,3		
	Всього	4,1	3,9	4,1	4,2	4,0	3,9	3,9	3,8	3,7	3,3	3,8	2,9	3,4	2,8	3,7	2,7	3,7	2,9	3,7	3,2	3,9	3,6	4,1	3,8	3,8	3,4		

Таблиця 4.9 – Порівняння середньомісячних швидкостей вітру  $V_M$  за базовий період (I – 1986-2005 рр.) по А2 з фактичними швидкостями вітру  $V_{KH}$  по кліматичної нормі за 1960-1990 рр. для 5-ти регіонів України

№ ст.	Станція	Місяць																									
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		Рік	
		$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$	$V_M$	$V_{KH}$
		Західна частина України (W.U.)																									
7	Броди	4,5	2,7	4,3	2,8	4,2	2,8	3,7	2,6	3,3	2,2	3,5	2	3,4	1,8	3,2	1,6	3,6	1,8	3,6	2,3	4,3	2,8	4,5	2,4	2,9	2,3
8	Сарни	3,9	3,4	3,7	3,4	3,8	3,3	3,3	3	3,1	2,6	3,2	2,4	3,2	2,3	3	2,1	3,3	2,4	3,3	2,7	3,8	3,3	3,9	3,2	3	2,8
10	Тернопіль	4,5	4	4,3	4,1	4,2	4	3,8	3,6	3,3	3	3,5	2,8	3,3	2,7	3,2	2,5	3,5	2,9	3,5	3,3	4,2	4,1	4,6	4	3,5	3,4
20	Ужгород	3	2,2	3,1	2,5	3,1	2,8	2,8	3,1	2,6	2,7	2,6	2,4	2,5	2,3	2,5	2,1	2,6	2,3	2,7	2,3	2,8	2,5	3	2,3	2,5	2,5
21	Чернівці	4	4	3	4,2	4	4,1	3	4	3	3,6	3	3,4	3	3,3	3	3,1	3	3,1	3	3,4	3	3,8	4	3,7	3,3	3,6
	Всього	4	3,3	3,7	3,4	3,8	3,4	3,3	3,3	3,1	2,8	3,2	2,6	3,1	2,5	3	2,3	3,2	2,5	3,2	2,8	3,6	3,3	4	3,1	3	2,9
		Південна частина України (S.U.)																									
5	Миколаїв	3,7	4,1	3,8	4,2	3,9	4,1	3,7	3,9	3,5	3,6	3,4	3,3	3,4	3,1	3,3	3,1	3,5	3,1	3,3	3,2	3,4	3,8	3,7	3,9	3,4	3,6
6	Ізмаїл	3,7	4	3,8	4,4	3,8	4,3	3,6	4,3	3,5	3,8	3,4	3,5	3,3	3,2	3,2	2,9	3,2	2,9	3,2	3	3,4	3,3	3,7	3,6	3,3	3,6
17	Сарата	4	3,2	4	3,3	4,1	3,2	3,7	3	3,6	2,7	3,5	2,6	3,5	2,6	3,4	2,5	3,6	2,3	3,6	2,4	3,8	2,7	4	2,8	3,1	2,8
18	Мелітополь	4	2,9	4	3,2	4	2,9	4	2,6	3	2,4	3	2,1	3	2	3	2,1	3	2,1	3	2,2	3	2,4	4	2,5	2,7	2,5
19	Джанкой	4,2	3,2	4,2	3,4	4,1	3,3	3,9	3,1	3,6	2,8	3,6	2,5	3,5	2,4	3,5	2,3	3,7	2,3	3,7	2,4	3,8	2,8	4,1	2,9	3,1	2,8
	Всього	3,9	3,5	4	3,7	4	3,6	3,8	3,4	3,4	3,1	3,4	2,8	3,3	2,7	3,3	2,6	3,4	2,5	3,4	2,6	3,5	3	3,9	3,1	3,1	3,1
		Північна частина України (N.U.)																									
1	Житомир	4,1	4,7	3,9	4,8	4	4,7	3,5	4,3	3,2	3,7	3,3	3,4	3,2	3,3	3,1	3,2	3,3	3,6	3,4	4	3,9	4,8	4,1	4,7	3,7	4,1
3	Суми	3,9	4,4	3,9	4,6	3,9	4,3	3,5	4,1	3,2	3,5	3,1	3,3	3,1	3,1	3	3,1	3,3	3,3	3,4	3,9	3,7	4,4	4	4,5	3,6	3,9
9	Щорс	4	3,1	4	3,2	4	2,9	3	2,8	3	2,4	3	2,2	3	2,1	3	2	3	2,3	3	2,5	3	3	4	3,1	2,8	2,6
22	Миронівка	3,9	3,7	3,8	3,7	3,9	3,7	3,5	3,5	3,2	2,8	3,2	2,5	3,1	2,5	3	2,4	3,2	2,7	3,3	3	3,7	3,6	4	3,6	3,2	3,1
	Всього	4	4	3,9	4,1	3,9	3,9	3,4	3,7	3,2	3,1	3,1	2,9	3,1	2,8	3	2,7	3,2	3	3,2	3,4	3,6	4	4	4	3,3	3,4
		Східна частина України (E.U.)																									
13	Харків	4	4,5	3,9	4,8	3,9	4,6	3,5	4,4	3,3	3,8	3,1	3,4	3,1	3,3	3,1	3,2	3,4	3,4	3,4	3,8	3,7	4,2	4	4,4	3,6	4
15	Донецьк	3,7	5,7	3,6	6,4	3,6	5,6	3,2	5,2	3,1	4,4	2,9	3,6	2,8	3,5	3	3,7	3,2	4	3,2	4,6	3,4	5,2	3,7	5,4	3,8	4,8
16	Луганськ	4,3	3,3	4,3	3,8	4,1	3,5	3,7	3,2	3,6	2,8	3,4	2,1	3,3	2	3,4	2,1	3,6	2,3	3,6	2,7	3,9	3,1	4,3	3,1	3,1	2,8
	Всього	4	4,5	3,9	5	3,9	4,6	3,5	4,3	3,3	3,7	3,1	3	3,1	2,9	3,1	3	3,4	3,2	3,4	3,7	3,7	4,2	4	4,3	3,5	3,9
		Центральна частина України (C.U.)																									
2	Вінниця	3,8	3,7	3,7	3,9	3,9	3,7	3,4	3,6	3,1	3	3,2	2,7	3,1	2,8	3	2,6	3,2	2,8	3,2	3,2	3,7	3,7	4	3,7	3,2	3,3
4	Кіровоград	4,3	4,5	4,2	4,8	4,2	4,6	3,8	4,4	3,5	3,9	3,4	3,5	3,3	3,4	3,3	3,5	3,6	3,6	3,6	3,8	3,9	4,2	4,3	4,4	3,7	4,1
11	Умань	4	2,8	3,9	3	4	2,9	3,6	2,9	3,3	2,5	3,3	2,4	3,2	2,3	3,1	2,1	3,4	2,2	3,4	2,4	3,8	2,6	4,1	2,7	2,9	2,6
12	Полтава	4	4,6	4	5	4	4,5	4	4,2	3	3,7	3	3,2	3	3,1	3	3	4	3,2	4	3,7	4	4,3	4	4,4	3,6	3,9
14	Губиниха	4	3,8	4	4,3	3,9	3,9	3,6	3,7	3,4	3,2	3,2	2,6	3,1	2,4	3,2	2,5	3,5	2,7	3,4	3	3,7	3,3	4	3,6	3,2	3,3
	Всього	4	3,9	4	4,2	4	3,9	3,7	3,8	3,3	3,3	3,2	2,9	3,1	2,8	3,1	2,7	3,5	2,9	3,5	3,2	3,8	3,6	4,1	3,8	3,4	3,4



Таблиця 4.11 – Різниця швидкостей вітру ( $V_M$ ) за базовий період 1986-2005 рр. по A2 зі швидкостями  $V_{KH}$  по кліматичної нормі  $\Delta \bar{V} = \bar{V}_M - \bar{V}_{KH}$

№ ст.	Станція	Місяць, сценарій А2, 1986-2005 рр.												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
		Західна частина України (W.U.)												
7	Броди	1,78	1,48	1,38	1,12	1,13	1,50	1,57	1,63	1,77	1,27	1,47	2,14	1,52
8	Сарни	0,47	0,31	0,47	0,32	0,47	0,82	0,87	0,87	0,85	0,56	0,46	0,73	0,60
10	Тернопіль	0,47	0,16	0,18	0,17	0,33	0,70	0,61	0,66	0,60	0,22	0,12	0,56	0,40
20	Ужгород	0,78	0,55	0,30	-0,26	-0,06	0,22	0,18	0,36	0,34	0,39	0,31	0,74	0,32
21	Чернівці	0,00	-1,20	-0,10	-1,00	-0,60	-0,40	-0,30	-0,10	-0,10	-0,40	-0,80	0,30	-0,39
	Всього	0,70	0,26	0,45	0,07	0,25	0,57	0,59	0,68	0,69	0,41	0,31	0,89	0,49
		Південна частина України (S.U.)												
5	Миколаїв	-0,37	-0,36	-0,18	-0,23	-0,05	0,13	0,25	0,21	0,39	0,14	-0,36	-0,22	-0,05
6	Ізмаїл	-0,31	-0,59	-0,46	-0,69	-0,32	-0,07	0,11	0,33	0,34	0,19	0,11	0,12	-0,10
17	Сарата	0,81	0,69	0,87	0,72	0,89	0,91	0,86	0,95	1,25	1,24	1,15	1,24	0,96
18	Мелітопол ь	1,10	0,80	1,10	1,40	0,60	0,90	1,00	0,90	0,90	0,80	0,60	1,50	0,97
19	Джанкой	1,01	0,81	0,78	0,77	0,81	1,15	1,05	1,19	1,40	1,26	1,02	1,23	1,04
	Всього	0,45	0,27	0,42	0,39	0,39	0,60	0,66	0,72	0,86	0,73	0,50	0,77	0,56
		Північна частина України (N.U.)												
1	Житомир	-0,64	-0,89	-0,75	-0,80	-0,50	-0,11	-0,06	-0,15	-0,26	-0,63	-0,92	-0,56	-0,52
3	Суми	-0,48	-0,70	-0,38	-0,60	-0,26	-0,21	-0,01	-0,10	0,02	-0,55	-0,72	-0,49	-0,37
9	Щорс	0,90	0,80	1,10	0,20	0,60	0,80	0,90	1,00	0,70	0,50	0,00	0,90	0,70
22	Миронівка	0,18	0,07	0,17	-0,04	0,41	0,65	0,59	0,60	0,55	0,27	0,06	0,40	0,33
	Всього	-0,01	-0,18	0,03	-0,31	0,06	0,28	0,36	0,34	0,25	-0,10	-0,40	0,06	0,56
		Східна частина України (E.U.)												
13	Харків	-0,50	-0,86	-0,71	-0,88	-0,48	-0,34	-0,24	-0,13	-0,04	-0,44	-0,53	-0,42	-0,47
15	Донецьк	-2,04	-2,77	-2,03	-1,95	-1,31	-0,72	-0,67	-0,73	-0,82	-1,43	-1,80	-1,72	-1,50
16	Луганськ	0,99	0,47	0,59	0,53	0,79	1,28	1,32	1,28	1,31	0,91	0,80	1,18	0,96
	Всього	-0,52	-1,06	-0,72	-0,77	-0,33	0,07	0,14	0,14	0,15	-0,32	-0,51	-0,32	-0,34
		Центральна частина України (C.U.)												
2	Вінниця	0,12	-0,16	0,16	-0,18	0,14	0,49	0,28	0,36	0,41	0,03	-0,01	0,26	0,16
4	Кіровоград	-0,21	-0,60	-0,36	-0,61	-0,37	-0,13	-0,11	-0,22	-0,02	-0,20	-0,29	-0,08	-0,27
11	Умань	1,17	0,89	1,13	0,69	0,82	0,87	0,86	1,02	1,17	1,02	1,15	1,38	1,01
12	Полтава	-0,60	-1,00	-0,50	-0,20	-0,70	-0,20	-0,10	0,00	0,80	0,30	-0,30	-0,40	-0,24
14	Губиниха	0,20	-0,32	0,05	-0,13	0,18	0,55	0,70	0,70	0,79	0,43	0,41	0,38	0,33
	Всього	0,14	-0,24	0,09	-0,09	0,01	0,32	0,33	0,37	0,63	0,32	0,19	0,31	0,20



Зменшення швидкості вітру відбувається і на прилеглих до східному регіону областях, а саме: в Харківській, Полтавській, Сумській, Кіровоградській областях і в Дніпропетровській і Запорізькій області. Таким чином, якщо вірити вітровим даними отриманими з урахуванням сценаріїв А1В і А2, можна констатувати різке зменшення швидкості вітру в східних регіонах України, в яких раніше спостерігалися високі середньорічні швидкості більше ніж 4 м/с.

Вкрай цікавими є, так само, результати порівняння швидкості вітру, який був осереднений за базовий модульований період, зі швидкостями вітру по кліматичної нормі. Річний хід різниць  $\Delta \bar{V} = \bar{V}_M - \bar{V}_{KH}$  середньомісячних швидкостей вітру  $V_M$  і швидкостей кліматичної норми  $V_{KH}$  показано на рисунку 4.11 а,б.

Незалежно від сценарію виявляються такі закономірності:

а) швидкості вітру збільшуються в середньому на 0,5 м/с у всіх регіонах України щодо «кліматичної норми», крім Східного регіону;

б) у східному регіоні, швидкість вітру різко зменшується на 1,0-1,5 м/с особливо взимку, а влітку приблизно відповідає значенням норми за 1961-1990 рр;

в) найбільш помітне збільшення швидкості на 0,5-1,0 м/с, на протязі всього року, прогнозується в південному регіоні (лінія з хрестовидними маркерами);

Зменшення швидкості вітру відбувається і на прилеглих до східному регіону областях, а саме: в Харківській, Полтавській, Сумській, Кіровоградській областях і в Дніпропетровській і Запорізькій області. Таким чином, якщо вірити вітровим даними отриманими з урахуванням сценаріїв А1В і А2, можна констатувати різке зменшення швидкості вітру в східних регіонах України, в яких раніше спостерігалися високі середньорічні швидкості більше ніж 4 м/с.

Вкрай цікавими є, так само, результати порівняння швидкості вітру, який був осереднений за базовий модульований період, зі швидкостями вітру по кліматичної нормі. Річний хід різниць  $\Delta \bar{V} = \bar{V}_M - \bar{V}_{KH}$  середньомісячних швидкостей вітру  $V_M$  і швидкостей кліматичної норми  $V_{KH}$  показано на рисунку 4.11 а,б.

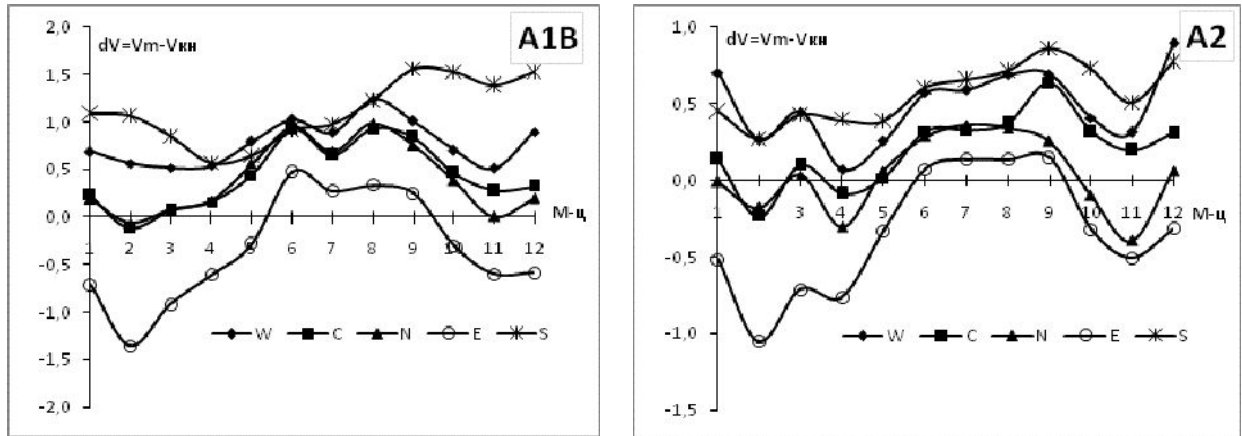


Рисунок 4.11 – Річний хід різниці між середньомісячними модельними значеннями швидкості  $V_M$  за базовий період 1986-2005 рр. з швидкостями кліматичної норми  $V_{KH}$ ,  $\Delta V = \bar{V}_M - \bar{V}_{KH}$ .

Незалежно від сценарію виявляються такі закономірності:

а) швидкості вітру збільшуються в середньому на 0,5 м/с у всіх регіонах України щодо «кліматичної норми», крім Східного регіону;

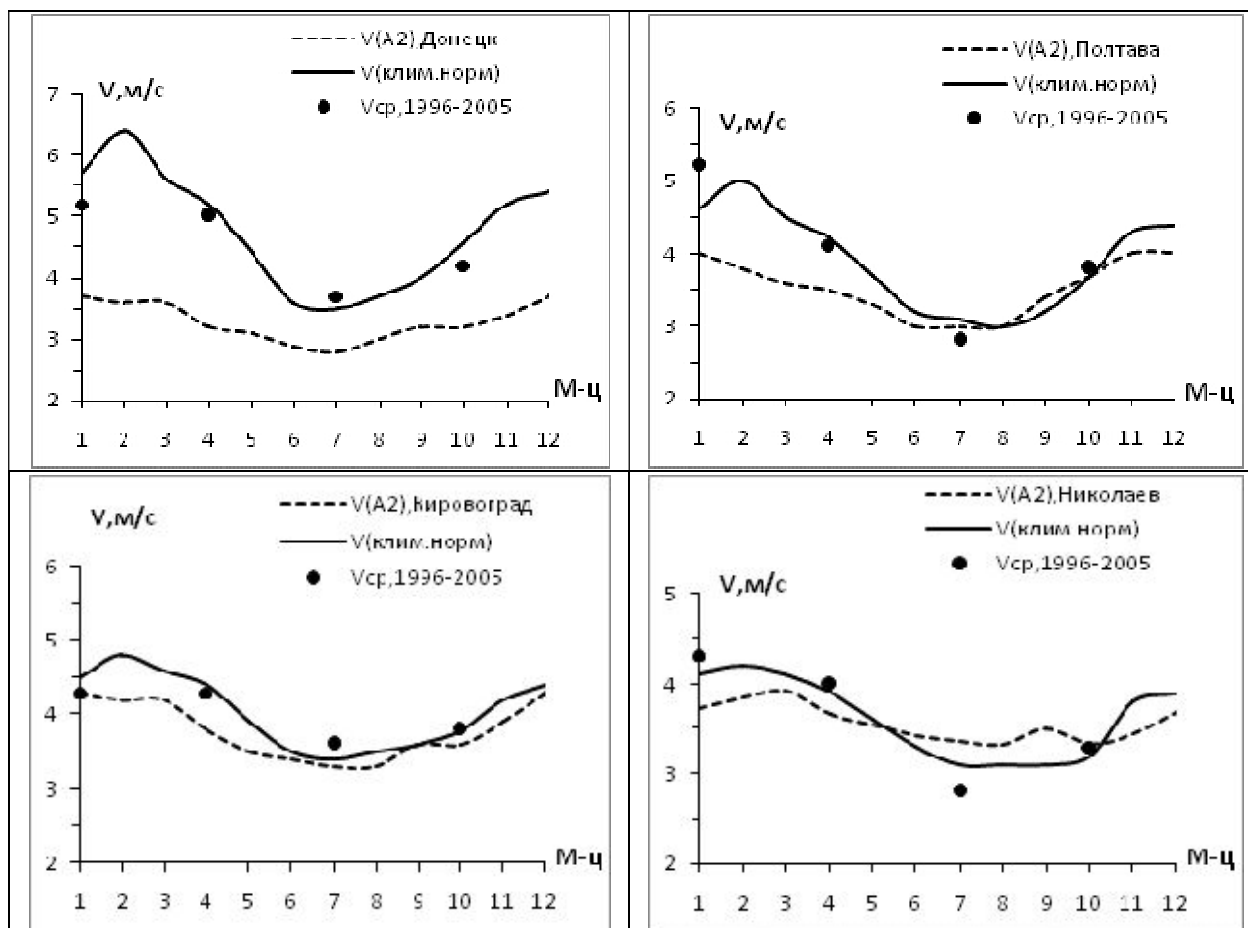
б) у східному регіоні, швидкість вітру різко зменшується на 1,0-1,5 м/с особливо взимку, а влітку приблизно відповідає значенням норми за 1961-1990 рр;

в) найбільш помітне збільшення швидкості на 0,5-1,0 м/с, на протязі всього року, прогнозується в південному регіоні (лінія з хрестовидними маркерами);

г) відмінність між сценаріями, полягає тільки в тому, що величина різниці менша для сценарію A2, ніж для A1B, тобто  $\Delta \bar{V}_{A2} < \Delta \bar{V}_{A1B}$ ;

Сімейство ліній на рис. 4.11 а,б показує зменшення в холодний період року прогнозованих швидкостей вітру, відносно кліматичної норми, та збільшення швидкостей в теплий період року (6, 7, 8, 9 місяці), що, очевидно, призведе до згладжування річного ходу швидкості вітру.

Приклад згладжування річного ходу швидкості вітру при моделюванні за базовий період режиму вітру в Донецьку, Полтаві, Кіровограді та Миколаєві показано на рис. 4.12 та в додатку Б до звіту.



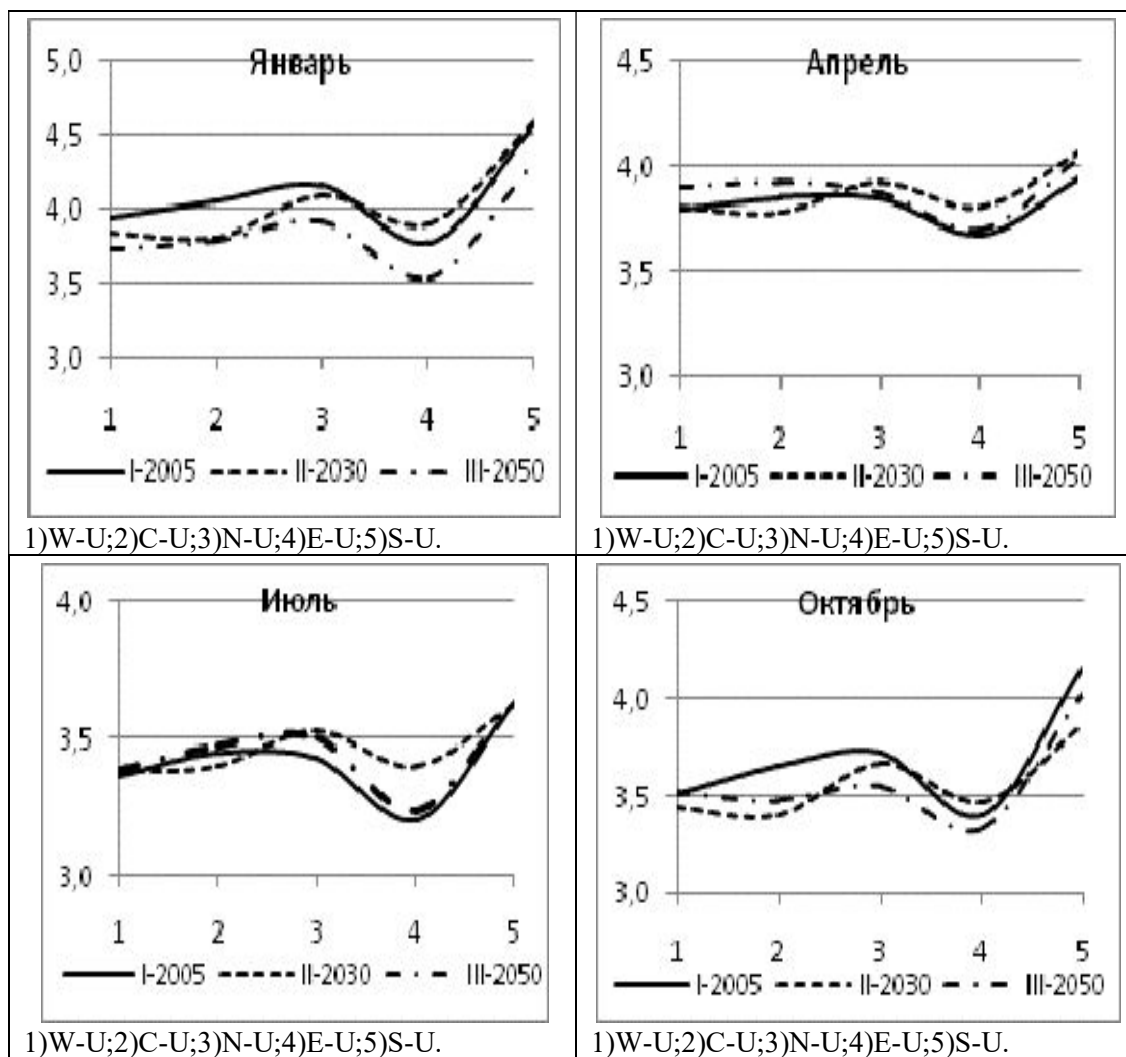
чорні маркери – фактична швидкість приземного вітру  
в центральні місяці сезонів за 1996-2005 рр.

Рисунок 4.12 – Зміна річного ходу швидкості вітру при моделюванні поля вітру за період 1986-2005 рр. за сценарієм А2.

Аналогічне згладжування річного ходу швидкості вітру присутній і на інших метеостанціях. На рисунку 4.12 проставлені так само значення швидкості фактичного вітру, розрахованого для періоду 1996-2005 рр. за даними декількох метеостанцій. Виявляється, що фактичні швидкості ближче до кліматичної норми, ніж до результатів вітрового режиму отриманим за сценарієм А2.

Проаналізуємо далі результати змін режиму вітру в другому (2010-2030 рр.) і третьому (2031-2050 рр.) прогнозованому періоді.

Аналіз змін модельованих швидкостей вітру ( $V_M$ , м/с) усереднених у кожному регіоні України, проведемо за допомогою візуалізації табличних даних (табл. 4.10 і 4.11) на рисунках 4.13 і 4.14.



1 – західний регіон WU; 2 – центральний регіон C-U;  
 3 – північний регіон N-U; 4 – східний регіон E-U;  
 5 – південний регіон S-U

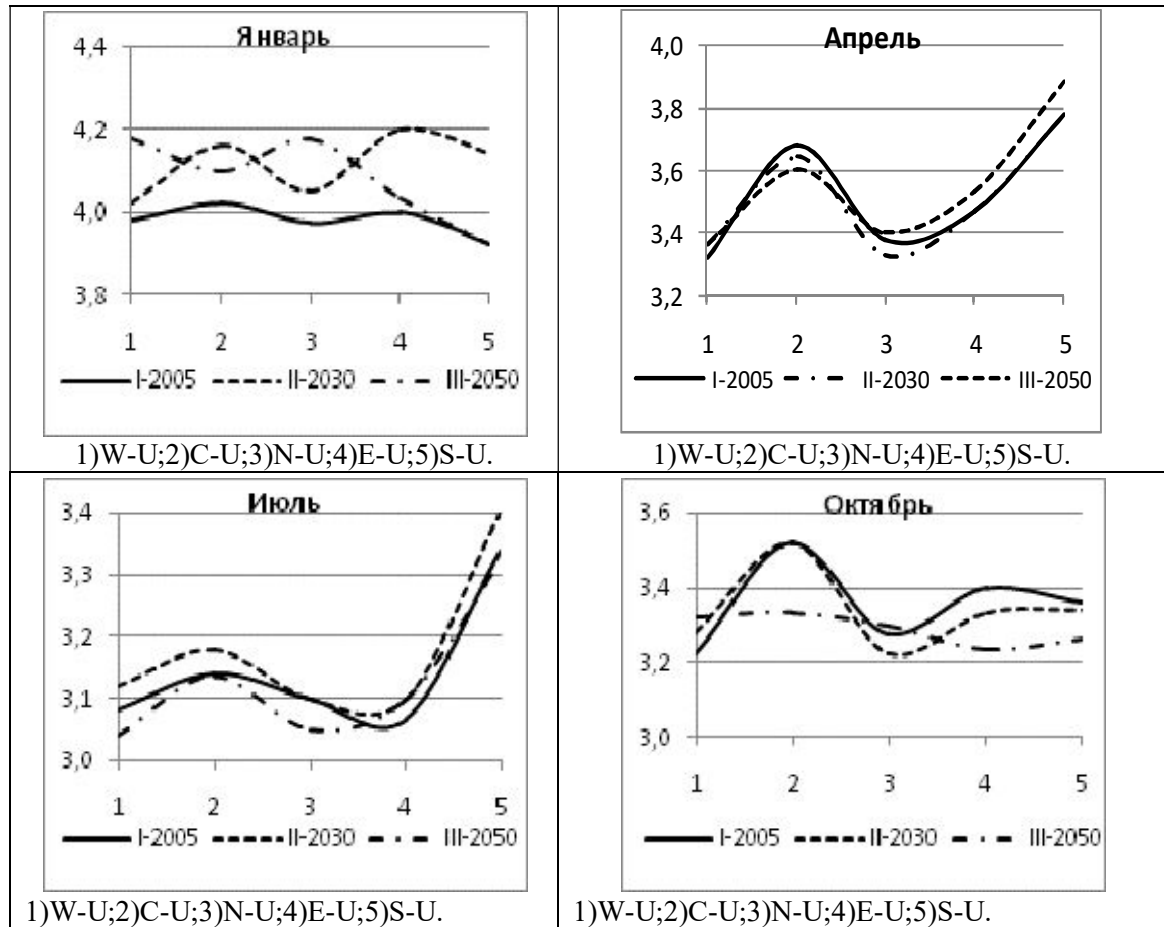
Рисунок 4.13 – Середньомісячні швидкості вітру  $V_M$  за центральні місяці сезонів для періодів (I – 1986-2005), (II – 2010-2030), (III – 2031-2050) за сценаріями A1B.

#### Сценарій A1B (рис.4.13).

Для всіх сезонів проявляється одна закономірність: у 3-х регіонах західному (1), центральному (2) і північному (3) спостерігаються приблизно рівні швидкості вітру. Фон швидкостей становить у січні 4,0 м/с, у квітні 3,8 м/с, у липні 3,5 м/с і в жовтні 3,6 м/с. Найменша швидкість вітру зазначається у східному регіоні (четвертий регіон), а найбільша, у другому періоді (2010-2030 рр.) південного регіона. У січні вона дорівнює 4,5 м/с, у квітні 4,0 м/с, у липні 3,6 м/с, а в жовтні 4,2 м/с.

Характер просторової мінливості швидкості вітру зберігається, від регіону до регіону, для всіх розглянутих періодів. Зберігається як амплітуда,

так і фаза коливань, тобто вітровий режим, середини ХХІ століття (2031-2050 рр.) є подібним режиму вітру за базовий період.



1 – західний регіон WU; 2 – центральний регіон C-U;  
3 – північний регіон N-U; 4-східний регіон E-U;  
5 – південний регіон S-U

Рисунок 4.14 – Середньомісячні швидкості вітру  $V_M$  за центральні місяці сезонів для періодів (I – 1986-2005), (II – 2010-2030), (III – 2031-2050) за сценаріями A2.

#### Сценарій A2 (рис. 4.14).

Моделі МЗЦА, які використовувалися у сценарії A2, прогнозують іншу картину мінливості вітрового режиму.

У квітні і в липні на всій території України, зберігається один і той же тип просторової мінливості, для всіх періодів, тобто збільшення швидкості вітру в центральному та південному регіоні і його зменшення в північному регіоні.

Річні зміни швидкості вітру згідно сценарію A2 відрізняються від режимів вітру за сценарієм A1B. Наприклад, у кожному з розглянутих періодів швидкість вітру, незалежно від регіону, значно змінюється як за

амплітудою, так і по фазі коливань. Наприклад, в центральному регіоні в жовтні, згідно А2, відбувається збільшення швидкості в першому і в другому періоді, тоді як сценарій А1В не прогнозує подібних коливань. У квітні та липні простежується значне зростання швидкості в південному регіоні, хоча незрозуміло які синоптичні процеси можуть викликати річний в липні максимуми швидкості вітру.

Продовжимо аналіз часових змін середньорічних швидкостей вітру представлених в таблицях 4.12 - 4.18. У табл. 4.12 показано середньорічні швидкості вітру для 22-х метеостанцій України, для трьох періодів 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. та відмінності швидкостей вітру між сценаріями  $\Delta V = (\bar{V}_{A2} - \bar{V}_{A1B})$ , м/с.

Таблиця 4.12 – Середньорічні швидкості вітру за сценаріями А1В і А2, для періодів 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. і різниця швидкостей між сценаріями  $\Delta V = (\bar{V}_{A2} - \bar{V}_{A1B})$ , м/с

№ п/п	Станція	Період, сценарій								
		1986-2005			2011-2030			2031-2050		
		A1B	A2	A2-A1	A1B	A2	A2-A1	A1B	A2	A2-A1
1	Житомир	4	3,6	-0,4	4	3,6	-0,4	4	3,6	-0,4
2	Вінниця	3,7	3,4	-0,3	3,7	3,4	-0,3	3,6	3,5	-0,1
3	Суми	3,9	3,5	-0,4	3,9	3,5	-0,4	3,8	3,5	-0,3
4	Кіровоград	4	3,8	-0,2	4	3,7	-0,3	4	3,8	-0,2
5	Миколаїв	4,1	3,6	-0,5	4,2	3,5	-0,7	4,1	3,6	-0,5
6	Ізмаїл	4,2	3,5	-0,7	4,2	3,4	-0,8	4,2	3,5	-0,7
7	Броди	4,2	3,8	-0,4	4	3,9	-0,1	4,1	3,9	-0,2
8	Сарни	3,9	3,4	-0,5	3,8	3,5	-0,3	3,8	3,5	-0,3
9	Щорс	3,7	3,3	-0,4	3,9	3,3	-0,6	3,6	3,3	-0,3
10	Тернопіль	4,2	3,8	-0,4	4	3,8	-0,2	4,1	3,9	-0,2
11	Умань	3,8	3,6	-0,2	3,8	3,5	-0,3	3,8	3,6	-0,2
12	Полтава	3,8	3,7	-0,1	3,7	3,6	-0,1	3,8	3,7	-0,1
13	Харків	3,6	3,5	-0,1	3,7	3,5	-0,2	3,5	3,5	0
14	Губиниха	3,9	3,6	-0,3	3,6	3,6	0	3,8	3,6	-0,2
15	Донецьк	3,3	3,3	0	3,5	3,3	-0,2	3,2	3,3	0,1
16	Луганськ	3,7	3,8	0,1	3,9	3,8	-0,1	3,7	3,8	0,1
17	Сарата	4,1	3,7	-0,4	4,2	3,7	-0,5	4,1	3,7	-0,4
18	Мелітополь	4	3,4	-0,6	4	3,5	-0,5	4	3,6	-0,4
19	Джанкой	4,3	3,8	-0,5	4,3	3,8	-0,5	4,3	3,8	-0,5
20	Ужгород	2,9	2,8	-0,1	2,9	2,8	-0,1	2,9	2,8	-0,1
21	Чернівці	3,5	3,3	-0,2	3,4	3,2	-0,2	3,4	3,2	-0,2
22	Миронівка	3,8	3,5	-0,3	3,8	3,4	-0,4	3,8	3,5	-0,3
Уср и (A2-A1)		3,85	3,53	-0,31	3,84	3,51	-0,33	3,8	3,55	-0,25
(A2-A1) в %				-8,9%			-9,3%			-6,9%

З наведених даних випливає, що значення розрахункових швидкостей вітру за сценарієм А2 менше значень швидкості вітру за сценарієм А1В в середньому на 0,3 м/с, що відповідає зменшенню швидкості вітру на 7-10 % (нижній рядок таблиці 4.13).

Сценарій А2 прогнозує зменшення швидкості для всієї території України, на всіх 22-х метеостанціях.

З табл. 4.13 так само видно, що середньорічні швидкості для другого (ІІ – 2011-2030 рр.) та третього періоду (ІІІ – 2031-2050 рр.), прогнозовані моделями МЗЦА в рамках кожного сценарію А1В або А2, практично мало відрізняються від значень швидкості вітру для базового періоду І – 1986-2005 рр. Відсутність значущих змін середньої швидкості вітру від періоду до періоду свідчить, про відсутність яскраво виражених трендів зростання або зменшення швидкості вітру до середини 21 століття.

Таблиця 4.13 – Різниця середньорічних швидкостей вітру, яка розрахована за сценаріями А1В і А2, між періодами (І – 1986-2005 рр.), (ІІ – 2011-2030 рр.), (ІІІ – 2031-2050 рр.)

№ п/п	Станція	1	2	3	3
		А1(ІІ)–А1(І)	А2(ІІ)–А2(І)	А1(ІІІ)–А1(І)	А2(ІІІ)–А2(І)
1	Житомир	0	0	0	0
2	Вінниця	0	0	-0,1	0,1
3	Суми	0	0	-0,1	0
4	Кіровоград	0	-0,1	0	0
5	Миколаїв	0,1	-0,1	0	0
6	Ізмаїл	0	-0,1	0	0
7	Броди	-0,2	0,1	-0,1	0,1
8	Сарни	-0,1	0,1	-0,1	0,1
9	Щорс	0,2	0	-0,1	0
10	Тернопіль	-0,2	0	-0,1	0,1
11	Умань	0	-0,1	0	0
12	Полтава	-0,1	-0,1	0	0
13	Харків	0,1	0	-0,1	0
14	Губиниха	-0,3	0	-0,1	0
15	Донецьк	0,2	0	-0,1	0
16	Луганськ	0,2	0	0	0
17	Сарата	0,1	0	0	0
18	Мелітополь	0	0,1	0	0,2
19	Джанкой	0	0	0	0
20	Ужгород	0	0	0	0
21	Чернівці	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
22	Миронівка	0	-0,1	0	0
Середнє по станціях		-0,005	-0,018	-0,045	0,023

В середньому по всіх станціях, відмінності не перевищує 4 %, тобто кожен, з використовуваних сценаріїв, не прогнозує в майбутньому будь-яких істотних змін циркуляційних процесів на території України.

Однак, звернемо увагу на особливості прогнозованих змін швидкості вітру за сценаріями A1B і A2. Так, наприклад, по A1B, швидкість вітру зменшиться до середини XXI століття (II – 2031-2050 рр.) приблизно на 5 %, тоді як по A2 швидкість зменшується на 2 % у другому періоді (II – 2011-2030 рр.) і, далі, в третьому періоді (III – 2031-2050 рр.), знов збільшиться на 2 %.

У таблиці 4.14 представлені розрахункові середньоквадратичні відхилення для часових рядів середньодобових швидкостей вітру. Різниця в значеннях СКО для часових рядів по A1B і A2 така ж, як і у швидкостях вітру, тобто СКО для сценарію A2 менше, ніж для сценарію A1B приблизно на 8 %.

Таблиця 4.14 – Зміна середньорічної швидкості вітру  $\bar{V}$  м/с і відповідних стандартних відхилення  $\pm\sigma$  для періодів 1986-2005 рр, 2011-2030 рр., 2031-2050 рр., за сценаріями A1B і A2

n /n	Станція	Період, сценарій											
		1986-2005				2010-2030				2031-2050			
		A1B		A2		A1B		A2		A1B		A2	
		$\bar{V}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}$	$\pm\sigma$
1	Житомир	4,0	1,4	3,6	1,3	4,0	1,4	3,6	1,3	4,0	1,4	3,6	1,3
2	Вінниця	3,7	1,3	3,4	1,0	3,7	1,3	3,4	1,0	3,6	1,3	3,5	1,0
3	Суми	3,9	1,3	3,5	1,3	3,9	1,4	3,5	1,3	3,8	1,3	3,5	1,2
4	Кіровоград	4,0	1,4	3,8	1,4	4,0	1,4	3,7	1,4	4,0	1,4	3,8	1,4
5	Миколаїв	4,1	1,5	3,6	1,4	4,2	1,6	3,5	1,4	4,1	1,5	3,6	1,4
6	Ізмаїл	4,2	1,6	3,5	1,3	4,2	1,6	3,4	1,3	4,2	1,6	3,5	1,3
7	Броди	4,2	1,5	3,8	1,4	4,0	1,4	3,9	1,4	4,1	1,5	3,9	1,4
8	Сарни	3,9	1,4	3,4	1,2	3,8	1,3	3,5	1,2	3,8	1,3	3,5	1,2
9	Щорс	3,7	1,3	3,3	1,2	3,9	1,4	3,3	1,2	3,6	1,3	3,3	1,1
10	Тернопіль	4,2	1,5	3,8	1,4	4,0	1,4	3,8	1,4	4,1	1,5	3,9	1,4
11	Умань	3,8	1,3	3,6	1,3	3,8	1,4	3,5	1,3	3,8	1,3	3,6	1,3
12	Полтава	3,8	1,3	3,7	1,4	3,7	1,3	3,6	1,4	3,8	1,3	3,7	1,3
13	Харків	3,6	1,3	3,5	1,3	3,7	1,3	3,5	1,3	3,5	1,2	3,5	1,3
14	Губиниха	3,9	1,4	3,6	1,3	3,6	1,3	3,6	1,3	3,8	1,4	3,6	1,3
15	Донецьк	3,3	1,1	3,3	1,2	3,5	1,2	3,3	1,2	3,2	1,2	3,3	1,2
16	Луганськ	3,7	1,3	3,8	1,4	3,9	1,4	3,8	1,4	3,7	1,3	3,8	1,4
17	Сарата	4,1	1,5	3,7	1,3	4,2	1,5	3,7	1,3	4,1	1,5	3,7	1,3
18	Мелітополь	4,0	1,5	3,4	1,3	4,0	1,5	3,5	1,4	4,0	1,5	3,6	1,3
19	Джанкой	4,3	1,8	3,8	1,5	4,3	1,7	3,8	1,5	4,3	1,7	3,8	1,5
20	Ужгород	2,9	1,0	2,8	0,9	2,9	1,0	2,8	0,9	2,9	1,0	2,8	0,9
21	Чернівці	3,5	1,5	3,3	1,3	3,4	1,5	3,2	1,3	3,4	1,5	3,2	1,3
22	Миронівка	3,8	1,3	3,5	1,2	3,8	1,3	3,4	1,2	3,8	1,3	3,5	1,2
Середнє по ст.		3,8	1,3	3,5	1,2	3,8	1,3	3,5	1,2	3,8	1,3	3,5	1,2
		5	9	3	9	4	9	1	9	0	8	5	9



У таблиці 4.15 показані середньорічні швидкості поривів вітру  $\bar{V}_{\Pi}$ , м/с і відповідних стандартних відхилень  $\pm\sigma$  для періодів 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр., за сценаріями А1В і А2. Різниця у величинах швидкостей поривів вітру між двома сценаріями мінімальна.

Середня швидкість поривів вітру приблизно більша в 3 рази у порівнянні зі швидкістю приземного вітру за сценарієм А1В, і в 3,2 рази за сценарієм А2. Цікаво, що сценарій А2, прогнозує зменшення швидкості вітру на 8 %, при збільшенні швидкості пориву.

Таблиця 4.15 – Зміна середньорічної швидкості поривів вітру,  $\bar{V}_{\Pi}$ , м/с і відповідних їм стандартних відхилень  $\pm\sigma$  для періодів 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр., за сценаріями А1В і А2

№ n/ n	Станція	Період, сценарій											
		1986-2005				2010-2030				2031-2050			
		А1В		А2		А1В		А2		А1В		А2	
		$\bar{V}_{\Pi}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}_{\Pi}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}_{\Pi}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}_{\Pi}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}_{\Pi}$	$\pm\sigma$	$\bar{V}_{\Pi}$	$\pm\sigma$
1	Житомир	11,6	3,5	11,5	3,5	11,6	3,5	11,6	3,6	11,5	3,5	11,5	3,5
2	Вінниця	11,6	3,5	11,5	3,6	11,6	3,5	11,6	3,7	11,5	3,5	11,5	3,5
3	Суми	11,3	3,3	11,1	3,5	11,2	3,4	11,2	3,5	11,1	3,3	11,1	3,4
4	Кіровоград	11,7	3,5	11,6	3,6	11,7	3,6	11,7	3,6	11,6	3,5	11,6	3,6
5	Миколаїв	11,9	3,7	11,9	3,5	12,1	3,7	12,1	3,5	11,9	3,7	11,9	3,5
6	Ізмаїл	11,2	3,5	11,2	3,4	11,3	3,5	11,3	3,4	11,2	3,4	11,2	3,4
7	Броди	11,9	3,6	11,8	3,7	11,9	3,6	11,9	3,7	11,8	3,6	11,8	3,8
8	Сарни	11,3	3,4	11,2	3,5	11,3	3,4	11,3	3,5	11,2	3,4	11,2	3,5
9	Щорс	11,2	3,3	11,0	3,4	11,2	3,4	11,2	3,3	11,0	3,2	11,0	3,3
10	Тернопіль	11,9	3,7	11,8	3,8	11,8	3,7	11,8	3,8	11,8	3,7	11,8	3,9
11	Умань	11,6	3,5	11,5	3,5	11,6	3,5	11,6	3,5	11,5	3,5	11,5	3,5
12	Полтава	11,7	3,5	11,6	3,7	11,7	3,6	11,7	3,7	11,6	3,5	11,6	3,6
13	Харків	11,4	3,4	11,2	3,7	11,3	3,4	11,3	3,7	11,2	3,4	11,2	3,6
14	Губиниха	11,3	3,4	11,2	3,5	11,3	3,5	11,3	3,6	11,2	3,5	11,2	3,5
15	Донецьк	11,6	3,4	11,5	3,5	11,5	3,4	11,5	3,6	11,5	3,5	11,5	3,4
16	Луганськ	11,8	3,6	11,7	3,9	11,8	3,6	11,8	4,0	11,7	3,6	11,7	3,8
17	Сарата	11,8	3,6	11,8	3,3	11,9	3,5	11,9	3,3	11,8	3,5	11,8	3,3
18	Мелітополь	11,6	3,6	11,5	3,4	11,6	3,6	11,6	3,5	11,5	3,7	11,5	3,4
19	Джанкой	11,9	4,0	11,7	3,6	11,9	3,9	11,9	3,7	11,7	3,9	11,7	3,6
20	Ужгород	10,7	3,1	6,8	3,0	10,8	3,1	10,8	3,1	6,8	3,0	6,8	3,1
21	Чернівці	11,0	3,9	10,9	3,9	11,0	4,0	11,0	4,0	10,9	3,9	10,9	4,0
22	Миронівка	11,4	3,4	11,4	3,4	11,4	3,4	11,4	3,5	11,4	3,4	11,4	3,4
Середнє по ст.		11,52	3,52	11,25	3,54	11,52	3,54	11,52	3,58	11,25	3,51	11,25	3,53
(Vпор/V)		3,0	2,5	3,2	2,7	3,0	2,5	3,3	2,8	3,0	2,5	3,2	2,7

Виявлені відмінності вітрових режимів між сценаріями A1B і A2 для окремих регіонів, зрозуміло, пов'язані з різними циркуляційними процесами, які прогножуються моделями МЗЦА для території України. Тому, слід було б доповнити дослідження довготривалих змін вітрового режиму, використовуючи поля атмосферного тиску, які с прогнозовані до середини ХХІ століття.

*Просторові зміни середньорічних швидкостей вітру.*

Перейдемо до аналізу просторових розподілів середньомісячних швидкостей вітру для 3-х прогнозованих періодів. Попередньо розглянемо поля вітру, які відповідають кліматичної нормі (рисунки 4.15 і 4.16).

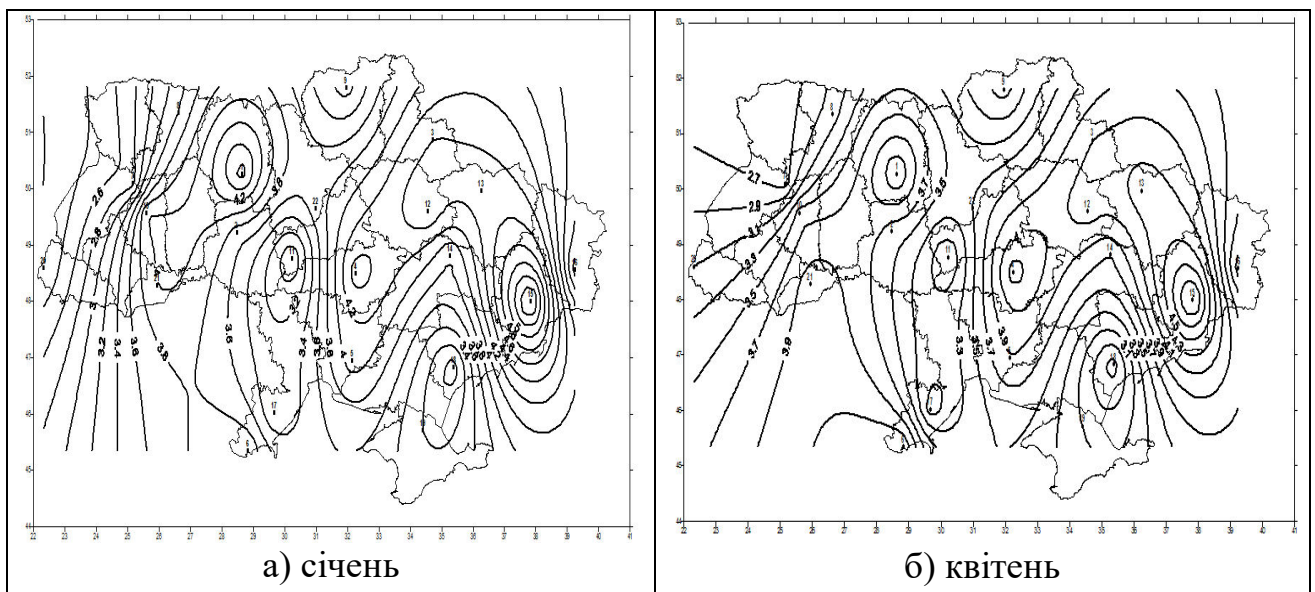


Рисунок 4.15 а, б – Просторовий розподіл середньомісячних швидкостей вітру для січня та квітня, побудований за даними 22-х метеостанцій (кліматична норма 1961-1990 рр.).

Характерні особливості розподілів швидкості вітру (рис. 4.15-4.16), незалежних від сезону, є :

- наявність двох «зон» найбільших швидкостей вітру  $\bar{V} > 4$  м/с в Харківській і Донецькій області та в східних областях північного регіону (Рівненська та Луцька області), та в Житомирській області. Відзначимо, що наявність зон великих швидкостей вітру в районах Донецької, Харківської та Луганської області підтверджується аналогічними швидкостями вітру в прилеглих територіях Російської Федерації;

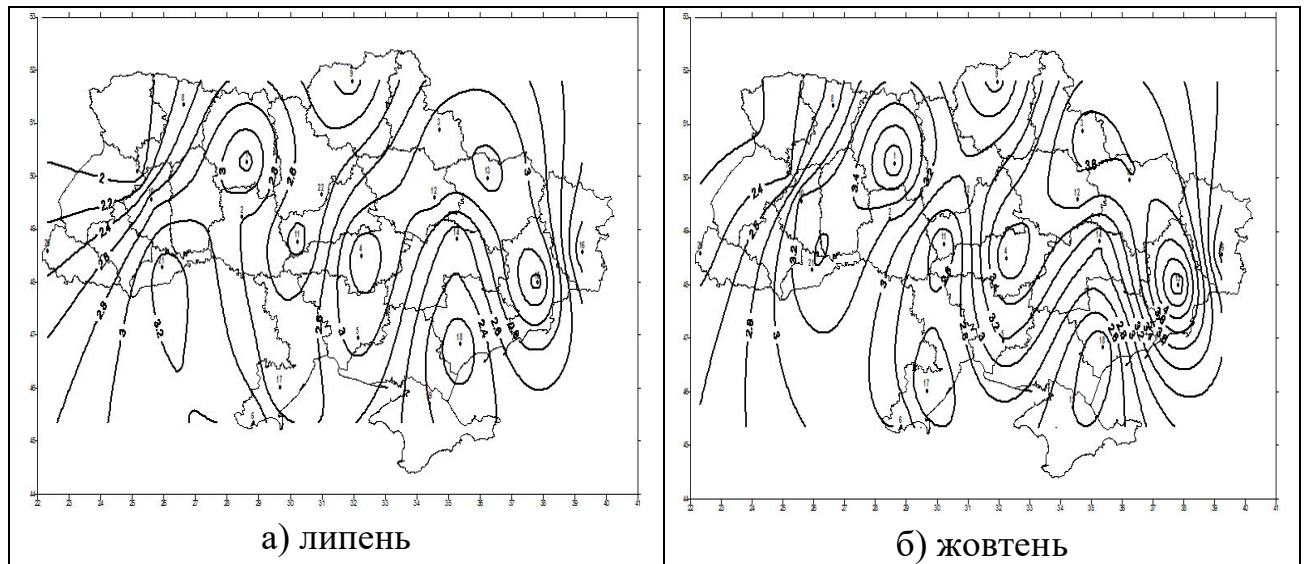


Рисунок 4.16 а,б – Просторовий розподіл середньомісячних швидкостей вітру для липня та жовтня, побудований за даними 22-х метеостанцій (кліматична норма 1961-1990 рр.).

- зони з великими швидкостями вітру, на сході і заході України, розділені улоговиною, шириною в 200-300 км, з середньомісячними швидкостями не більше 2,5-3,0 м/с. Улоговина, у вигляді меридіонально спрямованої смуги, простягається від південного (Одеська область) до північного регіону України (Чернігівська область).

Повернемося до аналізу розподілів середньомісячних швидкостей вітру для 3-х прогнозованих періодів, показаних далі на рисунках 4.17-4.20.

На рисунках показані поля вітру, які осереднені за кожен модельований період: базовий період 1986-2005 рр. та прогнозуємі періоди з 2011 р. по 2030 р. і період з 2031 р. по 2050 р. Ізолінії рівних швидкостей вітру проведені з дискретністю 0,2 м/с, починаючи від ізолінії 2,4 м/с до ізолінії 4,8 м/с.

Основні положення просторового розподілу швидкості вітру для двох сценаріїв можна визначити наступним чином.

Відбувається збільшення швидкості вітру в південному регіоні і північно-східних областях західного регіону. Найбільш помітне збільшення швидкості приблизно на 1 м/с спостерігається в південних областях при реалізації сценарію А1В. Для сценарію А2 збільшення швидкості менш помітне.

Відбувається значне зменшення швидкості вітру в східному регіоні, який за даними діючої кліматичної норми (1961-1990 рр.) є найбільш вітряним регіоном України. Зменшення швидкості в цьому регіоні досягає 2-х м/с.

У північному та центральному регіонах в теплий період року, відбувається посилення вітру на 1м/с для сценарію А1В і на 0,5м/с для сценарію А2.

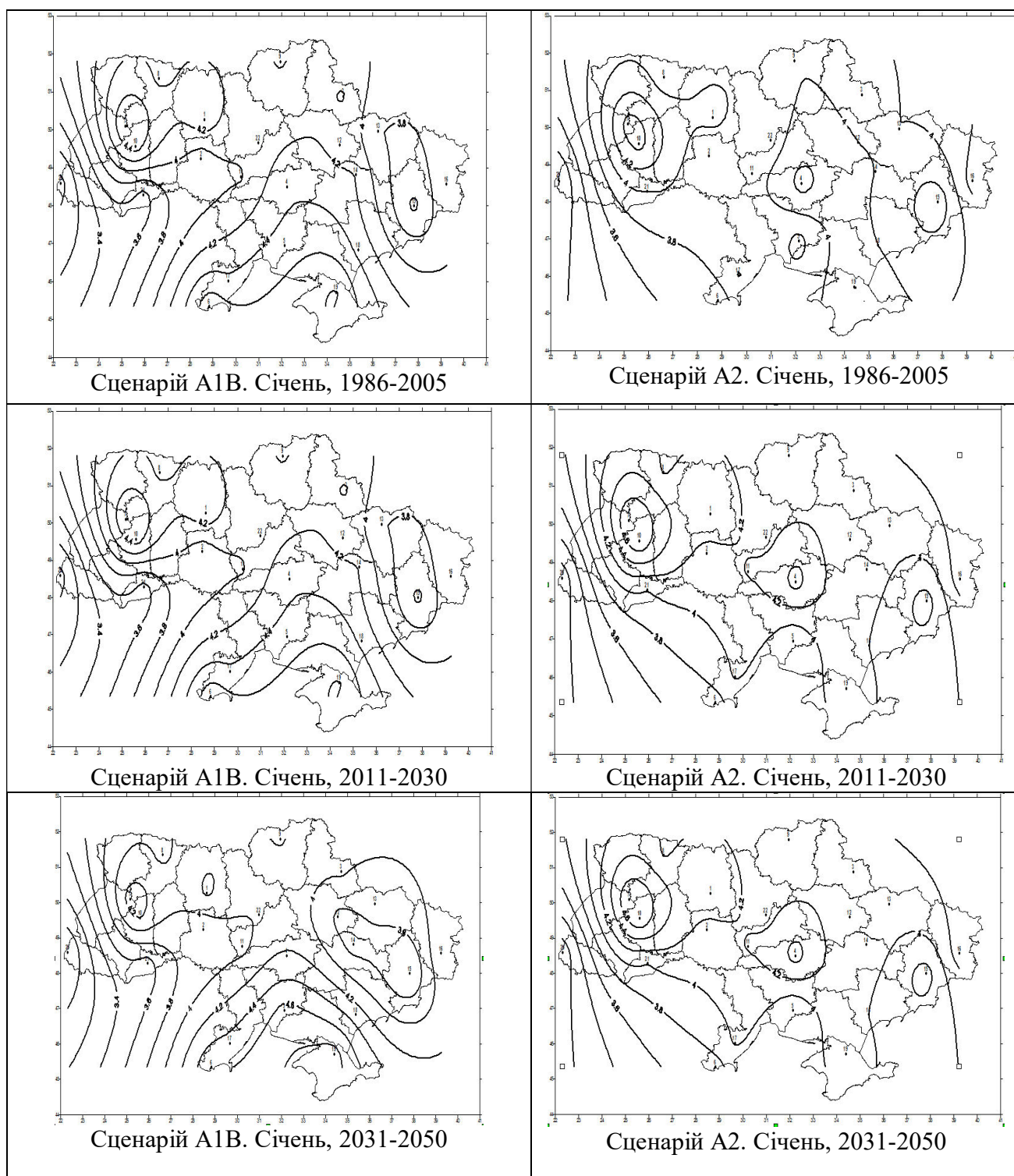


Рисунок 4.17 – Просторовий розподіл середньомісячних швидкостей вітру для періодів 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. за сценаріями А1В і А2.Січень.



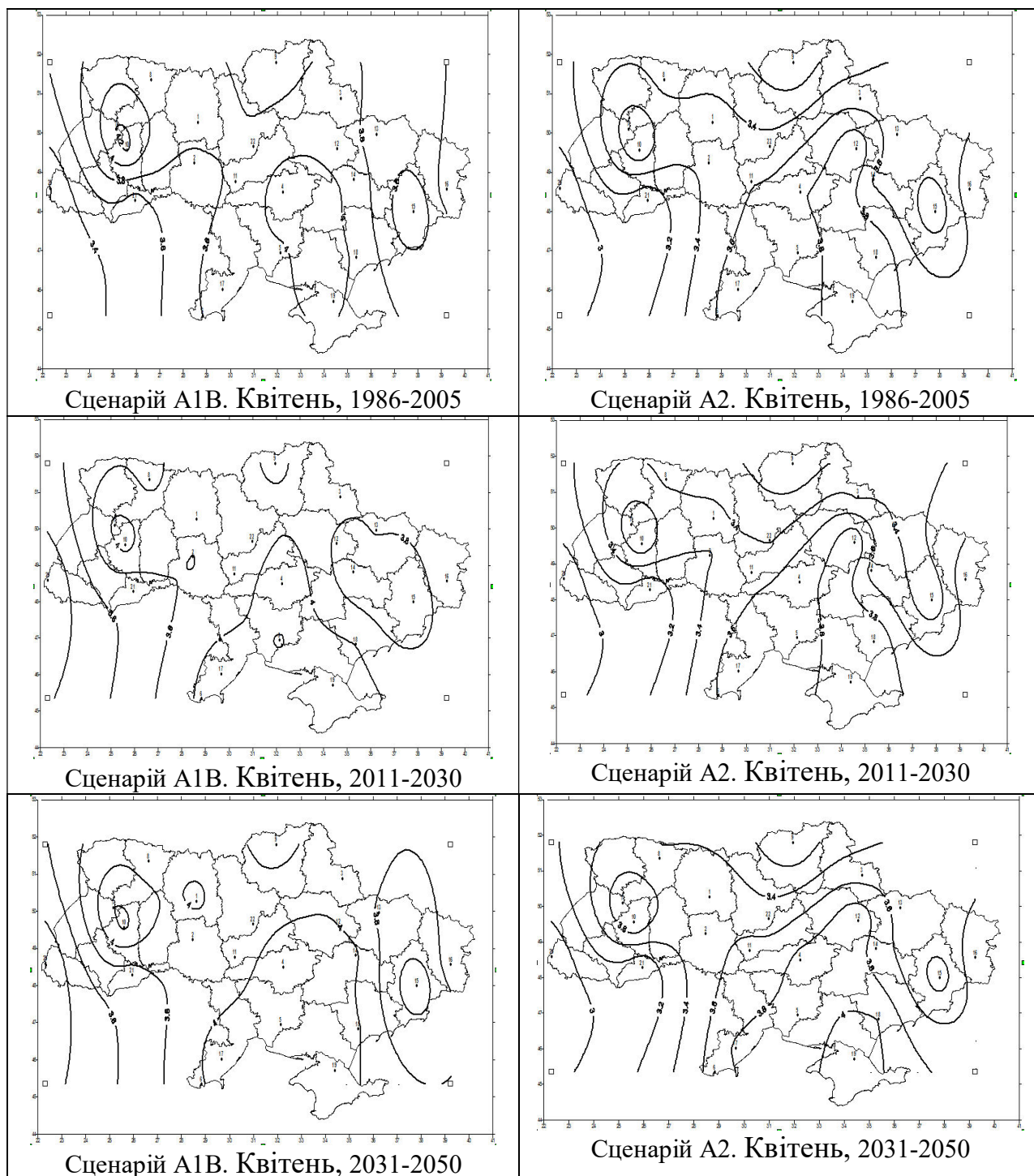


Рисунок 4.18 – Просторовий розподіл середньомісячних швидкостей вітру для періодів 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. за сценаріями А1В і А2. Квітень.

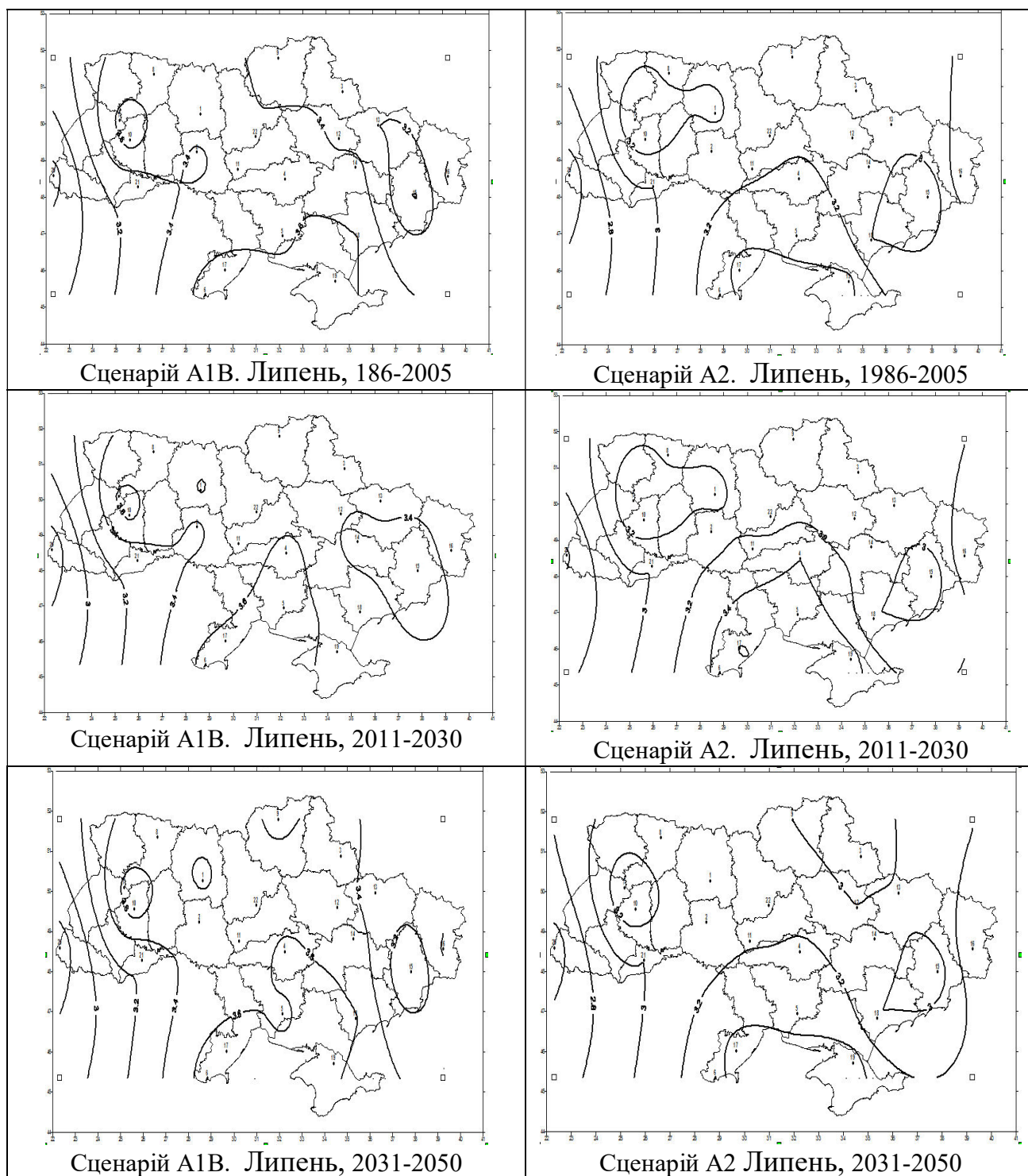


Рисунок 4.19 – Просторовий розподіл середньомісячних швидкостей вітру для періодів 1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. за сценаріями А1В і А2. Липень.



Структура поля вітру на території України буде відповідати наступним положенням:

- Область слабких швидкостей на сході України в Харківській, Луганській та Донецькій області;
- Область великих швидкостей на півдні України (Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська області), яка у вигляді гребеня поширюється в центральні області України;
- Область слабких швидкостей в західних районах України в Львівській, Чернівецькій, Хмельницькій, Закарпатській, Івано-Франківській та Тернопільській області;
- Область збільшеної швидкості вітру в Рівненській, Луцькій та Житомирській області, яка в залежності від сезону року незначно змінює своє положення та масштаби;
- Північні і центральні області в залежності від сезону перебувають під впливом зони максимальних швидкостей півдня України або під впливом зони слабких вітрів;
- Середні багаторічні швидкості вітру по сценарію A1B для території України складають: 3,85; 3,84 і 3,8 м/с, відповідно для трьох періодів;
- Середні багаторічні швидкості вітру по сценарію A2 для території України складають: 3,53; 3,51 і 3,55 м/с, відповідно для трьох періодів.
- Середні багаторічні швидкості вітру для прогнозованих періодів, розраховані для 22-х пунктів за даними значень швидкості вітру в вузлах регулярної сіткової області, яка використовується в моделях МЗЦА, згідно сценаріїв A1B і A2.
- Середня багаторічна швидкість вітру для території України за кліматичний період 1961-1990 рр., яка розрахована за метеорологічними спостереженнями, становить 3,29 м/с [19,21,22].

## Висновки

1. Використовувались наступні вихідні дані: середньодобові швидкості вітру, середньодобові значення складових вектора швидкості і середньодобова швидкість поривів вітру. Масив вихідний даних містить 64240 випадків.

Обробка даних проводилася за допомогою математичного редактора MS Excel. На основі середньодобових даних отримані середньомісячні значення швидкості вітру, складові вектора вітру і поривів вітру, які у подальшому осереднювалися для різних регіонів України за різні періоди. Загальний обсяг розрахунків склав 15 GB.

Кількість обраних пунктів, що характеризують поле вітру на Україні, виявилось недостатнім для його коректного опису. Особливо це стосується опису вітру для східного регіону, який представлений 3-ма станціями.



2. Характерною особливістю просторового розподілу середньомісячних швидкостей за даними кліматичної норми, незалежно від сезону, є:

- наявність двох «зон» найбільших швидкостей вітру в Харківській і Донецькій області та в північних областях західного регіону (Луцької та Рівненської) і в Житомирській області північного регіону;
- зони найбільших швидкостей вітру розділені між собою зоною, відносно слабких швидкостей вітру 2,5-3,0 м/с, шириною в 200-300 км, яка у вигляді меридіональної спрямованої смуги простягається від південного (Одеська область) до північного регіону України (Чернігівська область).

3. Відмінності між швидкостями по кліматичної нормі і швидкостями за сценарієм А2 мають наступні закономірності:

- швидкості вітру збільшуються в середньому на 0,5 м/с у всіх регіонах України відносно «кліматичної норми», крім Східного регіону;
- у східному регіоні, швидкість вітру різко зменшується на 1,0-1,5 м/с особливо взимку і в перехідні сезони, а влітку приблизно відповідає значенням норми 1961-1990 рр.;
- найбільш помітне збільшення швидкості приблизно на 0,5-1,0 м/с, протягом усього року, прогнозується в південному регіоні;
- відмінність між сценаріями, полягає тільки в тому, що значення різниць менше для сценарію А2, ніж для А1В, тобто  $\Delta \bar{V}_{A2} < \Delta \bar{V}_{A1B}$ .
- сімейство ліній (рис. 4.15-4.16) показують відхилення прогнозованих швидкостей вітру від його кліматичної норми свідчить про зменшення швидкості вітру в холодний період року і збільшенні швидкості в теплий період (6, 7, 8, 9 місяці), що веде до згладжування річного ходу швидкості вітру. Особливо це помітно для східного регіону.

4. Порівняння карт модельованого вітрового режиму з картами «кліматичної норми» свідчить про істотні зміни структури поля швидкості на території України.

Так, наприклад, замість зони максимальних вітрів ( $V > 5 \text{ м/с}$ ) у східному регіоні України з'являється область слабких швидкостей. Змінюється так само географічне положення зон слабких і сильних вітрів на території України та їх абсолютні значення.

5. Необхідно продовжити вивчення впливу зміни клімату на перетворення часових та просторових полів основних метеорологічних величин на території України. Для цього необхідно провести розрахунки фактичних полів вітру, не менш ніж по 30 метеорологічним станціям за період з 1991 по 2014 рр. і порівняти їх з результатами моделювання майбутніх змін метеорологічних величин, з урахуванням сценаріїв А1В і А2.

## 5 НАСЛІДКИ ЗМІН КЛІМАТУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ

### 5.1 Деякі аспекти сучасних змін клімату

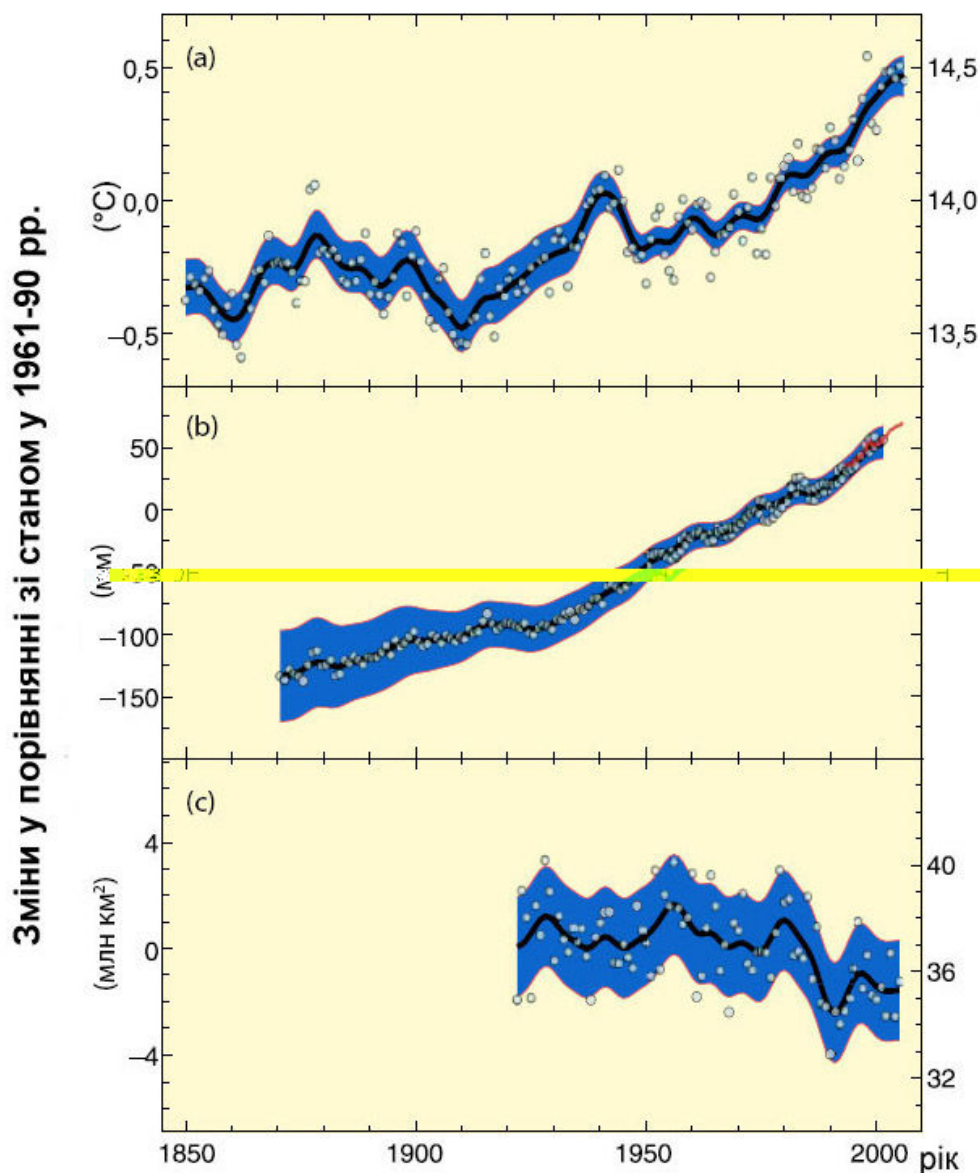
Проблема змін клімату на рубежі XX-XXI століть є надзвичайно актуальною [1-6]. Клімат на нашій планеті змінюється і змінюється достатньо швидко. Проте викликає занепокоєння те, що до природних змін клімату, яке відбувалось завжди, додалось ще й потепління, зумовлене діяльністю людини.

Зміна клімату не означає просте підвищення температури. Під визнаним термином «глобальні зміни клімату» розуміють перебудову всіх геосистем. А потепління розглядають лише як один з аспектів цих змін. Дані спостережень свідчать про підвищення рівня Світового океану, танення льодовиків і вічної мерзлоти, посилення нерівномірності випадіння опадів, зміни режиму стоку рік та інші глобальні зміни, пов'язані з нестійкістю клімату.

Особливе занепокоєння викликають проблеми, які формуються внаслідок впливу температурних хвиль і глобального потепління в цілому на громадське здоров'я і деякі види господарчої діяльності людини. У сучасних соціально-економічних умовах при переході до стратегії сталого розвитку здоров'я населення та забезпечення нормальної життєдіяльності людей мають стати найважливішими факторами збереження національної безпеки нашої держави.

Згідно з даними метеорологічних спостережень, в останні півтори століття відбувається глобальне потепління клімату, яке починаючи з 70-х років XX століття помітно прискорилося. Сучасне потепління проявилось у підвищенні середньої глобальної приземної температури повітря на 0,6-0,7 °C, а з урахуванням потепління першої половини XX ст. загальне підвищення температури з кінця малого льодовикового періоду становило 0,7-0,9 °C (рис. 5.1а). Ще більші ознаки потепління відзначаються у високих широтах (Аляска, Сибір, Антарктида) – до 1,5 °C.

З 1906 по 2005 рр. глобальна середня приземна температура підвищилась на  $0,75 \pm 0,18$  °C. Швидкість потепління різко збільшується, так за останні 50 років вона зросла майже удвічі у порівнянні зі швидкістю, визначеною за останні 100 років (і становить приблизно 0,13 °C за 10 років). Це потепління, що призвело до найвищих середніх температур, як мінімум за декілька століть, чітко проявляється як на глобальному і півсферичному масштабі, так і над всіма континентами, окрім Антарктиди. Зміни клімату з кінця XX ст. прискорились, через що 2001-2010 рр. стали найтеплішим десятиліттям для всіх континентів Земної кулі.



а) середня приземна температура повітря; б) середній рівень моря;  
 с) площі льодяного покриву

*Примітка.* Згладжені криві – хід десятирічних середніх значень величин;  
 кружки – значення за окремі роки; зафарбована область – інтервали  
 невизначеності оцінок

Рисунок 5.1 – Зміни стану компонентів кліматичної системи Північної  
 півкулі в індустріальну епоху відносно середніх значень  
 за 1961-1990 рр. (Climate Change, 2007)

Для дев'яти з десяти країн світу, з якими працює ВМО, перше десятиріччя ХХІ ст. стало рекордно теплим. За даними метеорологів, глобальна температура планети у 2001-2010 рр. була вищою за середню температуру 1961-1990 рр. на 0,46 °С і становила 14,46 °С. А 2010 рік став найжаркішим. Цей рік за даними ВМО став рекордно теплим у семи з 23 регіонів світу. Хоча коректніше було б вважати, що 2010 рік очолив трійку

найтепліших років за весь період інструментальних спостережень поряд з 1998 і 2005 роками [6].

Найбільші зміни середньої річної температури повітря відбуваються в Арктиці ( $\varphi = 87,5-72,5^\circ$  півн.ш.). Тут же спостерігається і найбільша міжрічна мінливість температури. Найменші зміни температури і її міжрічна мінливість у тропічній зоні ( $\varphi = 37,5-17,5^\circ$  півн.ш.).

Через глобальні зміни клімату, які впливають на трансформацію регіонального клімату і окремі метеорологічні величини, середня місячна температура повітря в Україні за останні десятиліття також суттєво змінилась порівняно з періодом 1961-1990 рр. В Україні температура повітря стала вищою у більшості місяців і в цілому за рік. За даними [5] вона зменшилась лише у серпні, листопаді і грудні. Протягом 2005-2008 рр. у більшості місяців середня температура повітря перевищувала норму. Найбільші додатні відхилення спостерігались у січні – до  $3^\circ\text{C}$ , у березні, липні, серпні і грудні вони становили  $1,5-2^\circ\text{C}$ . Середня річна температура повітря за цей період перевищила норму на  $1,5^\circ\text{C}$ . Відбулись зміни екстремальної температури. Мінімальна температура виросла у більшості місяців і в цілому за рік. У віковому ході максимальної температури у зимові місяці, особливо у січні, визначилась тенденція до її підвищення. У літні місяці і за рік в цілому тенденція до змін максимальної температури за трендом незначна, але в останні роки максимальна температура зростає.

Глобальні зміни в атмосфері суттєво вплинули на стан інших компонентів глобальної кліматичної системи. Так рівень Світового океану підвищився за останні 30 років приблизно на 5 см, а за останні 150 років – на 20 см (рис. 5.1b). За період з 1961 по 2003 рр. рівень океану підвищувався зі швидкістю  $1,3$  мм/рік, а за останні десять років ця швидкість прискорила до  $3,1$  мм/рік. За прогнозами вчених протягом XXI століття підвищення рівня моря буде становити 1 м. У цьому випадку найбільш уразливими виявляться прибережні території і невеликі острови. Такі країни як Нідерланди, Великобританія, а також малі острівні держави Океанії та Карибського басейну першими підпадуть під небезпеку затоплення. Мільйони людей у густонаселених прибережних районах і острівних країнах втратять свої оселі в результаті підйому рівня моря. Бідне населення в країнах Африки, Азії та інших регіонах світу стоять перед загрозою трагічних наслідків можливої загибелі врожаїв, зниження продуктивності сільськогосподарського виробництва і зростаючою проблемою голоду, недоїдання та хвороб.

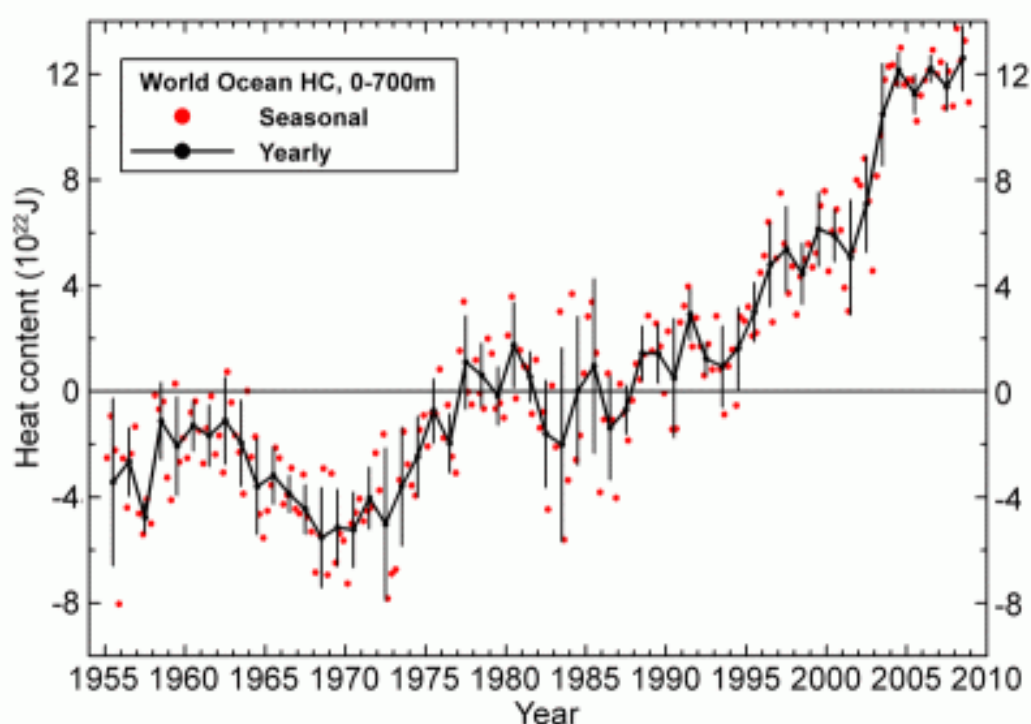
Зростання температури поверхні океану вже тепер призвело до розширення зони виникнення тропічних циклонів. Крім того почастишають високі приливи, посилиться ерозія берегової лінії.

Через підвищення рівня моря, яке відбувається в основному в результаті теплового розширення морської води при нагріванні, зростає тепловміст океану (рис. 5.2).

Хоча кількість тепла в океані суттєво змінюється у просторі та часі через зміну океанічних течій і природну мінливість, все ж існує тенденція до його збільшення за період, коли проводились надійні вимірювання.

З океаном пов'язана ще одна проблема – підвищення кислотності його води. Вже тепер страждають коралові рифи. А за несприятливого розвитку подій можна очікувати швидкого збільшення кількості видів водних організмів, які стануть на межі вимирання.

За оцінками вчених, якщо глобальна температура повітря підвищиться на 3-4 °C, то від 30 до 50 % всіх видів живих організмів виявиться на межі вимирання, тобто відбудуться незворотні великі втрати біорізноманіття.



Точки – зміни сезонного тепловмісту;  
лінія – зміни середнього річного тепловмісту

Рисунок 5.2 – Часові зміни сезонного і середнього річного Тепловмісту океану для 0-700 м шару (Temperatures.ru, 2010).

Кількість атмосферних опадів у XX ст. зростала на 0,5-1 % за десятиріччя у більшості районів високих і середніх широт Північної півкулі, при цьому у другій половині століття трохи підвищилась повторюваність сильних опадів. Імовірно, що у XX ст. приблизно на 0,2-0,3 % за десятиріччя кількість опадів збільшувалась і у тропічних зонах континентів (від 10° півн.ш. до 10° півд.ш.), проте збільшення кількості опадів у тропіках протягом декількох останніх десятиліть не є очевидним. У субтропіках Північної півкулі, між 10-30° півн.ш., протягом XX ст. кількість опадів

зменшувалась приблизно на 3 % за десятиріччя. У більшості широтних зон Південної півкулі будь-яких достатньо систематичних змін кількості опадів не було виявлено. Немає достатніх даних, щоб встановити тренди для опадів над океанами.

ВМО підтвердила, що 2011 рік за кількістю опадів, які випали на нашій планеті, став другим після 2010 року за всю історію метеорологічних спостережень за ними (з 1901 року). Раніше з такою заявою виступило Національне управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA) США. Найтепліше десятиріччя також стало другим за кількістю опадів, поступившись лише 1950-м рокам. При цьому ситуація в регіонах планети була неоднаковою. Вологіше, ніж зазвичай, було на сході США, півночі та сході Канади, окремих регіонах Європи і Центральної Азії, на півночі і сході Південноамериканського континенту, півдні Африки, Індонезії і на півночі Австралії. У той же час захід США, південний захід Канади, Аляска, Західна Європа, південь Азії, Центральна Африка і Латинська Америка, а також схід і південний схід Австралії в середньому відчували скоріше нестачу опадів.

В Україні також відбулись зміни в режимі опадів: у південно-східній частині їх кількість збільшилась, а у південно-західній – зменшилась. В цілому за рік кількість опадів, яка становила 600 мм, залишилась незмінною, але в окремих регіонах можливі коливання кількості опадів в окремі сезони як в бік зростання, так і зменшення. У зимовий сезон кількість опадів в цілому по країні зменшилась з 140 мм до 100 мм, а восени декілька зросла (від 115 до 150 мм), весною і влітку кількість опадів майже не змінилась [5].

Супутникові дані показують, що починаючи з кінця 1960-х років відбулось зменшення площі снігового покриву приблизно на 10%. Величина середньої річної площі снігового покриву (разом з Гренландією) в останні десятиріччя скоротилась (рис. 5.3).

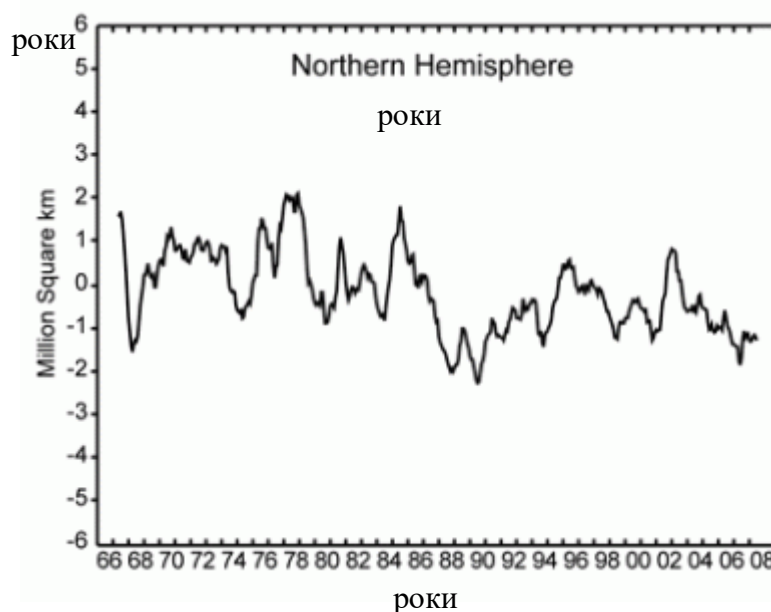


Рисунок 5.3 – Динаміка площі снігового покриву у Північній півкулі (Temperatures.ru, 2010)

Найбільше скорочення снігового покриву спостерігається у весняні та літні місяці.

З 1950-х років у Північній півкулі площа морського льоду скоротилась майже на 10-15 %, а товщина його зменшилась на 40 %. За прогнозами експертів Арктичного і Антарктичного науково-дослідного інституту (Санкт-Петербург) вже через 30 років Північний льодовитий океан протягом теплого періоду року буде повністю розкриватись з-під льоду.

Згідно з наземними даними протягом ХХ ст. тривалість існування льодяного покриву на річках і озерах у середніх та високих широтах Північної півкулі зменшилась приблизно на 2 тижні.

Товща Гімалайських льодовиків зменшується зі швидкістю 10-15 м за рік. За теперішньої швидкості цих процесів дві третини льодовиків Китаю зникнуть до 2060 року, а до 2100 року розтануть остаточно [7].

Середня за рік площа льодяного покриву у Північній півкулі зменшилася з 1978 р. на 7 % (рис. 5.1с) зі швидкістю біля 2,7 % за десятиріччя. У Гренландії останніми роками різко швидшав рух льодовиків, що спускаються до моря. А біля південного краю Гренландії, протягом ХХ століття відбувається незначне зниження температури. Арктичні льоди відступають влітку значно далі на північ, ніж раніше. Проте, у Південному океані за останні 30 років площа морського льоду практично не змінилася. За 1993-2008 рр. рівень моря піднімався зі швидкістю близько 3,4 мм за рік, що значно перевищує (майже на 80%) прогнозовані значення. Теплове розширення океану і танення материкового льоду (від льодовиків до льодяних щитів) приблизно однаково сприяє цим змінам, на відміну від минулого, коли розширення було домінуючим фактором. Це призвело до прискорення підйому рівня моря у порівнянні з періодом 1870-1990 рр., коли ця швидкість становила близько 1,5 мм/ рік.

На Антарктичному півострові, який витягнувся у бік Південної Америки, відбувається швидке руйнування льодовиків. У перше за час спостережень у 2007 році відкрився для судноплавства Північно-західний прохід.

За прогнозами вчених з таненням шельфових льодовиків Гренландії та Антарктики рівень морів може піднятися до 2100 року до 6 метрів. Це, в свою чергу, означає, що буде затоплено багато тропічних островів Індонезії та більшості низинних районів [7].

Повсюдно відбувався відступ меж багаторічної мерзлоти на північ до сотень кілометрів. Збільшилась глибина протаювання мерзлих ґрунтів, а температура мерзлої товщі підвищилась в середньому на 1,5-2,0 °С. А на Алясці за останніх сто років температура у шарі мерзлоти збільшилась на 2-4 °С.

Ці зміни істотно вплинуть на природні екосистеми, економіку північних регіонів і життя людини. Так, на півночі Якутії в останні роки стали саджати картоплю.

Танення вічної мерзлоти являє собою велику небезпеку для розташованих в районах Крайньої Півночі споруд (доріг, нафто- і газопроводів, резервуарів, майданчиків нафтогазопромислових об'єктів, будівель тощо). Наприклад, на Півночі Росії зосереджено більше 30% розвіданих запасів нафти, майже 60 % природного газу, величезні поклади кам'яного вугілля і торфу, створено величезну інфраструктуру, яка обслуговує потреби добувної промисловості. Багато споруд побудовано на свайних фундаментах, використовують багатолітньомерзлий ґрунт в якості основи і розраховані на експлуатацію в певних температурних умовах. Тому проблеми, пов'язані з таненням вічної мерзлоти є дуже важливими зокрема для Росії.

Для прогнозу стану вічної мерзлоти використовують математичні моделі. Розрахунки показали, що до середини XXI століття площа вічної мерзлоти може скоротитись на 12-15 %, а її межа зміститься на північний схід на 150-200 км, а за деякими оцінками і 400 км [8].

Слід звернути увагу на те, що зміни стану вічної мерзлоти можуть посилити потепління, яке відбувається. Ця проблема не раз викликала жаркі дискусії у пресі: висловлювалась думка про те, що танення вічної мерзлоти спричинить виділення величезної кількості метану, парникова ефективність якого у 30 разів перевищує парникову ефективність CO<sub>2</sub>, в результаті чого потепління багаторазово посилиться. Останні дослідження російських вчених показали, що ці побоювання дуже перебільшені. Здобуті результати вказують на те, що потоки метану з вічної мерзлоти Росії дійсно зростають, але не настільки, щоб помітно вплинути на клімат. За їх оцінкам, до 2050 року додаткове підвищення температури всієї Землі за рахунок цього механізму складе не більше ніж 0,01 °C [9].

Посилилась посушливість у районах недостатнього зволоження. З 1900 по 1995 рр. на континентах не виявлено монотонних трендів у повторюваності сильних посух або періодів перезволоження, хоча їх повторюваність суттєво змінювалась у масштабах десятиліть. У деяких районах Азії, Африки і Австралії повторюваність та інтенсивність посух зросла в останнє десятиріччя.

Британські вчені повідомляють про зміщення на північ ареалів деяких видів птахів. Канадці відзначають, що північні річки залишаються замерзлими у середньому на два тижні менше, ніж півстоліття тому. Спостерігаються посування у ареалах та зміни у чисельності водорості, риб та планктону Світового океану. За деякими даними, став уповільнювати свою течію Гольфстрім і змінювати напрямок свого руху, відхиляючись до заходу.

Згідно з аналітичною доповіддю, яка була представлена у червні 2008 року на засіданні Економічної та Соціальної Ради ООН природні катастрофи стали частішими у 4 рази, ніж 30 років тому, а економічні збитки від них зросли більше, ніж у 7 разів. За останні 48 років було зареєстровано більше 7 тис. стихійних лих, через які загинуло, принаймні, 2,5 млн чоловік,



переважно, у світі, що розвивається. Число жертв стихійних лих у цих країнах у 20-30 разів перевищує число загиблих у розвинених країнах.

Наприклад, в Україні за останні 20 років кількість стихійних метеорологічних явищ має сталу тенденцію до збільшення (рис. 5.4) – від 55 у 1986 році до 174 випадків у 1999 році [10].

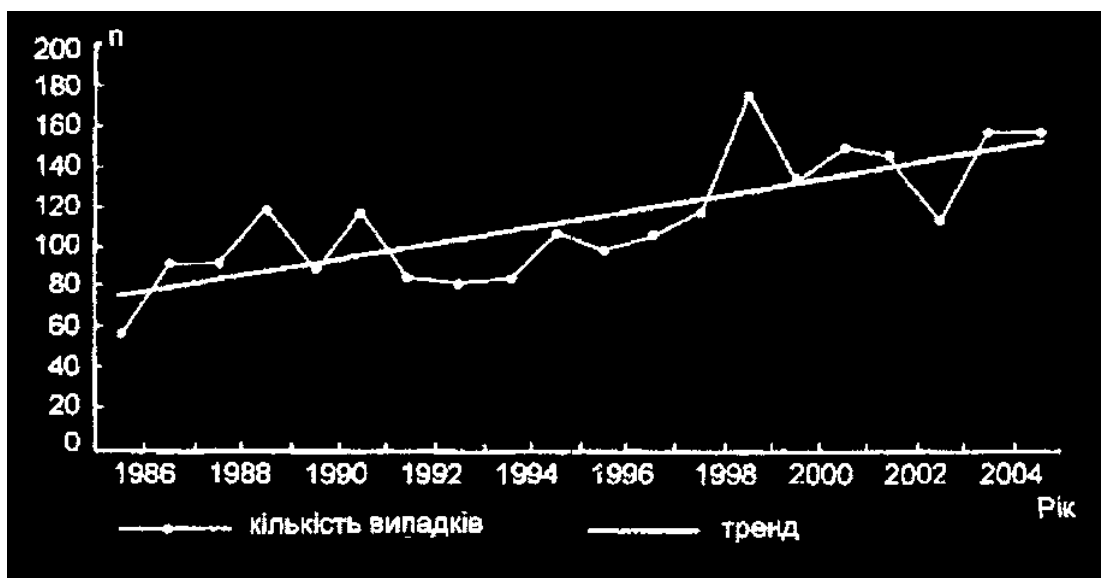


Рисунок 5.4 – Коливання щорічної кількості стихійних метеорологічних явищ (n) на території України за останні 20 років (Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя, 2006)

Збільшення числа екстремальних явищ, в першу чергу температурних аномалій, може бути пов'язане зі зростанням середньої глобальної температури. Існують відомості про зміни інтенсивності так званих теплових хвиль, тобто короткочасних підвищень температури, які впливають на зміни розмірів зон з незвичайно високими або низькими температурами і дуже впливають на стан здоров'я людини.

Дані спостережень у Росії свідчать про те, що на її території кількість небезпечних гідрометеорологічних явищ кожного року зростає на 6,3 %, і тепер вони відбуваються практично кожен день [11], а не раз у два дні, як це було 15 років назад. Особливо багато таких явищ спостерігалось у 2006 і 2007 роках: 387 і 436 випадків відповідно [12]. За оцінкою Всесвітнього банку, щорічний збиток від різних гідрометеорологічних явищ, в число яких входять і наслідки змін клімату, у Росії становив 30-60 млрд рублів. Під час таких аномальних явищ як повені, шторми, тайфуни та урагани лише у цій країні щорічно гине до одної тисячі чоловік, а кількість людей, які дістали травму або посттравматичний шок взагалі невідомо. Найчастіше небезпечні гідрометеорологічні явища (70 % явищ, що нанесли великі збитки) припадають на квітень – жовтень. Проте, одночасно їх кількість зростає і

взимку. А це свідчить про те, що зміни клімату – це перш за все порушення стійкості, а не «м'яке» потепління.

Найчастішим природним катаклізмом останнього десятиріччя стали повені: серед найбільш значущих епізодів ВМО виділила повені у Східній Європі у 2001 і 2005 рр., в Африці – у 2008 році, в Азії та Австралії – у 2010 році.

Для світу в цілому орієнтовна оцінка втрат від змін клімату, де основну роль відіграють втрати від більш сильних і частих посух, повеней і ураганів, була виконана у 2006 році у доповіді групи Ніколаса Стерна «Економіка зміни клімату». У табл. 5.1 наведено результати оцінки найбільш масштабних впливів на здоров'я людей, сушу і навколишнє середовище [13].

Постає закономірне питання про фізичні причини таких швидких змін у глобальній кліматичній системі. Відомо, що починаючи з 1750 року приплив сонячної радіації зріс на  $0,3 \text{ Вт/м}^2$ , до того ж більша частина цих змін відбулась у першій половині ХХ ст. За допомогою супутникових спостережень виявлено невеликі коливання потоку сонячної радіації внаслідок 11-літнього сонячного циклу. Припущення про збільшення впливу сонячної радіації на клімат у теперішній час ніяких помітних підтверджень не здобуло. У межах вказаного сонячного циклу протягом другої половини ХХ ст. амплітуда коливань глобальної осередненої температури через варіації сонячної сталої не перевищує  $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 5.5). Тому, цей природний фактор поряд з іншими (наприклад, потужні вулканічні виверження) може лише частково пояснити варіації виявленого вікового тренду в бік потепління. Домінуючим прийнято вважати зростання концентрації парникових газів в атмосфері [14].

Важливо зазначити, що коливання клімату, в умовах близьких до сучасних, можуть бути досить значними. Частина з них пов'язана зі змінами прозорості атмосфери (мабуть, з автоколиваннями кліматичної системи), а частина може бути пов'язана з іншими факторами кліматоутворення.

Так, окрім вікових (60-120 років) існують брікнеровські цикли з періодом 30-50 років (у середньому 35 років), 14-річні з обертоном 7 і 10 років, які відмічаються у повторюваності посух у Центральній Європі, Західному Сибіру, Казахстані, Північній Америці тощо.

Постає закономірне питання про фізичні причини таких швидких змін у глобальній кліматичній системі. Відомо, що починаючи з 1750 року приплив сонячної радіації зріс на  $0,3 \text{ Вт/м}^2$ , до того ж більша частина цих змін відбулась у першій половині ХХ ст. За допомогою супутникових спостережень виявлено невеликі коливання потоку сонячної радіації внаслідок 11-літнього сонячного циклу. Припущення про збільшення впливу сонячної радіації на клімат у теперішній час ніяких помітних підтверджень не здобуло. У межах вказаного сонячного циклу протягом другої половини ХХ ст. амплітуда коливань глобальної осередненої температури через варіації сонячної сталої не перевищує  $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 5.5).

Таблиця 5.1 – Оцінка найбільш масштабних впливів на здоров'я людей, сушу і навколишнє середовище, викликаних змінами клімату

Підвищення середньої глобальної температури від рівня початку XX ст.	Здоров'я	Суша	Навколишнє середовище
1 °C	Більше 300 тис. людей щорічно вмирають від хвороб, спричинених зміною клімату (діарея, малярія, недоїдання)	Танення вічної мерзлоти спричиняє пошкодження будівель і доріг у Росії, Канаді та на Алясці	Як мінімум 10 % наземних видів тварин і рослин загрожує вимирання. 80 % коралових рифів, включаючи Великий бар'єрний риф, знебарвлюються
2 °C	В Африці 40–60 млн людей піддаються ризику захворіти на малярію	До 10 млн людей щорічно піддаються ризику повеней	15–40 % видам наземних тварин і рослин загрожує вимирання. Різке скорочення чисельності арктичних видів, включаючи білого ведмеда і північного оленя
3 °C	В Африці до 80 млн людей піддаються ризику захворіти на малярію. Від 1 до 3 млн людей	До 170 млн людей щорічно піддаються ризику повеней	20–50 % наземних видів тварин і рослин загрожує вимирання. Початок зникнення амазонських лісів
4 °C	людей вмирають від недоїдання	До 300 млн людей щорічно піддаються ризику повеней	Поступове зникнення половини арктичної тундри. Майже половина природних територій всього світу, що особливо охороняються, не можуть виконувати свої функції
5 °C	Невеликі острови і прибережні низовини (о-ви Тихого океану, Бангладеш, Флорида тощо), а також найбільші міста світу (Нью-Йорк, Лондон, Токіо, Санкт-Петербург) знаходяться під загрозою затоплення. Зростаючий ризик різких змін термохалинної циркуляції вод Атлантичного океану. Ризик різких змін в циркуляції атмосфери, наприклад зміни в мусонах		

Тому, цей природний фактор поряд з іншими (наприклад, потужні вулканічні виверження) може лише частково пояснити варіації виявленого

вікового тренду в бік потепління. Домінуючим прийнято вважати зростання концентрації парникових газів в атмосфері [14].

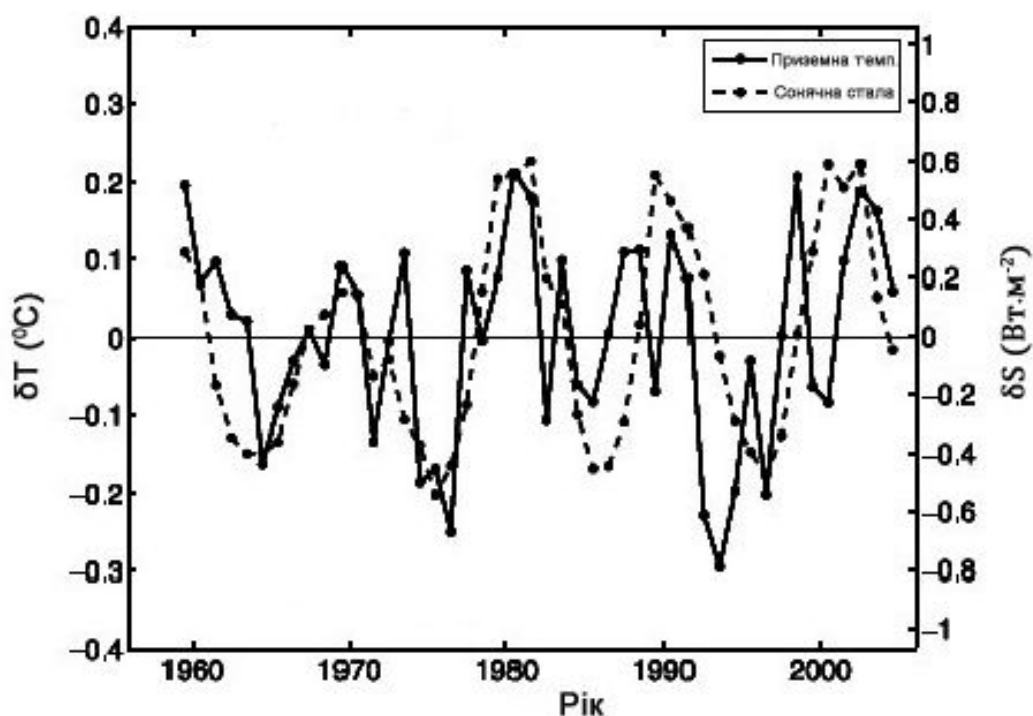


Рисунок 5.5 – Зміни середньорічної глобальної приземної температури повітря з вилученням лінійного тренда потепління за період 1959-2004 рр. (неперервна лінія з масштабом змін ліворуч) надається у порівнянні зі змінами середньорічної сонячної сталої (переривчаста лінія з масштабом змін праворуч) (Camp C.D. and Tung K.K., 2007)

Важливо зазначити, що коливання клімату, в умовах близьких до сучасних, можуть бути досить значними. Частина з них пов'язана зі змінами прозорості атмосфери (мабуть, з автоколиваннями кліматичної системи), а частина може бути пов'язана з іншими факторами кліматоутворення. Так, окрім вікових (60-120 років) існують брікнеровські цикли з періодом 30-50 років (у середньому 35 років), 14-річні з обертоном 7 і 10 років, які відмічаються у повторюваності посух у Центральній Європі, Західному Сибіру, Казахстані, Північній Америці тощо.

Усі згадані цикли нерегулярні, можуть змінювати свій середній період (доволі часто у кратному розмірі), фази і амплітуди. Імовірна причина подібної поведінки циклічних складових у тих або інших районах – зміна стану кліматичної системи, про детальні особливості якої досі відомо ще недостатньо. Деякі особливості формування циклів можуть бути зумовлені параметричним резонансом – особливим явищем, яке спостерігається у складних системах. Цим явищем А.М. Обухов пояснює формування

квазідворічного циклу загальної циркуляції атмосфери, зумовленого річним ходом, і який є дуже поширеним у різних явищах погоди. Зміна ж циркуляції призводить до виникнення такого циклу у різних явищах погоди, температурі, зволоженні, посухах тощо.

Протягом минулого століття у системі атмосфера-океан-лід виявлено циклічні зміни, які не були вимушеними будь-якою зовнішньою силою, тобто автоколивання. Найвідомішим з них є Ель-Ніньо або південне коливання (англійська аббревіатура ENSO). Зовнішньо ці автоколивання проявляють себе так, що раз у декілька років пасати над Тихим океаном послаблюються, від чого на величезному просторі ві Індонезії до Південної Америки виникають погодні аномалії. Зокрема, у дощовій Індонезії встановлюється суша, а на безводних тихоокеанських узбережжях Південної Америки (пустеля Атакама) починаються дощі. Звичайна для цих місць холодна Перуанська течія на деякий час змінюється теплою течією Ель-Ніньо. Це супроводжується масовою загибеллю риби біля берегів Перу. Природу південного коливання поки що остаточно не з'ясовано, але вже зрозуміло, що це явище глобального, не тільки тихоокеанського, масштабу. Проте цикли південного коливання тривають всього декілька років (3-8), а через це не можуть бути причиною того довгого тренду, того зростання температури атмосфери і супутніх йому явищ, які так турбують вчене співтовариство і відповідальних політиків. Південне коливання не задає тренд, воно просто накладається на нього [15].

Розрахунки, які враховують зміни астрономічних параметрів руху Землі, показують, що у найближчі тисячоліття виникнення передумови для початку нової льодовикової епохи не передбачається і вона через природні причини не почнеться, принаймні, у найближчі декілька тисяч років. За висновками МГЕЗК [2] немає підстав розглядати зміни сонячної активності і пов'язані з ними зміни потоку сонячної радіації на верхній межі атмосфери як причину сучасного потепління клімату. Гіпотези про домінуючу роль інших природних кліматичних факторів у сучасних температурних змінах, зокрема припущення про те, що теперішнє потепління клімату є проявом довгоперіодної природної мінливості, не знаходять надійних наукових підтверджень [6].

Результати проведених досліджень [6] на основі формальних статистичних методів виділення внеску окремих зовнішніх впливів у сучасне глобальне потепління, показали, що внесок зростання концентрації парникових газів у температурний тренд другої половини ХХ століття був найбільшим, а сумарний вплив решти факторів лише послаблював підвищення температури. Статистичний аналіз дозволив також виявити антропогенний вплив не тільки на температуру приземного повітря, але й на інші характеристики кліматичної системи, зокрема на вертикальний профіль температури атмосфери, на повторюваність та інтенсивність кліматичних

екстремумів, а також на зміни теплозапасу Світового океану. В останні десятиліття спостерігається одночасне зростання запасу енергії основних компонентів кліматичної системи Землі. Причому амплітуда і просторова структура сучасного потепління в різних компонентах відповідають очікуваному по модельних розрахунках відгуку кліматичної системи Землі на антропогенний вплив у вигляді зростання концентрації парникових газів в атмосфері.

У засадничій науковій «Четвертій оціночній доповіді» Міжурядової групи експертів по змінах клімату (МГЕЗК) наведено висновок досліджень кліматичної системи, який свідчить про те, що не менше 90% змін клімату в останні десятиліття зумовлені антропогенним посиленням парникового ефекту через викиди парникових газів (вуглекислого газу, метану, закису азоту та ін.) і зведенням лісів.

Основний внесок у зміни клімату дає вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , за ним йдуть метан  $\text{CH}_4$ , закис азоту  $\text{N}_2\text{O}$ , гази, які містять галогени, озон  $\text{O}_3$  і водяна пара (табл. 5.2) [16].

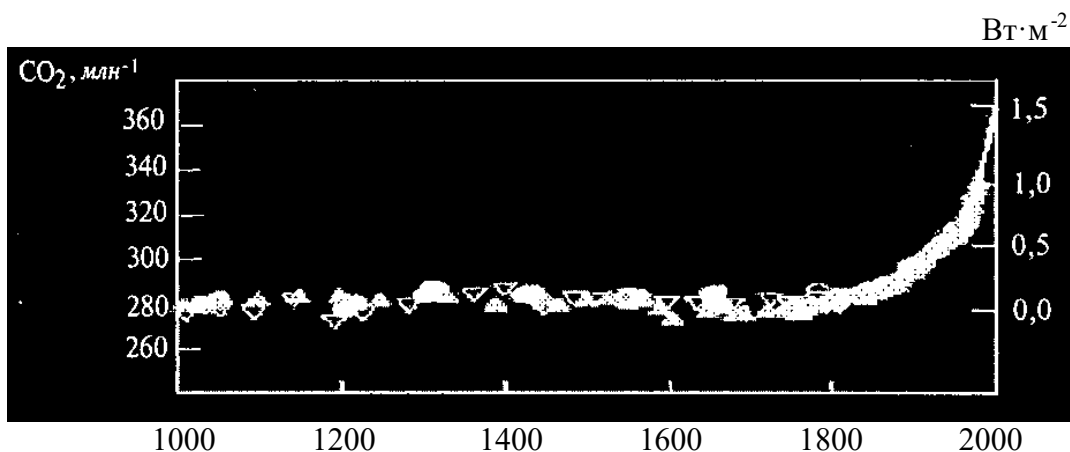
Таблиця 5.2 – Внесок (%) у глобальне потепління різних парникових газів

Газ	Основні антропогенні джерела	Внесок у глобальне потепління (%)
$\text{CO}_2$	Використання енергії, зміни у землекористуванні, лісокористування, виробництво цементу	65
$\text{CH}_4$	Витоки у газопроводах, ферментація відходів тваринництва, рисові поля, полігони відходів, спалювання біомаси, побутові стоки	20
Гази, які містять галоген	Промисловість, холодагенти, аерозолі, піноутворювальні речовини, розчинники	10
$\text{N}_2\text{O}$	Внесення добрив у ґрунт, розчистка земель, підкислення, спалювання біомаси, спалювання викопного палива	5

Тому особливе занепокоєння викликає прогресуюче зростання саме діоксиду вуглецю  $\text{CO}_2$  (рис. 5.6) [17]. Так, з 1750 р. по 2000 р. концентрація вуглекислого газу в атмосфері збільшилась на 31 % (рис. 5.6).

Виявлено, що такого зростання  $\text{CO}_2$  не було в останні 20 000 років, а такої високої концентрації  $\text{CO}_2$  як тепер не було 420 тис. років. За даними МГЕЗК (2001 року) з імовірністю 66-90 % можна зтверджувати, що такого зростання  $\text{CO}_2$  не було і протягом останніх 20 млн років. У середні віки

спостерігались більш теплі і холодні періоди; приблизно 9 тис. років тому закінчився льодовиковий період, після якого стало швидко теплішати. Але на відміну від сучасної ситуації, концентрація парникових газів так не змінювалась, а температура не підвищувалась так швидко [18-20].



Символами показано результати розрахунків концентрації  $\text{CO}_2$  на основі даних досліджень колонок льоду у декількох пунктах Гренландського щита і Антарктиди, лінією – результати прямих вимірювань концентрації  $\text{CO}_2$ ; права шкала – радіаційний вплив

Рисунок 5.6— Зміна середньої глобальної концентрації вуглекислого газу в атмосфері протягом останнього тисячоліття (Израэль Ю.А. и др., 2001)

Концентрація парникових газів в атмосфері досягнула нових рекордів. Вони дуже швидко наближаються до рівня, який веде до збільшення середніх світових температур на 2-2,4 °С. Вчені побоюються, що це може викликати далекосяжні незворотні зміни планети Земля, біосфери та океанів», – заявив глава ВМО Мішель Жарро на саміті у південноафриканському Дурбані.

Недостатньо продумана господарча діяльність людини, в результаті якої до атмосфери надходить велика кількість  $\text{CO}_2$ , а також щорічні лісові пожежі та займання торфовищ, танення льодовиків і зменшення внаслідок цього відбивальної здатності Землі призводять до затримки тепла в атмосфері. До причин глобального потепління почали відносити також знищення важливих охолоджувачів Землі – болот, різке скорочення лісів і збільшення площ пустель, підвищення температури Світового океану, вулканічна активність та інші фактори природного генезу. Таким чином, надлишок  $\text{CO}_2$  призводить до парникового ефекту і потепління, а потепління – до надлишку  $\text{CO}_2$ . Оскільки вуглекислий газ довго зберігається в атмосфері, то подальше потепління

протягом якогось часу неминуче, навіть при прийнятті термінових заходів для пом'якшення антропогенних впливів [21].

Такі наслідки кліматичних змін, як збільшення частоти та інтенсивності небезпечних погодних явищ, поширення інфекційних захворювань, вже тепер наносять значні економічні збитки, загрожують стабільному існуванню екосистем, а також здоров'ю і життю людей. Висновки вчених свідчать про те, що кліматичні зміни, які тривають, у майбутньому можуть призвести до ще більш небезпечних наслідків, якщо людство не здійснить відповідних попереджувальних заходів. Тому оцінка впливу кліматичних змін на здоров'я населення і розробка відповідних захисних заходів стала одним з основних напрямів діяльності не лише Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), але й багатьох інших міжнародних організацій.

Соціально-економічні та екологічні наслідки змін клімату будуть мати яскраво виражений регіональний характер, що може спричинити конфлікти через доступ до водних і продовольчих ресурсів, а також через придатні для життя землі.

Найуразливішими до змін клімату є бідні країни, які несуть збитки вже тепер. Для низки таких країн втрати від катастрофічних явищ, пов'язаних з кліматом, скоро можуть досягнути 5% ВВП, а до кінця століття – 15-20 %. Головні проблеми відносяться до сільського господарства і здоров'я населення, особливо в умовах значного зростання його чисельності.

Збитки від змін клімату у розвинутих країнах будуть меншими. При глобальному потеплінні на 2-3 °C у низці північних країн можуть спостерігатись позитивні ефекти, проте при подальшому підвищенні температури результат буде повністю негативним. Зростуть збитки від небезпечних погодних явищ – штормів, ураганів, повеней і засух. До середини поточного століття вони можуть становити 0,5-1% ВВП. Сполучені Штати Америки будуть сильно страждати від тайфунів, Європа – від повеней ті хвиль жари. Для Росії велике значення буде мати танення вічної мерзлоти. Зміни клімату вплинуть на фінансові ринки. Збільшиться міграція населення з південних країн і посиляться регіональні конфлікти.

Таким чином, у найближчі десятиліття негативний вплив змін клімату неминучий. Тому найуразливіші країни потребують допомоги в адаптації. Але стратегічно лише значне і своєчасне зниження глобальних викидів парникових газів зможе розв'язати цю проблему.



## 5.2 Вплив змін клімату на здоров'я населення

### 5.2.1 Загальна характеристика

Глобальне потепління клімату дає помітний негативний внесок у зміни здоров'я населення, хоча поки оцінка потенційного впливу змін клімату на здоров'я містить в собі велику ступінь невизначеності [22]. Зміни клімату – це проблема не лише сьогодення, але й можливо, що в майбутньому вона ще більше загостриться для дітей і дорослих. Бо кліматичній системі властива інерція, а це означає, що вплив нинішніх викидів парникових газів проявиться через десятиліття або навіть століття. Вже тепер людство все частіше стикається з різними екстремальними природними явищами – повенями, тайфунами, погодними ситуаціями з великою кількістю жарких або, навпаки, дуже холодних днів. За оцінками ВООЗ зміни клімату в теперішній час є причиною приблизно 150 тисяч передчасних смертей і втрати приблизно 55 мільйонів чоловіко-років непрацездатності у середньому за рік у світі, що становить 0,3 і 0,4 % світових показників відповідно. При цьому враховувався вплив гострих кишкових інфекцій (ГКІ), малярії, нестачі харчування, а також смертей і травм в результаті паводків. У 2000 році зміни клімату стали причиною приблизно 2,4 % випадків ГКІ у світі і 6 % випадків у деяких країнах з середнім рівнем доходів [23].

За 2001-2010 рр. більше 370 тис. чоловік вмерло через явища, пов'язані з потеплінням, – це на 20 % більше, ніж у 1991-2000 роках. Основний внесок зробила екстремальна жара в Європі у 2003 році і у Росії у 2010 році.

За даними експертів ВООЗ, щорічно в Україні кількість смертей, пов'язаних з впливом навколишнього середовища і екологічних факторів, яким можна запобігти, становить 155 тис. або 19 % від показника загальної смертності [24].

У майбутньому населення України також може зіткнутися з такими явищами, як періоди екстремальної жари (холоду), повені, погіршення якості і безпеки харчових продуктів і води, поширення інфекційних захворювань, хвороб органів дихання, нирок, серцево-судинної та нервової систем, психічних розладів тощо.

Вплив змін клімату на здоров'я людини здійснюється різними шляхами. Прямий вплив пов'язаний в основному з посиленням екстремальності клімату – збільшенням кількості днів з дуже високими і низькими температурами, частоти та інтенсивності повеней, штормів, тайфунів тощо. Непрямий вплив пов'язаний в основному зі зменшенням об'ємів доступної доброякісної питної води, зростанням площ засушливих земель, збільшенням частоти рівнів забруднення повітря за несприятливих метеорологічних умов, появою «нових» хвороб і зміною ареалів кліматозалежних хвороб людини тощо. Наприклад, потепління клімату

суттєво підвищує ризик виникнення пожеж, одним з головних наслідків яких є значне зростання концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Забруднення повітря продуктами горіння, посилюючи вплив промислових і транспортних викидів забруднюючих речовин, призводить до загострення хронічних захворювань органів дихання (зокрема, захворювань верхніх дихальних шляхів, астми, пневмонії і хронічних захворювань). До непрямих факторів можна віднести і енергетичну бідність.

Особливо ускладнює задачу оцінки кліматогенних змін здоров'я населення його поліфакторність, включаючи дію сильних некліматичних факторів – забруднення навколишнього середовища, нестачу ресурсів. Їх зміни у часі можуть спотворювати «кліматичний сигнал»: вони можуть або послаблювати, або посилювати дію кліматичних факторів.

У табл. 5.3 [2] наведено шляхи за якими відбувається вплив змін клімату на здоров'я людей з врахуванням стану екологічних і соціальних систем, а також системи охорони здоров'я.

Таблиця 5.3 – Шляхи впливу кліматичних змін на здоров'я людей

Погодні/ кліматичні фактори	Негативні наслідки для здоров'я людей	Діапазон впливу і наслідків для здоров'я людей
1	2	3
Посухи, харчування і продовольча безпека	Неповноцінне харчування	Смертельні результати, неповноцінне харчування (недоїдання, білкова недостатність і/або недостатність мікроелементів), інфекційні і респіраторні захворювання
Теплові екстра- мальні умови: теплові хвилі холодові хвилі	Хвороби і смертні випадки внаслідок жари	Збільшення кількості смертних випадків і хвороб внаслідок жари Підвищення рівня смертності в уразливих групах

Продовження табл.. 5.3

1	2	3
Екстремальні погодні умови: вітри, шторми повені, циклони	Наслідки для здоров'я, зумовлені екстремальними погодними умовами Утоплення і пошкодження, пов'язані зі штормовими приливами Проблеми зі здоров'ям серед переміщеного населення	Смертельні наслідки і пошкодження Інфекційні захворювання Токсичні забруднення Підвищений ризик захворювань через якість води Зростання кількості респіраторних і гострих кишкових захворювань внаслідок скупченості проживання людей Вплив на психічне здоров'я, включаючи наслідки для психічного здоров'я в результаті соціальних, економічних і демографічних переміщень Травми і підвищений ризик захворювань внаслідок міграції і скупченості проживання
Водні ресурси і захворювання Зміни кількості опадів у вигляді дощу, наявності та якості води	Інфекційні захворювання Захворювання, пов'язані з водним шляхом зараження	Захворювання, пов'язані з водним шляхом зараження – захворювання, які передаються з водою (зараження оральним шляхом) – захворювання, зумовлені нестачею води (недотримання санітарно-гігієнічних правил)
	Інфекційні захворювання Захворювання, які передаються з продуктами харчування	Інфекційні захворювання, які передаються з продуктами харчування (включаючи викликані сальмонелою, кампілобацилою і багатьма іншими мікробами)

Продовження табл.. 5.3

1	2	3
Захворювання, які передаються носіями і поширюються гризунами, а також інші інфекційні захворювання	Інфекційні захворювання Захворювання, які передаються носіями і поширюються гризунами	Малярія, філяриатоз, тропічна лихорадка, жовта лихорадка, лихорадка Західного Нілу Лейшманіоз Хвороба Шагаса Хвороба Лайма, кліщевий енцефаліт Африканський трипаносомоз Онхоцеркоз
Якість повітря і захворювання	Вплив на здоров'я людей атмосферного забруднення	Загострення серцево-судинних і респіраторних захворювань через погіршення якості повітря
Аероалергени і захворювання	Алергічні захворювання	Зміни в аероалергенах (спори, пилок), які потенційно сприяють загостренню астми та інших алергічних захворювань органів дихання
Інші фактори		
Наземні зміни		Ризик інфекційних захворювань внаслідок нових географічних ареалів і активності тварин, які переносять хвороби, комах і хвороботворних паразитів, що викликають малярію
Зміни у морській екології		Зміни у сфері розповсюдження харчових отруєнь в результаті дії токсичних водоростей
Проникнення солоної води у прибережні водоносні шари		Підвищений ризик кишкових хвороб в результаті незадовільного водопостачання

З усього різноманіття факторів, наведених у табл. 5.3 зупинимось лише на впливі екстремальних температурних умов на здоров'я населення і впливі кліматичних умов на поширення інфекційних захворювань людини. Остання проблема є складною для дослідження, але дуже важливою.

### 5.2.2 Екстремальні температури і здоров'я населення

Екстремально високі температури можуть впливати на здоров'я людей безпосередньо. Основне біокліматичне значення температури повітря полягає у її впливі на тепловий обмін організму з навколишнім середовищем: висока температура утрудняє віддачу тепла, низька, навпаки, збільшує її. Якщо людина знаходиться в умовах низької температури, то у неї посилюється теплопродукція і зменшується діаметр периферичних судин шкіри, що призводить до зниження температури шкіри, у 6-7 разів зменшується теплопровідність шкіри та поверхневих тканин, посилюється приплив крові до глибоких тканин і внутрішніх органів. Артеріальний тиск має тенденцію до підвищення (особливо при м'язовому тремтінні). За підвищеної температури у людини знижуються рівень та інтенсивність теплопродукції і збільшується діаметр периферичних судин шкіри, зростає температура шкіри, знижується приплив крові до глибоких тканин і внутрішніх органів. В обох випадках організм людини намагається пристосуватись до умов зовнішнього середовища завдяки складним терморегуляторним механізмам.

Відомо, що в основі фізичної терморегуляції теплового балансу організму лежать різні механізми тепловіддачі. Основні з них: випромінювання тепла з поверхні тіла до більш холодних навколишніх предметів; конвекція – нагрівання повітря, що прилягає до поверхні тіла людини; випаровування вологи зі шкіри і слизових оболонок дихальних шляхів. У стані спокою і теплового комфорту теплові втрати конвекцією становлять в середньому 15,3 %, випромінюванням – 55,6 % і випаровуванням – 29,1 %. В умовах високих або низьких температур повітря, або під час інтенсивної фізичної роботи ці величини значно змінюються. Проте можливості механізмів терморегуляції далеко не безмежні. За умови тривалого знаходження в несприятливих температурних умовах (висока або низька температура повітря) може наступити зрив адаптації механізмів терморегуляції, який супроводжується порушенням теплової рівноваги між організмом і середовищем. У свою чергу це може призвести до функціональних (перегрівання або переохолодження, тепловий удар) або глибоких патологічних порушень.

Коли людина тривалий час перебуває в умовах високої температури повітря, то підвищується температура її тіла, кількість серцевих скорочень

змінюється, підвищується або знижується артеріальний тиск, порушуються обмінні процеси, особливо водно-сольовий, порушується функціональний стан органів шлунково-кишкового тракту. Одночасно знижується розумова і фізична працездатність. Наприклад, працездатність людини при температурі 24 °C знижується на 15 % порівняно з її рівнем у комфортних умовах, а при температурі 28 °C – вже на 30 %.

В умовах жаркого клімату знижується імунобіологічна реактивність організму людини, що призводить до зниження його опірності різним інфекційним захворюванням.

Значний перегрів організму може призвести до теплового удару, який настає миттєво і часто призводить до складних наслідків. При цьому з невідомих причин терморегулюючий центр мозку припиняє функціонувати і організм зовсім втрачає здатність звільнитись від надлишків тепла.

Тривалий вплив відносно низьких температур повітря (або короточасні впливи особливо низьких температур) викликає значне порушення функціонального стану. У таких умовах часто виникають різні простудні захворювання або загострення хронічних захворювань (м'язів і зв'язково-суглобового апарату; ревматизму; радикуліту тощо). У результаті постійного охолодження організму підвищується частота виникнення простудних та інфекційних захворювань.

Слід зазначити, що про несприятливий вплив низьких температур на здоров'я людини свідчать сезонні коливання смертності. Між смертністю взимку і температурою повітря спостерігається лінійний зв'язок. Проте лише невелика кількість смертей у зимовий період безпосередньо пов'язана з низькою температурою тіла (гіпотермією). Причиною смерті частіше є серцево-судинні і респіраторні захворювання. Порушення серцево-судинної системи посилюється з продовженням холодного періоду. Кількість серцевих неадекватних збільшується після 1-2 днів холодної погоди, серцевих нападів – після 3-4 днів, захворювань пневмонією і бронхітом – через 7 днів холодної погоди.

Ефект «холодової хвилі» наочно демонструє ситуація у січні-лютому 2006 року, коли у Москві аномально низькі температури спостерігались протягом 26 днів. Достеменно було встановлено негативні ефекти хвилі холоду у цей період у людей похилого віку старше 75 років. [25]. При впливі низьких температур у групи ризику входять також і люди без певного місцепроживання.

Зміни клімату супроводжуються зростанням кількості днів з аномально високою температурою. Відомо, що стійка, тривала жарка погода викликає підвищення смертності і загострень серцево-судинних хвороб. До групи найбільшого ризику належать діти молодшого віку і люди пенсійного віку, особи, професійна діяльність яких пов'язана з перебуванням на відкритому повітрі, і люди з низьким рівнем доходів, для яких адаптаційні можливості (наприклад, використання кондиціонерів) малодоступні. У великих містах

групою ризику є також люди, які мешкають або працюють в «островах тепла». Під цим терміном розуміють центральну частину міста, що характеризується щільною багатоповерховою забудовою, великими заасфальтованими просторами, мінімальною кількістю зелених насаджень і відкритих водойм. У таких умовах вплив жару є найбільш згубним. Сучасне потепління клімату супроводжується зростанням кількості днів з екстремально високою температурою [2].

У Європі літо 2003 року визнано найжаркішим літом за останні 500 років. Аномально високі температури спостерігались у липні-серпні: у Великобританії – до 38,1 °С, Баварії – до 40,4 °С, на півночі Італії – до 40 °С, у горах Австрії – до 52 °С, у Франції – до 35 °С протягом 11 днів. За останні роки у деяких містах різко збільшилась амплітуда коливань літніх температур (у Парижі, наприклад, коливання середніх місячних температур раніш знаходились у межах 8°С, а під час жару 2003 року зросли до 12°С). Міністерства охорони здоров'я деяких європейських країн дуже оперативно організували контроль за показниками смертності у містах. В Італії таке дослідження почалось 22 серпня. А вже на початку вересня були отримані перші дані про показники смертності у столицях 21 регіону. Таким чином, був встановлений зв'язок між смертністю населення, температурою і вологістю повітря. За червень-серпень додаткова смертність становила 3134 випадків. Причому у 92 % випадків ці люди були старше 75 років. Найбільше зростання смертності виявлено у північній частині Італії. У Франції з 1 по 20 серпня 2003 року, коли максимальна температура повітря була вище 35 °С, кількість додаткових випадків смерті досягнула 14800. Це на 60% більше, ніж у цей же період часу 1999-2002 років (рис. 5.7) [26]. В окремі дні кількість додаткових випадків смертності досягала 2200. У 70 % випадків вмирали люди старше 75 років.

У жаркі дні також загострювались різні серцево-судинні захворювання, наприклад, стенокардія, з появою болю у грудній клітці, головного болю, запаморочення, нудоти, відчуття втоми тощо. Після цієї події Міністерство охорони здоров'я Франції розробило спеціальний План дій з оцінки і профілактики гострого впливу погодних явищ на здоров'я людини [27].

Жаркий серпень 2003 року став причиною до 6 тисяч додаткових смертей в Іспанії та 1,3 тис. у Лісабоні [28].

В цілому влітку 2003 року у Західній та Центральній Європі в результаті екстремальної жару загинуло, за різними оцінками, від 27 до 40 тисяч людей.

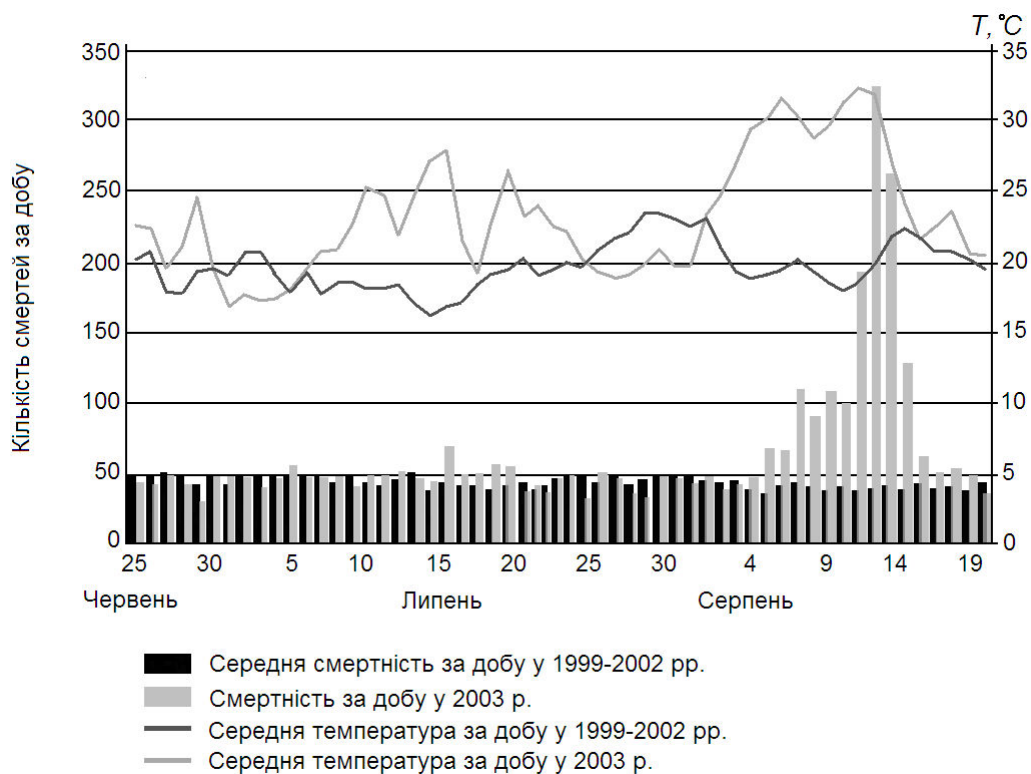


Рисунок 5.7 – Додаткова смертність у Парижі під час хвилі тепла на початку серпня 2003 р. (INVS, 2003)

У 2006 році хвиля жару стала причиною смерті ще 1000 чоловік у Нідерландах, а влітку 2010 року – 500 чоловік. За оцінками голандських статистиків перевищення порога температури повітря на 1 °C призводить у цій країні до збільшення смертності на 30 випадків на тиждень [29].

Дані більше ніж п'ятидесяти європейських досліджень смертності населення у періоди літньої жару показали, що найбільш високі показники смертності були серед людей похилого віку, які страждають на хронічні захворювання серцево-судинної системи, органів дихання, діабетом, госпіталізованих осіб, а також людей, що мешкають у містах (порівняно з передмістями).

Абсолютним рекордсменом за весь період регулярних метеорологічних спостережень у Росії стало літо 2010 року: перманентна хвиля жару з середньою добовою температурою вище 25 °C тривала 40 днів, що призвело до підвищення смертності у країні порівняно з липнем-серпнем 2009 року на 54 тис. випадків (за офіційними даними Росстата). Лише у липні-серпні 2010 року перевищення рівня смертності у Москві порівняно з аналогічним періодом 2009 року становило 11 тис. випадків або 55 % [30], причому у серпні через пожежі відбулось більш різке її збільшення від захворювань органів дихання (табл. 5.4), значне зростання від інфекційних і паразитарних захворювань (на 61,5 % порівняно з липнем-серпнем 2009 року),



новоутворень (на 70,2 %), від зовнішніх причин, тобто втоми, вбивств, самогубств, травм, дорожньо-транспортних подій тощо (у липні на 52,9 %).

Таблиця 5.4 – Хвилі жару і смертність у Москві влітку 2010 року

Показник	Липень	Серпень	Разом
Кількість днів з температурою вище багаторічної середньої місячної на 5 °С (у липні - > 23,4°C, у серпні - > 21,4 °С)	27	18	45
Додаткова смертність у 2010 році порівняно з 2009 роком, абсолютна кількість (приріст, %)	+4 824 (50,7)	+6 111(68,6)	+10 935(59,6)
В тому числі (приріст, %) від:			
хвороб системи кровообігу		66,1	
хвороб органів дихання,	51,5	110,1	58,8
інфекційних хвороб	59,1	66,7	84,5
новоутворень	56,3	81,6	61,5
зовнішніх причин	58,8	57,8	70,2
	48,0		52,9

Із зовнішніх причин найбільше зросла смертність від самогубств – у липні на 63 випадки або 101,6%, і серпні на 38 випадків або 52,1 % [31]. Про те, що під час жару підвищується кількість випадків суїцидів повідомляють і інші автори.

Під час жару влітку 2010 року у мільйонів людей знизився імунітет і підвищилась уразливість відносно простудних та інфекційних захворювань, що спричинило зростання ризику епідемій у осінньо-зимовий сезон 2010-2011 рр. У майбутньому при збільшенні кількості днів з аномально високою температурою кількість додаткових випадків летального результату може зростати. У цілому по країні без врахування втрат 2010 року лише у липні збільшення смертності може становити від 4,3 до 7,7 тис. випадків [32].

Таким чином, у Москві та інших регіонах Росії фактично був перерваний тренд зниження смертності населення, і значне скорочення кількості осіб непрацездатного віку представляє істотну загрозу демографічній ситуації.

Кількість теплових хвиль значно зросла за останні 100 років і вони стали з'являтися у 2-4 рази частіше. За прогнозами, протягом наступних 40 років, їх стане у 100 разів більше.

Аналіз залежності смертності населення у п'ятидесяти містах США за 1998-2000 рр. (більше 7,5 млн випадків смертей) від максимальної і мінімальної температури, кількості днів з високою і дуже низькою температурою виявив тісні зв'язки між екстремальними значеннями температури і смертністю від діабету. Смертність від серцево-судинних захворювань у цій країні більше залежала від екстремально низьких, ніж екстремально високих температур [33].

Надзвичайно жарка погода, особливо в областях з помірним кліматом, призводить до зростання захворюваності і летальних наслідків, оскільки населення таких регіонів часто дезадаптивоване до різких змін метеорологічних умов. Наприклад, у Торонто протягом 50 років по днях вивчалась залежність смертності від погоди. Найвищу смертність зафіксовано у липні-серпні, коли спостерігалась найбільша кількість дуже жарких днів, до того ж ризик смерті тим вищий, чим тривалішими були епізоди жари. Встановлено, що фізіологічні реакції організму людини в умовах гіпертермії суттєво залежать від вологості повітря.

У 1980-1998 рр. в Індії спостерігалось 18 хвиль тепла; хвиля тепла у 1988 році забрала 1300 життів [34]. У штаті Андхра-Прадеш у 2002 р. під час хвилі тепла загинуло 622 людини [35]. Підвищення смертності спостерігалось у осіб, які належать до груп ризику: бідних і людей похилого віку, а також поденних сільськогосподарських робочих і рикш, що вимушені працювати зовні помешкання за будь-якої погоди. Ситуація погіршувалась ще й тим, що конструкція селянських будівель найчастіше така, що не захищає від жари.

Слід зазначити, що наслідки потепління клімату для населення можуть бути різними у північних і південних регіонах, через те що мешканці півдня краще адаптовані до жари. Підтвердженням цього може служити співставлення показників смертності у двох містах США і Канади – південному Даласі, розташованому на широті азіатських республік колишнього СРСР, і північному Монреалі, який хоча і знаходиться на широті Краснодару та Сочі, але по клімату більш схожий з Москвою. У Монреалі смертність населення починала зростати за температури 29 °С, а у Даласі – при перевищенні 39 °С. Автори цієї роботи вважають температуру 29 °С пороговою для жителів північних територій [36]. Навіть короткочасне перевищення температури може стати причиною підвищення смертності населення. У Чикаго в результаті п'ятиденної жари, коли температура досягнула 40 °С, кількість смертей зросла на 85%, а кількість госпіталізацій – на 11 % порівняно з аналогічним періодом у попередні роки. Сильная жара призвела не лише до 514 випадків додаткових смертей, але й до 3300 додаткових випадків невідкладної госпіталізації. Основними причинами смертельних наслідків у ці жаркі дні були ішемічна хвороба серця, діабет, захворювання органів дихання, нещасні випадки, самогубства та вбивства, а причинами госпіталізації – захворювання серцево-судинної системи, органів

дихання, нирок, нервової систем, епілесія [37]. Це цілком зрозуміло, бо жара не тільки спричиняє порушення діяльності серцево-судинної системи, але й впливає на психологічний стан людини.

Виконані ВООЗ дослідження по визначенню порога температурної комфортності, перевищення якого призводить до підвищення смертності жителів міст світу показали аналогічні результати: в різних регіонах різкий підйом кривої смертності починається за різної температури повітря (наприклад, у середземноморських містах у середньому вище 28 °С, у Хельсинки – 23,6 °С). Обговорювалась необхідність використання і інших метеорологічних показників – максимальної та мінімальної добової температури, перепадів температури протягом дня.

Дані по Росії підтверджують цю закономірність. Було виявлено зв'язок між кількістю звернень за екстреною медичною допомогою, загальною смертністю і смертністю від низки причин (травми, утоплення і самогубства), з одного боку, і температурою повітря у літній період, з другого. При підвищенні максимальної добової температури на 10 °С кількість звернень і смертність від окремих причин зростали вдвічі, показник загальної смертності – на 8 %.

Епідеміологічні дослідження у Москві дозволили встановити, що пороговою для збільшення смертності є середня добова температура 25 °С [38].

Кількість досліджень по вивченню зв'язків між метеорологічними факторами і смертністю населення міст, розташованих у різних кліматичних зонах, є достатньо великою. В результаті таких досліджень будувались температурні криві смертності, які відображають залежність щоденної смертності від середньої добової температури повітря і ґрунтуються на статистичній обробці часових рядів добової смертності за багаторічні періоди. Такі криві побудовано для багатьох міст Європи, США, Канади, Японії. Було показано, що залежність між температурою і смертністю нелінійна по всьому температурному діапазону, а для деяких причин смерті (наприклад, для смертності від всіх природних причин і серцево-судинних захворювань) вона має вигляд V- або U-образної кривої, з мінімумом у певній точці, область навколо якої і можна вважати областю температурного комфорт. Для населених пунктів, розташованих у різних кліматичних умовах існують різні значення температурного комфорту. В якості прикладу наведемо розподіл добової середньої смертності від всіх причин у Мадриді як функції добової максимальної температури повітря за 1986-1997 рр. (рис. 5.8) [39]. З рисунка видно, що між названими показниками існує звичайна V-образна залежність, а мінімум спостерігається при 30,8 °С (комфортна температура). Права гілка кривої має набагато більшу крутизну нахилу, ніж ліва. Це дозволяє зробити висновок про те, що жара впливає на смертність сильніше, ніж холод [40]. Добова максимальна

температура, при якій нахил кривої залежності між смертністю і температурою стає крутішою, дорівнює 36,5 °C [41].

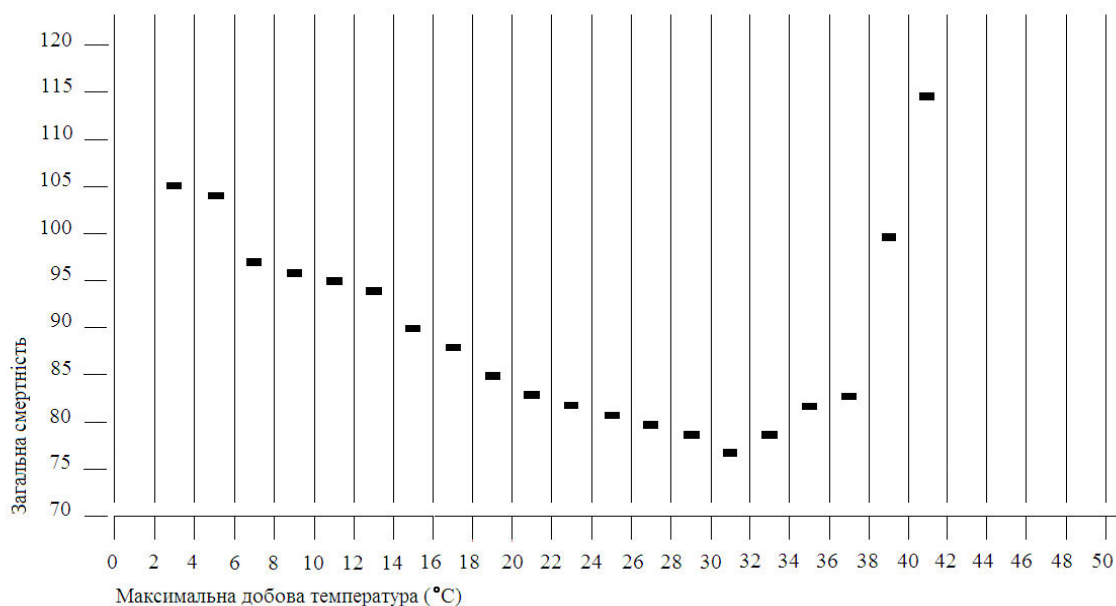


Рисунок 5.8 – Залежність між смертністю від всіх причин і максимальною добовою температурою у Мадриді. 1986-1997 рр.  
(Diaz J, Lopez Santiago C., 2003)

У Мадриді вплив надзвичайно жарких днів на смертність найбільший серед жінок старше 75 років (зростання на 28,4 % на кожний градус вище 36,5 °C). Зростання смертності від серцево-судинних захворювань більше, ніж зростання смертності від респираторних захворювань. У чоловіків зростання смертності більше у віковій групі від 65 до 75 років (підвищення на 14,7% на кожен градус вище 36,5 °C), але при більшому внеску смертності від респираторних захворювань [41].

Якщо температура у майбутньому залишиться навіть такою як сучасна, то у тих країнах і регіонах, де спостерігається старіння населення, кількість захворювань, спричинених хвилями тепла, буде зростати через високий рівень чутливості осіб похилого віку до дії термічного фактора. Так у Росії частка осіб старше 59 років (одної з груп ризику) до 2025 року досягне 27,6%, а до 2050 року – 36,1 %, тобто буде у 2 рази більшою, ніж у 1989 році (18,5 %) [25]. У Європі відмічається ще більше зростання очікуваної тривалості життя і старіння населення. Найвищим індексом старіння (відношення чисельності населення старше 65 років до чисельності населення у віці 0-14 років) характеризуються Німеччина, Італія та Іспанія (рис. 5.9) [42].

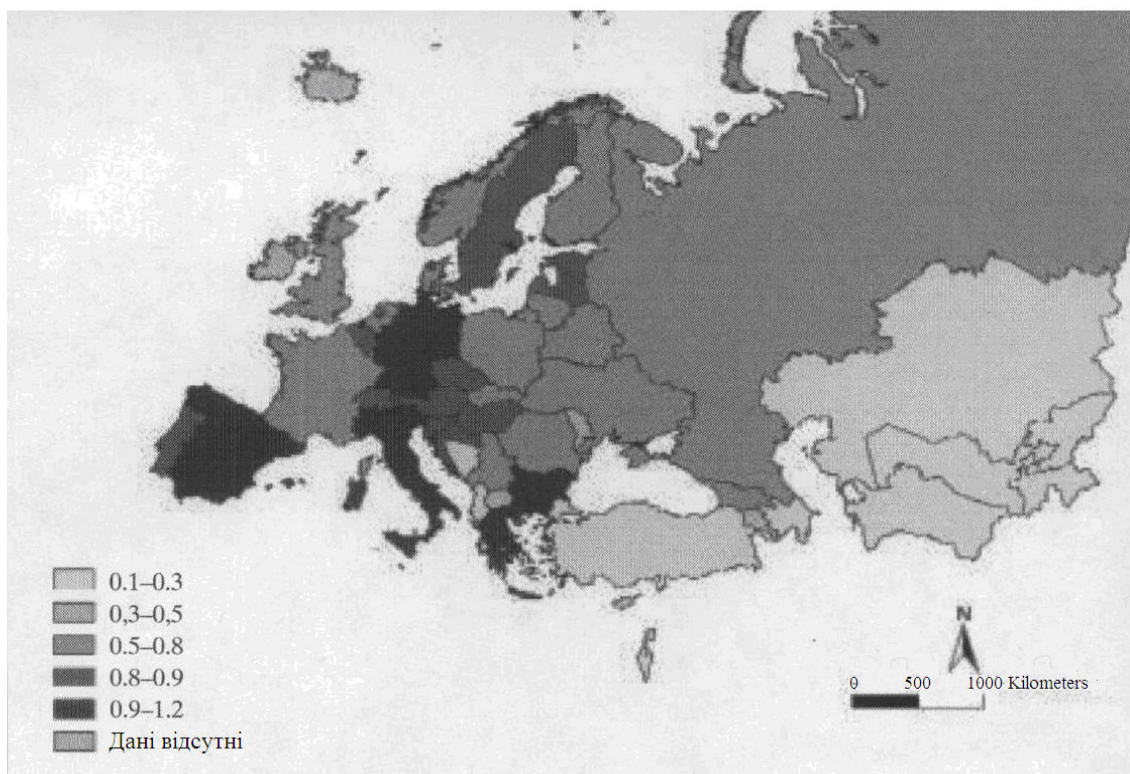


Рисунок 5.9 – Індекс старіння у країнах Європейського регіону ВООЗ  
(База даних «Здоровье для всех» Европейского бюро ВОЗ, 2005)

На рис. 5.10 [30] надано відношення помісячної смертності у 2010 році до аналогічного показника 2006-2009 рр. Цей графік наочно ілюструє, що у першій половині 2010 року смертність у Москві була нижчою, ніж у попередні роки (за винятком інфекційних захворювань взимку, можливо пов'язаних з грипом). У дні з максимально високою температурою смертність більше, ніж удвічі перевищувала звичайний рівень.

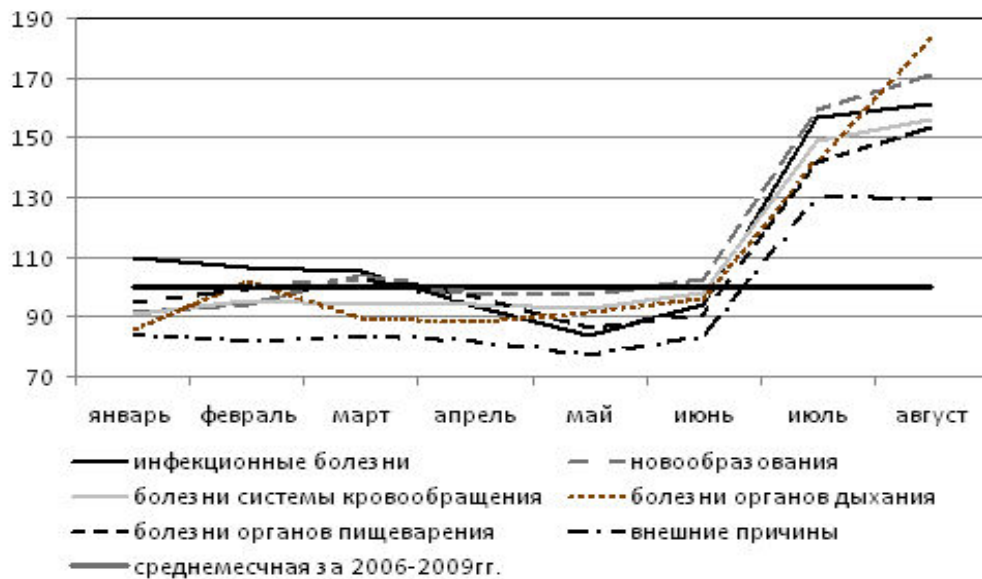


Рисунок 5.10 – Відношення показників смертності у Москві по місяцях 2010 року до середньої за 2006-2009 рр., %. (Ревич Б.А., 2011).

У періоди надзвичайної жари на здоров'я людини впливає не лише жара сама по собі, але й ультрафіолетове випромінювання, приземний озон та інші речовини, які забруднюють повітря, і прямо або непрямо пов'язані з погодними умовами.

Слід зазначити, що МГЕЗК прогнозує підвищення середньої температури поверхні Землі у ХХІ столітті на 1,4-5,8 °С. Як наслідок цього, прогнозується антропогенне потепління в середньому на 0,1-0,5 °С кожні десять років протягом поточного століття. Після ХХІ століття можна очікувати ще більших змін.

У табл. 5.5 наведена оцінка впевненості у спостерігаємих змінах екстремальних погодних і кліматичних явищ у другій половині ХХ століття (лівий стовпчик) і прогнозуємих у 21 столітті (правий стовпчик). У якості бази цієї оцінки було використано дослідження результатів спостережень і моделювання, а також фізична правдоподібність майбутніх прогнозів по всьому спектру зазвичай використовуваних сценаріїв, і в її основу покладено думку експертів [1].

Таблиця 5.5 – Оцінки впевненості у спостерігаємих і прогнозованих змінах в екстремальних погодних і кліматичних явищах

Впевненість у спостерігаємих змінах (друга половина XX ст.)	Зміни у явищах	Впевненість у прогнозованих змінах (у XXI ст.)
1	2	3
Імовірні	Більш високі максимальні температури і більше жарких днів майже на всіх територіях суші	Дуже ймовірні
Дуже ймовірні	Більш високі мінімальні температури, менше холодних і морозних днів майже на всіх територіях суші	Дуже ймовірні
Дуже ймовірно	Зменшення добової амплітуди температури на більшості територій суші	Дуже ймовірно
Імовірно на багатьох територіях	Зростання індексу жару (сopolучення температури і вологості) на територіях суші	Дуже ймовірно на більшості територій

Вплив екстремальної літньої жару на здоров'я людини може посилюватися підвищенням вологості повітря. Періоди сильної жару зазвичай настають у синоптичних ситуаціях, які характеризуються чітко вираженим уповільненим розвитком і рухом повітряних мас, що веде до інтенсивного і затяжного теплового стресу. Проте навіть короточасні або помірні епізоди жару негативно впливають на здоров'я людини.

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я річний показник додаткової смертності у літній період, яка може бути віднесена на рахунок змін клімату, до 2050 року зросте у декілька разів. Тому експерти ВООЗ наполегливо рекомендують системі охорони здоров'я відігравати більш активну роль у боротьбі з сучасними і очікуваними наслідками впливу змін клімату.

В Україні зміни клімату можуть негативно вплинути на такі групи захворювань, як серцево-судинні, респіраторні, інфекційні, онкологічного профілю, захворювання опорно-м'язової системи, травми різної етіології.

Виходячи зі сказаного, країнам і містам вже тепер треба думати про створення систем попереджень про настання сильної жару.

### 5.2.3 Поширення інфекційних захворювань людини

Потепління клімату призводить до змін умов розповсюдження інфекційних хвороб людини, у тому числі і трансмісивних (від лат. *transmissio* – перенесення на інших), тобто заразних хвороб людини, збудники яких передаються кровосисними членистоногими (комарами, блохами, кліщами тощо). При цьому змінюються умови існування популяцій переносників трансмісивних хвороб і умови розвитку збудників у переноснику, що спричиняє зміну можливості передачі багатьох хвороб людині і тварині. Зростання температури прискорює розвиток збудника в організмі переносника, а сам процес передачі робить більш ефективним, поширює ареал певних захворювань, полегшує передачу захворювання [43].

Щорічно трансмісивні хвороби є причиною смерті 1,1 млн людей і призводять до втрати 49 млн літ здорового життя [44]. Вплив кліматичних змін не буде обмежуватись рамками тропічних районів країн, що розвиваються. Наприклад, прогнозується, що кліматичні зміни також зумовлять зміни географічного розповсюдження таких захворювань, як хвороба Лайма, кліщового енцефаліту і поширять сальмонельоз та інших інфекцій харчового походження у Європі [45] та Північній Америці [46].

У багатьох країнах світу виявлено зв'язок між потеплінням клімату і захворюваністю людей на бактеріальні інфекції. У Великобританії, Канаді і Німеччині підвищення середньої місячної температури за 1992-2002 рр. призвело до збільшення кількості випадків захворювань на бактеріальну дизентерію, кампілобактеріоз, сальмонельоз. Достовірно встановлено зв'язок між зміною клімату і зростанням шлунково-кишкових захворювань на Тайвані [47], температурою і збільшенням випадків сальмонельозу в Австрії [48], максимальною місячною температурою і критоспоридіозом в Австралії [49]. Епідеміологічні дослідження у США низки кишкових інфекцій, у тому числі сальмонельозу, шигелезу, кампілобактеріозу серед осіб похилого віку у 1998-2002 рр. виявило їх зв'язок з кліматичними умовами [50]. Захворюваність дітей до п'яти років на сальмонельоз у п'яти містах Австралії була пов'язана з середньою місячною температурою попереднього місяця [51].

Дослідження, проведені у Росії, показали, що між змінами клімату і такими хворобами як поліомеліт, краснуха, вітряна віспа, шигелез зв'язок відсутній, але встановлено вплив змін клімату на сальмонельоз, геморагічну лихоманку з нирковим синдромом, кліщовим енцефалітом, іксодовим кліщовим бореліозом [52].

Вплив кліматичних факторів на природно-осередкові інфекції відбувається на фоні дії інших факторів не кліматичної природи – екологічних, демографічних і соціально-економічних. Зокрема



захворюваність на кліщовий енцефаліт залежить від об'ємів вакцинації, пригнічення осередків методами неспецифічної профілактики, від збільшення частоти контактів населення, в першу чергу міського (їх частка становить 70-80 %), зі збудниками і переносниками на садово-городніх ділянках. На рівень захворюваності також впливають циклічні коливання чисельності переносників.

Причинами зростання захворюваності кліщовим енцефалітом називають також антропогенну трансформацію природних ландшафтів, тобто освоєння лісових масивів під дачні ділянки, більш частий виїзд місцевих жителів «на природу» для відпочинку, збору грибів, ягід тощо – утворення антропургічних осередків, в яких у циркуляції вірусу беруть участь і домашні тварини [53].

Сучасна епідеміологічна ситуація характеризується значним зростанням кількості укушених кліщем і зростанням захворюваності на кліщовий енцефаліт у деяких регіонах (рис. 5.11). Одною з провідних причин цього називають зміну клімату, а точніше його потепління та зволоження [54]. Так у Росії у 1956 році було зареєстровано 5163 випадки захворювання на кліщовий енцефаліт, а у 1996 році – вже 10298 випадків.

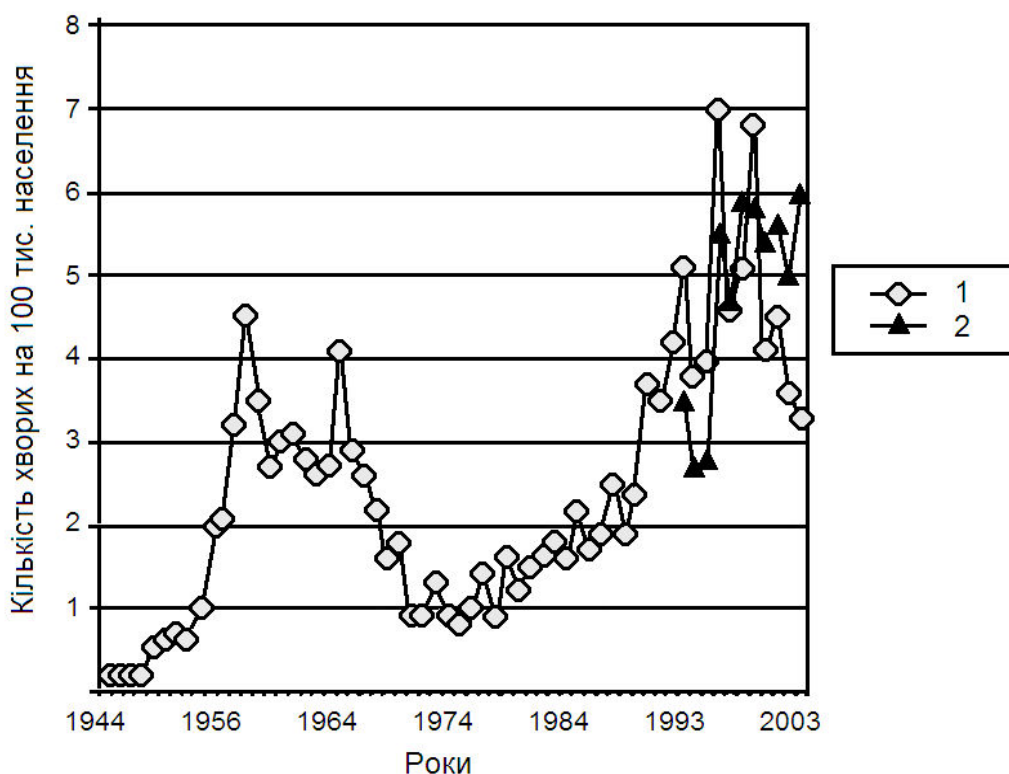


Рисунок 5.11 – Захворюваність кліщовим енцефалітом (1) та іксодовим кліщовим борреліозом (2) у Росії у 1944-2003 рр. (Злобін та інші, 2004)

Підвищення температури сприяло зміщенню межі розповсюдження переносників кліщового енцефаліту на північний схід Європейської території Росії та Сибіру і розширило період їх активності [55].

У деяких європейських країнах (Чехія, Швеція) вже відбулось переміщення кліщового ареалу на північ. Японські дослідники показали, що підвищення зимових температур на 5°C призвело до поширення ареалу переносників кліщового енцефаліту на північ. Проте, як вже зазначалось, можливо, ці явища зумовлені й іншими факторами, тому що осередки природних інфекцій відрізняються значною стійкістю.

В Україні місцеві випадки кліщового енцефаліту серед людей реєструються майже щорічно в АР Крим і Волинській області. За останні п'ять років випадки захворюваності реєструються спорадично [56].

Друге захворювання, також пов'язане з кліщом – хворобу Лайма (іксодові кліщові бореліози) у Росії почали офіційно реєструвати з 1992 року. З того часу захворюваність зростає майже вдвічі з 3,5 до 6 випадків на 100 тис. населення (рис. 5.11). Ця хвороба переміщується у більш північні широти і на височини відповідно до переміщення кліщів.

У деяких регіонах України, наприклад у Харківській області, також збільшилась кількість кліщів, які переносять збудників хвороби Лайма і заражають людей при укусі. За інформацією Харківської обласної санітарно-епідеміологічної станції, за перше півріччя 2012 року лабораторією відділу особливо небезпечних інфекцій Харківської обласної СЕС досліджено 965 іксодових кліщів, зібраних на території області у природі, з тварин і людей. Отримано 164 позитивних результати (17 %), інфікованість кліщів, видалених з людей, становить 24,1 %. Це вище показників аналогічного періоду минулого року, коли зараженість всіх кліщів бореліями становила 14,7 %, знятих з людей – 20,6 %. Крім того, у поточному році зафіксована у 1,5 рази більша зараженість кліщів, зібраних у природі (10,9 % проти 6,9 %) [57].

Ще одне інфекційне захворювання – західно-нильський енцефаліт або лихоманка Західного Нилу (ЛЗН), який характеризується лихоманкою, запаленням мозкових оболонок. Причиною цього захворювання є зараження вірусом Західного Нилу, що відбувається при укусі інфікованими комарами. Даний вірус є одним з найпоширеніших представників флавівірусів і зустрічається переважно в Африці, Південній Європі та Азії. Проте в останні роки спорадичні випадки і спалахи ЛЗН стали все частіше реєструватись у людини і тварин у Європі (у Західному Середземномор'ї та південних областях Росії – у 1962-1964 рр., у Білорусії та в Україні – у 1970-1980 рр., у Румунії – у 1996-1997 рр., у Словачії – у 1997 р. і Італії – у 1998 р.) [58]. У 1999 р. з'явилися перші повідомлення про виявлення вірусу на території США [59].

В Україні у 2012 році ЛЗН було виявлено у 70 населених пунктах 18 регіонів. Про це сповістив перший заступник Голови Державної санітарно-

епідеміологічної служби України О. Кравчук. За період з 2006 по 2011 роки зареєстровано 44 випадки захворювань ЛЗН: у Запорізькій області – 29, Донецькій — 10, Миколаївській — 2, Херсонській, Полтавській, Харківській – по одному [60].

У Росії зареєстровано більше 300 випадків захворювань на лихоманку Західного Нілу. Часті випадки виявлення цієї хвороби зафіксовано і в інших сусідніх з Україною країнах, зокрема у Румунії. Взагалі в Європі зареєстровано 115 випадків таких захворювань [61].

У нашій країні зустрічаються лише дві нозологічні форми: геморагічна лихоманка з нирковим синдромом і кримська лихоманка. В останні роки виявлено ідентичні захворювання у різних географічних зонах світу – в Аргентині, Болівії, Індії, Тайланді, на Філіппінах та в інших країнах. Вони зустрічаються у вигляді спорадичних захворювань і рідше у вигляді епідемічних спалахів, які виникають в умовах певного ландшафту (лісистої або степової місцевості, тайга). Найбільш поширена геморагічна лихоманка з нирковим синдромом, природні осередки якої виявлено у Росії (Тульській, Ярославській, Володимирській, Костромській, Ростовській областях), в Україні (Закарпатській, Івано-Франківській, Харківській областях), а також у багатьох країнах Європи, де ця хвороба здавна відома під назвою епідемічної нефропатії. Слід зазначити, що з середини 1980-х рр. кількість захворювань на цю хворобу у Росії зросла більше ніж у 3 рази. Припускається, що одною з причин даного факту є підвищення температури і кількості опадів у помірних широтах Європи. Спорадичні випадки захворювання зустрічаються у південних областях Росії, України, Молдові, Середній Азії, на півдні Казахстану, а також в інших країнах Європи, Азії та Африки [62].

Зараження геморагічною лихоманкою з нирковим синдромом відбувається при контакті людей з гризунами або предметами, забрудненими їх виділеннями. У передачі кримської лихоманки основна роль належить кліщам. Захворюваність визначається сезонністю поширення. Ендемічні осередки кримської лихоманки розташовані у південних районах європейської частини Росії, в Україні (Кримський п-ів, Луганська область), півдні Західної Європи (Болгарія, Сербія, Хорватія, Словенія, Греція тощо), у країнах Близького Сходу, Центральній Азії, Китаї, Африці (на південь від Сахари – Кенія, Конго, Нігерія, Уганда тощо).

До речі, окремі випадки цього захворювання трапляються в Одеській та Херсонській областях України.

В останні роки у Росії стала зростати захворюваність на малярію в основному через «завезені випадки» і контакти з приїжджими з азіатських країн (рис. 5.12).

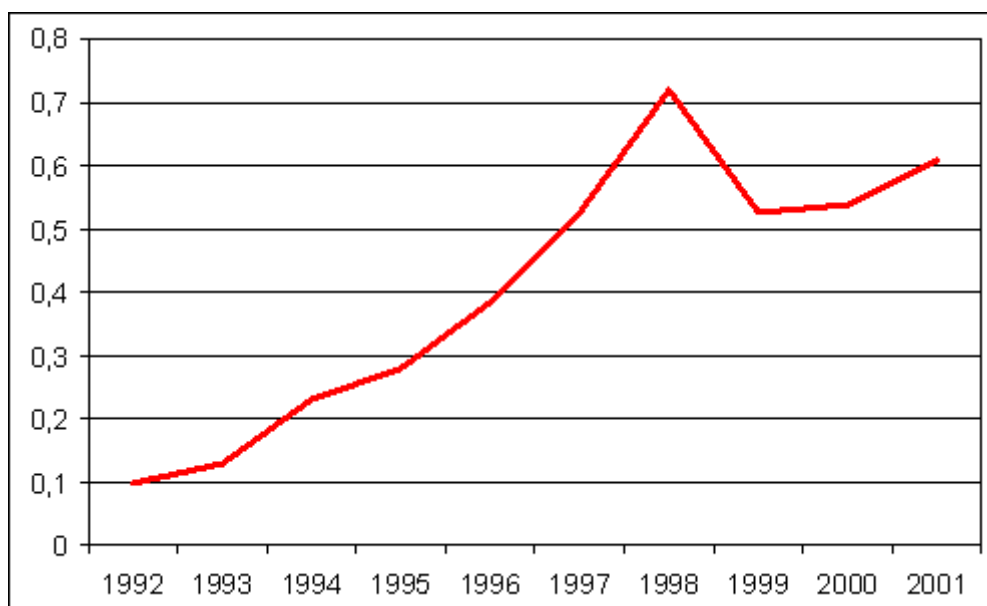


Рисунок 5.12 – Захворюваність на малярію у Росії (кількість випадків на 100 тисяч) (Семенов С.М. и др., 2002)

Територія Росії за ризиком виникнення малярії ділиться на 4 зони – від найбільш зараженого півдня до найменш зараженої півночі. При подальшому потеплінні клімату відбудеться збільшення територій помірного і стійкого ризику передачі цієї хвороби. За останні три десятиліття триденна малярія поширилась на південну частину Євенкійського автономного округу, деякі райони Красноярського краю, Якутії та Далекого Сходу, але одночасно з цим відбулось і скорочення деяких сприятливих для розмноження комарів територій [63].

Здобуті за допомогою моделей прогнози вказують на те, що географічна зона потенціального розповсюдження малярії пошириться через зростання середньої глобальної температури згідно з верхньою межею прогнозованого МГЕЗК діапазону (3-5 °С до 2100 р.), що призведе до другої половини наступного століття до збільшення частки населення світу, якому буде загрожувати малярія, з приблизно 45 % до приблизно 60 %. В районах, де малярія вже зараз є поширеним захворюванням, може спостерігатись активізація передачі хвороби (майже 50-80 млн додаткових випадків на рік відносно оціночного глобального фону в цілому у 500 млн випадків). Через підвищення температури і збільшення кількості повеней може також спостерігатись і деяке зростання захворюваності на нетрансмісивні інфекційні хвороби, такі як сальмонельоз, холера і лямбліоз. Проте дати кількісне визначення прогнозованих впливів на здоров'я людини доволі важко, оскільки масштаб викликаних зміною клімату порушень здоров'я залежить і від інших факторів, таких, як міграція населення, забезпечення чистим навколишнім середовищем у містах, покращення харчування, збільшення запасів питної води, покращення санітарних умов, масштаби

заходів по боротьбі з переносниками хвороб, зміни в опірності інсектицидам організмів-переносників хвороб і забезпечення більш широкого доступу до послуг охорони здоров'я. Здоров'я людини уразливе до впливів змін клімату, особливо у міських районах, де просторове регулювання може бути обмежене, а також у районах, де зараження трансмісивними хворобами може збільшитись, надання медичних послуг та іншого базисного обслуговування, наприклад, забезпечення санітарії, залишається недостатнім.

Таким чином, багато смертельно небезпечних хвороб, які передаються через воду і забруднені продукти харчування, а також комахами-переносниками, дуже чутливі до кліматичних і екстремальних погодних умов. Кліматичні зміни загрожують уповільнити, зупинити або повернути назад прогрес, досягнутий відносно багатьох з цих хвороб. Тому зміни клімату ставлять нові задачі в боротьбі з інфекційними хворобами, які потрібно обов'язково розв'язати людству для того, щоб вижити в тих умовах, що склались.

### **5.3 Прогностичні оцінки показників дискомфорності клімату у теплу пору року**

#### **5.3.1 Деякі сюжетні лінії сценаріїв SRES і характеристика вихідних даних**

У четвертій доповіді МГЕЗК зазначено, що починаючи з 1970-их років спостерігаються значні зміни в екстремальних погодних і кліматичних явищах (складової процесу потепління кліматичної системи). До них належать: збільшення частоти жарких днів та ночей, а також хвиль тепла; менша кількість холодних днів і ночей та зменшення кількості морозних днів; частіші інтенсивні опади; інтенсивніші засухи, площа яких збільшується; зростання активності тропічних циклонів у Північній Атлантиці за збільшення екстремально високих температур і зниження частоти екстремально низьких температур. Крім того, вони показали, що ці тенденції знаходяться у відповідності з очікуваним відгуком на збільшення парникових газів і аерозолів антропогенного походження на великих просторових масштабах [2, 64].

Тому прогноз еволюції кліматичної системи є одною з найважливіших і найскладніших задач її дослідження. Через недостатній рівень наукових знань про ступінь та фізичні механізми впливу тих чи інших кліматоутворювальних факторів на кліматичну систему на різних масштабах часу, про взаємозв'язки між різними компонентами кліматичної системи у прогнозах щодо майбутніх змін стану глобальної кліматичної системи існує досить велика невизначеність.

Слід нагадати, що методологія нинішнього кліматичного прогнозу ґрунтується на уявленні про те, що сучасні зміни клімату багато в чому визначаються антропогенними факторами. Тому кліматичний прогноз розвивається відповідно до сценаріїв майбутніх змін вмісту в атмосфері парникових газів і тропосферних аерозолей, різних забруднюючих агентів за рахунок розвитку енергетики, промисловості та землекористування. Ці сценарії по суті своїй представляють експертні оцінки, будуються на основі демографічних прогнозів, оцінок імовірного економічного зростання, темпів споживання викопного палива.

Міжнародна група експертів по зміні клімату розробила довгострокові сценарії емісії парникових газів і аерозолів у XXI столітті, які опубліковано у Спеціальній доповіді про сценарії викидів у 2000 році. Загальна кількість сценаріїв SRES (Спеціальна доповідь зі сценаріїв викидів) становить 40, і всі вони об'єднані у чотири основні сюжетні лінії – A1, A2, B1 та B2. Еволюція концентрацій різних парникових газів в атмосфері ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  тощо) протягом XXI століття визначалась за допомогою сучасних фотохімічних і вуглецевих моделей.

У нашому дослідженні використовувались результати моделювання за сценаріями A1B (рівновага між викопними і невикопними (альтернативними) видами палива) та A2 («найгірший сюжет» або «жорсткий»).

За сценарієм A1B до 2100 року концентрація основних парникових газів в атмосфері зростає в атмосфері порівняно з 1990 роком, взятим за базовий:  $\text{CO}_2$  – у 2,03,  $\text{CH}_4$  – у 1,16 і  $\text{N}_2\text{O}$  – у 1,21 рази. Зазначимо, що згідно з [1] концентрація основних парникових газів в атмосфері становила у 1990 році:  $\text{CO}_2$  – 353 млн<sup>-1</sup>,  $\text{CH}_4$  – 1700 млрд<sup>-1</sup>,  $\text{N}_2\text{O}$  – 308 млрд<sup>-1</sup>. Сюжетна лінія A1 описує майбутній світ, який характеризується швидким економічним зростанням і збільшенням чисельності населення Землі, причому показники його досягають максимальних значень у середині XXI століття з подальшим зменшенням, а також швидким впровадженням нових і більш ефективних технологій. Відбувається поступова інтеграція регіонів, створення потенціалу і активізації культурних і соціальних взаємозв'язків при значному зменшенні регіональних розбіжностей у доходах на душу населення.

За сюжетною лінією A2 розвиток світу відбувається при збереженні місцевої самобутності і опори на власні природні ресурси, а також при постійному зростанні загальної чисельності населення у світі. Економічний розвиток має регіональну спрямованість, а економічне зростання у розрахунку на душу населення і технологічні зміни більш фрагментарні і відбуваються повільніше порівняно з іншими сюжетними лініями. У результаті такого розвитку очікується значне зростання концентрації основних парникових газів в атмосфері. До 2100 року концентрація основних парникових газів в атмосфері зростає порівняно з 1990 роком:  $\text{CO}_2$  – у 2,42,  $\text{CH}_4$  – у 2,19 і  $\text{N}_2\text{O}$  – у 1,45 рази. У середині XXI століття прогнозується підвищення температури по відношенню до сучасного десятиліття для A2 від

0,8 до 1,6°C з усередненим значенням  $1,2 \pm 0,3^\circ\text{C}$ . У подальшому в основному збережеться тенденція до зростання середньої річної температури повітря.

Зазначимо, що за підсумками Четвертої доповіді МГЕЗК, Україна не входить у перелік найбільш уразливих до глобального потепління регіонів нашої планети, але потепління відчутне вже й на її території.

Для прогнозування наслідків змін клімату в якості базових періодів фахівці по змінах клімату часто вибирають періоди від теперішнього часу до 2050 року і до 2100 року. Проте є доцільним оцінювати потенціальні наслідки як у короткостроковій (на найближчі 10-20 років), так і у довгостроковій перспективі (до 2050 року). Акцент на короткострокову перспективу дозволяє мати актуальну інформацію в межах часового періоду планування, звичайного для органів охорони здоров'я. Друга ж потреба є в тому, щоб вийти за рамки найближчого майбутнього і заглянути далі, щоб можна було виробити усеосяжні заходи адаптації.

Нами досліджено часову зміну та просторовий розподіл кількості жарких днів в окремі місяці (квітень-жовтень), суми таких днів за всі вказані місяці і за літній сезон, а також розглядалися їх часові зміни від першого періоду (1986-2005 рр.) до другого (2011-2030 рр.), від другого до третього (2031-2050 рр.) та від першого до третього на двадцяти двох станціях України на основі даних для двох згаданих сценаріїв. Крім того, вивчався характер розподілу по території і у часі кількості днів з середньою добовою температурою повітря вище  $25^\circ\text{C}$ .

### 5.3.2. Динаміка жарких днів на території України

Характеристикою термічних умов місцевості у літній час є так звані жаркі дні. У біокліматології існують методи оцінки жаркої погоди. Як вже згадувалось, така погода викликає негативні реакції в організмі людини, пов'язані з порушенням терморегуляції. Жарким вважається день, коли максимальна температура повітря  $> 25^\circ\text{C}$ .

В Україні влітку і навіть у перехідні сезони часто формуються умови для підвищення температури до таких значень. Висока температура може встановитись під час надходження сухого континентального повітря помірних широт або тропічного повітря з Нижнього Поволжжя і Середньої Азії. Істотне підвищення температури може відбутись і у малорухомих термічних депресіях, які виникають внаслідок інтенсивного нагрівання повітря, а також у відрогах і часткових антициклонах Азорського максимуму, які поширюються на територію нашої країни із заходу [65].

У Додатку (табл. В.1-В.6) наведено кількість жарких днів для трьох досліджуваних 20-річних періодів помісячно з квітня по жовтень для двадцяти двох станцій, а також суму їх за цей період на основі модельних рядів за двома згаданими сценаріями. Результати підрахунків показують, що

жаркі дні на всій території країни відмічаються зазвичай з травня по вересень, але іноді вони спостерігаються у квітні та жовтні. Причому їх кількість за даними сценарію А1В суттєво перевищує цей показник за даними сценарію А2. Найбільша повторюваність максимальної за добу температури повітря вище 25 °С припадає на липень-серпень.

На рис. 5.13-5.18 представлено просторовий розподіл середньої за рік кількості жарких днів за двома сценаріями, з яких видно, що характер розподілу ізоліній на них схожий. Середня кількість жарких днів за рік зростає з півночі країни на південь: від 27-28 днів (Сарни, Щорс) до 91 (Сарата) за 1986-2005 рр.; від 35-38 днів (Сарни, Щорс) до 100 (Сарата) за 2011-2030 рр.; від 34-36 днів (Сарни, Щорс) до 107 за 2031-2050 рр. згідно сценарію А1В. За сценарієм А2 кількість таких днів менша і коливається у межах відповідно: 10-15 днів (Щорс, Сарни) – 74-75 (Джанкой, Сарата); 14-15 днів (Щорс, Сарни) – 74-75 (Сарата, Джанкой); 13-16 днів (Щорс, Сарни) – 86 (Сарата, Джанкой). Саме за цим «жорстким» сценарієм очікується у середньому найменше підвищення температури майже для всієї України.

Відомо, що просторово-часовий розподіл кількості жарких днів залежить від радіаційних умов, циркуляції атмосфери і характеру підстильної поверхні, які визначаються широтою місцевості, ступенем континентальності і макрорельєфом, а також місцевими фізико-географічними умовами.

На рис. 5.19-5.24 і В.1-В.6 представлено зміни річної суми жарких днів (за 20 років) від першого періоду до другого (II-I), від другого до третього (III-II) і від першого до третього (III-I) для обох сценаріїв. Характер зміни річної суми жарких днів (II-I) відрізняється від (III-II) і (III-I) за обома сценаріями. З рис. В.1 і В.4 випливає, що максимальні значення додатних різниць (II-I) спостерігаються у західних і східних областях (сценарій А1В) та у східних (сценарій А2), а мінімальні – на південному сході і південному заході країни (А1В); на заході і південному заході взагалі очікується зменшення жарких днів (А 2). Зміни, визначені за сценарієм А1В перебільшують зміни, розраховані за сценарієм А.2 у 2-3 рази.

Від другого до третього періоду кількість літніх жарких днів зменшиться за винятком південних і центральних областей (сценарій А1В), згідно А2: буде зростати в основному з півночі на південь.

Від першого до третього періоду за обома сценаріями кількість жарких днів майже на всій території України підвищиться: максимально на півдні і південному сході (сценарій А2), на південному заході і сході за сценарієм А1В).



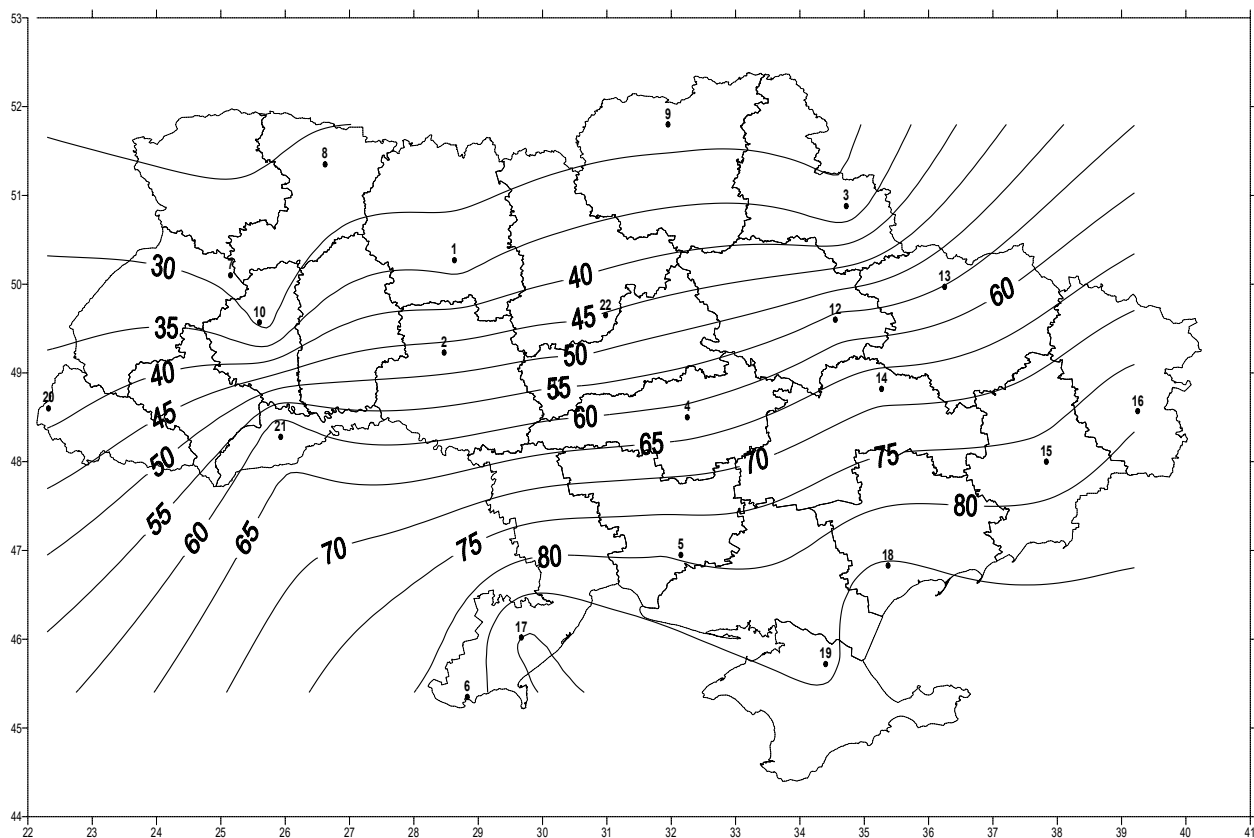


Рисунок 5.13 – Середня кількість жарких днів. Рік. 1986-2005 рр.  
(сценарій А1В)

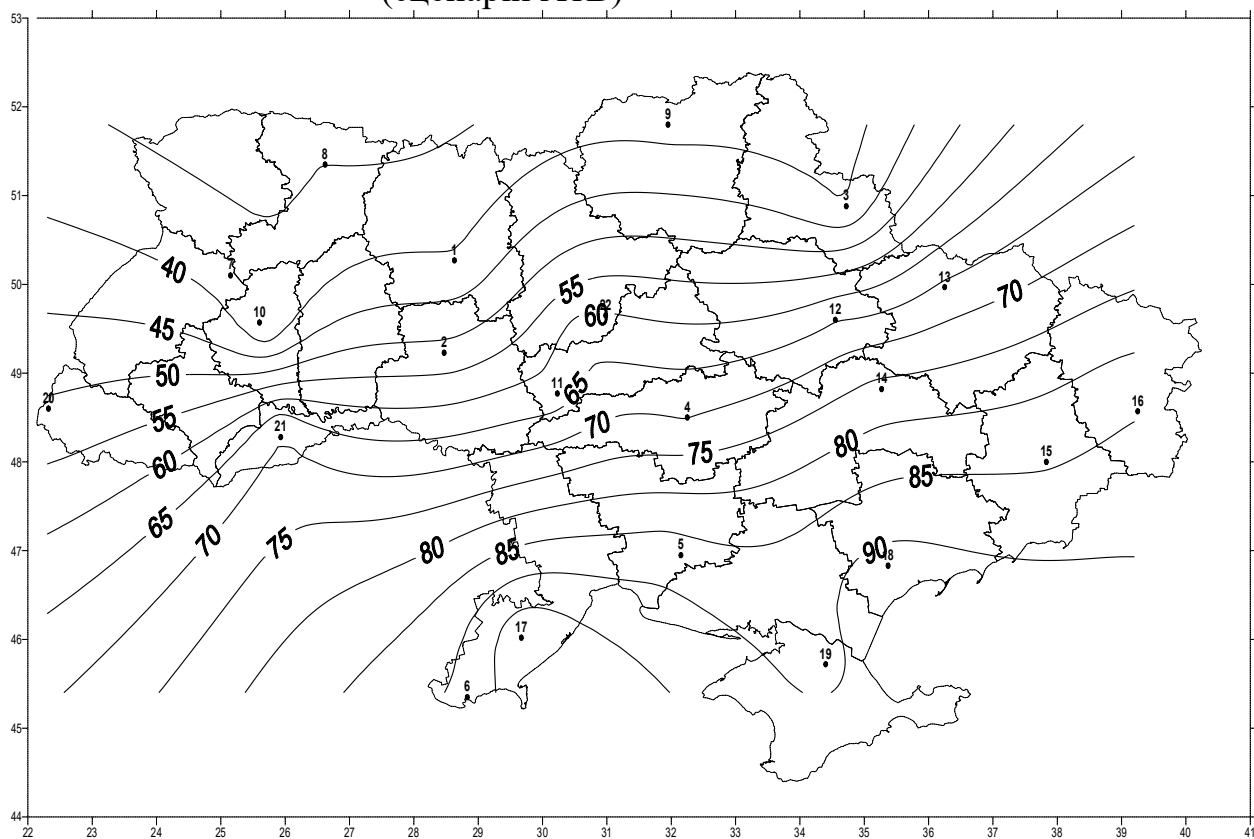


Рисунок 5.14 – Середня кількість жарких днів. Рік. 2011-2030 рр.  
(сценарій А1В)

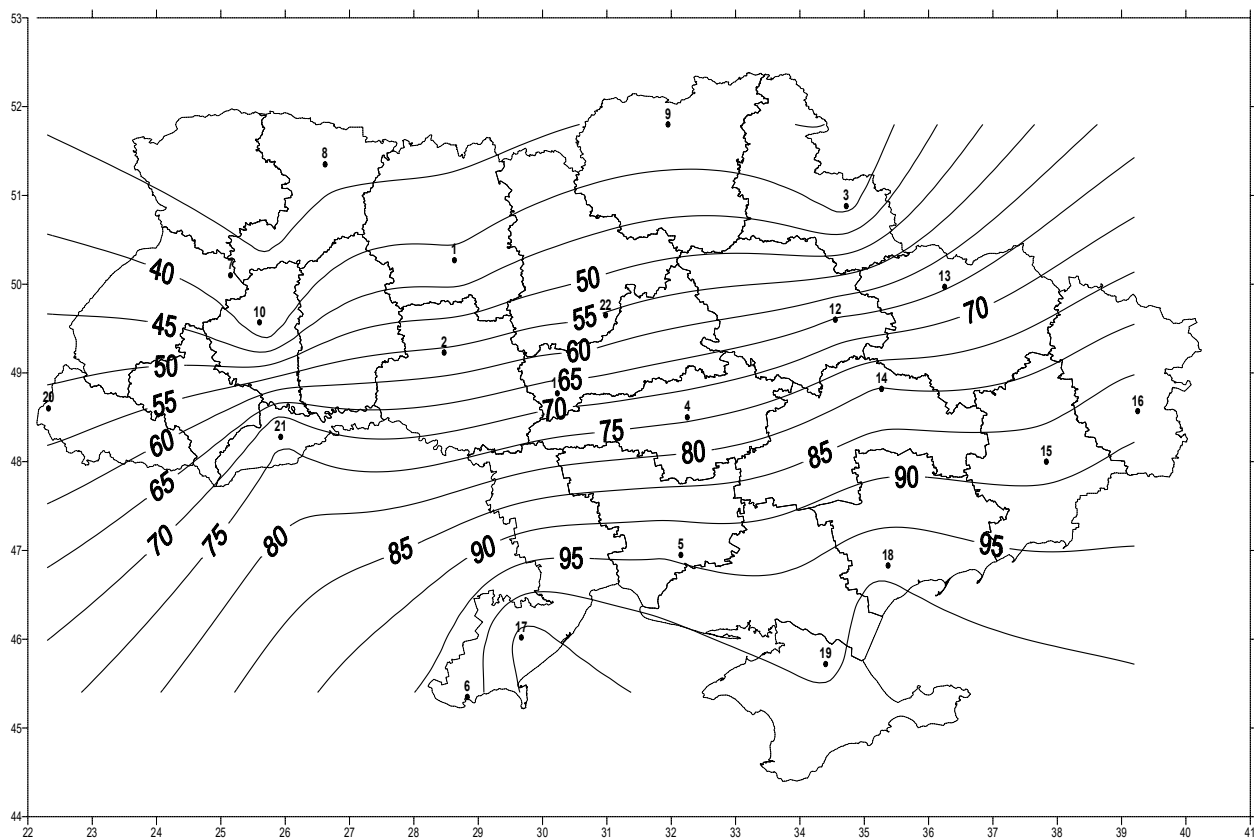


Рисунок 5.15 – Середня кількість жарких днів. Рік. 2031-2050 рр.  
(сценарій A1B)

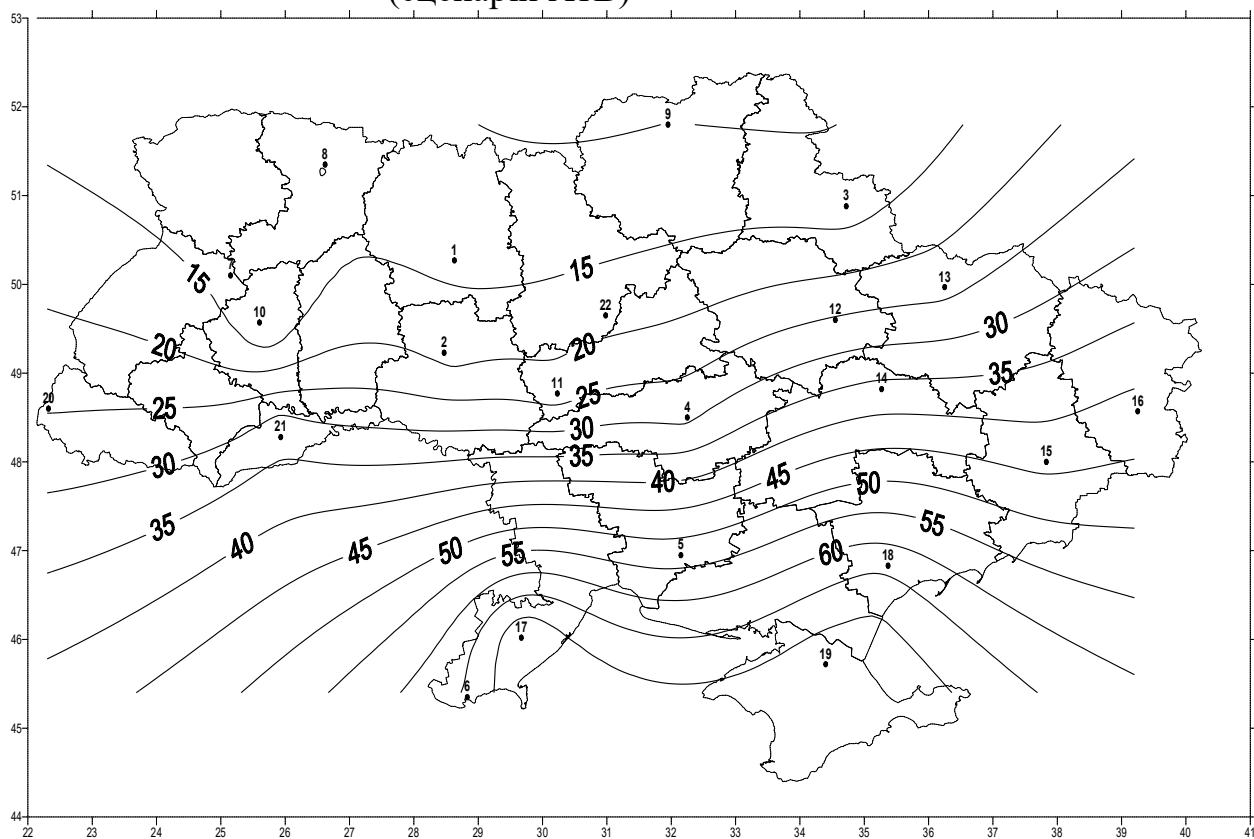


Рисунок 5.16 – Середня кількість жарких днів. Рік. 1986-2005 рр.  
(сценарій A2)

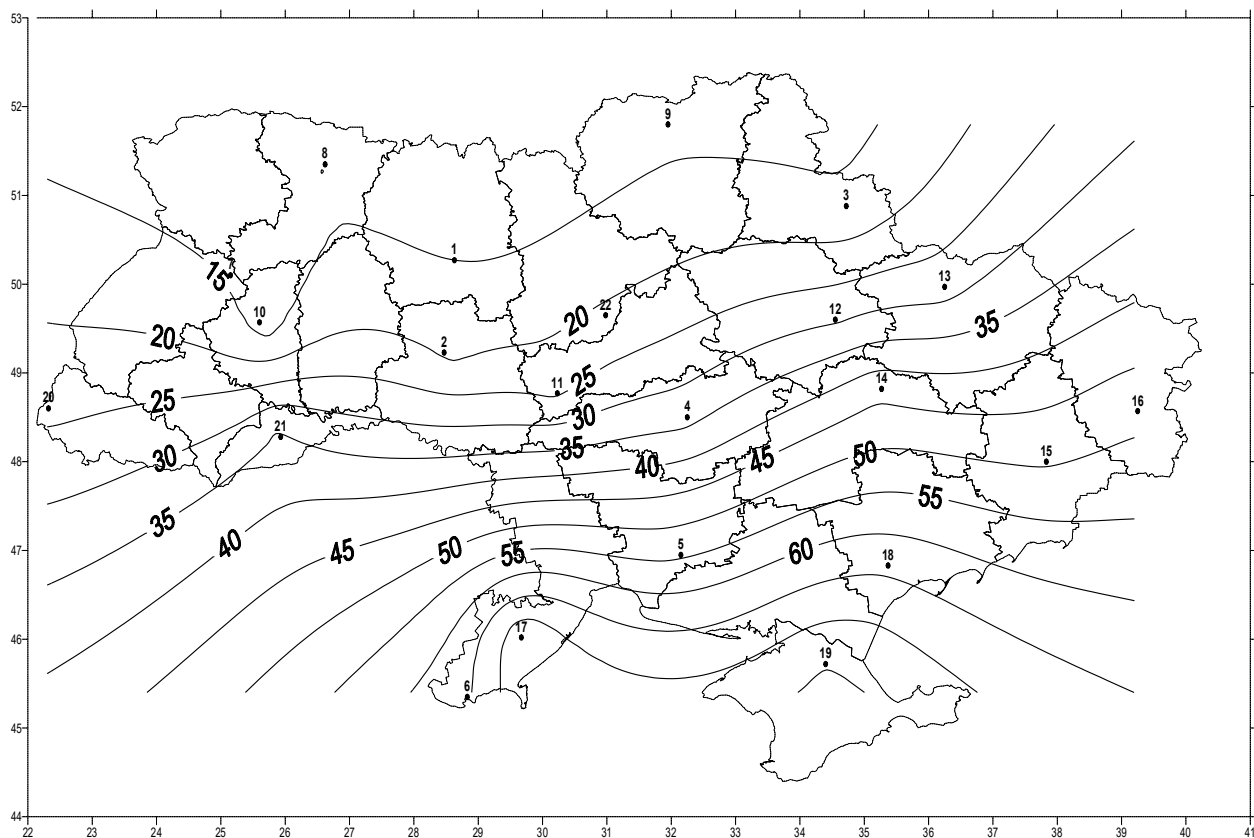


Рисунок 5.17 – Середня кількість жарких днів. Рік. 2011-2030 рр.  
(сценарій А2)

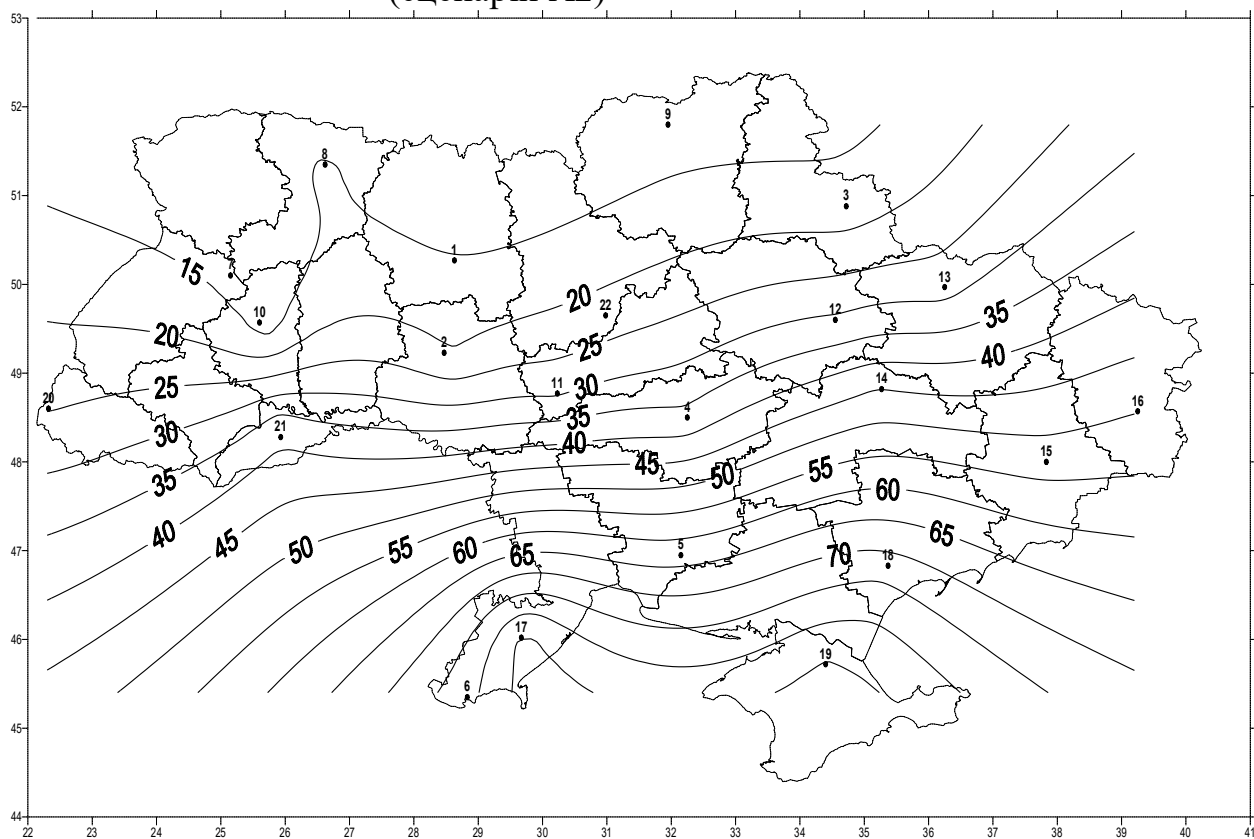


Рисунок 5.18 – Середня кількість жарких днів. Рік. 2031-2050 рр.  
(сценарій А2)

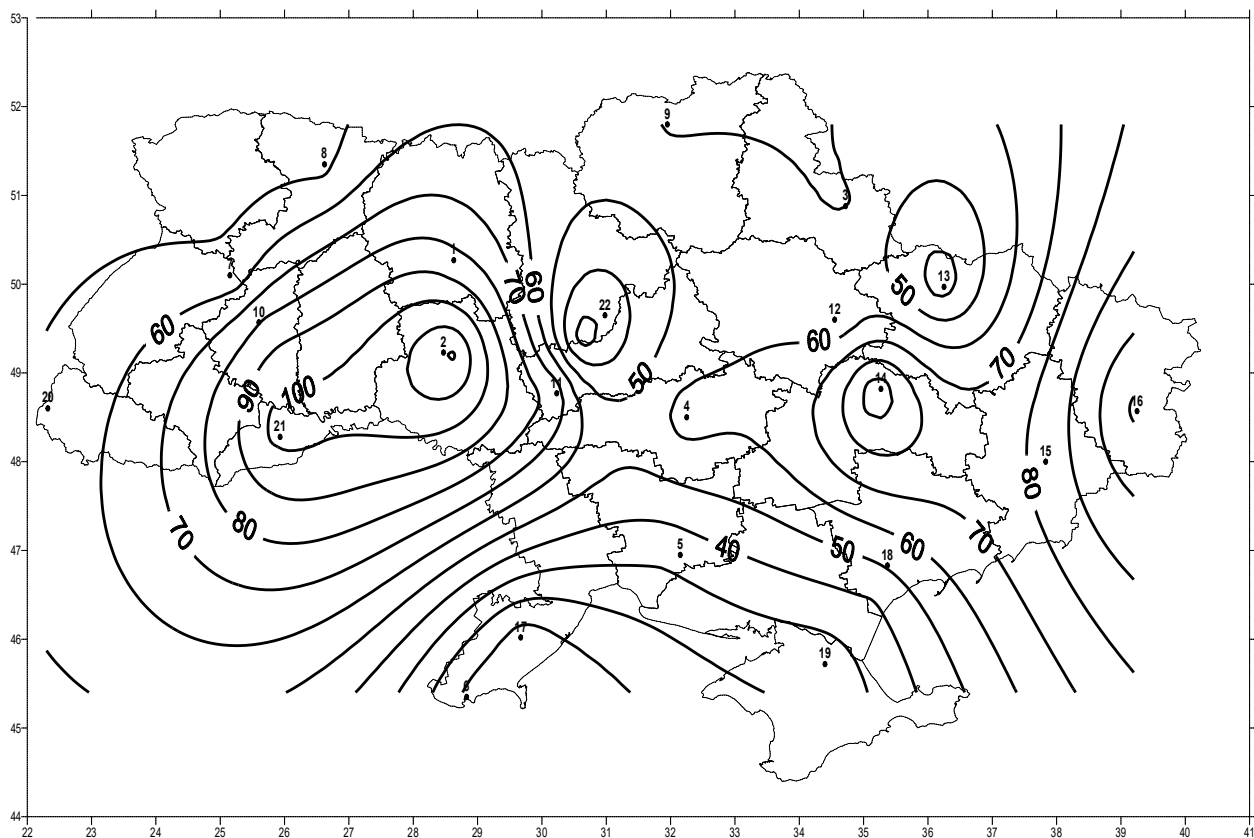


Рисунок 5.19 – Зміни суми (літо) жарких днів від першого періоду до другого (сценарій A1B)

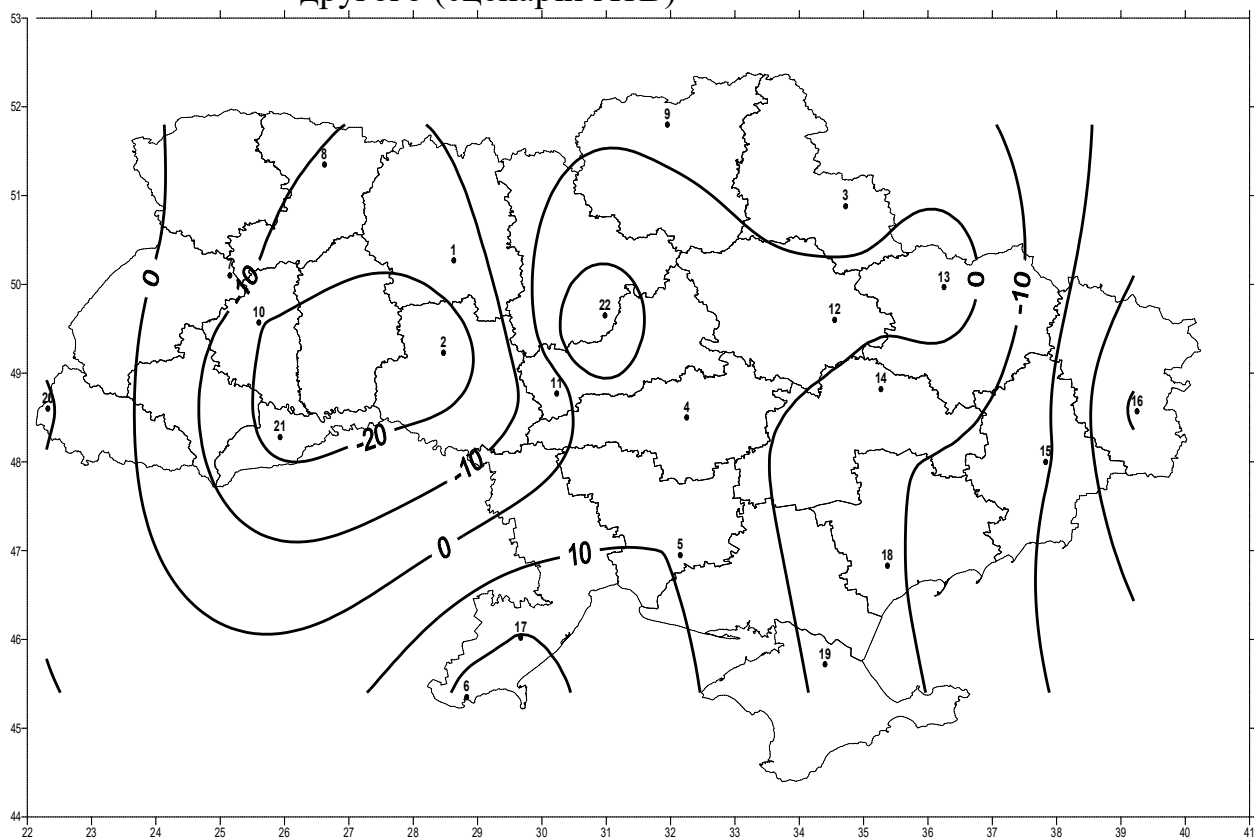


Рисунок 5.20 – Зміни суми (літо) жарких днів від другого періоду до третього (сценарій A1B)

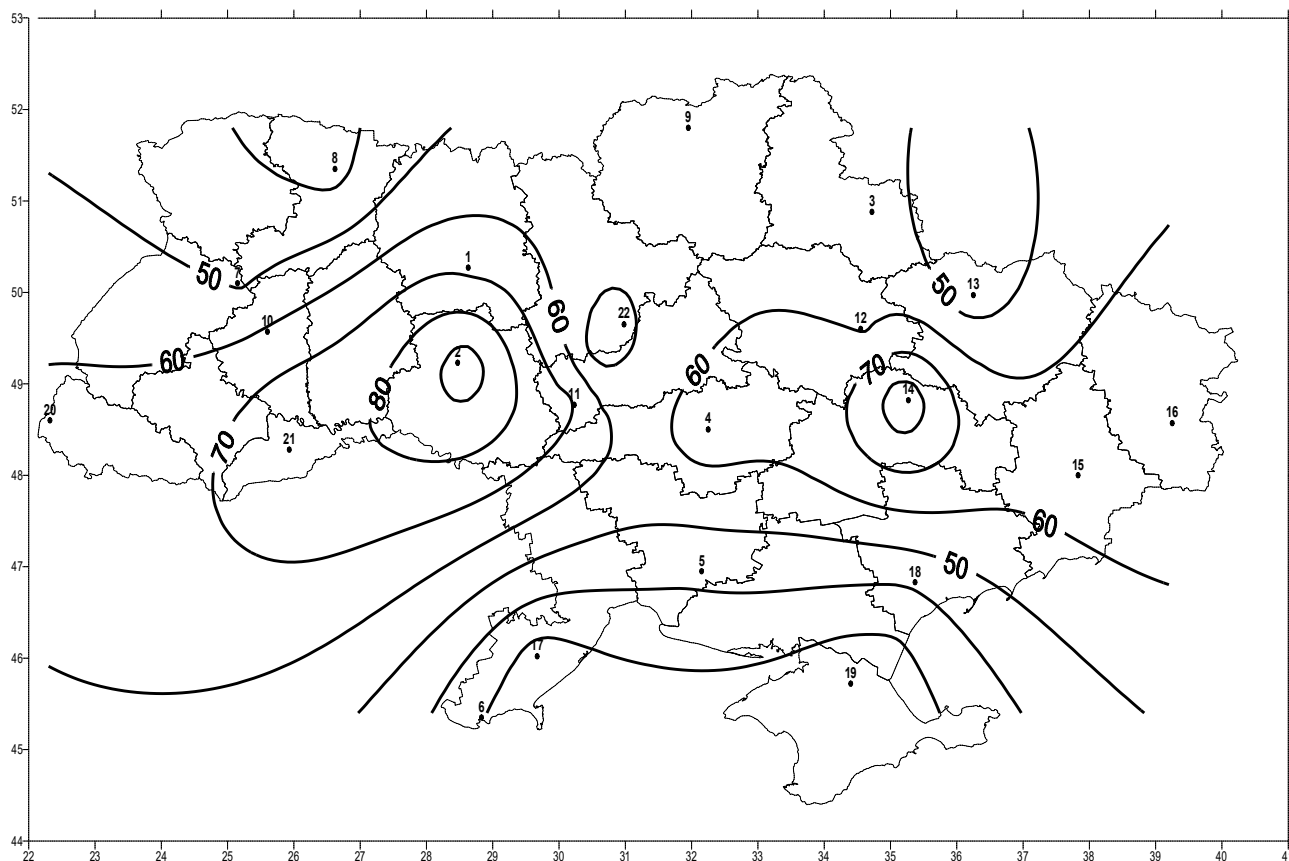


Рисунок 5.21– Зміни суми (літо) жарких днів від першого періоду до третього (сценарій A1B)

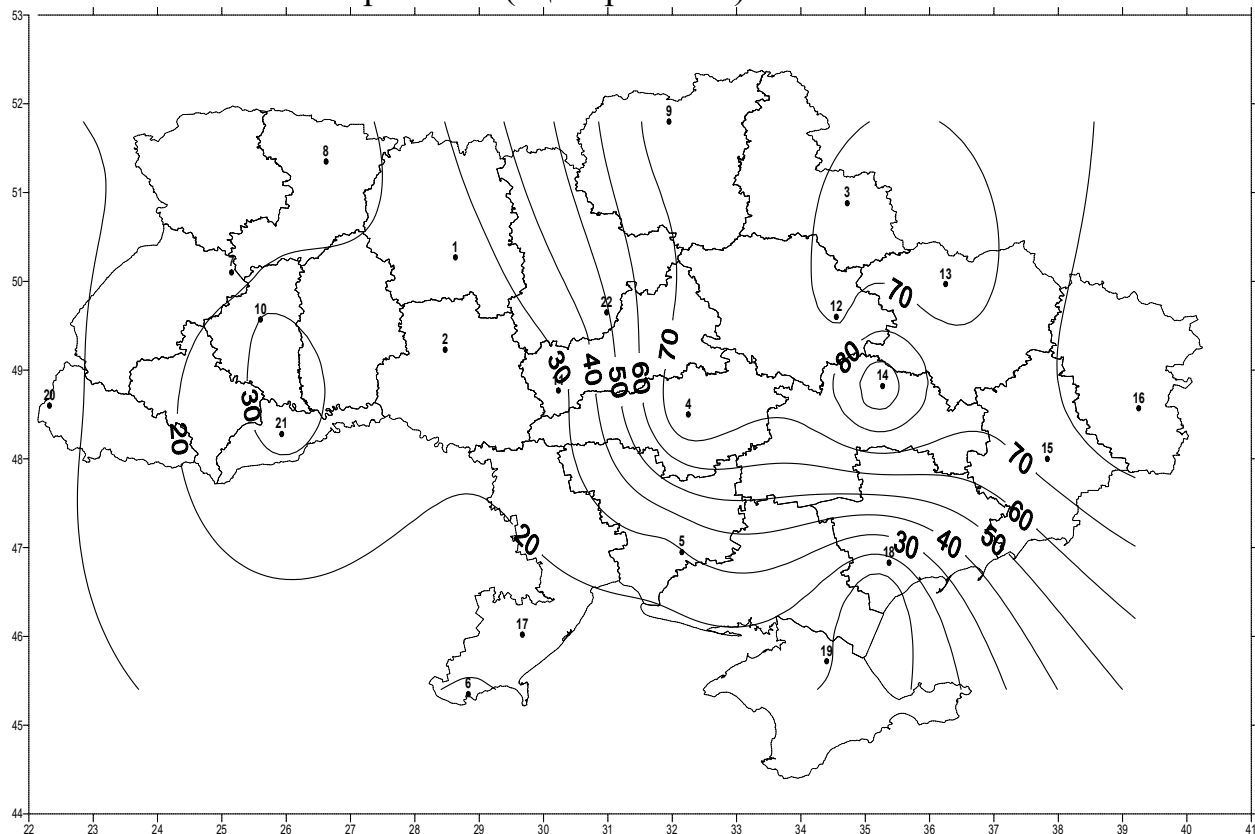


Рисунок 5.22 – Зміни суми (літо) жарких днів від першого періоду до другого (сценарій A2)

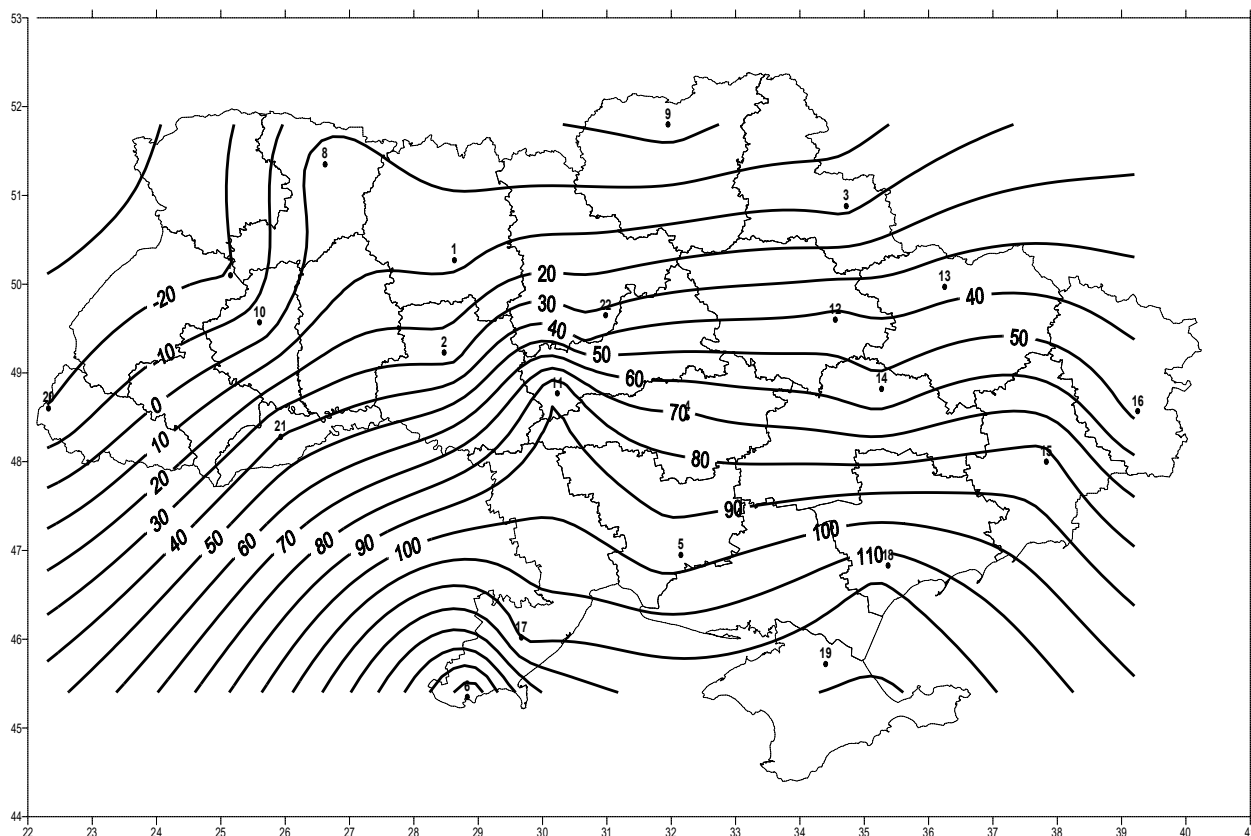


Рисунок 5.23 – Зміни суми (літо) жарких днів від другого періоду до третього (сценарій А2)

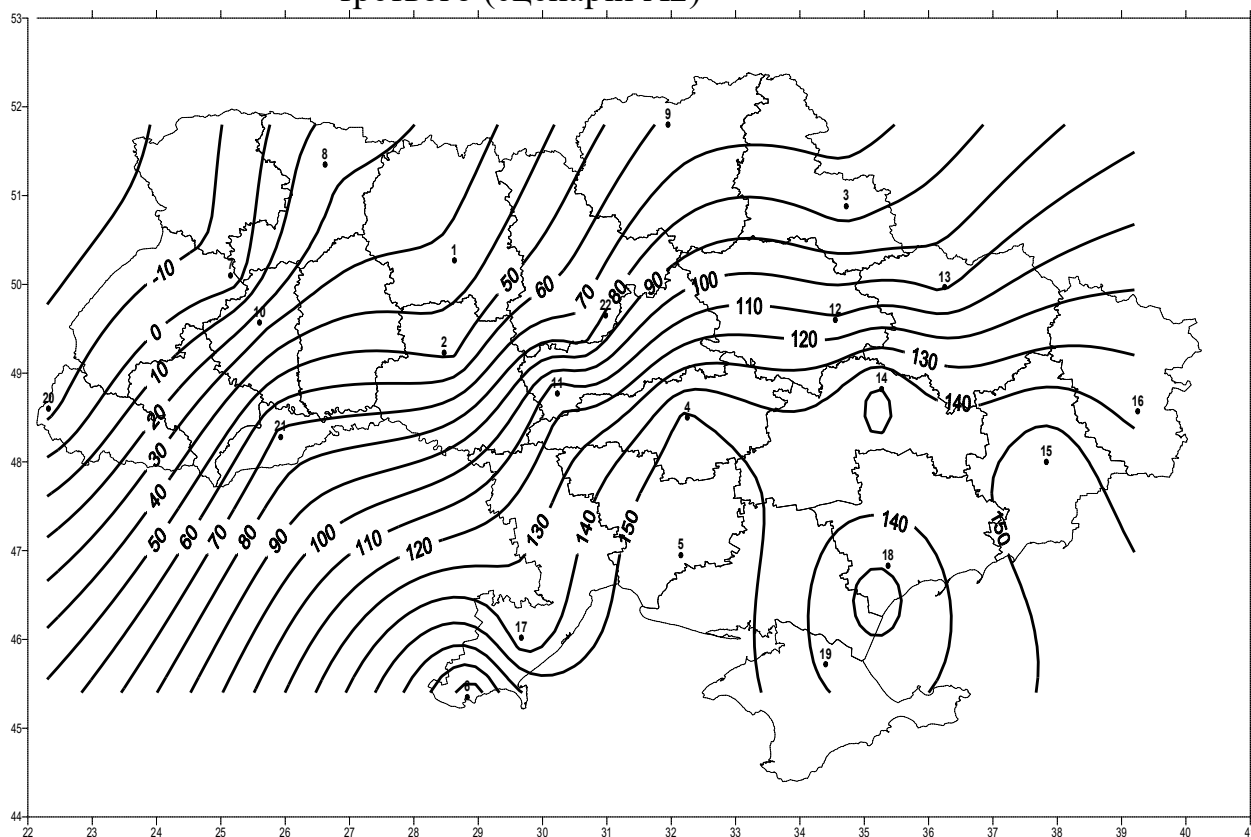


Рисунок 5.24 – Зміни суми (літо) жарких днів від першого періоду до третього (сценарій А2)

Середню багаторічну повторюваність жарких днів в окремі місяці літнього сезону наведено на рис. 5.25-5.30 і Додатку (рис. В.13 – В.18, В.25 – В.30). Ізолінії повторюваностей в основному орієнтовані з південного заходу на північний схід, тобто цей показник зростатиме з північного заходу на південь і південний схід. Це зумовлено впливом на формування високої температури складових теплового балансу, синоптичних процесів, підстильної поверхні тощо. У липні зазвичай спостерігається найбільша кількість жарких днів. Так за період 2031-2050 рр. максимум їх буде в районі Причорноморської низовини і становитиме до 95 % від загальної кількості днів у місяці, тобто 29 днів (за сценарієм А1В) і до 86 % (27 днів) за сценарієм А2; мінімум відповідно 38 % (12 днів) і 12 % (4 дні) у Поліссі.

У червні і серпні повторюваність жарких днів зростає з півночі на південь.

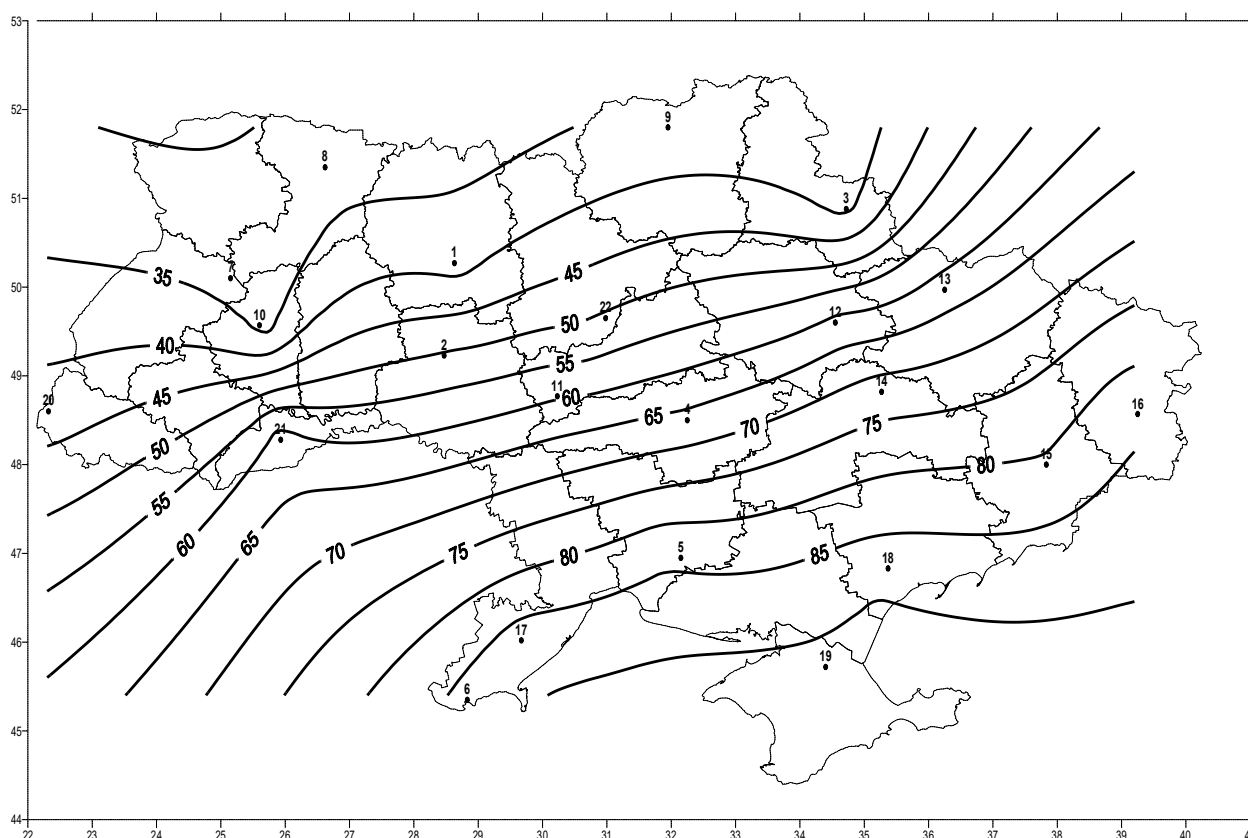


Рисунок 5.25 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Липень. 1986-2005 рр. (сценарій А1В)

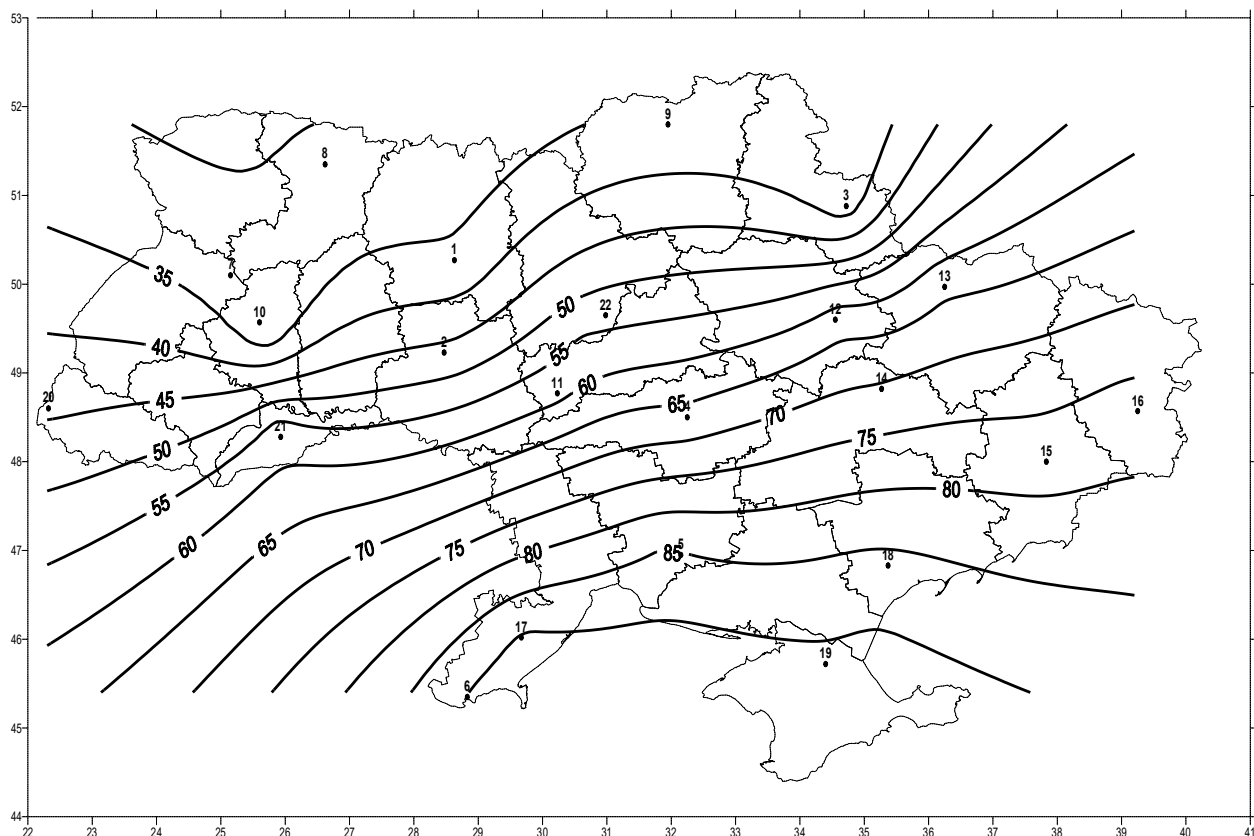


Рисунок 5.26 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Липень. 2011-2030 рр. (сценарій А1В)

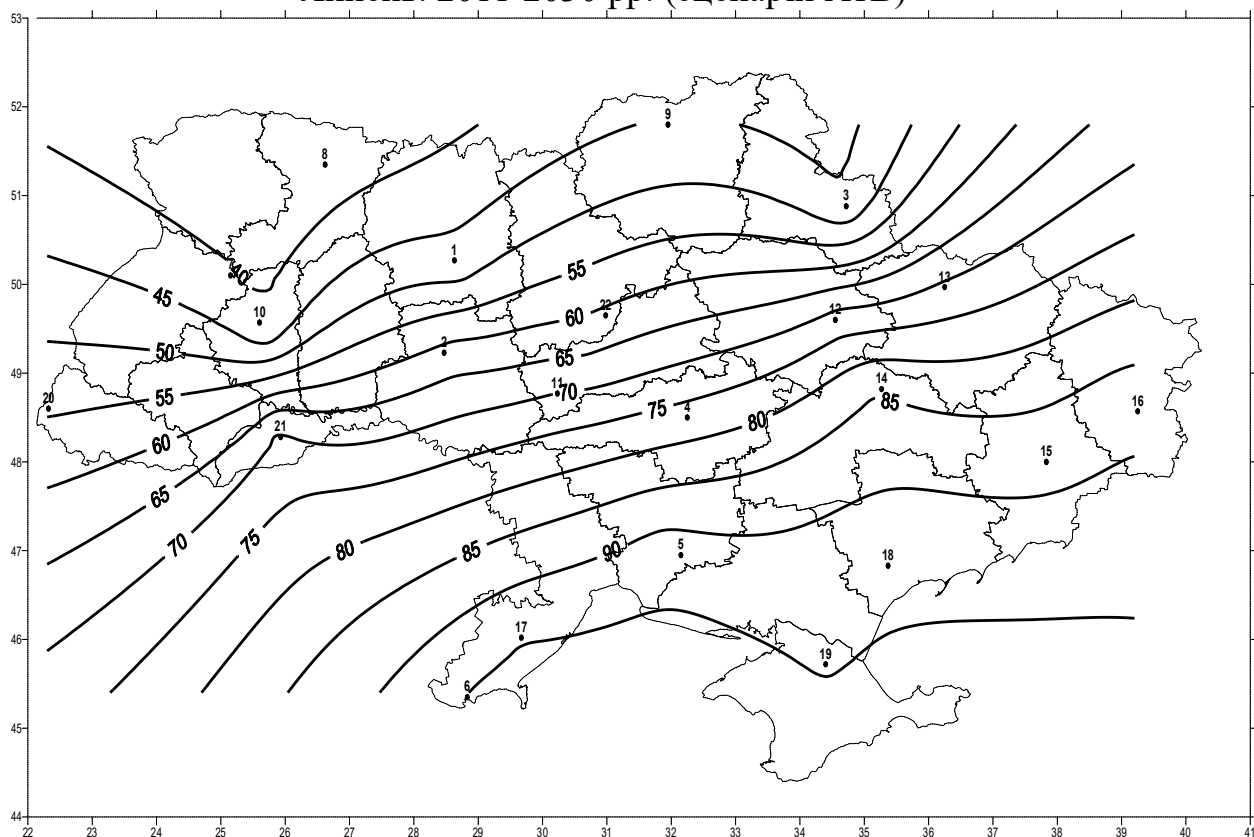


Рисунок 5.27 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Липень. 2031-2050 рр. (сценарій А1В)



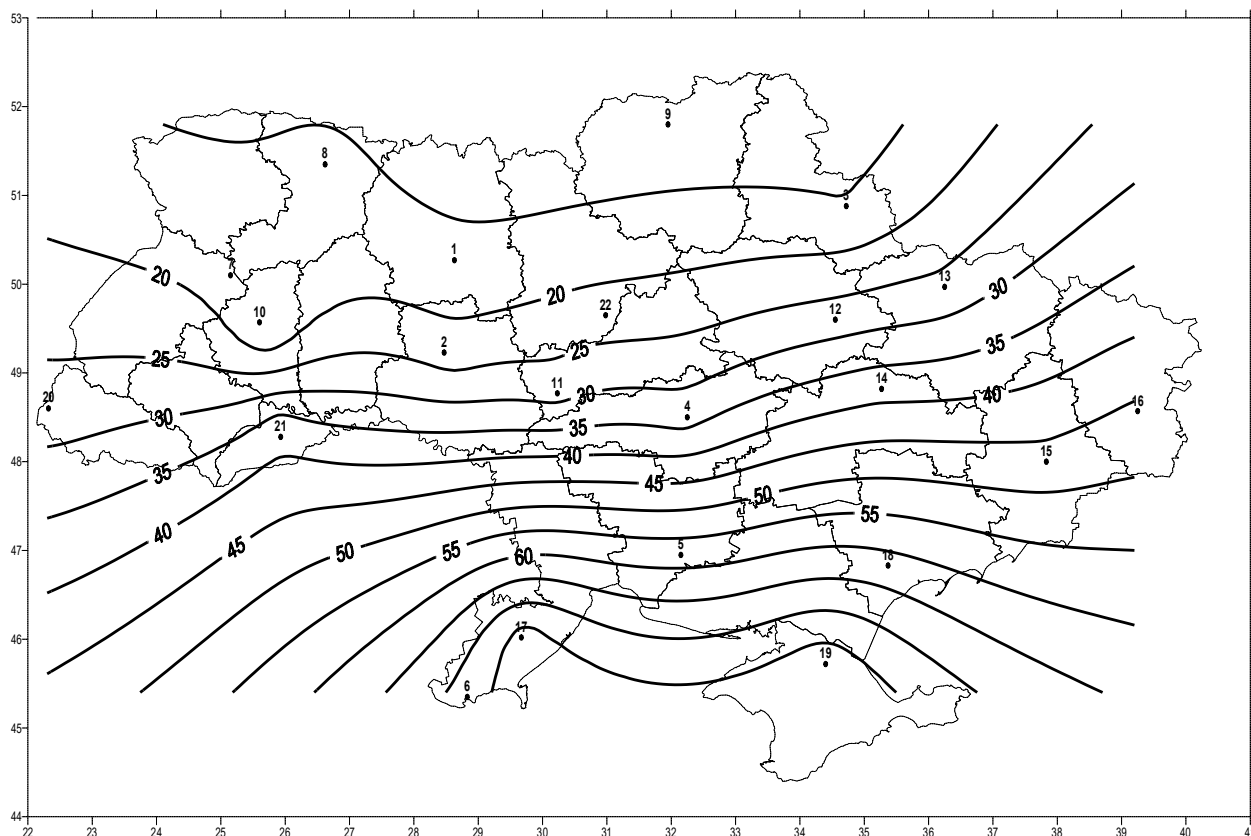


Рисунок 5.28 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Липень. 1986-2005 рр. (сценарій А2)

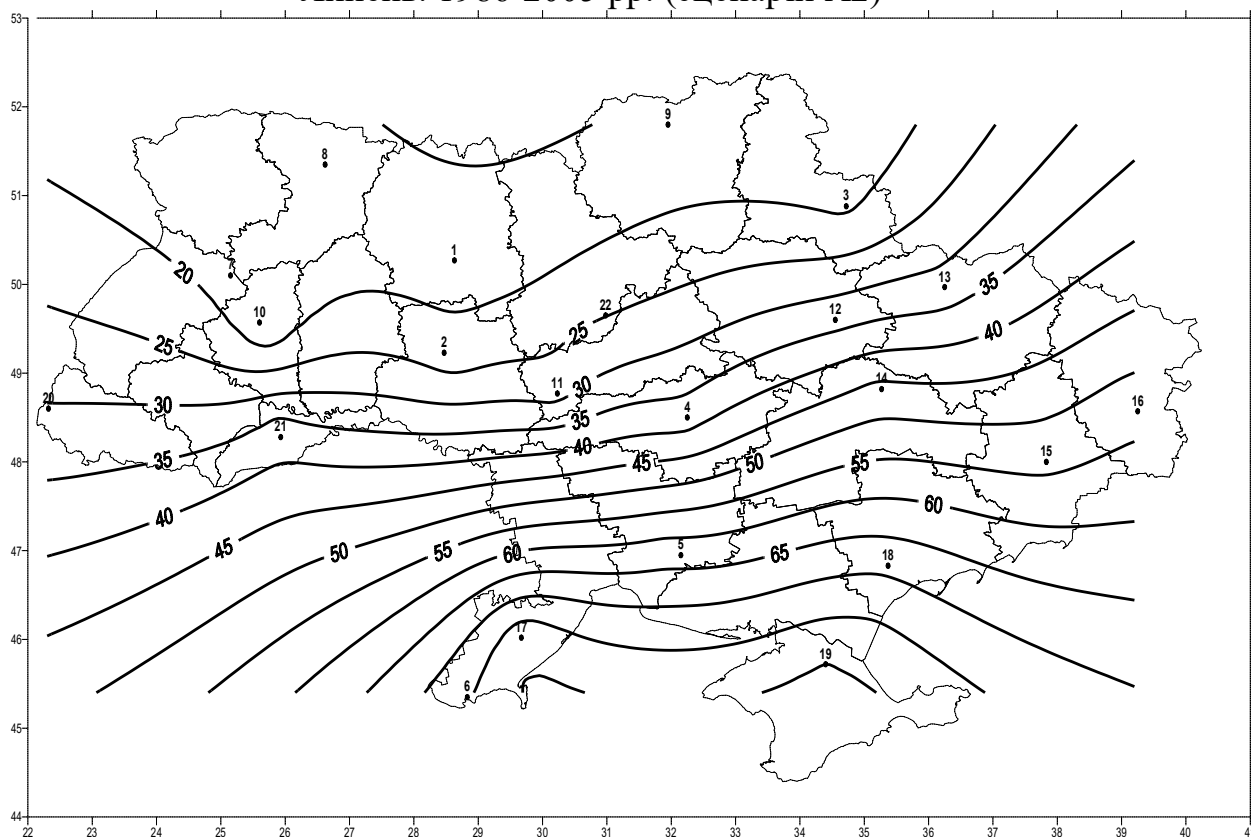


Рисунок 5.29 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Липень. 2011-2030 рр. (сценарій А2)

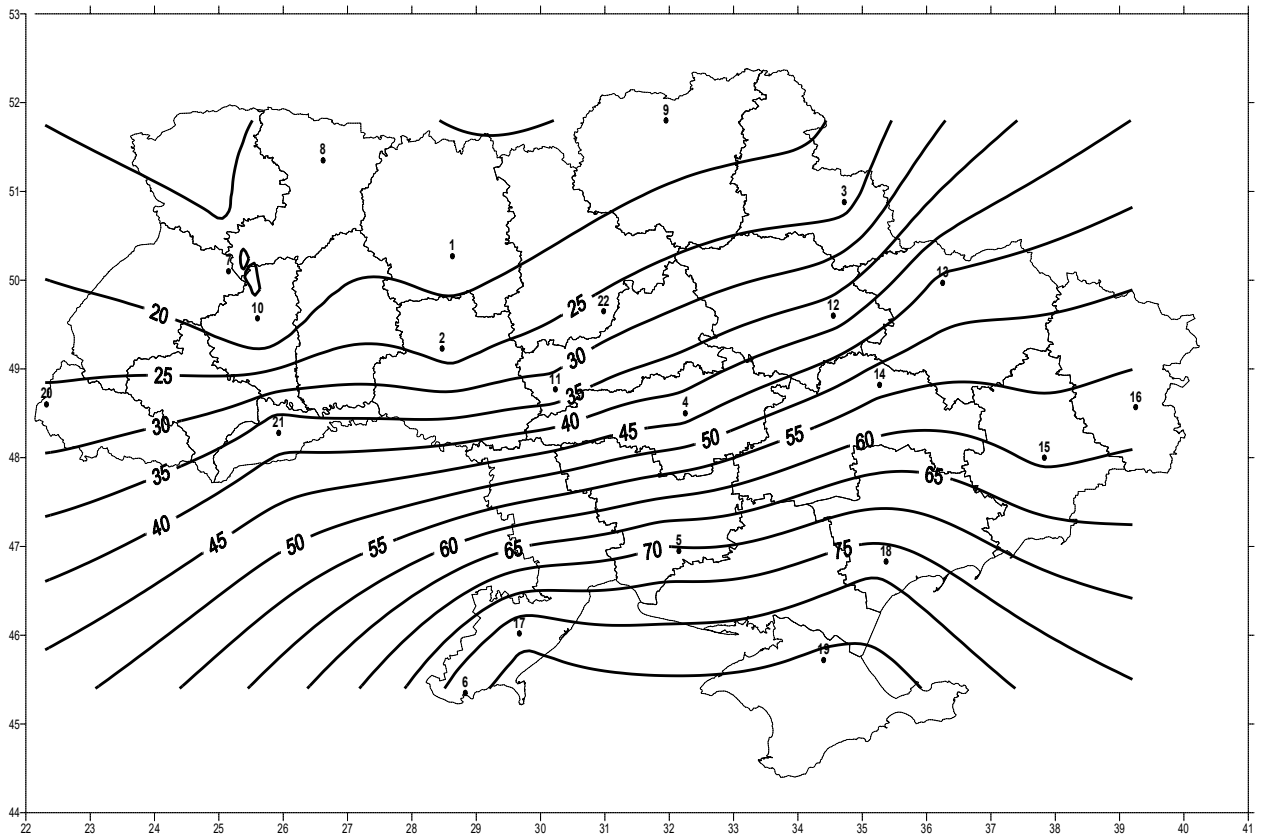


Рисунок 5.30 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Липень. 2031-2050 рр. (сценарій А2)

Зміни повторюваності жарких днів у липні по території будуть відбуватись нерівномірно і неоднозначно (рис. 5.31-5.36). За сценарієм А1В: від першого до другого періоду очікується в основному зменшення повторюваності кількості жарких днів (максимально на 7 % на сході), але на півдні Одеської області вони будуть фіксуватись на 4 % частіше; від другого до третього періоду – відсоток їх буде лише зростати: від 4 % - на південній частині території до майже 16 % у центральній Україні. За сценарієм А2: у другому періоді відносно першого відсоток жарких днів головним чином підвищиться з максимумом у східних регіонах; у третьому відносно другого зростання цього показника на сході буде ще більшим (до 14%), на заході – він зменшиться.

Динамика повторюваності жарких днів в Україні у червні та серпні (сценарій А1В) характеризується спочатку зростанням, бо різниці їх значень  $(II-I) > 0$ , а потім зменшенням –  $(III-II) < 0$ . Так перші різниці у червні будуть досягати максимуму – 20% у Донецьку і 20,7 % – Харкові, мінімуму (7,8 %) – у Джанкої; другі різниці будуть мати максимальні від’ємні значення у Харкові (-13,5 %), додатні – у Джанкої (3,7 %). У серпні додатні зміни повторюваності жарких днів в цілому зменшаться, але на південь від широти 40° півн.ш. різниці їх значень  $(III-II)$  підвищаться.

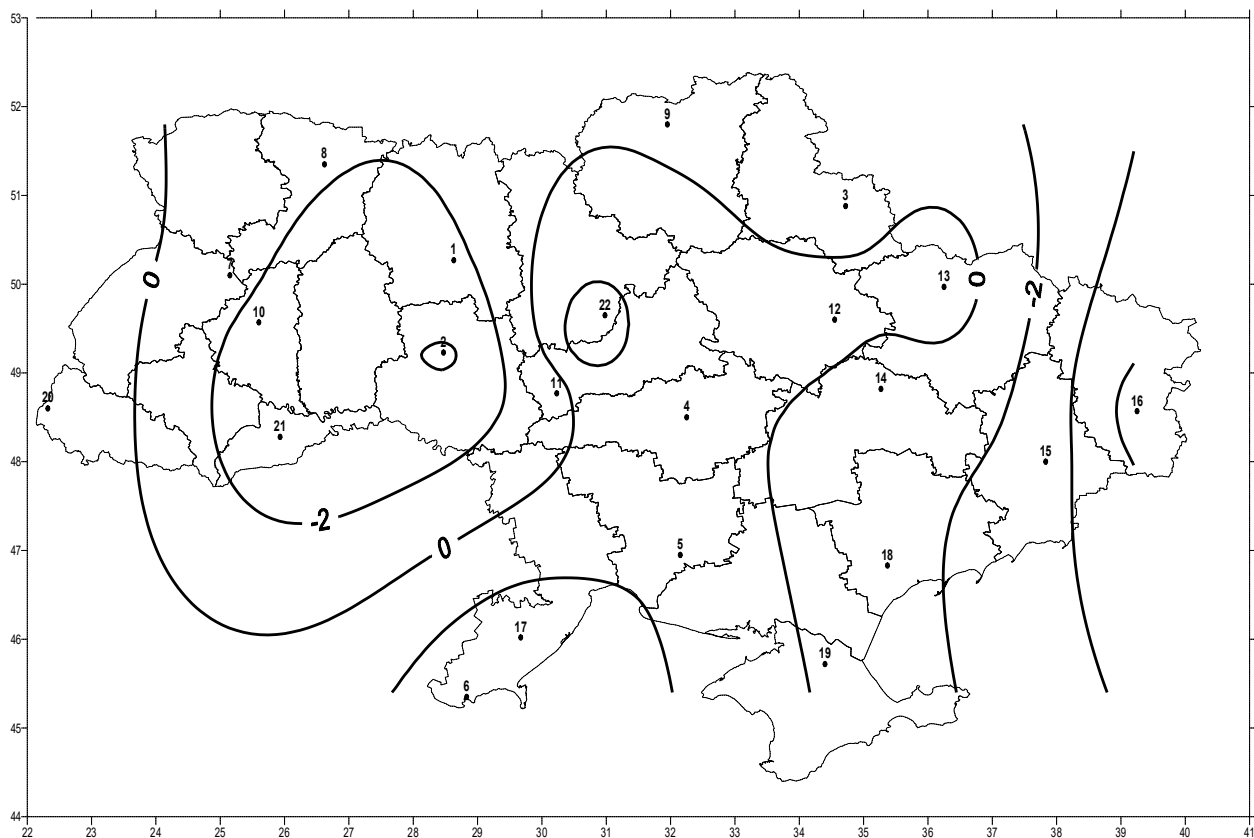


Рисунок 5.31 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого періоду до другого. Липень (сценарій А1В)

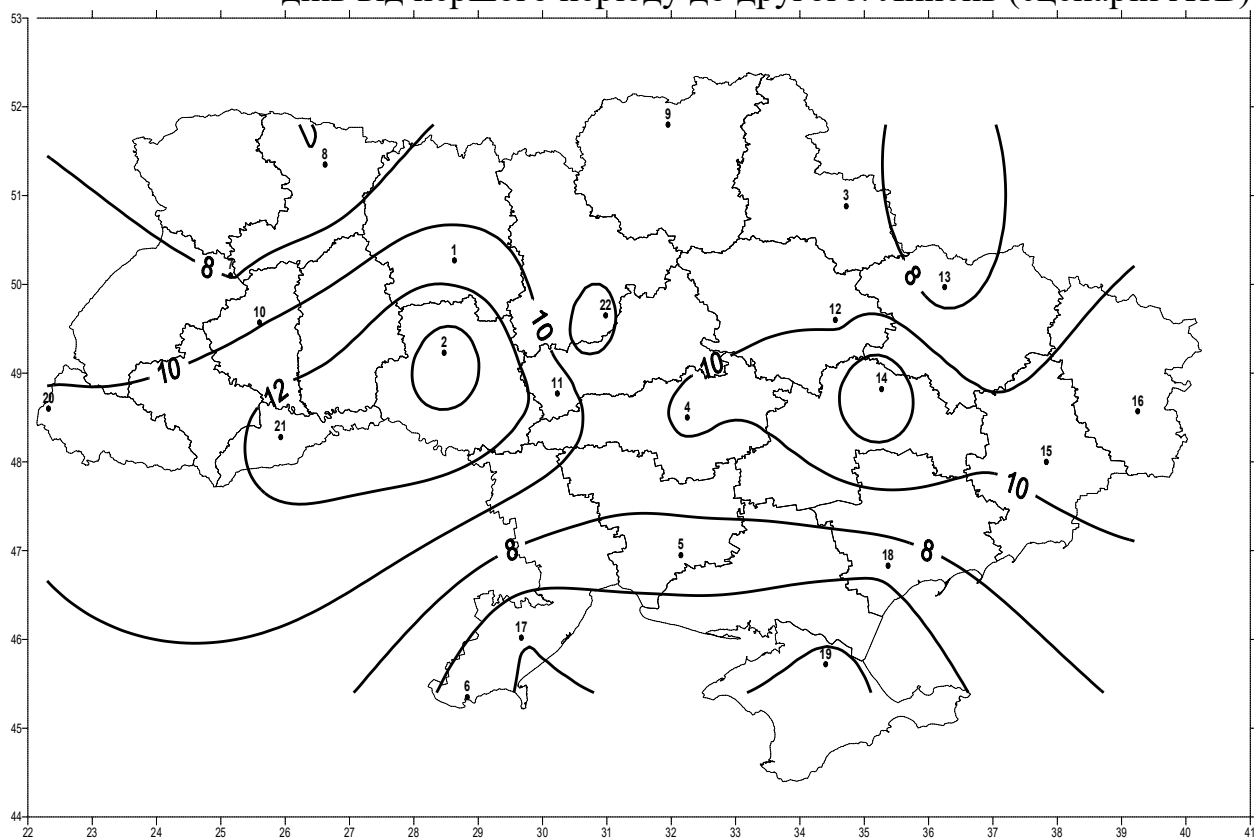


Рисунок 5.32 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від другого до третього періоду. Липень (сценарій А1В)

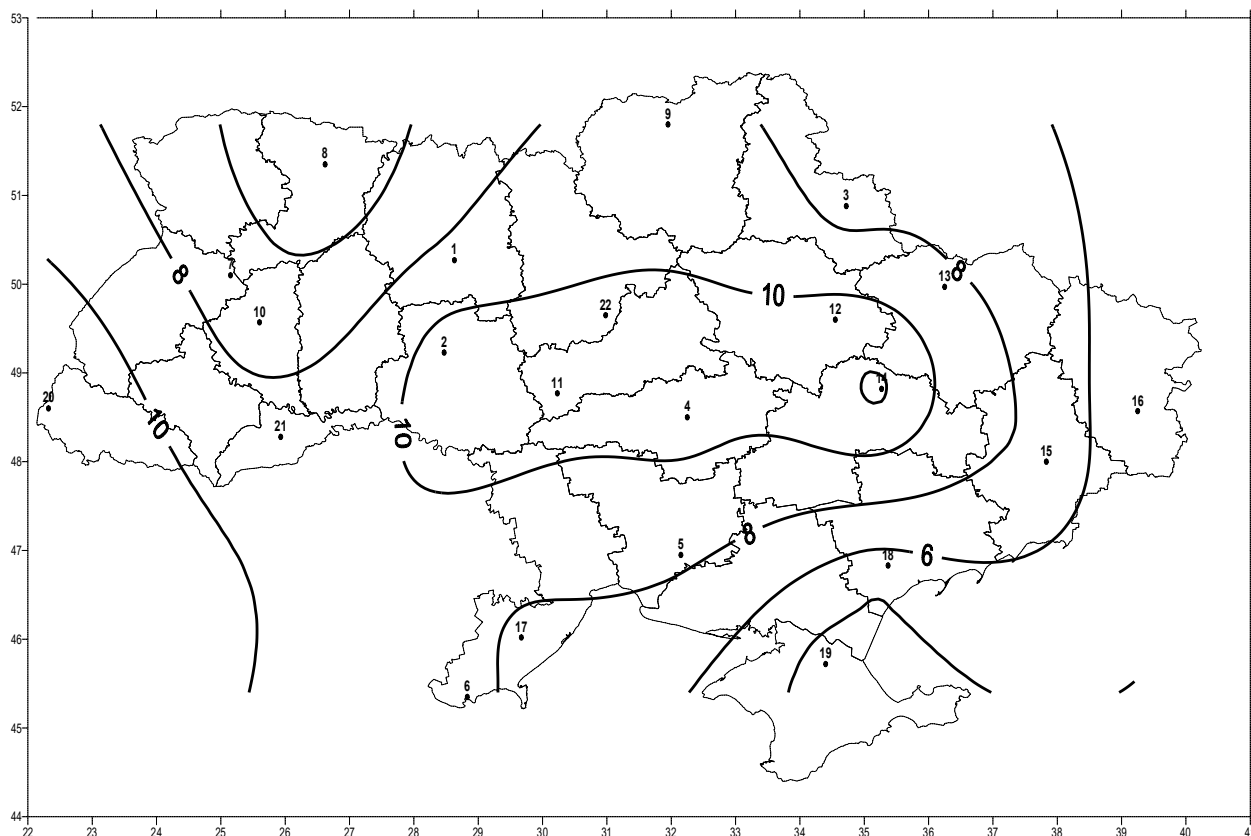


Рисунок 5.33 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого до третього періоду. Липень (сценарій A1B)

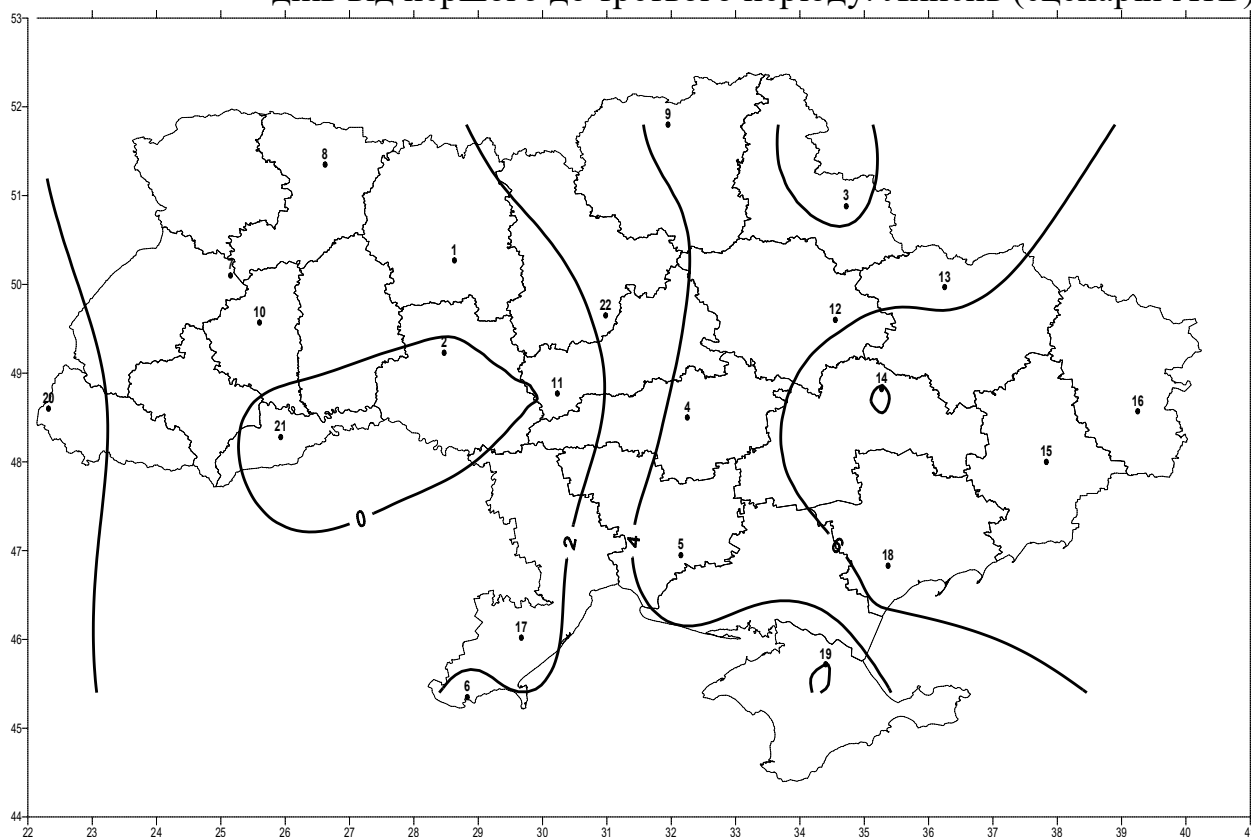


Рисунок 5.34 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого періоду до другого. Липень (сценарій A2)

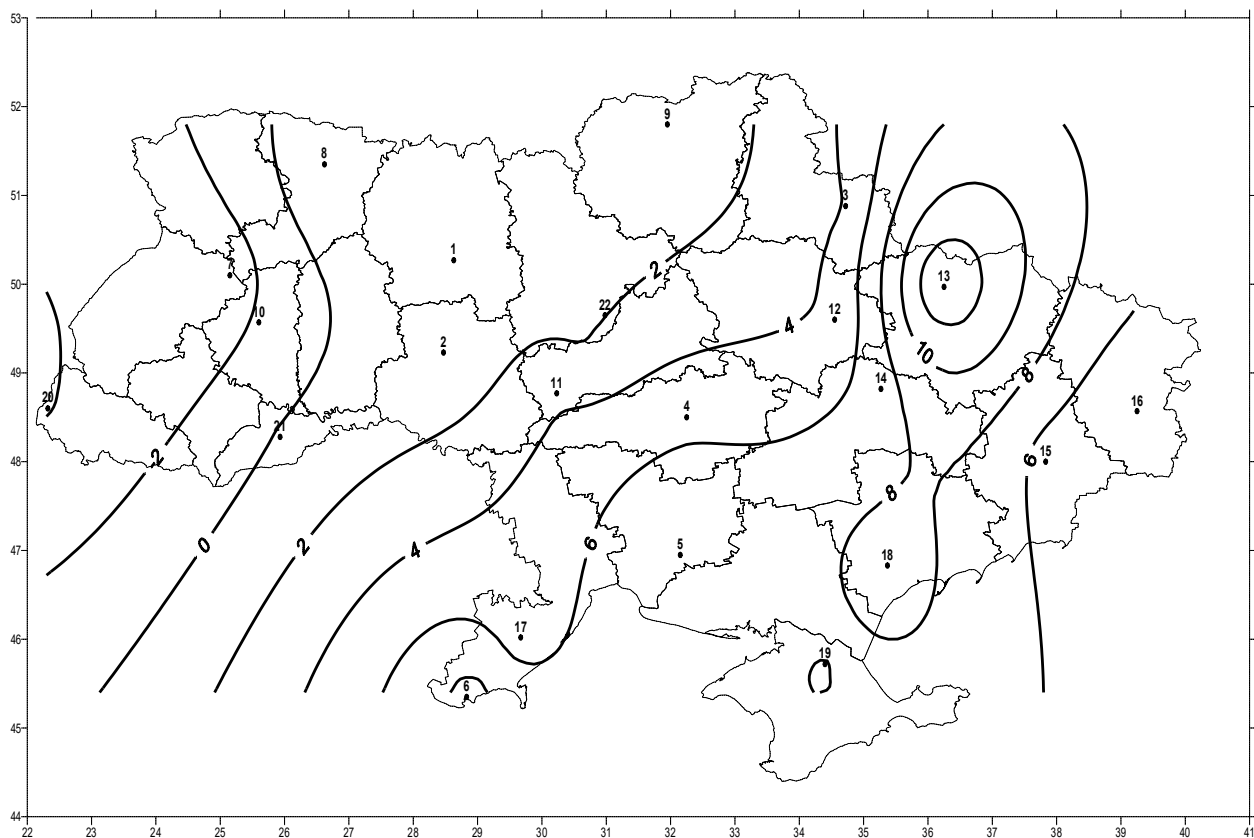


Рисунок 5.35 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від другого до третього періоду. Липень (сценарій А2)

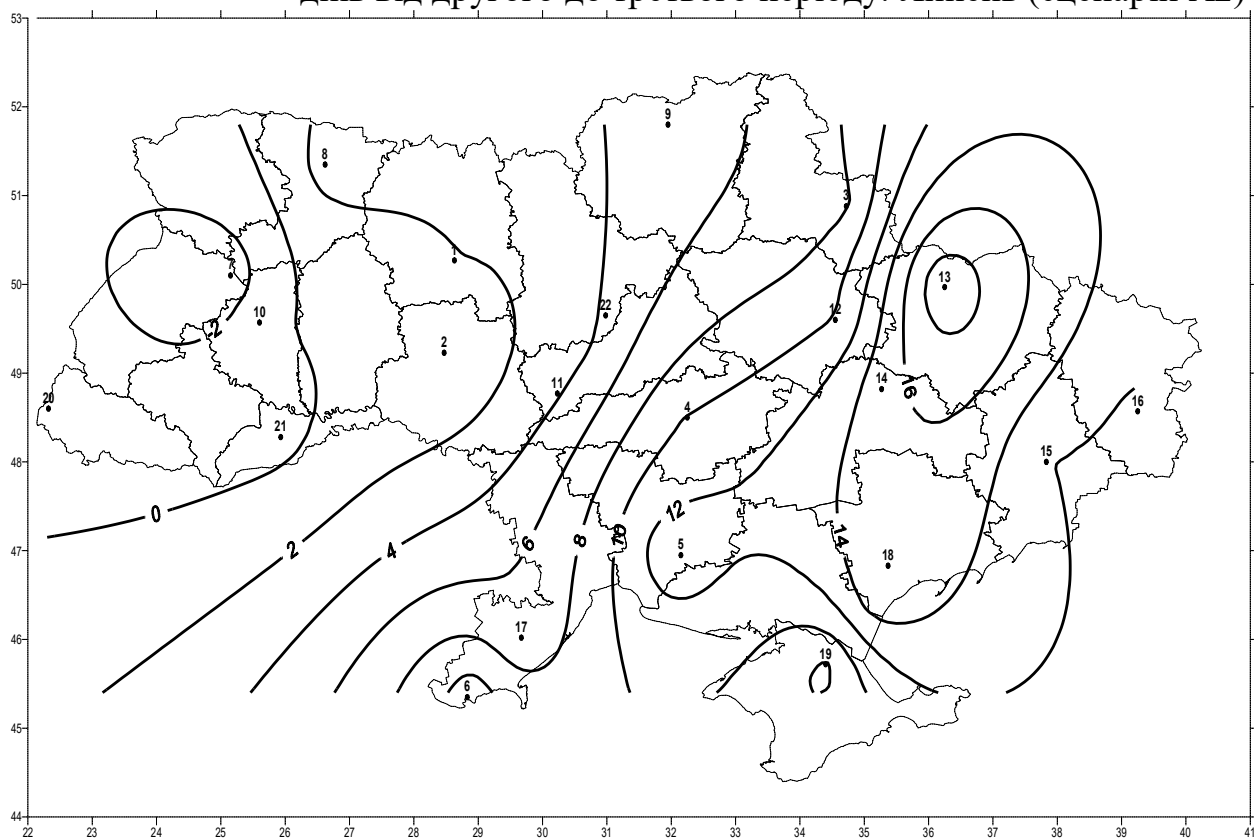


Рисунок 5.36 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого до третього. Липень (сценарій А2)

За сценарієм А2 жаркі дні у червні та серпні будуть спостерігатись рідше ніж за попереднім. Так у червні у південних і східних регіонах повторюваність таких днів у другому періоді порівняно з першим зменшиться (до мінімуму -4,2 % у Мелітополі), на решті території зросте (до максимуму 6,3 % у Чернівцях). А у третьому періоді відносно другого вона підвищиться з північного заходу і заходу на південь до 15,3 % (Ізмаїл). У серпні додатні зміни повторюваності жарких днів в цілому трохи підвищуються, але на заході їх різниці (II-I) < 0, а на півночі (III-II) < 0.

### 5.3.3 Часові зміни і просторовий розподіл кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С

Багато дослідників вважають, що саме середня добова температура є мірою температурного стресу і розглядають її як фактор ризику для здоров'я людини. Виходячи з того, що середню добову температуру повітря 25 °С можна вважати пороговою для збільшення смертності у помірних широтах [28-36], нами досліджено динаміку і просторовий розподіл середніх добових температур > 25°С (табл. 5.6 і 5.7, рис. В.37-В.42).

Просторовий розподіл загальної кількості днів з середньою добовою температурою > 25 °С характеризується збільшенням з північного заходу на південь (А1В) і з півночі на південь (А2). З рис. В.40-В.42 видно, що кількість таких днів у північних областях країни очікується всього 1-2 за 20 років (1986-2005 рр.) або 7-19 (2031-2050 рр.). Від широти приблизно 50°півн.ш. цей показник далі на південь стрімко зростає до 155 (1986-2005рр.) і 344 (2031-2050 рр.). За іншим сценарієм (рис. В.37-В.39) характер розподілу ізоліній схожий, але екстремальні значення кількості днів набагато вищі. Слід звернути увагу на те, що в Ізмаїлі і Мелітополі протягом другого періоду влітку очікується 30 %, а у третьому періоді – вже до 45 % небезпечних для здоров'я людей днів.

Таблиця 5.6 – Кількість днів з середньою добовою температурою > 25 °С у місяці літнього сезону трьох періодів (сценарій А1В)

№ п/п	Назва станції	1986-2005 рр.				2011-2030 рр.				2031-2050 рр.			
		VI	VII	VIII	Сума	VI	VII	VIII	Сума	VI	VII	VIII	Сума
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Житомир	6	29	21	56	10	23	20	53	16	46	29	91
2	Вінниця	9	47	44	100	16	40	50	106	27	80	52	159
3	Суми	11	28	22	61	11	27	33	71	4	41	26	71
4	Кіровоград	24	93	78	195	38	87	101	226	32	144	106	282
5	Миколаїв	19	164	148	331	32	179	179	390	47	281	234	562
6	Ізмаїл	24	224	226	474	35	251	267	553	74	383	376	833

Продовження табл. 5.6													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7	Броди	7	16	12	35	11	17	20	48	17	35	24	76
8	Сарни	5	19	11	35	13	12	18	43	9	24	15	48
9	Щорс	9	21	17	47	14	31	21	66	6	28	20	54
10	Тернопіль	6	15	11	32	6	16	16	38	17	37	22	76
11	Умань	16	83	65	164	26	68	78	172	34	129	90	253
12	Полтава	21	90	63	174	33	88	86	207	23	126	74	223
13	Харків	21	67	53	141	38	75	79	192	22	113	61	196
14	Губиниха	29	138	98	265	43	139	132	314	53	193	136	382
15	Донецьк	36	146	117	299	59	138	129	326	57	201	160	418
16	Луганськ	45	162	120	327	81	141	124	346	70	213	157	440
17	Сарата	30	188	174	392	53	211	212	476	82	329	305	716
18	Мелітополь	37	246	206	489	59	241	238	538	78	363	302	743
19	Джанкой	22	201	203	426	32	206	221	459	53	320	315	688
20	Ужгород	8	7	14	29	7	29	40	76	14	73	44	131
21	Чернівці	22	70	70	162	30	59	64	153	55	138	96	289
22	Ім.Старченка	12	63	48	123	30	53	66	149	20	90	65	175

Таблиця 5.7 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$   
у місяці літнього сезону трьох періодів (сценарій А2)

№ п/п	Назва станції	1986-2005 pp.				2011-2030 pp.				2031-2050 pp.			
		VI	VII	VIII	Сума	VI	VII	VIII	Сума	VI	VII	VIII	Сума
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Житомир	-	-	-	-	1	3	1	5	11	6	2	19
2	Вінниця	-	-	3	3	1	9	2	12	7	6	5	18
3	Суми	-	-	2	2	-	3	9	12	6	3	0	9
4	Кіровоград	2	7	10	19	2	18	7	27	24	30	21	75
5	Миколаїв	-	27	23	50	3	55	45	103	28	84	65	177
6	Ізмаїл	4	62	64	130	8	84	62	154	29	136	140	305
7	Броди	-	1	-	1	1	4	-	5	6	5	3	14
8	Сарни	1	-	-	1	2	4	1	7	7	4	1	12
9	Щорс	-	-	2	2	1	5	4	10	9	6	1	16
10	Тернопіль	-	-	-	-	1	4	-	5	4	2	1	7
11	Умань	2	3	4	9	1	16	3	20	-	12	15	27
12	Полтава	2	1	7	10	5	21	24	50	10	20	17	47
13	Харків	-	1	11	12	6	20	22	48	11	14	11	36

Продовження табл. 5.7													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	Губиниха	3	14	17	34	12	43	34	89	29	58	31	118
15	Донецьк	4	15	21	40	11	55	50	116	27	68	54	149
16	Луганськ	10	25	23	58	14	70	59	143	22	73	40	135
17	Сарата	24	73	58	155	27	100	75	202	50	148	131	329
18	Мелітополь	13	69	55	137	24	118	94	236	58	145	122	325
19	Джанкой	9	77	63	149	23	108	83	214	43	170	131	344
20	Ужгород	1	12	12	25	1	22	20	43	10	14	10	34
21	Чернівці	4	13	13	30	2	27	15	44	11	24	15	50
22	Ім.Старченка	1	2	4	7	1	11	3	15	13	9	9	31

Кількість таких днів в цілому за літо майже по всій території України буде зростати від першого до другого періоду (за винятком північних районів) і ще дужче їх кількість збільшиться від другого до третього періоду та від першого до третього (табл. 5.6 і 5.7, рис. В.43-В.48). Максимальне підвищення (III-II) в Ізмаїлі (280 днів/20 років) і Мелітополі (240 днів/20 років), а різниця (III-I) тут відповідно буде становити 359 і 324 дні/20 років за сценарієм А1В. Причому інтенсивність зростання цього показника на південь від широти 49,5°півн. ш. буде приблизно сталою. За сценарієм А2 таке підвищення буде суттєво меншим: 151 день/20 років в Ізмаїлі та 130 у Джанкої (II-I), 195 і 188 днів / 20 років відповідно у Джанкої і Мелітополі (III-I).

У липні кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$  найбільша. На рис. В.49-В.54 зображено просторовий розподіл таких днів (суми за 20 років). Їх кількість зростатиме спочатку повільно, а потім інтенсивніше з північного заходу на південь за сценарієм А1В і з півночі на південь за А2. Чисельність подібних днів за першим сценарієм набагато вища: так у 2031-2050 рр. вона становитиме вже 383/20 років (тобто приблизно 19 днів на місяць) в Ізмаїлі, більше 15 днів – у Джанкої, Сараті і Мелітополі.

На рис. 5.37-5.42 показано зміни кількості днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ . Від першого до другого періоду вони неістотні: в середньому до 1-2 дні на місяць. Протягом 2031-2050 рр. очікується їх підвищення, причому максимальне за сценарієм А1В на півдні країни: на 6-7 днів (тобто приблизно на 20 %) відносно 2011-2030 рр. і до 8 днів (на 26 %) відносно 1986-2005 рр.



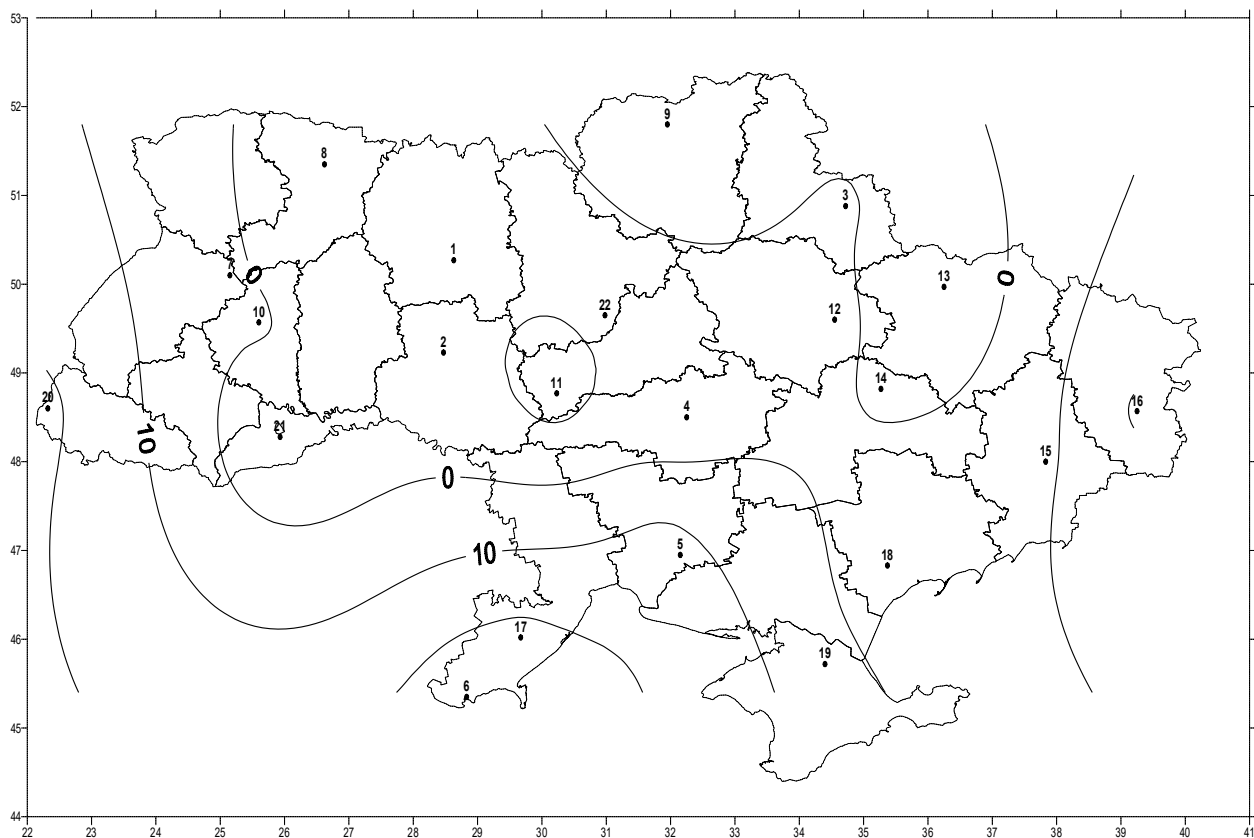


Рисунок 5.37 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від першого періоду до другого. Липень (сценарій А1В)

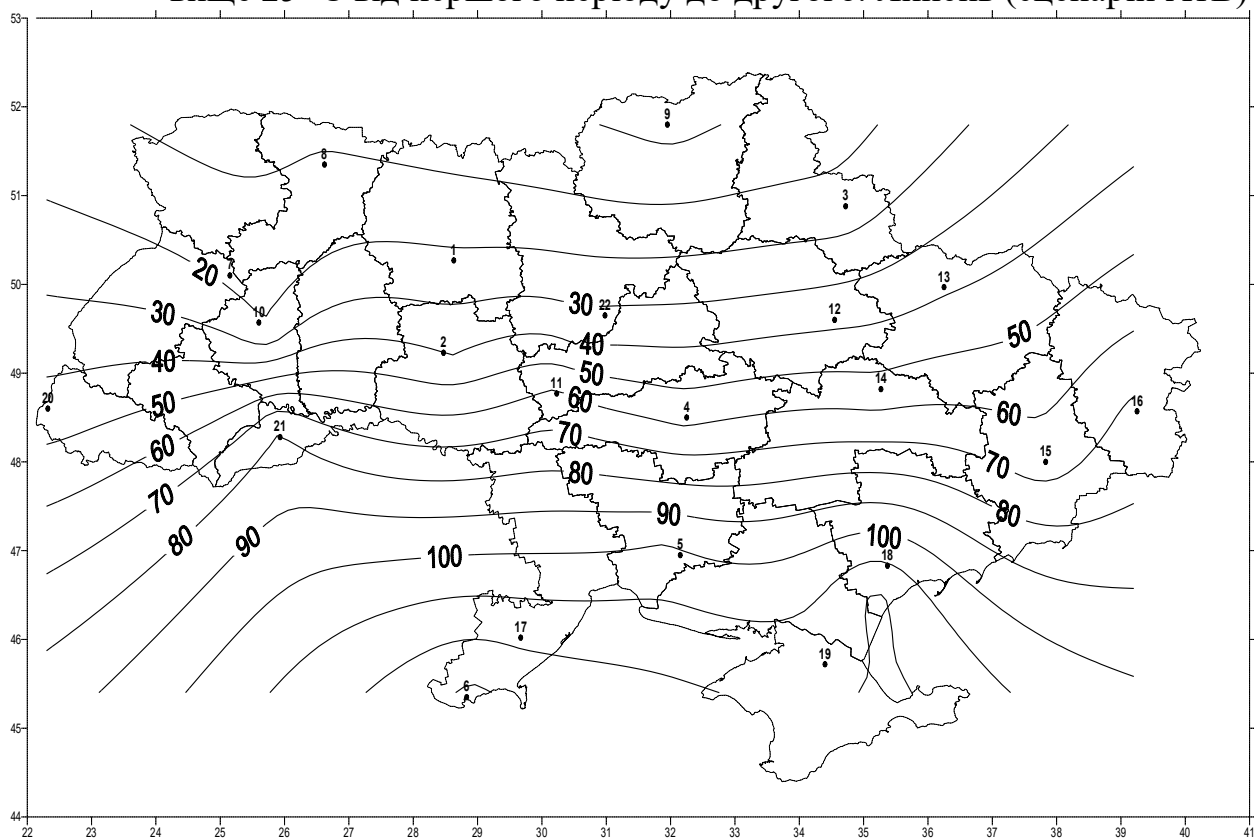


Рисунок 5.38 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від другого періоду до третього. Липень (сценарій А1В)

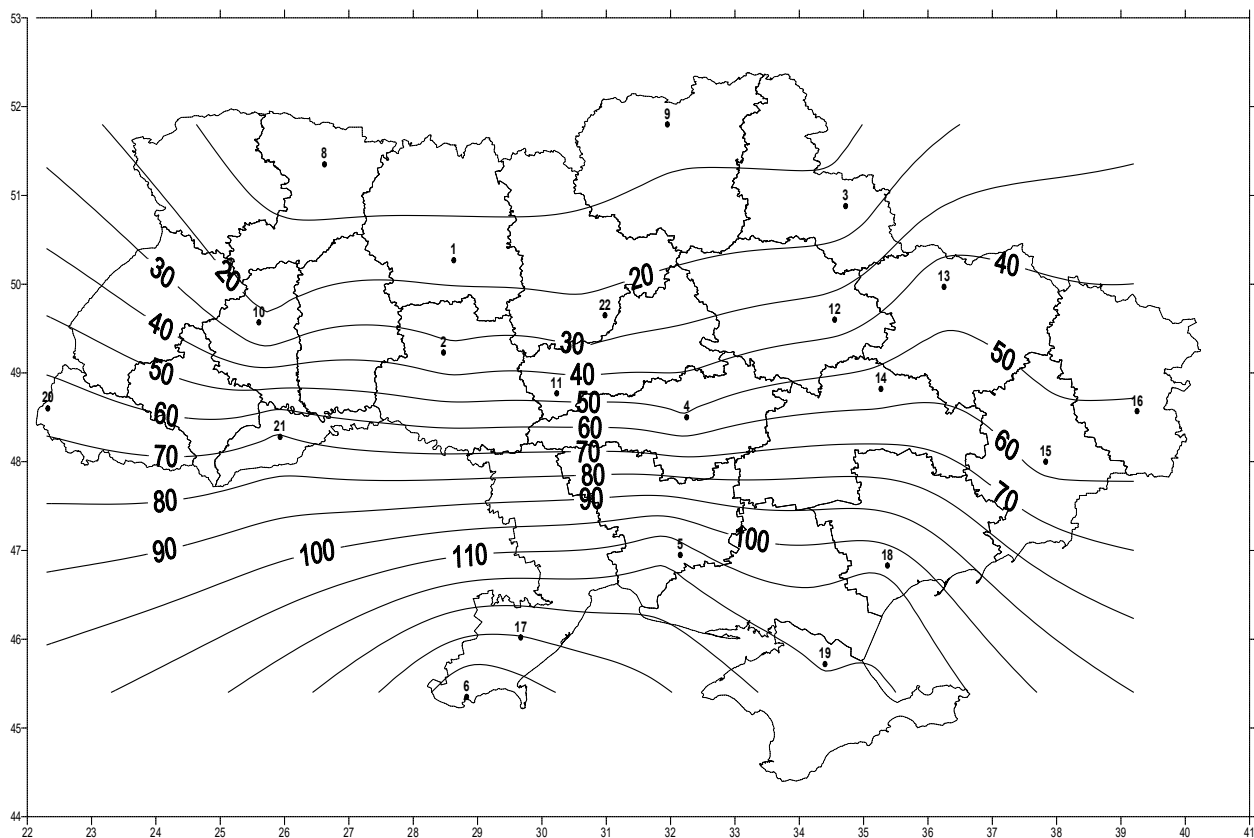


Рисунок 5.39 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від першого періоду до третього. Липень (сценарій A1B)

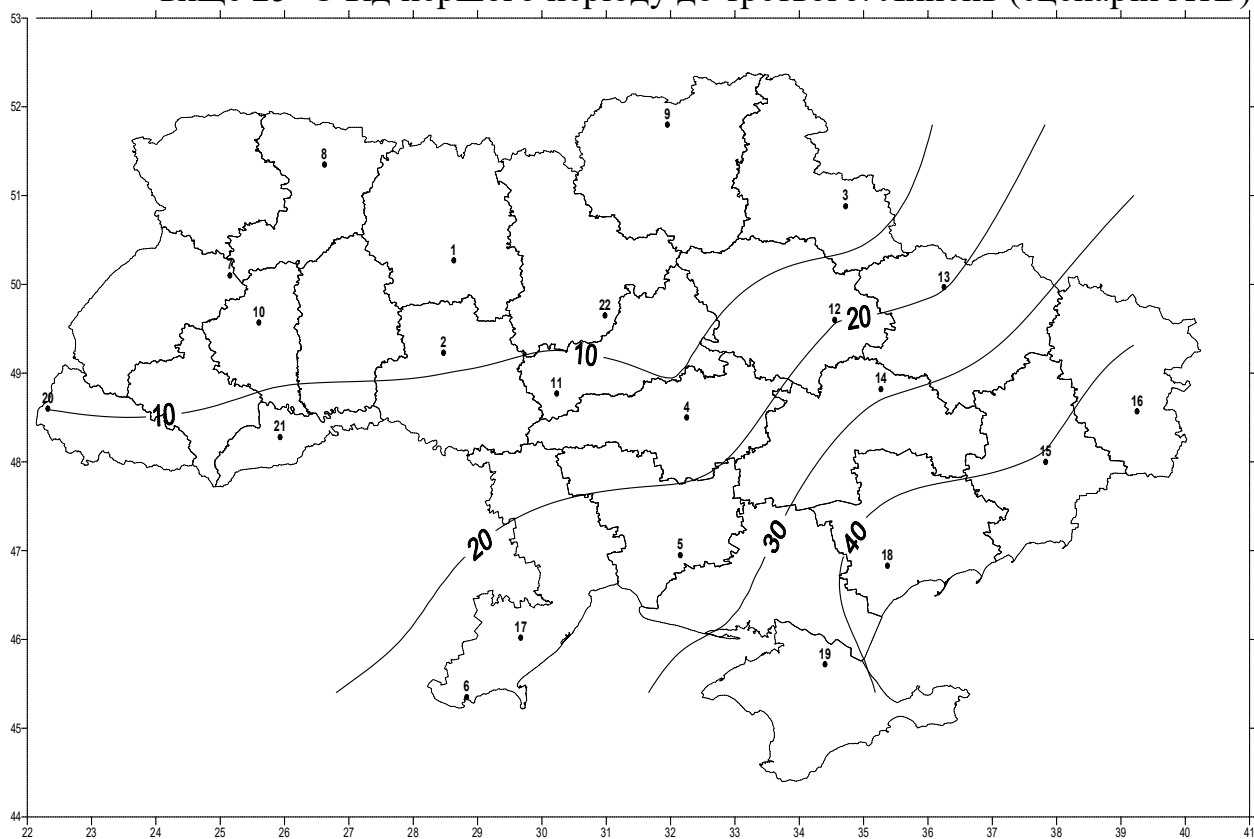


Рисунок 5.40 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від першого періоду до другого. Липень (сценарій A2)

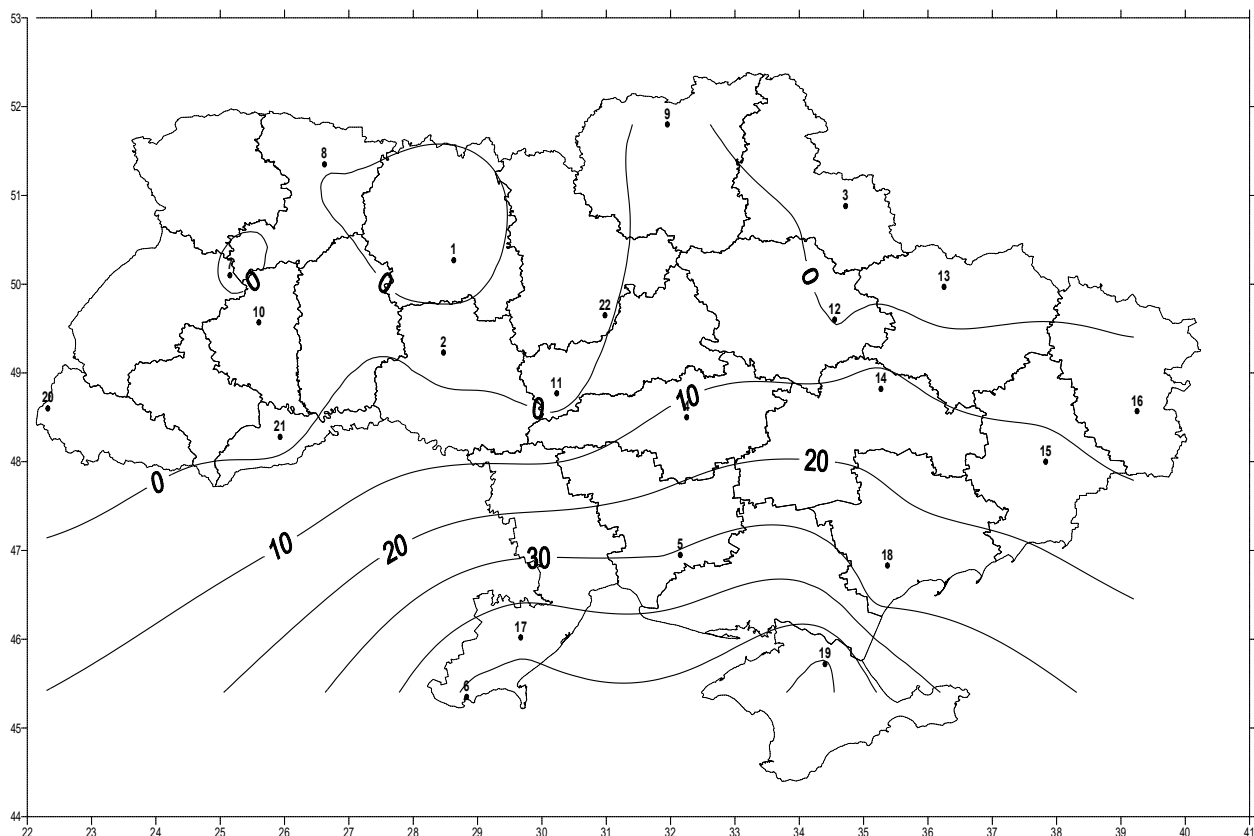


Рисунок 5.41 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від другого періоду до третього. Липень (сценарій А2)

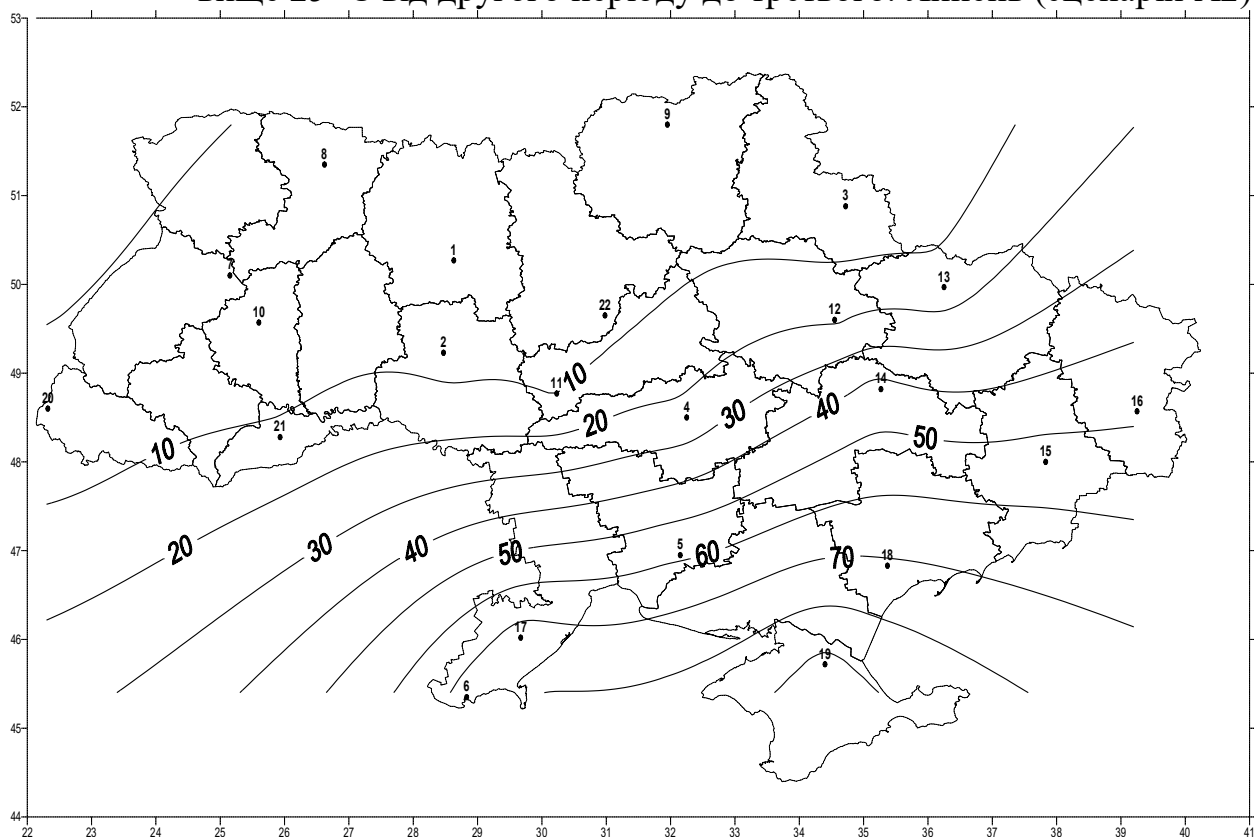


Рисунок 5.42 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від першого періоду до третього. Липень (сценарій А2)

На останок слід зазначити, що група кліматологів під керівництвом А.Занобетті з Гарвардської школи суспільного здоров'я у Бостоні (США) оцінила як змінювалась смертність серед літніх мешканців Сполучених Штатів під час відносно жарких сезонів, проаналізувавши статистику, зібрану державною службою медичного страхування Medicare з 1985 по 2005 рік. Виявилось, що смертність американців зростала достатньо сильно з підвищенням відхилення середньої температури літнього дня від норми того регіону, де мешкав учасник дослідження. Так, збільшення цього відхилення на 1 °C супроводжувалось зростанням смертності на 2% серед людей із захворюваннями серцево-судинної системи і на 4% для діабетиків. У середньому, загальна смертність серед всіх категорій населення повинна зрости приблизно на 5 % з кожним додатковим градусом відхилення температури.

У майбутньому у всьому світі смертність через літню жару буде зростати. За сучасними розрахунками медиків з Британського міністерства охорони здоров'я і дослідницьких інститутів, до 2020 року смертність підвищиться на 66 %, а до 2050 року – на 257 %.

#### **5.4 Дослідження очікуваних показників дискомфорності клімату у холодну пору року**

##### **5.4.1 Вплив низьких температур на організм людини**

Не зважаючи на прогнозоване зниження вираженості екстремальних холодів, як результат глобального потепління, вони будуть продовжувати впливати на значну частину Європейського регіону, особливо у північних широтах. У більшості європейських країн відмічається надлишкова смертність у зимовий період, рівень якої становить від 5 до 30 % [66].

Дія низької температури на організм може призвести до зниження температури тіла і розвитку патологічного процесу — гіпотермії.

У розвитку гіпотермії розрізняють дві стадії. Спочатку, попри низьку температуру навколишнього середовища, температура тіла не знижується, а підтримується на вихідному рівні завдяки включенню компенсаторних реакцій, які зумовлюють перебудову терморегуляції. Цей період охолодження називають стадією компенсації. Через велике різноманіття терморегуляторних пристосувань у першу чергу включаються механізми фізичної терморегуляції, які спрямовані на обмеження тепловіддачі. Віддача тепла у навколишнє середовище, як вже згадувалось (п. 5.2.2), здійснюється шляхом випромінювання, конвекції, випаровування. В умовах холоду тепловіддача обмежується завдяки спазму судин шкіри і зменшенню потовиділення. У тварин важливу роль відіграє шерсть (волоски

піднімаються і утворюється теплоізолюючий шар повітря). У людини ця реакція зберіглась у вигляді "гусячої" шкіри і, природно, не має значення у підтримці температури тіла, а лише свідчить про напругу механізмів терморегуляції.

При більш інтенсивній і тривалій дії холоду включаються механізми хімічної терморегуляції, спрямовані на збільшення теплопродукції. З'являється м'язове тремтіння, посилюється обмін речовин, зростає розпад глікогена у печінці і м'язах, посилюється вміст глюкози у крові. Споживання кисню зростає, посилено функціонують системи, які забезпечують постачання кисню до тканин.

Обмін речовин не лише підвищується, але й перебудовується. Додатковий вихід енергії у вигляді тепла забезпечується як за рахунок посилення окислювальних процесів, так і за рахунок відокремлення окислення і зв'язаного з ним фосфорилування (тобто включенням у молекулу залишку фосфорної кислоти). Цей механізм сприяє екстремному зігріванню, який пов'язаний зі зменшенням кількості макроергів (фосфагенів), необхідних для здійснення функцій. Таким чином, відокремлення окислення і фосфорилування не може забезпечити тривалої адаптації до холоду і тим більш активної діяльності в умовах холоду [67].

Складна перебудова в організмі, яка забезпечує сталість температури тіла в умовах холоду, відбувається за участі нейрогуморальних регуляторних механізмів, що схематично можна представити таким чином.

Терморецептори шкіри сприймають холодове роздратування і по чутливих шляхах посилюють імпульси у гіпоталамус, де знаходиться центр терморегуляції, і у вищій відділі нервової системи. Звідси у зворотному напрямку надходять сигнали до різних органів і систем, які приймають участь у підтримці температури тіла. По рухових нервах імпульси надходять до м'язів, в яких розвиваються терморегуляторний тонус і тремтіння. По симпатических нервах збудження досягає мозкової речовини надниркових залоз, де посилюється секреція адреналіну. Адреналін сприяє звуженню периферичних судин і стимулює розпад глікогену у печінці та у м'язах. Важливим фактором є включення у терморегуляцію гіпофіза, а через нього щитовидної залози і кори надниркових залоз. Гормон щитовидної залози підвищує обмін речовин, підвищує теплопродукцію, активізує біогенез мітохондрій. Гормони, які продукує кора надниркових залоз, стимулюють утворення угледів з білків.

В умовах тривалої або інтенсивної дії холоду можливе перенапруження і виснаження механізмів терморегуляції, після чого температура тіла знижується і настає друга стадія охолодження – стадія декомпенсації або власне гіпотермія.

У цей період, крім зниження температури тіла, відмічається зниження обмінних процесів і споживання кисню; життєво важливі функції пригнічені. Порушення дихання і кровообігу призводить до кисневого голодування,

пригнічення функцій центральної нервової системи, зниження імунологічної реактивності. У важких випадках можливі незворотні зміни у тканинах, які призводять до смерті.

У другій стадії гіпотермії тісно переплетені явища патологічні і пристосовні. Больш того, одні й ті ж зсуви, з одного боку є патологічними, з другого, можуть бути оцінені як пристосовні. Наприклад, пригнічення функцій центральної нервової системи можна назвати охоронним, тому що знижується чутливість нервових клітин до нестачі кисню і подальшого зниження температури тіла. Зниження обміну речовин у свою чергу зменшує потребу організму у кисні.

Надзвичайно цікавим є той факт, що у стані гіпотермії організм стає менш чутливим до різноманітних несприятливих впливів зовнішнього середовища – нестачі кисню та їжі, інтоксикації, інфекції, вражаючої дії електричного струму, іонізуючої радіації.

#### 5.4.2 Постановка задачі

Наступна задача, яка розв'язувалась нами – це оцінка біокліматичних умов холодної пори року на основі показників жорсткості погоди і аналіз їх динаміки на території України

Для реалізації поставленої задачі використовувались, перш за все, середні декадні значення температури повітря і швидкості вітру у січні, лютому та грудні, за три досліджувані періоди (1986-2005 рр., 2011-2030 рр., 2031-2050 рр.) на всіх двадцяти двох станціях (для визначення індексу Бодмана). Крім того, використовувались мінімальні за добу значення температури повітря та середні добові значення швидкості вітру за три зимові місяці і за ті ж вказані періоди на шести станціях: Житомир, Суми, Кіровоград, Тернопіль, Полтава, Луганськ (для визначення вітро-холодового індексу), бо саме на цих станціях виявлено найбільш суворі зими на території країни і розташовані вони у різних регіонах країни. Всі вихідні дані є результатом моделювання згідно зі сценаріями A1B і A2.

#### 5.4.3 Суворість погоди

Одним з найчастіш використовуваних методів оцінки суворості погоди у зимовий сезон є метод Бодмана. Згідно з ним ступінь суворості (жорсткості) погоди  $S$  – біокліматичний індекс Бодмана – визначається за формулою

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,272v), \quad (5.1)$$

де  $t$  – температура повітря,

$v$  – швидкість вітру.

Біокліматичні індекси у фізичному відношенні характеризують особливості теплової структури середовища і є непрямим індикатором стану теплового поля, яке оточує людину. Індекс Бодмана належить до температурно-вітрових показників.

Якщо  $S < 1$  – зима несувора, м'яка,  $S = 1-2$  – малосувора,  $S = 2-3$  – помірно сувора,  $S = 3-4$  – сувора,  $S = 4-5$  – дуже сувора,  $S = 5-6$  – жорстко сувора,  $S > 6$  – вкрай сувора.

Практична цінність цього показника визначається тим, що витривалість людини в умовах холоду залежить від швидкості вітру. Відсутність жорстких морозів у зимовий період іноді компенсується сильним вітром. Низькі температури і великі швидкості вітру значно знижують температуру шкіри людини. При різкому збільшенні швидкості вітру створюються умови, які сприяють швидкому переохолодженню всього організму. Швидкому розвитку процесу переохолодження сприяють такі природні фактори, як низька температура, підвищена вологість повітря, вітер. Основними ознаками переохолодження є: зниження температури тіла нижче  $36^{\circ}\text{C}$ , м'язове тремтіння, зменшення частоти серцевих скорочень, порушення ритму дихання (дихання стає поверхневим), відчуття втоми, сонливість, уповільнення мови, порушення пам'яті, втрата рухової активності, посиніння шкірних покривів, втрата свідомості. Процес переохолодження іноді буває настільки не помітним, що і постраждала людина, і оточуючі не усвідомлюють того, що відбувається. Частіше такий стан виникає у маленьких дітей і людей похилого віку, які вимушені знаходитись у холодній кімнаті або на вулиці у малорухомому стані протягом тривалого часу. Також у зоні ризику знаходяться люди, які страждають на цукровий діабет і судинні хвороби.

Дискомфортним у зимовий час вважається інтервал часу з середньою добовою температурою нижче  $-15^{\circ}\text{C}$ , а за температури нижче  $-30^{\circ}\text{C}$  відбуваються порушення у серцево-судинній і терморегуляторній системах [68].

У табл. 5.8 і 5.9 наведено середні місячні значення індексу Бодмана в окремі місяці зимової пори року 1986-2005 рр. (перший період), 2011-2030 рр. (другий період) і 2030-2050 рр (третій період) для 22 станцій України за двома сценаріями. Результати розрахунків показують: середні по періодах значення  $S$  знаходяться у межах 2-3 бали на переважній більшості території України, а це свідчить про те, що в окремі зимові місяці і в середньому за зиму (рис. В.55) переважають умови помірно суворі. Але у крайніх західних районах (Ужгород) індекс Бодмана навіть у січні протягом трьох періодів, які розглядалися, буде меншим за 2 бали, тобто зима тут малосувора. Подібні зимові умови в окремі періоди можна очікувати і в інших районах країни, особливо на півдні. Слід зазначити, що  $S$  визначені за різними сценаріями не дуже відрізняються.

Таблиця 5.8 – Середні значення індексу Бодмана за перший (І), другий (ІІ) і третій (ІІІ) періоди та їх зміна (ІІ-І), (ІІІ-ІІ), (ІІІ-І) (сценарій А2)

№ п/п	Назва станції	Січень						Лютий						Грудень					
		І	ІІ	ІІІ	ІІ-І	ІІІ-ІІ	ІІІ-І	І	ІІ	ІІІ	ІІ-І	ІІІ-ІІ	ІІІ-І	І	ІІ	ІІІ	ІІ-І	ІІІ-ІІ	ІІІ-І
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Житомир	2,41	2,33	2,23	-0,08	-0,10	-0,18	2,20	2,26	1,97	0,06	-0,29	-0,23	2,24	2,04	2,07	-0,20	0,03	-0,17
2	Вінниця	2,33	2,26	2,26	-0,07	-0,00	-0,07	2,13	2,19	1,93	0,06	-0,26	-0,20	2,19	1,98	2,01	-0,21	0,03	-0,18
3	Суми	2,52	2,46	2,31	-0,06	-0,15	-0,20	2,34	2,39	2,07	0,05	-0,32	-0,27	2,29	2,14	2,13	-0,15	-0,01	-0,16
4	Кіровоград	2,49	2,38	2,30	-0,11	-0,09	-0,20	2,23	2,26	1,98	0,03	-0,28	-0,25	2,29	2,05	2,09	-0,24	0,04	-0,20
5	Миколаїв	2,06	2,04	1,88	-0,02	-0,16	-0,19	1,86	1,93	1,70	0,07	-0,23	-0,16	1,86	1,72	1,72	-0,14	0,00	-0,14
6	Ізмаїл	1,92	1,86	1,77	-0,06	-0,10	-0,15	1,72	1,77	1,60	0,05	-0,17	-0,12	1,76	1,60	1,58	-0,16	-0,02	-0,18
7	Броди	2,42	2,36	2,27	-0,06	-0,09	-0,15	2,19	2,29	2,00	0,10	-0,29	-0,19	2,28	2,09	2,09	-0,19	0,00	-0,19
8	Сарни	2,30	2,22	2,10	-0,08	-0,12	-0,20	2,09	2,17	1,88	0,08	-0,29	-0,21	2,15	1,97	1,99	-0,18	0,02	-0,16
9	Щорс	2,35	2,29	2,17	-0,06	-0,12	-0,19	2,19	2,25	1,97	0,06	-0,28	-0,22	2,19	2,01	2,05	-0,18	0,04	-0,14
10	Тернопіль	2,48	2,42	2,33	-0,06	-0,10	-0,14	2,25	2,34	2,05	0,09	-0,29	-0,20	2,33	2,13	2,12	-0,2	-0,01	-0,21
11	Умань	2,37	2,30	2,22	-0,07	-0,09	-0,16	2,15	2,21	1,95	0,06	-0,26	-0,20	2,23	2,01	2,04	-0,22	0,03	-0,19
12	Полтава	2,55	2,45	2,30	-0,10	-0,15	-0,25	2,31	2,37	2,02	0,06	-0,35	-0,29	2,28	2,11	2,10	-0,17	-0,01	-0,18
13	Харків	2,56	2,47	2,29	-0,09	-0,18	-0,27	2,33	2,39	2,04	0,06	-0,35	-0,29	2,27	2,12	2,11	-0,15	-0,01	-0,16
14	Губиниха	2,41	2,35	2,18	-0,06	-0,17	-0,23	2,18	2,25	1,93	0,07	-0,32	-0,25	2,17	2,01	2,02	-0,16	0,01	-0,15
15	Донецьк	2,35	2,30	2,11	-0,05	-0,19	-0,23	2,11	2,20	1,91	0,09	-0,29	-0,20	2,11	1,98	1,98	-0,13	0,00	-0,13
16	Луганськ	2,67	2,57	2,33	-0,10	-0,24	-0,34	2,40	2,47	2,10	0,07	-0,37	-0,30	2,35	2,20	2,16	-0,15	-0,04	-0,19
17	Сарата	2,05	1,99	1,90	-0,06	-0,10	-0,16	1,80	1,86	1,69	0,06	-0,17	-0,11	1,89	1,85	1,71	-0,04	-0,14	-0,18



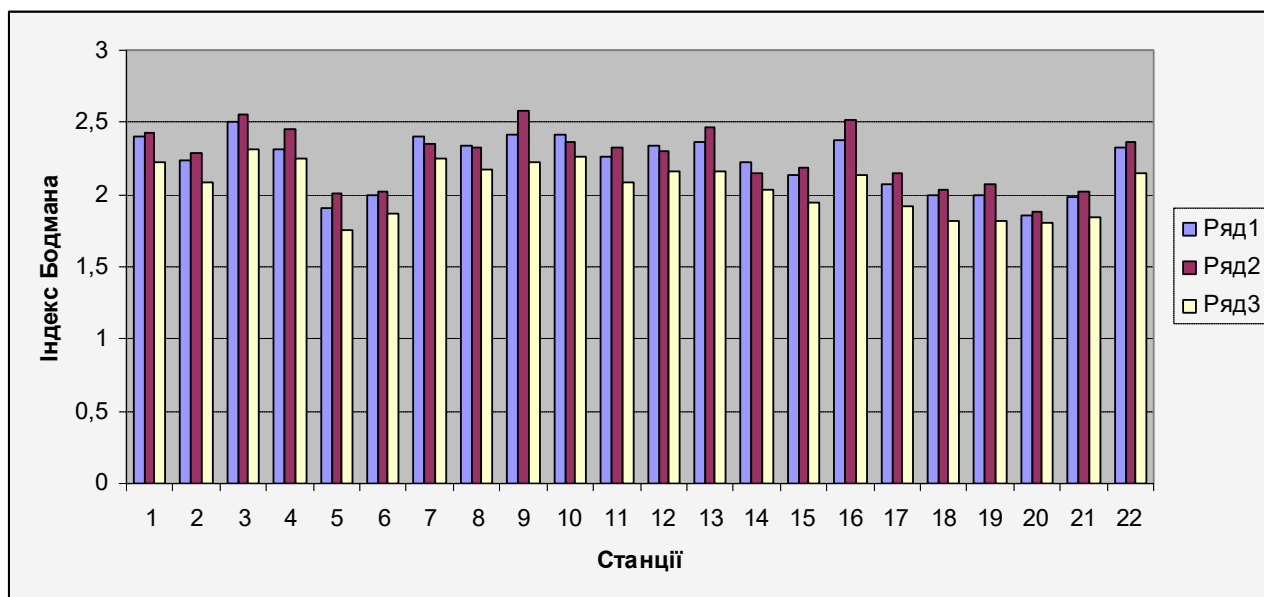
Продовження таблиці 5.8																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
18	Мелітополь	2,10	2,07	1,87	-0,03	-0,2	-0,23	1,87	1,97	1,71	0,10	-0,26	-0,16	1,86	1,74	1,76	-0,12	0,02	-0,10
19	Джанкой	2,03	1,99	1,83	-0,04	-0,16	-0,20	1,83	1,92	1,70	0,09	-0,22	-0,13	1,80	1,68	1,69	-0,12	0,01	-0,11
20	Ужгород	1,92	1,90	1,80	-0,02	-0,1	-0,12	1,76	1,81	1,68	0,05	-0,13	-0,08	1,84	1,72	1,68	-0,12	-0,04	-0,16
21	Чернівці	2,16	2,10	2,01	-0,06	-0,1	-0,15	1,09	2,01	1,79	0,11	-0,22	-0,11	2,01	1,84	1,82	-0,17	-0,02	-0,19
22	Ім.Старченка	2,35	2,27	2,19	-0,08	-0,09	-0,17	2,14	2,20	1,93	0,06	-0,27	-0,21	2,20	1,98	2,02	-0,22	0,04	-0,18

Таблиця 5.9 – Середні значення індексу Бодмана за перший (І), другий (ІІ) і третій (ІІІ) періоди та їх зміна (ІІ-І), (ІІІ-ІІ), (ІІІ-І) (сценарій А1В)

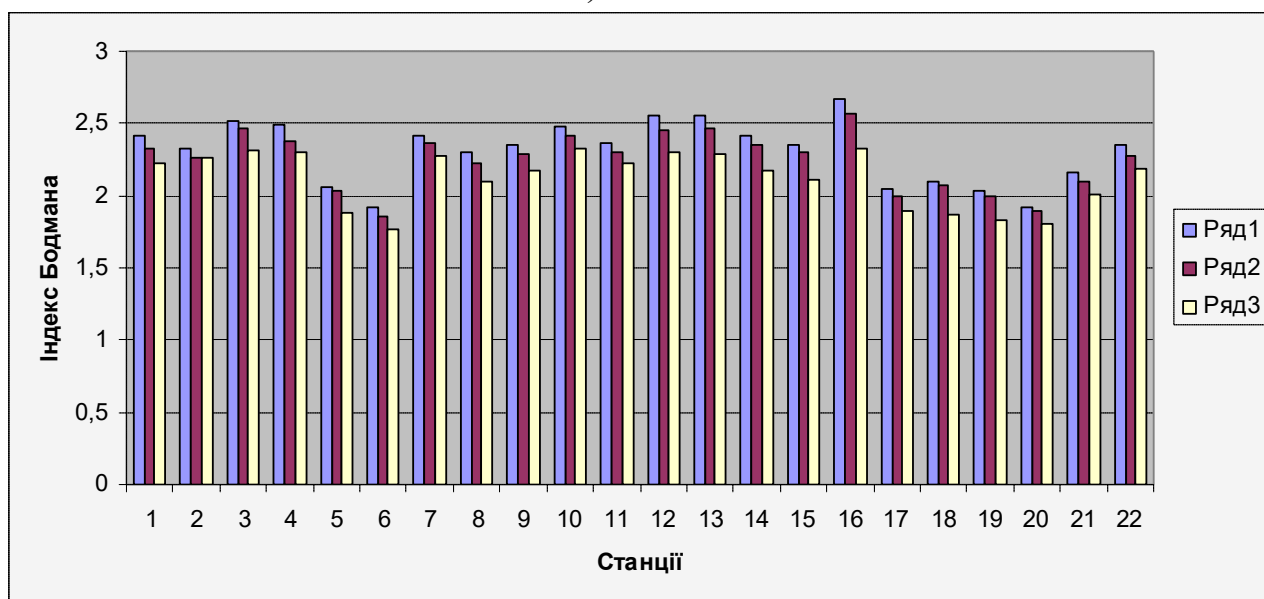
№ П/П	Назва станції	Січень						Лютий						Грудень					
		І	ІІ	ІІІ	ІІ-І	ІІІ-ІІ	ІІІ-І	І	ІІ	ІІІ	ІІ-І	ІІІ-ІІ	ІІІ-І	І	ІІ	ІІІ	ІІ-І	ІІІ-ІІ	ІІІ-І
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Житомир	2,40	2,43	2,23	0,03	-0,20	-0,17	2,38	2,42	2,22	0,04	-0,20	-0,16	2,29	2,26	2,25	-0,03	-0,01	-0,04
2	Вінниця	2,24	2,29	2,09	0,05	-0,20	-0,15	2,24	2,27	2,08	0,03	-0,19	-0,16	2,15	2,14	2,11	-0,01	-0,03	-0,04
3	Суми	2,50	2,55	2,31	0,05	-0,24	-0,19	2,49	2,52	2,35	0,03	-0,17	-0,14	2,38	2,32	2,25	-0,06	-0,07	-0,13
4	Кіровоград	2,31	2,45	2,25	0,14	-0,20	-0,06	2,26	2,29	2,11	0,03	-0,18	-0,15	2,24	2,10	2,09	-0,14	-0,01	-0,15
5	Миколаїв	1,91	2,01	1,76	0,10	-0,25	-0,15	2,01	2,04	1,81	0,03	-0,23	-0,20	1,78	1,80	1,71	0,02	-0,09	-0,07
6	Ізмаїл	2,00	2,02	1,87	0,02	-0,15	-0,13	2,05	1,92	1,77	-0,13	-0,15	-0,28	1,96	1,92	1,88	-0,04	-0,04	-0,08
7	Броди	2,40	2,35	2,25	-0,05	-0,10	-0,15	2,38	2,31	2,19	-0,07	-0,12	-0,19	2,30	2,18	2,27	-0,12	0,09	-0,03
8	Сарни	2,34	2,33	2,18	-0,01	-0,15	-0,16	2,34	2,34	2,17	0,00	-0,17	-0,17	2,23	2,17	2,19	-0,06	0,02	-0,04
9	Щорс	2,41	2,58	2,23	0,17	-0,35	-0,18	2,41	2,54	2,26	0,13	-0,28	-0,15	2,28	2,30	2,19	0,02	-0,11	-0,09

Продовження таблиці 5.9																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	Тернопіль	2,42	2,37	2,26	-0,05	-0,11	-0,16	2,41	2,35	2,22	-0,06	-0,13	-0,19	2,34	2,22	2,32	-0,12	0,10	-0,02
11	Умань	2,26	2,33	2,09	0,07	-0,24	-0,17	2,24	2,25	2,08	0,01	-0,17	-0,16	2,15	2,15	2,10	0,00	-0,05	-0,05
12	Полтава	2,34	2,30	2,16	-0,04	-0,14	-0,18	2,36	2,31	2,19	-0,05	-0,12	-0,17	2,23	2,12	2,10	-0,11	-0,02	-0,13
13	Харків	2,36	2,47	2,16	0,11	-0,31	-0,20	2,35	2,42	2,20	0,07	-0,22	-0,15	2,25	2,21	2,10	-0,04	-0,11	-0,15
14	Губиниха	2,23	2,15	2,04	-0,08	-0,11	-0,19	2,25	2,15	2,08	-0,10	-0,07	-0,17	2,15	1,96	1,99	-0,19	0,03	-0,16
15	Донецьк	2,13	2,19	1,94	0,06	-0,25	-0,19	2,11	2,15	1,95	0,04	-0,20	-0,16	2,04	1,99	1,88	-0,05	-0,11	-0,16
16	Луганськ	2,38	2,52	2,14	0,14	-0,38	-0,24	2,33	2,47	2,20	0,14	-0,27	-0,13	2,28	2,23	2,07	-0,05	-0,16	-0,21
17	Сарата	2,07	2,15	1,92	0,08	-0,23	-0,15	2,10	2,06	1,85	-0,04	-0,21	-0,25	1,97	1,97	1,86	0,00	-0,11	-0,11
18	Мелітополь	1,99	2,04	1,82	0,05	-0,22	-0,17	2,05	2,01	1,86	-0,04	-0,15	-0,19	1,88	1,82	1,71	-0,06	-0,11	-0,17
19	Джанкой	2,00	2,07	1,82	0,07	-0,25	-0,18	2,02	2,02	1,86	0,00	-0,16	-0,16	1,88	1,82	1,71	-0,06	-0,11	-0,17
20	Ужгород	1,86	1,88	1,81	0,02	-0,07	-0,05	1,82	1,84	1,64	0,02	-0,20	-0,18	1,88	1,86	1,73	-0,02	-0,13	-0,15
21	Чернівці	1,98	2,02	1,84	0,04	-0,18	-0,14	2,08	2,04	1,83	-0,04	-0,21	-0,25	1,93	1,96	1,85	0,03	-0,11	-0,08
22	Ім.Старченка	2,32	2,37	2,15	0,05	-0,22	-0,17	2,29	2,34	2,14	0,05	-0,20	-0,15	2,15	2,18	2,05	0,03	-0,13	-0,10

У всі зимові місяці переважає тенденція на зниження індексу Бодмана по всій території країни (табл. 5.8 і 5.9). Для наочності на рис. 5.43 представлено  $S$  у січні для всіх досліджуваних станцій.



а)



б)

Ряд 1 –  $S$  за 1986-2005 рр.; Ряд 2 –  $S$  – за 2011-2030 рр.; Ряд 3 –  $S$  – 2031-2050 рр.  
1-22 – номери досліджуваних станцій

Рисунок 5.43 – Індекс Бодмана для сценаріїв A1B (а) і A2 (б). Січень

Для більш детального уявлення про особливості зимових умов у табл. 5.10 наведено екстремальні за декаду значення  $S$  у січні.

Таблиця 5.10 – Екстремальні (за декаду) значення індексу Бодмана за перший (І), другий (ІІ) і третій (ІІІ) періоди. Січень, (сценарій А2)

№ п/п	Назва станції	І		ІІ		ІІІ	
		Максимум	Мінімум	Максимум	Мінімум	Максимум	Мінімум
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Житомир	3,90 2000 (3)	1,69 1994 (3)	3,58 2030 (3)	1,73 2022 (1)	3,09 2041(3)	1,64 2043(3)
2	Вінниця	3,68 2000 (3)	1,70 1994 (3)	3,34 2030 (3)	1,69 2020 (1)	3,01 2041(3)	1,7 2043(3)
3	Суми	4,04 2000 (3)	1,61 1986 (3)	3,73 2030 (3)	1,85 2022 (1)	3,36 2036(2)	1,7 2044(1)
4	Кіровоград	4,09 2000 (3)	1,67 1986(3)	3,72 2030 (3)	1,67 2020 (1)	3,2 2041(3)	1,7 2044(1)
5	Миколаїв	3,46 2000 (3)	1,50 1986 (3)	3,37 2030 (3)	1,52 2020 (1)	2,9 2041(3)	1,4 2044(1)
6	Ізмаїл	3,02 1987 (2)	1,40 2004 (1)	2,93 2014 (2)	1,41 2013 (3)	2,4 2041(3)	1,3 2044(1)
7	Броди	3,78 1989 (2)	1,81 1986 (3)	3,59 2030 (3)	1,69 2022 (1)	2,9 2045(3)	1,7 2044(1)
8	Сарни	3,64 2000 (3)	1,67 1994 (3)	3,64 2030 (3)	1,65 2022 (1)	2,8 2041(3)	1,5 2031(2)
9	Щорс	3,83 2000 (3)	1,68 1986 (3)	3,61 2030 (3)	1,71 2020 (1)	3,0 2036(2)	1,6 2044(1)
10	Тернопіль	3,97 1989 (2)	1,80 1986 (3)	3,49 2030 (3)	1,73 2022 (1)	3,0 2033(1)	1,7 2044(1)
11	Умань	3,98 2000 (3)	1,69 1986 (3)	3,47 2030 (3)	1,67 2020 (1)	3,1 2041(3)	1,6 2044(1)
12	Полтава	4,38 2000 (3)	1,55 1986 (3)	3,89 2030 (3)	1,68 2020 (1)	3,6 2033(2)	1,7 2044(1)
13	Харків	4,03 1993 (1)	1,46 1986 (3)	3,79 2030 (3)	1,70 2020 (1)	3,6 2036(2)	1,7 2043(3)
14	Губиниха	3,86 2000 (3)	1,44 1986 (3)	3,70 2030 (3)	1,64 2020 (1)	3,3 2036(2)	1,5 2043(3)
15	Донецьк	3,54 2000 (3)	1,55 2004 (1)	3,45 2023 (2)	1,66 2015 (2)	3,1 2036(2)	1,6 2043(3)
16	Луганськ	4,51 2000 (3)	1,36 1986 (3)	3,74 2030 (3)	1,79 2015 (2)	3,7 2036(2)	1,7 2047(3)
17	Сарата	3,34 1987 (2)	1,43 1986 (3)	3,07 2014 (2)	1,48 2020 (1)	2,7 2041(3)	1,4 2044(1)
18	Меліто- поль	3,36 1989 (2)	1,36 2004 (1)	3,52 2023 (2)	1,47 2020 (1)	3,0 2041(3)	1,4 2044(1)
19	Джанкой	3,07 1989 (2)	1,39 1987 (3)	2,95 2014 (3)	1,46 2015 (2)	3,0 2041(3)	1,4 2041(1)
20	Ужгород	2,44 1993 (1)	1,44 1986 (3)	2,46 2014 (3)	1,53 2018 (2)	2,3 2039(1)	1,4 2044(1)
21	Чернівці	3,47 1989 (2)	1,51 1986 (3)	3,02 2030 (3)	1,47 2020 (1)	2,8 2033(1)	1,4 2044(1)
22	Ім.Старченка	3,98 2000 (3)	1,61 1986 (3)	3,45 2030 (3)	1,67 2020 (1)	2,9 2041(3)	1,6 2043(3)

Примітка. У другій строчці кожної комірки вказано рік, а у дужках декаду, в якій визначено екстремальне значення показника Бодмана.

Вони свідчать про те, що умови третьої декади січня 2000 року для більшості областей країни були суворими і дуже суворими (максимальне значення  $S$  становило 4,51 – у Луганську). У другому періоді очікуються найвищі значення  $S$  у третій декаді січня 2030 року, а третьому періоді – у другій декаді січня 2036 року. Максимальні значення індексу Бодмана в основному зменшуються від 1986-2005 рр. до 2031-2050 рр., мінімальні – зростають від першого до другого періоду, потім зміншуються, але всі ці коливання несуттєві.

Слід зазначити, що індекси холодового стресу, до яких належить і індекс Бодмана, слід враховувати при дослідженні поширення інфекційних епідемій і «холодових» захворювань.

#### 5.4.4 Вітро-холодовий індекс

На фоні глобального потепління, яке відбувається, в Україні, спостерігаються іноді екстремально низькі температури. Наприклад, у 2006 році зареєстровано абсолютний мінімум для нашої території за всю історію метеорологічних спостережень, який становив  $-42^{\circ}\text{C}$  у Луганську.

Тривалий вплив відносно низьких температур повітря (або короточасні впливи особливо низьких температур) викликає значне порушення функціонального стану людини. У таких умовах часто виникають різні простудні захворювання або загострення хронічних захворювань (м'язів і зв'язково-суглобового апарату; ревматизму; радикуліту тощо). У результаті постійного охолодження організму підвищується частота виникнення простудних та інфекційних захворювань.

Небезпека, яку являє собою холод для організму, як правило, полягає не у зниженні температури тіла, а у місцевих змінах, які відбуваються у шкірі і підшкірних тканинах відкритих ділянок тіла (головним чином, це руки, пальці ніг і рук, ступні, вуха, ніс і щоки). В залежності від тривалості перебування на морозі і у вогкості можуть наступити більш-менш небезпечні явища – почервоніння шкіри (кисті рук і ступні червоніють, починають горіти і чухатись; іноді шкіра тріскається, з'являються язви), обмороження шкіри. Отже, обмороженням називають некроз (омертвіння) або запалення тканин під дією холоду, яке супроводжується замерзанням тканинної рідини на окремих ділянках тіла. Ознаками обмороження є: втрата чутливості уражених ділянок, відчуття колення або пощипування, побіління шкіри (перший ступінь обмороження), пухирі (другий ступінь обмороження, потемніння і відмирання (третій ступінь обмороження). За А.П. Авциним [69] перша стадія обмороження – озноб характеризується синюшністю, набряклістю шкіри, зудом і болями. У другій стадії відмічається ушкодження поверхневого шару шкіри і розвиток пухирів зі світлим вмістом, у третій і четвертій стадії омертвляються усі м'які тканини і кістки. Безпосередньою причиною смерті при замерзанні є зупинка дихання і припинення діяльності серця.

Коли температура повітря знижується нижче нуля і швидкість вітру велика, то дуже швидко може настати обмороження. Існує спосіб визначення жорсткості погоди, тобто суб'єктивного відчуття людини за одночасної дії на неї морозу і вітру – вітро-холодовий індекс. Розробка перших емпіричних формул викликана прагненням збройних сил США підготувати своїх солдатів для холодної європейської зими під час Другої світової війни. Вони звернулись до полярних дослідників Пола Сайпла і Чарльза Пассла, які під час другої антарктичної експедиції Ричарда Берда (1939-1941 рр.) взимку 1941 року провели низку експериментів. Вони спостерігали швидкість замерзання води у залежності від температури повітря і швидкості вітру. Температура повітря під час експерименту коливалася від  $-56^{\circ}\text{C}$  до  $-9^{\circ}\text{C}$ , швидкість вітру від нуля до 12 м/с. Вчені дістали формулу, яка пізніше була перетворена і тепер має такий вигляд (5.2) – це формула U.S. National Weather Service

$$WCT = 13,12 + 0,6215 t - 11,37 v^{0,16} + 0,3965 t v^{0,16}, \quad (5.2)$$

де  $WCT$  – вітрохолодовий індекс ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $t$  – температура повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $v$  – швидкість вітру (км/год).

За допомогою вітро-холодового індексу можна адекватно оцінити мороз, дати рекомендації, як одягатись людині і як себе вести за певних умов.

Коли  $WCT > 0^{\circ}\text{C}$ , то ризик обмороження або переохолодження відсутній.

$WCT = 0 \div -9^{\circ}\text{C}$  – спостерігається невеликий ризик обмороження, деякий дискомфорт. Рекомендується тепло одягатись і залишатись сухим.

$WCT = -10 \div -27^{\circ}\text{C}$  – невеликий ризик обмороження, дискомфорт, ризик гіпотермії у випадку тривалого знаходження на повітрі без відповідного захисту. Рекомендується одягатись у декілька шарів теплового одягу, зовнішній шар не повинен пропускати вітру. Рекомендується носити шапку, рукавички, шарф і закрите непромокальне взуття. Потрібно залишатись сухим і на морозі рухатись.

$WCT = -28 \div -39^{\circ}\text{C}$  – середній ризик переохолодження і обмороження відкритих ділянок шкіри протягом 10-30 хвилин: потрібно перевіряти обличчя, відкриті ділянки шкіри і кінцівки (чи не задубнули і не побіліли). Ризик гіпотермії у випадку тривалого знаходження на повітрі без відповідної одежі або укриття від холоду і вітру. Рекомендується одягатись у декілька шарів теплої одежі, зовнішній шар не повинен пропускати вітру. Рекомендується не залишати відкриті ділянки шкіри. Рекомендується носити шапку, рукавички, шарф, маску і закрите непромокальне взуття. Потрібно залишатись сухим і на морозі рухатись.

$WCT = -40 \div -47^{\circ}\text{C}$  – високий ризик переохолодження і обмороження відкритих ділянок шкіри протягом 5-10 хвилин: потрібно перевіряти обличчя, відкриті ділянки шкіри і кінцівки (чи не задубнули і не побіліли). Ризик гіпотермії у випадку тривалого знаходження на повітрі без відповідного одягу або укриття від холоду і вітру. Рекомендується одягатись у декілька шарів теплового одягу, зовнішній шар не повинен пропускати вітру. Рекомендується не

залишати відкритих ділянок шкіри. Рекомендується носити шапку, рукавички, шарф, маску і закрите непромокальне взуття. Потрібно залишатись сухим і на морозі рухатись.

$WCT = -48 \div -54$  °C – дуже високий ризик переохолодження і обмороження відкритих ділянок шкіри 2-5 хвилин: потрібно перевіряти обличчя, відкриті ділянки шкіри і кінцівки (чи не задубнули і не побіліли). Великий ризик гіпотермії у випадку тривалого знаходження на повітрі без відповідного одягу або укриття від холоду і вітру. Потрібна обережність при перебуванні на вулиці. Рекомендується одягатись у декілька шарів теплої одягу, зовнішній шар не повинен пропускати вітру. Рекомендується не залишати відкритих ділянок шкіри, носити шапку, рукавички, шарф, маску і закрите непромокальне взуття. Старайтеся відмінити або скоротити виходи на вулицю. Залишайтеся сухими і рухайтесь.

Коли  $WCT \leq -55$  °, то надзвичайно високий ризик обмороження: відкрита шкіра може замерзнути менше, ніж за 2 хвилини. Небезпечно! Небезпечні умови зовнішнього середовища. Залишайтеся у приміщенні.

Слід зазначити, що ризик обмороження може різко зрости при швидкості вітру  $\geq 14$  м/с.

За формулою (5.2) нами розраховано значення вітро-холодового індексу за мінімальної добової температури повітря зимових місяців всіх трьох досліджуваних періодів для шести станцій, розташованих у різних регіонах країни: Житомир, Суми, Кіровоград, Тернопіль, Полтава і Луганськ.

Результати розрахунків наведено у таблицях 5.11 і 5.12 у вигляді повторюваностей значень вітро-холодового індексу за різними градаціями. З таблиць випливає, що за сценарієм A1B у січні-грудні протягом першого і другого періодів може спостерігатись навіть високий ризик переохолодження і обмороження відкритих ділянок шкіри за 5-10 хвилин на деяких станціях (хоча максимальна ймовірність його 1,9 % у Сумах), бо  $WCT = -40 \div -47$  °C. Найсуворіші умови на ст. Суми у січні-лютому у період з 2011 по 2030рр.: у 50% випадків – невеликий ризик обмороження ( $WCT = -10 \div -27$  °C), дискомфорт, ризик гіпотермії у випадку тривалого знаходження на повітрі без відповідного захисту і 13 % – середній ризик обмороження відкритих ділянок шкіри протягом 10-30 хвилин ( $WCT = -28 \div -39$  °C).

У третьому періоді очікується підвищення вітрохолодового індексу і у зимові місяці переважними будуть  $WCT = 0 \div -9$  °C, а це означає невеликий ризик обмороження, деякий дискомфорт.

Найменш суворі умови у Кіровограді. І саме тут вітро-холодовий індекс має тенденцію на зниження протягом усього досліджуваного часу. На решті станцій повторюваність значень  $WCT$  у межах  $-10 \div -47$  °C від першого до другого періоду зростає, а з 2031 по 2050 рр. очікується її зменшення.

За сценарієм A2 повторюваність вітрохолодового індексу в межах  $0 \div -9$  °C переважає у січні-грудні всіх трьох періодів за винятком січня 1981-2005 рр., коли максимум повторюваності його припадає на  $-10 \div -27$  °C.

Таблиця 5.11 – Повторюваність (%) вітро-холодового індексу (сценарій А2)

Назва станції	1986-2005					2011-2030					2031-2050				
	Градації, °С					Градації, °С					Градації, °С				
	>0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47	>0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47	>0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47
Січень															
Житомир	0,8	48,2	48,2	2,7	-	1,9	61,9	33,7	2,4	-	3,1	71,5	25,5	-	-
Суми	0,8	40,5	51,9	5,8	1,0	2,3	47,9	42,1	7,7	-	3,1	60,6	34,2	2,1	-
Кіровоград	1,6	42,9	52,3	3,2	-	4,4	57,4	34,5	3,7	-	4,7	64,7	30,0	0,6	-
Тернопіль	1,1	47,4	49,8	1,6	-	1,5	58,4	38,4	1,8	-	4,2	65,6	29,5	0,6	-
Полтава	2,1	41,0	51,9	4,4	0,6	3,5	54,0	35,0	7,4	-	5,0	63,7	30,0	1,3	-
Луганськ	2,7	34,0	52,4	9,7	1,1	2,6	43,2	45,0	9,2	-	4,0	56,0	37,7	2,3	-
Лютий															
Житомир	2,3	61,6	33,8	2,3	-	2,5	63,4	31,5	2,7	-	9,9	77,5	12,6	-	-
Суми	0,9	47,6	46,7	4,8	-	1,9	55,0	36,6	6,4	-	4,4	71,9	23,4	0,4	-
Кіровоград	3,2	61,9	33,3	1,6	-	3,0	61,8	32,0	3,2	-	10,8	76,3	12,9	-	-
Тернопіль	2,8	59,5	36,3	1,4	-	2,8	61,8	33,5	1,8	0,2	6,7	78,4	14,9	--	-
Полтава	3,2	56,1	38,2	2,5	-	3,4	57,3	35,0	4,2	-	8,3	74,3	16,8	0,5	-
Луганськ	3,0	52,9	40,4	3,7	-	2,1	51,0	37,9	9,0	-	7,4	67,6	24,1	0,9	-
Грудень															
Житомир	3,4	63,1	33,4	0,2	-	9,4	73,7	16,9	-	-	10,8	73,2	16,0	-	-
Суми	1,9	52,7	43,9	1,5	-	6,0	65,3	28,2	0,5	-	8,1	65,3	26,6	-	-
Кіровоград	4,8	57,1	37,9	0,2	-	11,6	67,1	21,3	-	-	10,3	70,3	19,4	-	-
Тернопіль	2,4	62,3	35,2	0,2	-	8,5	69,7	21,8	-	-	10,5	73,1	16,3	0,2	-
Полтава	4,0	57,4	37,7	0,8	-	10,2	66,1	23,7	-	--	12,3	64,8	22,7	0,2	-
Луганськ	5,2	46,8	46,1	1,9	-	6,9	57,6	33,5	1,9	-	10,2	66,6	22,7	0,5	-



Таблиця 5.12 – Повторюваність (%) вітро-холодового індексу (сценарій А1В)

Назва станції	1986-2005					2011-2030					2031-2050				
	Градації, °С					Градації, °С					Градації, °С				
	>0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47	>0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47	>0	0÷-9	-10÷-27	-28÷-39	-40÷-47
Січень															
Житомир	0,2	58,1	37,9	3,5	0,3	-	50,8	43,4	5,8	-	2,1	62,6	33,7	1,6	-
Суми	-	43,1	46,3	9,4	1,3	-	35,3	50,0	13,5	1,1	1,6	54,5	39,0	4,8	-
Кіровоград	1,6	62,4	33,1	2,9	-	0,3	51,5	45,3	2,9	-	5,6	67,6	26,0	0,8	-
Тернопіль	0,2	55,5	40,5	3,2	0,6	-	50,6	46,3	2,9	0,2	1,8	59,8	37,4	1,0	-
Полтава	1,0	52,9	40,5	5,3	0,3	0,5	43,4	45,8	10,0	0,3	5,2	64,7	27,3	2,9	-
Луганськ	1,0	48,7	45,0	4,2	1,1	1,1	45,0	43,4	9,7	0,8	5,2	61,3	32,1	1,5	-
Лютий															
Житомир	1,8	49,0	43,0	5,5	0,7	-	52,0	42,1	5,5	0,4	2,3	60,5	34,2	3,0	-
Суми	-	37,0	52,2	8,7	1,9	0,2	35,8	49,2	13,1	1,8	0,2	46,7	45,3	7,4	0,4
Кіровоград	3,4	54,5	39,6	2,5	-	1,1	58,2	36,6	4,1	-	3,2	66,7	29,2	0,9	-
Тернопіль	2,3	51,9	40,5	5,3	-	0,7	56,1	36,8	6,2	0,2	3,2	58,2	37,2	1,4	-
Полтава	0,9	45,0	45,5	8,3	0,4	0,2	46,7	43,7	8,5	0,9	0,7	58,1	36,8	4,4	-
Луганськ	1,8	44,8	45,8	6,2	1,4	1,1	47,8	45,7	5,5	-	1,6	56,6	40,2	1,6	-
Грудень															
Житомир	2,3	67,7	27,4	2,6	-	9,4	60,0	29,0	1,5	0,2	3,7	70,3	25,5	0,5	-
Суми	0,8	47,4	46,6	5,0	0,2	1,5	56,3	38,1	3,7	0,5	3,4	61,1	32,7	2,7	-
Кіровоград	5,2	64,0	30,3	0,5	-	7,4	63,5	29,0	-	-	6,6	74,2	19,0	0,2	-
Тернопіль	2,1	71,8	23,9	2,3	-	2,6	61,1	35,2	1,1	-	6,1	68,9	24,7	0,3	-
Полтава	3,4	57,7	36,1	2,6	0,2	5,3	64,7	28,5	1,1	0,3	6,1	69,0	23,5	1,3	-
Луганськ	1,8	51,9	41,6	4,7	-	6,9	55,6	35,2	2,1	0,2	7,7	65,2	26,5	0,6	-

Слід зазначити, що повторюваність  $WCT \geq 0$  і  $0 \div -9$  °C за сценарієм A2 суттєво перевищить повторюваність цих градацій за сценарієм A1B, тобто саме за останнім сценарієм очікуються більш суворі зимові умови.

Більш жорсткими у першому періоді є погодні умови лютого, у другому – січня, а у третьому – лютого (за сценарієм A1B), за іншим сценарієм за весь досліджуваний час – січня.

У грудні всіх часових проміжків, які розглядались, погодні зимові умови найм'якші за обома сценаріями.

Слід зазначити, що збільшує ризик обмороження вологий одяг (взуття), погане харчування, відсутність гарячої їжі, неможливість зігрітись, крововтрата, хвороба.

## 5.5 Ризики від змін клімату та заходи по адаптації до них в Україні

Україна входить у перелік країн, які підписали і ратифікували Рамкову конвенцію ООН про зміни клімату і Кіотський протокол до неї, та взяли на себе зобов'язання не лише захищати кліматичну систему на благо сучасного і майбутнього поколінь людства, але й виконувати свої індивідуальні зобов'язання як Сторони Конвенції і Протоколу. Зокрема, Україна зобов'язалась проводити політику і заходи, спрямовані на боротьбу зі змінами клімату, враховуючи реальні соціально-економічні умови країни, охоплюючи усі джерела і поглиначі парникових газів, а також відповідні сектори економіки [5].

Кліматичні зміни та їх наслідки потребують розробки і здійснення органами охорони здоров'я і цивільної оборони стратегій, напрямів політики і заходів по адаптації, які мають за мету зменшити потенційний вплив на здоров'я.

У 2009 р. під егідою ООН Глобального Договору був підготовлений огляд про сприйняття змін клімату в Україні «Survey on Climate Change Perceptions in Ukraine». Більшість експертів, які прийняли участь у такому дослідженні, пов'язують глобальні зміни клімату з серйозними природними, економічними і соціально-економічними ризиками як для людства в цілому, так і для України зокрема. Автори Повідомлення України, підготованого на виконання статей 4 і 12 Рамкової конвенції ООН про зміни клімату і статті 7 Кіотського протоколу [5] в оцінці можливих ризиків через зміни клімату на території України виділили низку найбільш важливих аспектів і напрямків.

До прямих ризиків віднесено наступні:

- Зростання частоти та інтенсивності кліматичних аномалій і екстремальних погодних явищ, таких як шквали, ураганні вітри, смерчі, аномальні

коливання температури, повені тощо; повторюваність таких явищ збільшилась у 1,5-2 рази.

- Повторюваність частоти засух (за період 1989-2009 рр. їх повторюваність зросла майже вдвічі). Засухи стають більш частими та інтенсивними. Відмічається тенденція поширення засух на регіони, які традиційно відносились до зони достатнього зволоження (Полісся, північні райони лісостепу).
- Підвищення рівня захворюваності і смертності населення. Тепловий стрес у найбільшій мірі загрожує уразливим шарам населення у містах (людям похилого віку, дітям, хворим, які страждають на кардіологічні хвороби тощо).
- Підвищення рівня Чорного і Азовського морів, яке загрожує розмиванню прибережних територій.
- Зменшення продуктивності лісів. В Україні може з'явитись раніше не властива їй зона помірно теплого сухого лісу, який нагадує ліси центральних районів США. У степовій зоні природні умови будуть нагадувати клімат степової зони Іспанії. Степова частина Криму увійде в зону субтропіків. Зона помірно теплого сухого лісу може зайняти територію сьогоденної лісостепової зони і частково лісової зони Полісся.
- Скорочення біологічного різноманіття.

До непрямих ризиків віднесено:

- Зростання міграції населення, поява «кліматичних біженців».
- Негативний вплив на стан продовольчої безпеки.
- Ризики, пов'язані з економічною безпекою держави.
- Збереження технологічного відставання основних галузей промисловості
- Недоотримання коштів від реалізації надлишків квот на викиди парникових газів, які могли б бути спрямованими на модернізацію економіки та підвищення енергетичної безпеки України.
- Пігіршення іміджу України на міжнародній арені у випадку продовження слабкої і безініціативної позиції України у переговорному процесі по всіх аспектах проблем змін клімату.

Рамкова конвенція ООН про зміни клімату передбачає виконання Сторонами вимог відносно формулювання, здійснення та регулярного оновлення національних програм. Ці програми містять заходи по запобіганню наслідків змін клімату шляхом рішення проблеми антропогенних викидів з джерел і абсорбції поглиначами всіх парникових газів, які не регулюються Монреальським протоколом, і заходи по адекватній адаптації до зміни клімату.

На сьогоднішній день в Україні розробляється Національний план адаптації до змін клімату, в якому будуть запропоновані заходи по мінімізації негативного впливу аномальних погодних явищ на всі галузі економіки країни, життєдіяльність населення і стан навколишнього середовища, але

головні акценти будуть розставлені в ньому на сільське господарство, енергетику і охорону здоров'я (табл. 5.13 [70] ). Заходи по адаптації мають бути специфічними для різних секторів економіки в контексті: змісту, вартості, часових рамок впровадження.

У 2007 році було створено Національне агентство екологічних інвестицій України (після останньої реорганізації – Державне), основною задачею якого є забезпечення виконання вимог Конвенції та впровадження механізмів Кіотського протоколу. У ньому створено відділ взаємодії з Секретаріатом Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та адаптації до змін клімату.

За інформацією Державного агентства екологічних інвестицій, до розробки плану залучені провідні науково-дослідні інститути і вчені України. У ньому будуть також враховані всі важливіші результати досліджень світової науки і висновки щорічних конференцій Рамкової конвенції ООН по зміні клімату.

Таблиця 5.13 – Заходи, які запропоновано для включення у проект Національного плану адаптації до змін клімату на 2012-2014 рр., (знаходяться в процесі узгодження і визначення джерел фінансування)

<b>Реалізація заходів з адаптації до зміни клімату на загальнодержавному рівні</b>
Удосконалення діючої загальнодержавної системи спостереження і прогнозування стихійного природного лиха та екстремальних гідрометеорологічних явищ, збільшення кількості та інтенсивності яких пов'язане зі зміною клімату
<b>Формування регіональної політики з питань адаптації до зміни клімату</b>
Забезпечення включення окремих заходів з адаптації до зміни клімату до місцевих планів дій з охорони навколишнього природного середовища при їх розробленні
Забезпечення включення до генеральних планів розвитку міст та селищ міського типу специфічних заходів з адаптації до зміни клімату, в тому числі до збільшення кількості і інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ
Перегляд проектів облаштування зливних каналізаційних мереж у населених пунктах з метою адаптації до збільшення кількості і інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ внаслідок зміни клімату
Розробка і затвердження регіональних схем екомережі
<b>Визначення специфічних заходів з адаптації до зміни клімату у сфері охорони здоров'я та в галузях (секторах) економіки з метою планування галузевих (секторальних) програм розвитку</b>
<i>У сфері охорони здоров'я</i>
Визначення заходів з посилення профілактичної діяльності в умовах екстремальних гідрометеорологічних явищ, зокрема під час тривалих періодів сильної спеки
Забезпечення технічного переоснащення медичних закладів з врахуванням кліматичних умов, що змінюються
Розробка методів протидії інфекційним, серцево-судинним, респіраторним захворюванням, що виникають внаслідок зміни клімату
<i>В агропромисловому секторі</i>
Ведення селекції у рослинництві з урахуванням зміни кліматичних умов
Забезпечення перегляду розподілу спеціалізованих зон насінництва у зв'язку зі зміною

кліматичних умов
------------------

Продовження табл.. 5.13

Запровадження оптимальних термінів основних технологічних заходів у рослинництві у зв'язку зі зміною кліматичних умов
Ведення селекції у тваринництві та птахівництві на підприємствах агропромислового комплексу з урахуванням зміни кліматичних умов
Ведення селекції у рибному господарстві з урахуванням зміни кліматичних умов
Забезпечення стимулювання широкого запровадження страхування ризиків у сільському господарстві
<i>У сфері використання земельних і лісових ресурсів</i>
Підготовка та затвердження комплексу заходів з боротьби із опустелюванням та деградацією земель, відтворення та підвищення родючості ґрунтів
Розроблення заходів з поліпшення стану та якісного складу лісів, посилення їх екологічних, економічних і соціальних функцій в умовах зміни клімату
<i>У сфері використання поверхневих водних ресурсів</i>
Розробка заходів із протипаводкового захисту в умовах збільшення кількості і інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ
Розробка заходів з безпечної експлуатації гідротехнічних споруд в умовах збільшення кількості і інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ
<i>У паливно-енергетичному комплексі</i>
Розробка заходів із зміцнення інфраструктури поверхневих ліній передачі і розподілення енергії у зв'язку зі збільшенням кількості і інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ
Розробка заходів із забезпечення регулювання параметрів роботи об'єднаної енергетичної системи України у зв'язку зі збільшенням ймовірності аварійних ситуацій на енергогенеруючих підприємствах внаслідок збільшення частоти і інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ
<i>У транспортно-дорожній сфері</i>
Забезпечення розроблення і впровадження галузевих стандартів, технічних умов та будівельних норм з урахуванням чинника, пов'язаного зі зміною клімату
Розробка заходів із забезпечення безпеки пасажирських перевезень і перевезень вантажів авіаційним, автомобільним, залізничним, морським, річковим, міським електричним транспортом в умовах збільшення кількості і інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ
<i>У сфері будівництва</i>
Забезпечення розроблення і впровадження нових державних будівельних норм, методології проектування, будівництва та реконструкції об'єктів цивільного і промислового призначення, інженерно-транспортної інфраструктури з урахуванням чинника, пов'язаного зі зміною клімату

Зволікання з проведенням сучасних адаптаційних заходів, включаючи готовність до надзвичайних ситуацій, відгукнеться соціальними втратами (життя і здоров'я населення) та економічними збитками, масштаб яких має характер стратегічних ризиків розвитку країни та загрози національної безпеки [70].

Здатність адаптуватись у майбутньому до наслідків змін клімату залежить від майбутніх рівней економічного і технічного розвитку, місцевих умов навколишнього середовища і якості та доступності медико-санітарної допомоги, інфраструктури громадської охорони здоров'я. Великий вплив на здоров'я людей здійснюють соціальні, економічні, політичні, екологічні і технологічні фактори.

### Висновки

1. Кількість жарких днів і днів з середньою добовою температурою вище 25 °C за умови реалізації сценарію A1B суттєво (іноді у декілька разів) перевищать ці біокліматичні показники, визначені на основі сценарію A2 для трьох часових періодів (I – 1986-2005 рр., II – 2011-2030 рр., III – 2031-2050 рр.) по всій території України.

Протягом року жаркі дні можуть спостерігатись з квітня по жовтень, але в основному з травня по вересень.

Особливості розподілу середньої кількості жарких днів за рік і суми їх за літній сезон у зазначені періоди, які визначено за різними сценаріями, схожі: чисельність таких днів майже рівномірно зростає від Полісся до Причорноморської низовини.

2. Характер змін річної суми жарких днів має такі особливості: максимальні значення додатних різниць їх (II-I) у західних і східних областях (сценарій A1B) та у східних (сценарій A2), а мінімальні – на південному сході і південному заході країни (A1B); на заході і південному заході очікується зменшення жарких днів (A 2). Зміни, визначені за сценарієм A1B перебільшують зміни, розраховані за сценарієм A.2. Найбільше зростання жарких днів від другого до третього і від першого до третього періоду буде у південних областях, а на півночі і північному заході – кількість таких днів зменшиться.

Просторовий розподіл зміни суми за літо жарких днів за різними сценаріями характеризується нерівномірністю. За сценарієм A1B: найбільші додатні зміни жарких днів до 2030 року будуть у південно-західних регіонах і південно-східних, найменші – південних; інтенсивніше зростання – у центральних районах. За сценарієм A2: збільшення змін із заходу на схід. Від другого до третього періоду кількість літніх жарких днів зменшиться за винятком південних і центральних областей (сценарій A1B), згідно A2: буде зростати в основному з півночі на південь.

Від першого до третього періоду за обома сценаріями кількість жарких днів майже на всій території України підвищиться: максимально на півдні і південному сході (сценарій A2), на південному заході і сході за сценарієм A1B).

3. Багаторічна повторюваність жарких днів в окремі місяці літнього сезону в основному зростатиме з півночі на південь. Найбільша кількість

жарких днів у липні. Так за період 2031-2050 рр. максимум їх буде в районі Причорноморської низовини і становитиме до 95% від загальної кількості днів у місяці, тобто 29 днів (за сценарієм А1В) і до 86% (27 днів) за сценарієм А2; мінімум відповідно 38 % (12 днів) і 12 % (4 дні) у Поліссі.

У червні очікується максимальне підвищення різниць повторюваності жарких днів (II-I) до 20,7 % (Харків) і 20,0 % (Донецьк), бо від другого до третього періоду (III-II) майже по всій площі (за винятком Одеської області і Криму) ці значення зменшаться. За сценарієм А2 у 2031-2050 рр. відносно 2011-2030рр. і 1986-2005 рр. повторюваність жарких днів збільшиться відповідно: із заходу і північного заходу на південь та з північного сходу на південь (до 15,3 і 16 % в Ізмаїлі).

4. Просторовий розподіл загальної за літо кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С, яку вважають пороговою для збільшення смертності у помірних широтах, характеризується збільшенням з північного заходу на південь (А1В) і з півночі на південь (А2). Слід звернути увагу на те, що в Ізмаїлі і Мелітополі протягом другого періоду влітку очікується 30%, а у третьому періоді – вже до 45% небезпечних для здоров'я людей днів.

Кількість таких днів майже по всій території України буде зростати. Максимальне підвищення (III-II) у Ізмаїлі (280 днів/20 років) і Мелітополі (240 днів/20 років), а різниця (III-I) тут відповідно буде становити 359 і 324 дні/20 років за сценарієм А1В. Причому інтенсивність зростання цього показника на південь від широти 49,5°півн. ш. буде приблизно сталою. За сценарієм А2 таке підвищення буде суттєво меншим: 151 день/20 років в Ізмаїлі та 130 у Джанкої (II-I), 195 і 188 днів/20 років відповідно у Джанкої і Мелітополі (III-I).

5. У липні кількість днів з середньою добовою температурою > 25°С найбільша. Чисельність подібних днів за сценарієм А1В набагато вища: так у 2031-2050 рр. вона становитиме вже 383/20 років (тобто приблизно 19 днів) в Ізмаїлі, більше 15 днів – у Джанкої, Сараті і Мелітополі.

Особливості зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С: від першого до другого періоду вони неістотні (в середньому до 1-2 дні) на місяць; протягом 2031-2050 рр. очікується їх підвищення, причому максимальне за сценарієм А1В на півдні країни (на 20% відносно 2011-2030 рр. і до 26 % відносно 1986-2005 рр.).

6. На фоні глобального потепління, яке відбувається, в Україні, спостерігаються іноді екстремально низькі температури.

Середні місячні значення індексу Бодмана у всі три періоди на переважній більшості території України знаходяться у межах 2-3 бали, а це свідчить про те, що в окремі зимові місяці і в середньому за зиму переважають умови помірно суворі. Але у крайніх західних районах (Ужгород) індекс Бодмана навіть у січні протягом трьох періодів, які розглядались, буде меншим за 2 бали, тобто зима тут малосуворя. Подібні

зимові умови в окремі періоди можна очікувати і в інших районах країни, особливо на півдні. Слід зазначити, що *S* визначені за різними сценаріями не дуже відрізняються.

У зимові місяці переважає тенденція на зниження індексу Бодмана за обома сценаріями.

7. У січні-грудні 1986-2005 рр. і 2011-2030 рр. і лютому 2031-2050 рр. на деяких станціях можна очікувати навіть високий ризик переохолодження і обмороження відкритих ділянок шкіри за 5-10 хвилин (хоча максимальна ймовірність його 1,9 %).

Найсуворіші умови на ст. Суми у січні-лютому у період з 2011 по 2030рр.: у 50 % випадків – невеликий ризик обмороження, дискомфорт, ризик гіпотермії у випадку тривалого знаходження на повітрі без відповідного захисту і 13 % – середній ризик обмороження відкритих ділянок шкіри протягом 10-30 хвилин.

У третьому періоді очікується підвищення вітрохолодового індексу і у зимові місяці переважними будуть  $WCT = 0 \div -9$  °С, а це означає невеликий ризик обмороження, деякий дискомфорт.

Більш жорсткими у першому і третьому періодах є погодні умови лютого, у другому – січня (за сценарієм A1B), за іншим сценарієм за весь досліджуваний час – січня.

Зміни клімату, як показали проведені розрахунки, супроводжуються зростанням кількості днів з високими значеннями температури. Під час жару зростає кількість смертельних випадків переважно серед осіб похилого віку, що страждають на хронічні захворювання серцево-судинної системи, системи органів дихання, нервової системи та дітей. У майбутньому у всьому світі смертність через літню жару зростатиме (за сучасними розрахунками медиків з Британського міністерства охорони здоров'я і дослідницьких інститутів, до 2020 року на 66 %, а до 2050 року – на 257 %).

Взимку в цілому кількість смертельних випадків може зменшитись через підвищення середньої температури у цей сезон, але низькі температури в окремі дні, які очікуються і в майбутньому, впливають на поширення інфекційних епідемій та «холодових» захворювань і можуть призвести до обморожень різного ступеня.

Для умов України, з її низькими показниками тривалості життя, прогностична оцінка кількості днів з «пороговими» температурами може бути дуже корисною при розробці профілактичних заходів, спрямованих на мінімізацію впливів факторів ризику смертності населення. У подальшому необхідно щоб система охорони здоров'я, органи управління, цивільної оборони, служби соціального захисту країни здійснили комплекс організаційних і профілактичних заходів по запобіганню впливу несприятливих наслідків потепління клімату.



## **6 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРО КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

### **6.1 Тенденції зміни тепло та вологозабезпеченості при зміні клімату**

#### **6.1.1 Методи оцінки теплових ресурсів**

Зміна клімату внаслідок глобального потепління є однією із проблем ХХІ століття. Вона характеризується різними проявами, серед яких провідними є зміна частоти та інтенсивності кліматичних аномалій та екстремальних (небезпечних) погодних явищ. За прогнозами провідних вчених та спеціалістів в найближчі десятиріччя зміни клімату за своїми розмірами та інтенсивністю будуть переважати ті тенденції, які спостерігались в останнє десятиріччя.

Підвищення приземної температури повітря в Північній півкулі спричинило серед виробників продовольства різку міжрічну мінливість продуктивності сільського господарства. Виникла світова проблема забезпечення населення Землі продовольством. Вирішення цієї продовольчої проблеми в ХХІ ст. є найважливішою, стратегічною задачею нового століття, воно є не тільки головною умовою існування населення Землі, але і вирішальним чинником соціальної стабільності окремих країн і світової спільноти в цілому.

Матеріали світової статистики показують, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті. Дві нові обставини посилюють і раніше існуючу проблему із забезпеченням населення продовольством. Перша - помітне підвищення рівня платоспроможного попиту на продукти в багатонаселених країнах – Китаї та Індії. Друга – розширення практики використання сільськогосподарських земель для виробництва біопалива [1, 2, 3, 4].

Сільське господарство є найбільш вразливою галуззю економіки до коливань та змін клімату через його вразливість до зміни кліматичних факторів, та через прогнозований ріст урожайності за рахунок ліквідації технологічного відставання сільського господарства України від провідних країн. Враховуючи інерційний характер сільського господарства та залежність його ефективності від погодних умов, уже зараз необхідне прийняття своєчасних та адекватних рішень щодо складних проблем, обумовлених змінами клімату.

В умовах зміни клімату через зростання потепління важливим чинником підвищення ефективності сільського господарства України є науково обґрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін, що дозволить найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, добитися стійкого зростання величини і якості урожаю, підвищити віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів.

Важливою ланкою проблеми зміни глобального клімату є оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур та впливу цих змін на їхню продуктивність. Оцінка наслідків впливу змін клімату на продуктивність сільського господарства України є дуже актуальною для забезпечення продовольчої безпеки та обґрунтування аграрної політики.

Сучасне потепління викликає значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Воно супроводжується істотним підвищенням температури повітря у зимові місяці, збільшенням кількості тривалих відлиг, часового зрушення розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням беззаморозкового періоду та тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду, деяким покращенням вологозабезпеченості майже усіх зон України. Можливе зростання частоти екстремальних погодних явищ, загальне зниження вологості ґрунтів та зменшення їхньої родючості, виснаження ресурсів прісної води у південних регіонах країни, деградація ґрунтів. Разом з тим, основною особливістю потепління стала нерівномірність випадіння опадів за окремі періоди року, що призвело до збільшення посушливих явищ. Посухи нерідко співпадають з суховіями, спричиняючи пошкодження рослин у різних фазах розвитку та зменшують їхню продуктивність [2,3,5]. У зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря у Північній півкулі продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до майбутніх змін клімату. Це передбачає завчасну оцінку впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур.

Рослини впродовж вегетаційного періоду потребують забезпечення вимог до факторів навколишнього середовища і тільки гармонійне сполучення усіх необхідних факторів забезпечують оптимальний розвиток рослин та формування високого врожаю.

Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано сценарії змін клімату в Україні – сценарій *GFDL-30 %*, сценарій *A1B*, регіональна кліматична модель *MPI-M-REMO*, глобальна модель – *ESCHAM5-r3* [4] та сценарій *A2* [4, 6, 7, 8].

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за три періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період), 2011 – 2030 рр. – перший період, 2031 – 2050 рр. – другий період.

Для комплексної оцінки впливу змін клімату на сільське господарство використовувались дві групи агрокліматичних показників – характеристики теплозабезпеченості та вологозабезпеченості.

Методів оцінки термічних умов існує багато. Так, Лівінгстон для оцінки термічних ресурсів запропонував використовувати термофізіологічний індекс, який розраховується для кожної культури. Розраховані Лівінгстоном термофізіологічні індекси показали, що високі температури так же негативно впливають на приріст рослинної маси, як і низькі (табл.6.1).

Таблиця 6.1 – Термофізіологічні індекси Лівінгстона

Темпе- ратура, °C	Індекс	Темпе- ратура, °C	Індекс	Темпе- ратура, °C	Індекс	Темпе- ратура, °C	Індекс
3,0	0,333	14	14,778	26	94,000	38	64,333
4	0,667	15	17,778	27	101,222	39	50,667
5	1,333	17	26,000	29	115,778	41	23,333
6	1,889	18	31,333	30	120,000	42	14,000
7	2,778	19	38,000	31	121,289	42	8,333
8	3,667	20	46,000	32	123,333	44	4,880
9	4,889	21	54,228	33	116,111	45	2,278
10	6,338	22	63,444	34	107,333	46	1,667
11	8,000	23	71,111	35	96,000	47	0,667
12	9,889	24	79,111	36	86,558		
13	12,111	25	86,556	37	75,667		

Д. Ацці для оцінки теплових ресурсів території запропонував використовувати метеорологічні еквіваленти, різні для різних культур і для різних міжфазних періодів однієї і тієї ж культури. Метеорологічний еквівалент – це кількість градусів температури, які визначають нормальні умови від екстремальних. Д.Ацці запропонував будувати клімоскопи для кожного міжфазного періоду будь-якої культури використовуючи метеорологічні еквіваленти. Для прикладу наводиться клімоскоп озимої пшениці (табл.6.2) [9,10].

Якщо співставити дані клімоскопу з метеорологічними еквівалентами, то можна сказати, що у двох випадках за період від колосіння до дозрівання озимої пшениці спостерігався надлишок тепла (середня температура була вище 24 °C, у двох випадках спостерігалась нестача тепла (середня температура була нижче 14 °C) і в шести випадках із десяти температурні

умови були сприятливі для розвитку озимої пшениці. Для оцінки термічних умов для кожної культури повинен бути побудований свій клімоскоп [10].

Таблиця 6.2 – Клімоскоп озимої пшениці за період від колосіння до дозрівання

Середня температура за період колосіння – дозрівання	Середня температура за період колосіння – дозрівання
19,8	18,3
20,5	13,0
25,3	17,9
13,2	24,9
21,2	21,2

Г.Т. Селянинов запропонував за кліматологічний признак початку вегетації холодостійких рослин приймати дату стійкого переходу температури повітря через 5 °С, для середньо вимогливих до тепла культур - дату переходу температури повітря через 10 °С, для теплолюбних - через 15 °С. За кліматичний признак закінчення вегетаційного періоду він приймав дати стійкого переходу температури повітря через 5, 10, 15 °С восени. Крім того, Г.Т. Селянинов відзначав, що « ... сума температур за вегетаційний період або будь-яку його частину може розглядатись як приблизний інтеграл всіх впливів термічного фактора на рослину впродовж вегетації ..» [9,10].

Пізніше Ф.Ф. Давітая , М.І. Будико та інші дослідники дали фізичне обґрунтування застосування сум температур вище 5, 10 °С, встановивши тісну залежність сум температур з радіаційним балансом земної поверхні та сумарною сонячною радіацією.

Крім того, Г.Т. Селянинов і Ф.Ф. Давітая встановили, що в період активної вегетації рівень оптимальних температур для більшості культур досить високий і знаходиться в межах 28 – 30 °С.

Ф.Ф. Давітая, встановивши потребу в теплі різних сортів винограду, дійшов висновку, що суми температур за між фазні періоди характеризуються достатньою стійкістю. Він встановив, що вегетаційний період змінюється в широких межах, а суми температур залишаються відносно постійними.

П.І. Колосков встановив, що для розвитку рослин основним метеорологічним фактором є температура повітря, а ріст та формування врожайності визначаються впливом комплексу факторів. Тому суми температур, розраховані як для всього вегетаційного періоду, так і для окремих міжфазних періодів, досить повно відображують потреби рослин у теплі.

Д.І. Шашко на основі дослідження коливань сум температур за вегетаційний період встановлено, що суми температур за період вегетації коливаються менше, ніж тривалість вегетаційного періоду тому вони є більш надійним показником [10]. На разі потреба рослин в теплі і ресурси тепла виражаються біологічними сумами температур та сумами активних та ефективних температур.

Дослідженнями С.О. Сапожнікової та Д.І. Шашко встановлено, що біологічні суми температур змінюються в залежності від континентальності клімату.

### 6.1.2 Вплив змін клімату на температурний режим

Виходячи з вищевказаного, аналіз змін температурного режиму по території України виконувався за періоди: 1986-2005рр. ( прийнятий як базовий період) за матеріалами, наведеними в [1], за періоди 2011-2030р.р.(перший розрахунковий період) та за період 2031 – 2050 р.р.(другий розрахунковий період) за кліматичними сценаріями зміни клімату: «м'якому» *GFDL-30 %* [12], «помірному» - *A1B*, «жорсткому» - *A2* [3,11].

Виконана робота є продовженням досліджень з оцінки впливу кліматичних змін на галузі економіки України, результати яких узагальнені в роботі [2].

За основні кліматичні та агрокліматичні характеристики температурного режиму були використані:

- дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С навесні та восени;
- тривалість періоду з температурами повітря вище 0, 5, 10, 15 °С;
- суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 0, 5, 10, 15 °С;
- середня температура повітря січня, липня та їхня амплітуда.

Розглянемо як в різних зонах України будуть змінюватись показники термічного режиму в різні періоди, розраховані за різними сценаріями (табл. 6.3 - 6.6, рис. 6.1).

За початок весни, зазвичай, приймається дата стійкого переходу температури повітря через 0 °С в сторону підвищення температури повітря, а за початок осені - дата стійкого переходу температури повітря через 0 °С в сторону від'ємних температур [5,12,13,14].

Як уже вказувалось вище, в дослідженні розглянуто три періоди: базовий період 1986 – 2005 рр., перший розрахунковий період 2011 – 2030 рр., другий розрахунковий період 2031 – 2050 рр. В ці періоди розглядалися дати переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С навесні та восени, тривалість періодів, суми активних температур за кожен період, температури січня та липня і їх амплітуди.

На рис. 6.1 представлена порівняльна характеристика сум температур по природно – кліматичних зонах України, розрахованих за різними кліматичними сценаріями. За всіма сценаріями відзначатиметься зростання сум температур вище 0 °С в усіх природно – кліматичних зонах України в

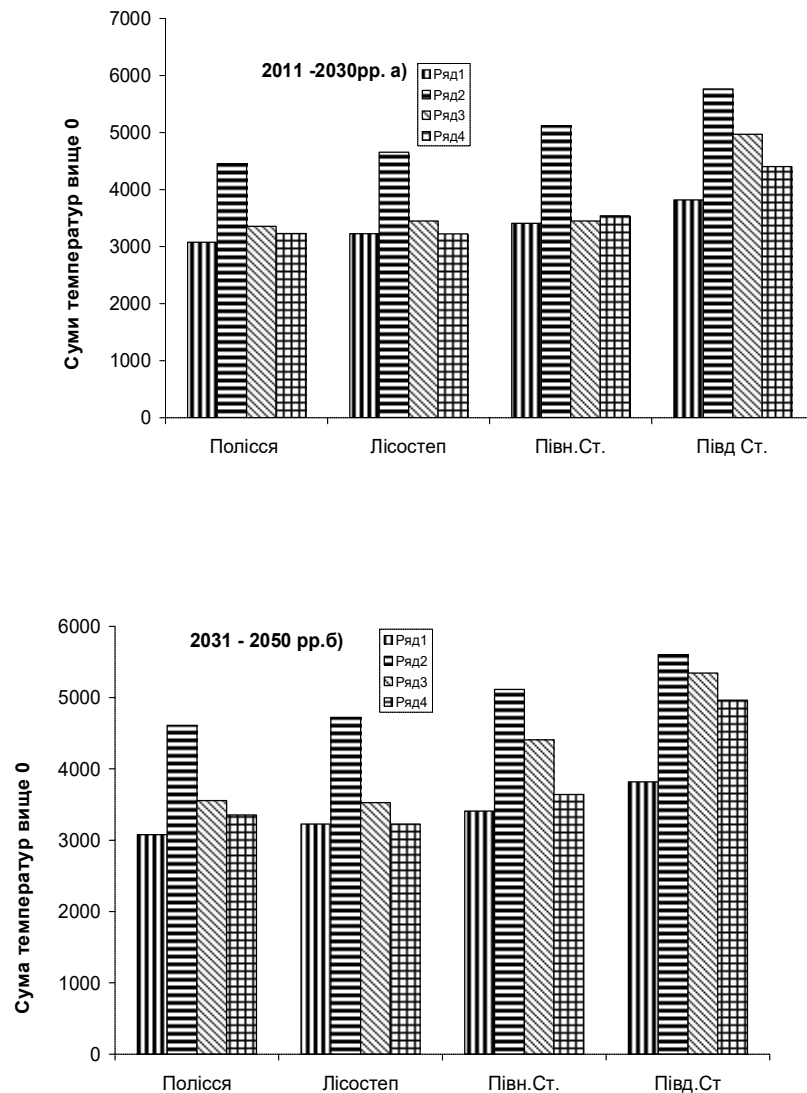


Рисунок 6.1.— Порівняльна сума температур вище 0°С по природно – кліматичних зонах України за різними сценаріями кліматичних змін:

- 1 – середня багаторічна за 1986 – 2005 pp.;
  - 2 – за кліматичним сценарієм *CFDL-30 %*,
  - 3 – за сценарієм *A1B*; 4 – за сценарієм *A2*.
- а) за період 2011 – 2030 pp., б) за період 2031 – 2050 pp.

обидва розрахункові періоди. Однак, слід зазначити, що найвищі зростання сум температур відбуватимуться в разі реалізації сценарію *CFDL-30 %*, особливо відчутне зростання сум температур відзначатиметься в зоні Південного Степу. В Поліссі, Лісостепу та Північному Степу за сценаріями кліматичних змін *A1B* та *A2* в період з 2011 по 2030 рік зростання сум температур буде не значним у порівнянні з середньою багаторічною сумою температур. В зоні Південного Степу за сценарієм *A1B* сума температур підвищиться до 4900 °С, що перевищуватиме базову суму температур на 1150 °С. За сценарієм *A2* ця сума становитиме 4400 °С і перевищуватиме базову суму на 580 °С.

В період з 2031 по 2050 рр. в Поліссі і Лісостеповій зоні наростання сум температур повітря вище 0 °С отриманих за усіма сценаріями зміни клімату буде ідентичним попередньому періоду. В Північному Степу за сценарієм *CFDL-30 %* наростання сум температур в цей період також буде близьким до характеристик першого періоду.

В Північному Степу за сценарієм *CFDL-30 %* наростання сум температур в цей період також буде близьким до характеристик першого періоду. Зростуть відмінності в очікуваних сумах температур в другий розрахунковий період, вони очікуватимуться вищими, ніж в перший період майже на 600 °С. В разі реалізації сценарію зміни клімату *A2* суми температур в порівнянні з першим періодом зростуть незначно, в порівнянні з середньою багаторічною зростуть більше, ніж на 200 °С.

В Південному Степу за умов реалізації сценаріїв *A1B* та *A2* відзначатиметься збільшення сум температур вище 0 °С в порівнянні як з середньою багаторічною, так і з сумами температур за перший розрахунковий період. Перевищення сум над середніми багаторічними за сценарієм *A1B* становитиме 1525 °С, над сумами температур за перший період – 400 °С. За сценарієм *A2* перевищення сум температур за другий період над середньою багаторічною становитиме майже 900 °С.

Однак, крім загальної характеристики очікуваних змін сум температур вище 0 °С за кліматичними сценаріями необхідно детальніше розглянути характеристику усіх показників температурного режиму по окремих природно – кліматичних зонах.

*Полісся.* Як видно із табл. 6.3, середня багаторічна дата переходу температури повітря через 0 °С весною в базовий період спостерігалась 26 лютого, восени – 26 листопада. Тривалість періоду з температурами вище 0 °С становила 278 днів. Сума активних температур за цей період становила 3077 °С.

Розрахунки виконані за трьома сценаріями: *CFDL-30 %*, *A1B* та *A2*. Аналіз розрахунків дат стійкого переходу температури повітря навесні та восени через 0 °С за сценарієм (табл.6.3) *CFDL-30 %* показав, що в Поліссі навесні в період з 2011 по 2030 рр. перехід температури повітря через 0 °С майже співпадатиме з датою переходу в базовий період, а за сценарієм *A2*

наставатиме раніше на 4 дні. Особливо буде відрізнятись ця дата за сценарієм *A1B* коли, перехід температури повітря через 0 °С навесні спостерігатиметься на 13 днів раніше середніх багаторічних термінів.

Таблиця 6.3 – Порівняльні характеристики температурного режиму за період з температурою повітря вище 0 °С у Поліссі

Періоди	Дати переходу температури повітря через 0 °С		Тривалість періоду , дні	Сума температур, °С	Середня температура січня, °С	Середня температура липня, °С	Амплітуда температур, °С
	Весна	Осінь					
Полісся							
1986-2005рр.	26.02	26.11	278	3077	-3,0	19,4	22,4
Сценарій GFDL-30 %							
2011-2030рр.	25.02	3.02	343	4453	2,6	19,2	16,6
Різниця		70	65	1376	5,6	-0,2	5,8
2031-2050рр	-	-	365	4611	3,7	19,2	15,5
Різниця	-	-	87	1534	6,7	-0,2	-6,9
Сценарій A1B							
2011-2030рр.	12.02	4.12	296	3356	-3,3	19,0	22,3
Різниця	14	8	12	279	-0,3	-0,2	-0,1
2031-2050рр	26.02	7.12	284	3555	-1,6	20,2	21,8
Різниця	0	11	6	478	1,7		
Сценарій A2							
2011-2030рр.	21.02	4.12	282	3230 .	-2,7	18,2	20,9
Різниця	5	0	4	153	0,6	-1,0	-1,5
2031-2050рр	23.01	4.12	310	3356	-0,7	18,6	19,3
Різниця	28	0	32	279	2,0	-0,4	-1,6

Восени за усіма сценаріями перехід температури повітря через 0°С наставатиме пізніше – за сценаріями *A1B* та *A2* на 8 днів, за сценарієм *GFDL-30 %* переходу температури повітря через 0 °С не спостерігатиметься.

Таким чином, тривалість періоду з позитивними температурами за сценаріями *A1B* та *A2* за 2011 - 2030 рр. збільшиться на 22 та 6 діб і становитиме 296 та 282 дні відповідно.

Сума температур за період з позитивними температурами в середньому багаторічному за базовий період в Поліссі становить 3077 °С (табл.6.3). Розрахована сума температур за сценарієм *GFDL-30 %* становитиме 4453 °С, що на 1376 °С вище суми температур базового періоду. Середня температура січня буде очікуватись 2,6 °С, що на 5,6 °С вище ніж в базовий період. Середня температура липня очікуватиметься на рівні середніх багаторічних і становитиме 19,2 °С. Амплітуда температури зменшиться до 16,6 °С проти 22,4 °С в базовому періоді.



За сценаріями *A1B* та *A2* очікувані суми температур становитимуть 3356 та 3230 °C, що 279 та 157 °C вище середньої багаторічної відповідно. Середня температура січня буде очікуватись -3,3 та -2,7 °C відповідно, що буде близькою до значень середньої багаторічної. Середня температура липня за сценарієм *A1B* очікуватиметься на 0,2 °C нижче середніх багаторічних і становитиме 19,0 °C. Амплітуда температури зменшиться до 20,9 °C проти 22,3 °C в базовому періоді.

Як видно із табл. 6.3 в період з 2031 по 2050 рр. за сценарієм *GFDL-30 %* від'ємних температур не спостерігатиметься, тому тривалість періоду з температурами вище нуля зросте на 87 діб і становитиме до 365 діб. Сума температур за цей період очікуватиметься до 4611 °C, що на 1534 °C вище середньої суми температур за базовий період і на 158 °C вище середньої за період 2011 – 2030 рр.

За сценарієм *A1B* відхилення дат переходу температури повітря через 0°C навесні не спостерігатиметься, а восени ця дата спостерігатиметься на 11 днів пізніше, ніж в базовий період та на 3 дні пізніше, ніж в період 2011-2030 рр. Сума температур вище 0 °C становитиме 3555 °C, що на 478 °C вище, ніж сума базового періоду і на 199 °C вище ніж в період 2011 – 2030 рр.

За сценарієм *A2* дата переходу температури повітря через 0 °C в період з 2031 по 2050 рр. навесні буде спостерігатись на 28 днів раніше, восени строки в цей період будуть збігатись з середніми багаторічними. Тривалість періоду з температурами вище 0 °C зросте до 310 днів. Сума температур становитиме 3356 °C, що на 279 °C вище суми базового періоду і на 126 °C вище сум за період 2011-2030 рр.

В *Лісостеповій зоні* за сценарієм *GFDL-30 %* (табл. 6.4) дата переходу температури повітря через 0 °C навесні в період 2011 – 2030 рр. буде спостерігатись на 8 днів раніше, ніж в базовий період, а восени – на 73 дні пізніше середніх багаторічних значень. Тривалість періоду зросте до 346 днів, а сума температур до 4655 °C, що на 1428 °C вище середньої багаторічної, яка становить 3227 °C.

За сценарієм *A1B* перехід температури повітря через 0 °C навесні буде спостерігатись в терміни близькі до таких же термінів базового періоду, або наставатиме пізніше на 3 дні. Восени терміни переходу температури повітря через 0 °C наставатимуть пізніше на 16 днів. Тривалість періоду з позитивними температурами зросте і становитиме 284 дні, що на 19 днів більше в порівнянні з базовим.

Сума температур за період з позитивними температурами за сценарієм *A1B* зросте в період до 2030 року до 3450 °C і перевищуватиме суму температур базового періоду на 279 °C.

За сценарієм *A2* термін переходу температури повітря через 0 °C навесні наставатиме в терміни близькі до середніх багаторічних значень, а восени – на 6 днів пізніше. Тривалість періоду зросте на 7 днів і становитиме

272 дні. За сценарієм *A2* сума температур буде на рівні сум базового періоду.

Таблиця 6.4 Порівняльна характеристика показників термічного режиму в Лісостеповій зоні України за період з температурою вище 0 °С

Періоди	Дати переходу температури повітря через 0 °С		Тривалість періоду, дні	Сума температур, °С	Середня температура повітря, °С		Амплітуда температур, °С
	Весна	Осінь			січня	липня	
Лісостепова зона							
1986-2005рр.	3.03	21.11	265	3227	–3,4	20,4	23,7
Сценарій <i>GFDL-30 %</i>							
2011-2030рр.	23.02	4.02	346	4655	3,7	19,2	15,5
Різниця	8	73	81	1428	<b>7,1</b>	<b>-1,2</b>	<b>-8,5</b>
2031-2050рр	-	-	365	4772	3,2	20,6	17,4
Різниця	-	-	100	1545	<b>6,6</b>	<b>0,2</b>	<b>-6,3</b>
Сценарій <i>A1B</i>							
2011-2030рр.	6.03	6.12	284	3450	-5,4	20,5	25,9
Різниця	3	15	2	223	<b>2,0</b>	<b>0,1</b>	<b>2,2</b>
2031-2050рр	6.03	8.12	286	3528	-2,7	21,0	23,7
Різниця	3	17	21	301	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0</b>
Сценарій <i>A2</i>							
2011-2030рр.	28.02	27.11	272	3223	-4,2	18,3	22,5
Різниця	3	6	7	-1	<b>7,6</b>	<b>-2,1</b>	<b>-1,2</b>
2031-2050рр	14.02	8.12	297	3227	-0,5	18,9	21,1
Різниця	17	17	32	0	<b>2,9</b>	<b>-1,5</b>	<b>-2,6</b>

В період 2031 – 2050 рр. тенденція зростання термічного режиму буде продовжуватись, але темпи зростання стануть повільнішими. За сценарієм *GFDL-30 %* дати переходу температури повітря через 0 °С спостерігатись не будуть. Сума температур за період збільшиться до 4772 °С, що на 1545 °С вище базового періоду і на 117 °С вище, ніж в період 2011 – 2030 рр.

За сценарієм *A1B* за період 2031 – 2050 рр. суттєвих змін в термічному режимі не спостерігатиметься, всі показники залишаться на рівні показників за 2011 – 2030 рр.

За сценарієм *A2* в період 2030 – 2050 рр. дата переходу температури повітря через 0 °С спостерігатиметься на весні на 17 днів раніше, восени на 17 днів пізніше середніх багаторічних значень. Тривалість періоду зростає до 297 днів, але сума температур буде близькою до значення середньої багаторічної і становитиме 3227 °С.

Середня температура січня буде вищою і становитиме -0,5 °С, що на 2,9 °С вище середньої багаторічної базового періоду. Середня температура очікуватиметься 18,9 °С, що 1,5 °С нижче середньої багаторічної. Це призведе до зниження амплітуди температур до 21,1 °С. Зниження середніх

температур повітря влітку сприятиме тому, що сума температур за період буде близькою до середніх багаторічних значень.

В Північному Степу за сценарієм *GFDL-30 %* як в період з 2011 по 2030 рр., так і в період 2031 – 2050 рр. спостерігатиметься зростання показників термічного режиму. Причому, зростання в період 2011-2030 рр. буде більш інтенсивним, ніж в період 2031 – 2050 рр ( табл. 6.5).

Таблиця 6.5 – Порівняльна характеристика показників термічного режиму в Північному Степу за період з температурою вище 0 °С

Періоди	Дати переходу температури повітря через 0 °С		Тривалість періоду, дні	Сума температур, °С,	Середня температур а повітря, °С		Амплітуда температур, °С
	Весна	Осінь			січень	липень	
Північний Степ							
1986-2005рр.	6.03	21.11	260	3409	-4,0	22,1	26,1
Сценарій <i>GFDL-30 %</i>							
2011-2030рр.	-	-	365	5116	5,2	23,0	17,8
Різниця	-	-	105	1710	<b>9,2</b>	<b>0,9</b>	<b>-8,3</b>
2031-2050рр	-	-	365	5136	5,2	23,2	18,0
Різниця	-	-	105	1727	<b>9,2</b>	<b>1,2</b>	<b>-8,1</b>
Сценарій <i>A1B</i>							
2011-2030рр.	27.02	1.12	278	3450	5,2	23,0	17,8
Різниця	7	9	18	41	<b>9,2</b>	<b>0,9</b>	<b>-8,3</b>
2031-2050рр	17.02	1.01	317	4048	5,2	23,2	18,0
Різниця	17	40	57	639	<b>9,2</b>	<b>1,2</b>	<b>-8,1</b>
Сценарій <i>A2</i>							
2011-2030рр.	21.02	1.12	284	3541	-1,2	19,7	20,9
Різниця	13	40	24	132	<b>5,2</b>	<b>-2,4</b>	<b>-5,2</b>
2031-2050рр	23.01	1.01	343	3642	-1,0	20,0	21,0
Різниця	35	40	83	235	<b>5,0</b>	<b>-2,1</b>	<b>-5,1</b>

Позитивні температури спостерігатимуться впродовж всього року. В результаті сума температур за рік становитиме 5116 – 5136 °С, що на 1710 – 1727 °С вище середньої багаторічної базового періоду. Середня температура січня становитиме 5,2 °С, що на 9,2 °С вище середньої багаторічної. Середня температура липня підвищиться на 0,9 °С і становитиме 23,0 °С. Амплітуда температур через високу температуру січня знизиться до 18 °С.

За сценарієм *A1B* дата переходу температури повітря через 0 °С весною в період 2011-2030 рр. наставатиме раніше на 7 днів, восени пізніше - на 10 днів, через що тривалість періоду з позитивними температурами збільшиться на 18 днів і становитиме 278 днів. Зростання тривалості періоду

спричинить і збільшення сум температур на до 3450 °С (базова 3409 °С). В цій зоні середня температура січня буде вищою в порівнянні з базовим періодом на 1,3 °С. Температура липня буде нижча, ніж в липні базового періоду на 0,6 °С, а амплітуда температур нижчою на 1,9 °С і становитиме 24,6 °С.

За сценарієм *A1B* дата переходу температури повітря через 0 °С весною в період 2011-2030 рр. наставатиме раніше на 7 днів, восени пізніше - на 10 днів, через що тривалість періоду з позитивними температурами збільшиться на 18 днів і становитиме 278 днів. Зростання тривалості періоду спричинить і збільшення сум температур на до 3450 °С (базова 3409 °С). В цій зоні середня температура січня буде вищою в порівнянні з базовим періодом на 1,3 °С. Температура липня буде нижча, ніж в липні базового періоду на 0,6 °С, а амплітуда температур нижчою на 1,9 °С і становитиме 24,6 °С.

За сценарієм *A2* в цьому ж періоді навесні дата переходу температури через 0 °С в Північному Степу наставатиме раніше на 13 днів, восени пізніше - на 10 днів. Тривалість періоду з позитивними температурами буде 284 дні, тобто на 24 дні довше середньої багаторічної тривалості. Суми температур зростуть значно більше в порівнянні з сценарієм *A1B* і становитимуть 3541 °С, що вище базової суми на 132 °С. Температура в січні за сценарієм *A2* буде вищою температури січня базового періоду на 2,8 °С, а в липні нижче на 2,4 °С. Амплітуда температур зменшиться до 20,9 °С і буде меншою базової на 5,2 °С.

В період від 2031 по 2050 рр. за сценарієм *A1B* потепління поглиблюватиметься і дата переходу температури повітря через 0 °С навесні наставатиме на 17 днів раніше, а восени на 40 днів пізніше, ніж в середні багаторічні терміни. Тривалість періоду з температурами вище 0 °С зросте до 317 діб, що на 57 діб більше у порівнянні з середніми багаторічними і на 39 діб в порівнянні з періодом 2011 – 2030 рр.

Сума температур буде також значно вищою і становитиме 4048 °С, що на 639 °С вище середньої багаторічної базового періоду і на 591 °С вище суми температур за період 2011 – 2-30 рр. Середня температура січня очікується в період 2031- 2050 рр. 0,7 °С, що на 4,7 °С вище базового періоду, але на 2 °С нижче, ніж в період 2011-2030 рр. Середня температура липня в цей період очікуватиметься 20,3 °С, що на 2,2 °С нижче середньої температури базового періоду і на,2 °С нижче температури в липні в період 2011 – 2030 рр. Відповідно і амплітуда температур буде нижчою і становитиме 19,6 °С, що на 5,1 °С нижче середньої амплітуди базового періоду.

За сценарієм *A2* в період 2031 – 2050 рр. температурні показники зростатимуть, але інтенсивність зростання значно послабшає. Дата переходу температури повітря через 0 °С весною буде спостерігатись наприкінці січня

(21.01), тобто на 35 діб раніше середньої багаторічної, а восени – на 40 діб пізніше. Через це тривалість періоду з температурою вище 0 °С зростає до 343 днів, що на 83 дні більше, ніж в базовий період і на 59 днів більше ніж в період 2011 – 2030 рр. Очікувані температури січня і липня місяця, а також амплітуда температур будуть близькими до значень у 2011 -2030 рр.

В Південному Степу за сценарієм *GFDL-30 %* в перший період впродовж року будуть спостерігатись позитивні температури, тривалість періоду з позитивними температурами становитиме 365 діб, тобто на 78 діб більше, ніж середні багаторічні значення (табл. 6.6).

Таблиця 6.6 Порівняльна характеристика показників термічного режиму в Південному Степу за період з температурою вище 0 °С

Періоди	Дати переходу температури повітря через 0 °С		Тривалість періоду, дні	Сума температур, °С	Середня температура повітря, °С		Амплітуда температур °С
	Весна	Осінь			січень	липень	
Південний Степ							
1986-2005pp	19.02	3.12	287	3819	-1,9	23,7	25,6
Сценарій <i>GFDL-30 %</i>							
2011-2030pp.	-	-	365	5788	7,0	24,1	17,1
Різниця	-	-	78	1969	<b>8,9</b>	<b>0,4</b>	<b>-8,5</b>
2031-2050pp	-	-	365	5602	7,0	24,3	17,3
Різниця			78	1783	<b>8,9</b>	<b>0,6</b>	<b>-8,3</b>
Сценарій <i>A1B</i>							
2011-2030pp.	8.02	11.12	307	4971	2,5	24,4	21,9
Різниця	11	8	20	1152	<b>4,4</b>	<b>0,7</b>	<b>-3,7</b>
2031-2050pp	-	-	365	5344	4,0	25,8	21,8
Різниця	-	-	78	1525	<b>5,9</b>	<b>2,1</b>	<b>-3,8</b>
Сценарій <i>A2</i>							
2011-2030pp.	14.02	9.12	300	4401	2,3	22,5	20,2
Різниця	5	6	13	582	<b>4,2</b>	<b>-1,2</b>	<b>-5,4</b>
2031-2050pp	-	-	365	4693	4,8	23,2	18,4
Різниця	-	-	78	874	<b>6,7</b>	<b>-0,5</b>	<b>-7,2</b>

Сума температур за цим сценарієм за період 2011-2030 рр. накопичиться 5788 °С, що вище середньої суми температур базового періоду на 1969. За період 2031-2050 рр. сума температур накопичиться нижча і становитиме 5602 °С, що на 1783 °С вище базового періоду. Середня температура січня очікується і перший період (2011 -2030 рр) і в другий (2031 - 2050 рр.) становитиме 7.0 °С, що на 8,9 °С вище середньої за базовий період. В липні температура повітря і в перший і другий періоди буде майже однаковою і становитиме 24,1 та 24,3 °С, що вище базової на 0,4

та 0,6 °C відповідно. Амплітуда температур зменшиться на 8,3 – 8,5 °C і становитиме 17,1 - 17,3 °C.

За сценарієм *A1B* весною дата переходу температури повітря через 0 °C в середньому за 2011-2030 рр. наставатиме на 9 днів раніше, восени - на 8 днів пізніше, що збільшить тривалість періоду з позитивними температурами на 20 днів ( 307 днів) в порівнянні з базовим періодом. Сума температур за період з позитивними температурами в період 2011 – 2030 зросте до 4971 °C, що перевищуватиме суму температур базового періоду на 1152 °C. Середня температура січня очікується на 4,4 °C вищою і становитиме 2,5 °C (січень базового періоду – 1,9 °C ). Температура липня очікується на рівні 24,4, що на 0,7 °C вище базової. Амплітуда температур зменшиться до 21,9, що на 3,7 °C нижче в порівнянні з базовим періодом (табл. 6.6).

За сценарієм *A2* відхилення дат переходу через 0 °C в період 2011 – 2030 рр. будуть дещо меншими і становитимуть: весною 5 днів, восени – 6 днів, що збільшить тривалість періоду на 13 днів і вона становитиме 300 днів. Сума температур зросте до 4400 °C, що буде вище суми температур базового періоду на 582 °C. Середня температура січня за сценарієм *A2* очікується на рівні 2,3 °C, тобто близькою до таких значень за сценарієм *A1B*. Температура за липень буде нижчою, ніж температура за липень базового періоду на 1,2°C і становитиме 22,5 °C. Амплітуда температур очікується на рівні 20,2 °C, що нижче базової на 5,4 °C (табл. 6.6).

За сценарієм *A1B* в період від 2031 по 2050 рр. зміна клімату призведе до подальшого підвищення температурних показників. Як і за сценарієм *GFDL-30 %* впродовж року будуть спостерігатись позитивні температури, тривалість періоду з позитивними температурами становитиме 365 діб, тобто збільшиться на 80 діб. Наростання сум температур буде відбуватись інтенсивніше, ніж в перший розрахунковий період , що сприятиме накопиченню суми температур 5344 °C, що на 1525 °C вище, ніж в базовий період і на 373 °C більше, ніж в перший період.. Середня температура січня очікуватиметься 4,0 °C, що на 5,9 °C вище, ніж в базовий період. Середня температура липня буде вища середньої багаторічної на 2,1 °C і становитиме 25,8 °C. Амплітуда температур зменшиться на 3,8 °C і становитиме 21,8 °C.

Для працівників сільськогосподарського виробництва важливо знати як зміняться умови тепло забезпеченості впродовж вегетаційного періоду, тобто в періоди з температурою повітря вище 5 та вище 10 °C.

Початок вегетації рослин у Поліссі (*перехід температури через 5 ° C*) в середньому багаторічному (період 1986 – 2005рр.) починався з середини першої декади квітня навесні і закінчувався наприкінці жовтня восени ( табл. 6.7). Тривалість періоду з температурами вище 5 °C становила 206 діб. За цей період накопичувалась сума активних температур 2861 °C. Середня температура січня була -3,0 °C, середня температура липня – 19,4 °C.

Таблиця 6.7 - Порівняльна характеристика показників термічного режиму в Поліссі за період з температурами повітря вище 5 °С

Період	Дата переходу температури повітря через 5 °С		Тривалість періоду, доба	Сума температур вище 5 °С
	Весна	Осінь		
1986-2005pp	6.04	29.10	206	2861
Сценарій <i>GFDL-30</i> %				
2011-2030	4.03	13.11	254	4170
Різниця	31	14	48	1309
2031-2050	2.03	20.11	263	4238
Різниця	34	21	57	1377
Сценарій <i>A1B</i>				
2011-2030	28.03	11.11	229	3235
Різниця	8	13	23	374
2031-2050	24.03	8.11	218	3415
Різниця	12	10	12	554
Сценарій <i>A2</i>				
2011-2030	23.03	1.11	218	3057
Різниця	13	3	<b>12</b>	<b>196</b>
2031-2050-	20.03	10.11	236	3172
Різниця	16	12	<b>30</b>	<b>311</b>

Амплітуда температур становила 22,4 °С. Розподіл с середніх багаторічних сум температур вище 5 °С представлено на рис. 6.2.

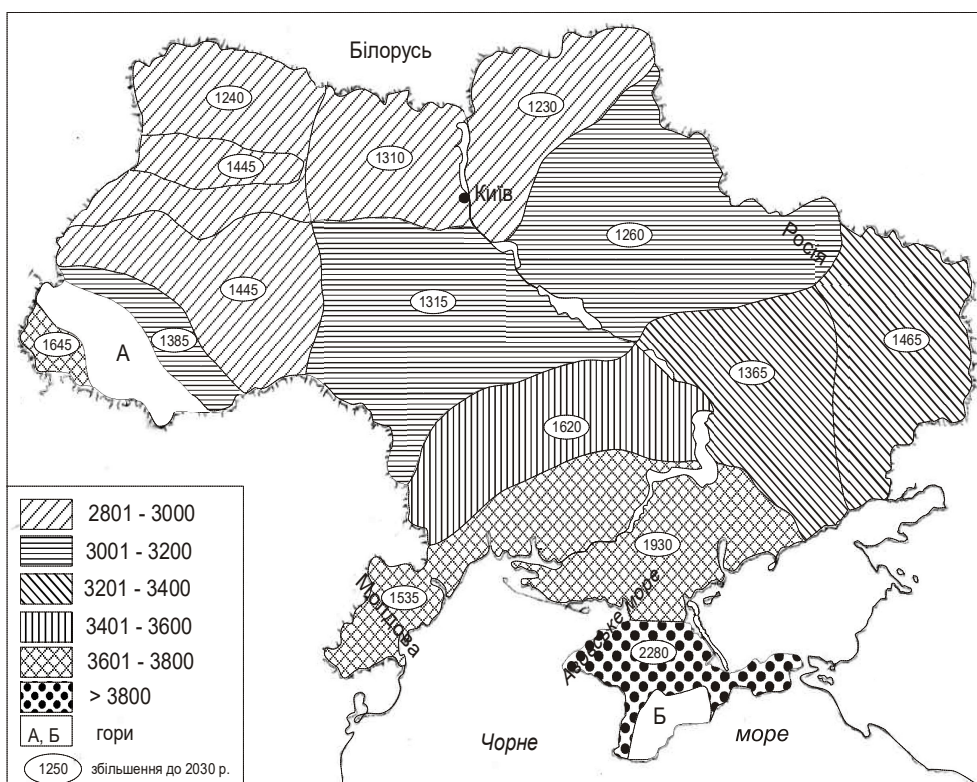


Рисунок 6.2– Сума температур повітря вище 5 °С за період 1986 – 2005 р.р.

За сценарієм *GFDL-30 %* за перший (2011 – 2030 рр.) та другий періоди (2031 – 2050 рр.) під впливом змін клімату значно зміняться всі показники термічного режиму (табл. 6.7, рис 6.3) і (Додаток, рис. Г1-Г2).

Дата переходу температури повітря через 5 °С навесні наставатиме майже на місяць раніше – 4.03 та 2.03 відповідно. Восени в перший період дата переходу температури повітря через 5 °С спостерігатиметься 13 листопада, в другий – 20 листопада. Тривалість періоду з температурами вище 5 °С зросте до 254 діб в перший період та до 263 днів у другий період. Зростання сум температур буде відбуватись інтенсивно в перший період і становитиме 4170 °С, що буде вище суми температур базового періоду на 1309 °С (рис. Г1).

В другий розрахунковий період наростання сум температур буде відбуватись повільніше і вона становитиме 4238 °С, тобто перевищуватиме середню багаторічну на 1377 °С (рис. Г2).

За сценарієм *A1B* початок вегетації відбуватиметься в 2011 – 2030 рр. раніше базового періоду на 9 днів навесні, тобто наприкінці березня і на 9 днів восени пізніше базового, тобто 11 листопада (табл. 6.7). Це сприятиме тому, що тривалість періоду вегетації збільшиться на 22 дні і становитиме 228 днів. Суми температур за період з температурами вище 5 °С зростуть на 374 °С і становитимуть 3235 °С. (рис. 6.3,а). За цим же сценарієм в період 2031 – 2050 рр. початок вегетації відзначатиметься навесні на 34 дні раніше середніх багаторічних, а восени – на 9 діб пізніше. Тривалість періоду становитиме 218 днів, що на 12 днів більше середнього багаторічного. Сума температур за другий період становитиме 3415 °С, що на 554 °С вище, ніж середня багаторічна базового періоду і на 184 °С вище, ніж в першому періоді. (рис. Г3, Г4).

За сценарієм *A2* в Поліссі в 2011-2030 рр. перехід температури повітря через 5 °С спостерігатиметься навесні на 6 днів раніше, ніж в базовий період, а восени тільки на 2 дні пізніше. Тому і тривалість періоду за сценарієм *A2* становитиме 218 днів, тобто така ж як і за сценарієм *A1B*. За цей період накопичиться сума температур 3057 °С, що вище суми базового періоду на 196 °С (рис. Г5).

У другому періоді (2031 – 2050 рр.) початок вегетації відбуватиметься в строки, близькі до першого періоду навесні і на 10 днів пізніше восени. Тривалість періоду зросте до 236 діб, що довше базового періоду на 30 діб.

Сума температур становитиме 3172 °С, що на 311 °С менше базового періоду і на 115 °С нижче суми за період 2011 – 2030 рр. (рис. Г6).



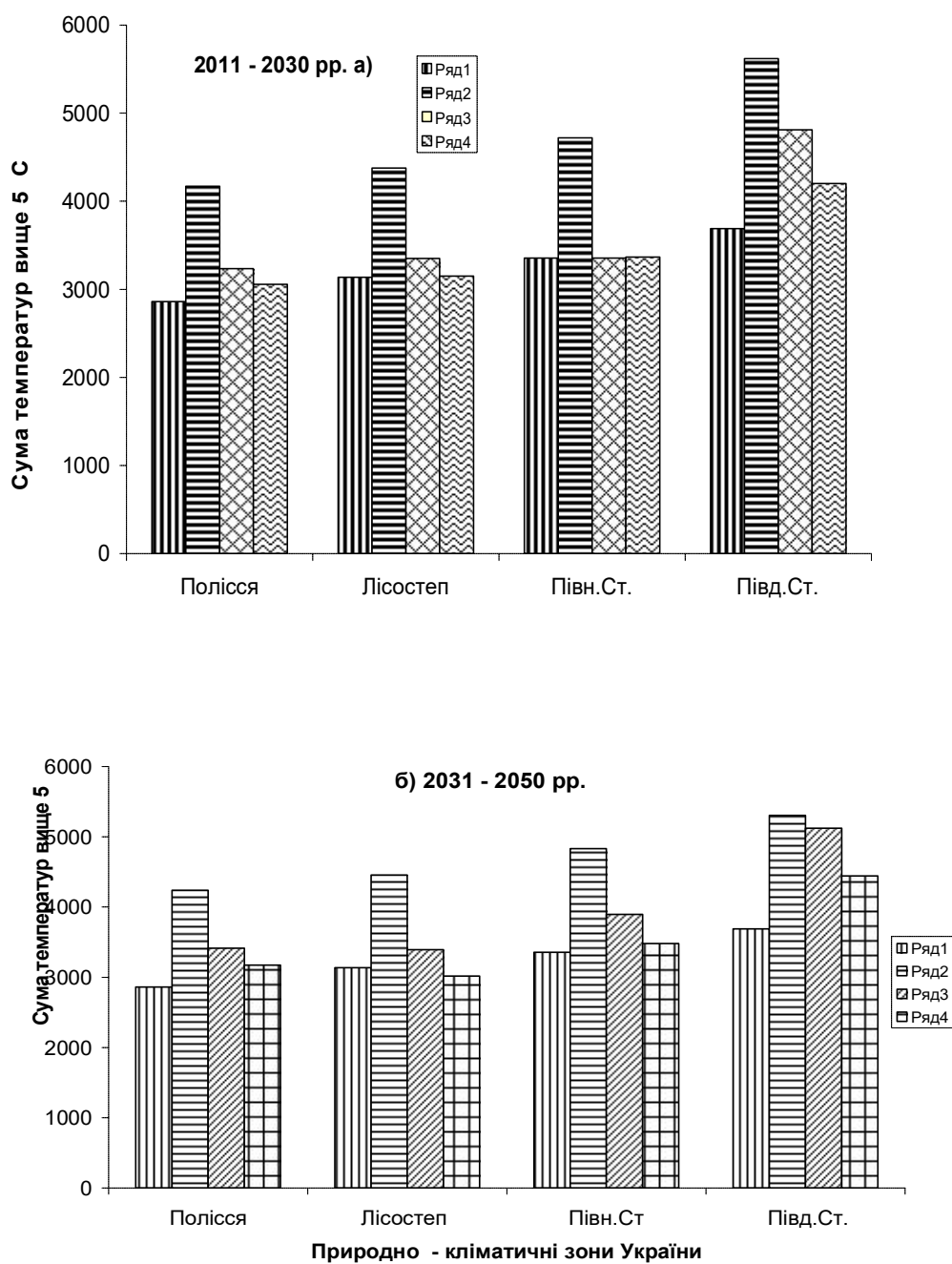


Рисунок. 6.3 – Порівняльна характеристика сум активних температур вище 5 °C по природно - кліматичних зонах України:

а) період 2011-2030 pp.; б) період 2031 – 2050 pp.

1 – базовий період 1986 – 2005 pp.; 2 – за сценарієм *GFDL-30 %*;  
3 - за сценарієм *A1B*; 4 – за сценарієм *A2*.

В Лісостеповій зоні в базовий період (1986 – 2005) перехід температури повітря через 5 °С весною наприкінці березня (31.03), восени – наприкінці жовтня (27.10) ( табл. 6.8).

Таблиця 6.8 – Порівняльна характеристика показників термічного режиму в Лісостеповій зоні України за період з температурами повітря вище 5 °С

Період	Дата переходу температури повітря через 5 °С		Тривалість періоду, доба	Сума температур вище 5 °С
	Весна	Осінь		
Середні багаторічні				
1986-2005pp	31.03	27.10	212	3136
Сценарій <i>GFDL-30 %</i>				
2011 -2030pp	3.03	16.11	257	4379
Різниця	27	19	51	<b>1243</b>
2031 -2050 pp.	1.03	25.11	270	4456
Різниця	36	27	64	<b>1320</b>
Сценарій <i>A1 B</i>				
2011 -2030pp	8.04	19.11	225	3351
Різниця	-2	13	19	<b>215</b>
2031 -2050 pp.	28.03	6.11	243	3393
Різниця	9	8	37	<b>257</b>
Сценарій <i>A 2</i>				
2011 -2030pp	25.03	4.11	225	3151
Різниця	5	6	19	<b>15</b>
2031 -2050 pp.	26.03	26.10	215	3016
Різниця	4	-3	9	<b>-120</b>

Тривалість періоду з температурами вище 5 °С становила 212 діб. Сума активних температур становила 3136 °С.

За сценарієм *GFDL-30 %* перехід температури повітря через 5 °С в зоні Лісостепу в період 2011 – 2030 pp. весною буде спостерігатись 23 лютого, тобто на 8 діб раніше, ніж в базовий період, а восени - 16 листопада, тобто на 20 діб пізніше середніх багаторічних термінів. Тривалість періоду зросте у порівнянні з середнім багаторічним і становитиме 257 днів. Сума температур теж зросте в порівнянні з сумаю базового періоду на 1243 °С і становитиме 4379 °С (рис.Г1).

За сценарієм *A1B* перехід температури через 5 °С весною в Лісостеповій зоні в перший період буде спостерігатись на 9 днів раніше, ніж в базовий період, а восени перехід температури буде спостерігатись наприкінці другої декади листопада, що на 21 день пізніше, ніж в базовий період. Тривалість періоду становитиме 225 днів. За цей період накопичиться сума температур 3351 °С, що на 215 °С вище суми базового періоду (рис.Г3 ).

За сценарієм *A2* перехід температури повітря через 5 °C в перший розрахунковий період буде навесні спостерігатись на 5 днів раніше базового періоду, а восени на 7 днів пізніше. Тривалість періоду зростає в порівнянні з базовою буде становити 226 діб. Сума температур накопичиться майже рівною середній багаторічній і становитиме 3151 °C (рис. Г5).

В другий розрахунковий період (2031 – 2050 рр.) дати переходу температури повітря через 5 °C за сценарієм *GFDL-30 %* навесні будуть спостерігатись на 27 діб раніше – 1.03 середніх багаторічних, а восени на 27 діб пізніше. Тривалість періоду з температурами вище 5 °C становитиме 270 днів, що на 64 доби довше, ніж середня багаторічна тривалість базового періоду і на 13 діб довше, ніж у 2011 – 2030 рр. Сума температур накопичиться на 1320 °C більше середньої багаторічної і становитиме 4456 °C (рис. Г2).

За сценарієм *A1B* в період з 2031 по 2050 рр. дата переходу температури повітря через 5°C спостерігатиметься весною на 9 раніше, ніж в базовий період, а восени – на 9 діб пізніше. Тривалість періоду зростає до 248 діб, що на 37 діб довше середнього багаторічного значення. Сума температур вище 5 °C становитиме 3393 °C, тобто на 257 °C вища, ніж в базовий період (рис. Г4).

В разі реалізації сценарію *A2* очікувана дата переходу температури повітря через 5 °C весною в період 2031 – 2050 рр. буде спостерігатись в такі ж терміни, як і в перший період, тобто в середині третьої декади березня. Восени ця дата буде спостерігатись на 3 дні раніше, ніж в базовий період, тобто 26.10. Тривалість дня становитиме 215 діб, а сума температур становитиме 3016 °C, тобто на 120 °C нижче, ніж в базовий період (рис. Г6).

В *Північному Стену* перехід температури через 5 °C в середньому багаторічному (1986 – 2005рр.) спостерігався на початку квітня (табл. 6.9) навесні і 30 жовтня восени. Тривалість періоду з температурами вище 5 °C становила 213 діб і за цей період накопичувалась сума ефективних температур 2861 °C (табл. 6.9).

Розрахунки за сценарієм *GFDL-30 %* на перший період (2011 – 2030-рр.) показують, що при зміні клімату потепління спричинить різке зміщення строків переходу через 5 °C як весною, так і восени. Весною ця дата буде спостерігатись на 32 доби раніше, восени – на 25 діб пізніше ніж в базовий період, через що тривалість періоду зростає на 59 діб і становитиме 272 доби.

В другий розрахунковий період (2031 – 2050 рр.) наставання дати переходу ще більше зміститься на ранні строки і спостерігатиметься 10 лютого навесні та 8.грудня восени, що спричинить збільшення тривалості періоду з температурами вище 5 °C до 292 днів (середня багаторічна 213 діб).

Таблиця 6.9 – Порівняльна характеристика показників термічного режиму в Північному Степу України за період з температурами повітря вище 5 °С

Період	Дата переходу температури повітря через 5 °С		Тривалість періоду, доба	Сума температур вище 5 °С
	Весна	Осінь		
Середні багаторічні				
1986-2005pp	1.04	30.10	213	3356
Сценарій <i>GFDL-30 %</i>				
2011 -2030pp	27.02	25.11	272	4720
Різниця	32	25	59	<b>1374</b>
2031 -2050 pp.	10.02	8.12	292	4831
Різниця	49	38	79	<b>1475</b>
Сценарій <i>A1 B</i>				
2011 -2030pp	23.03	13.11	235	3354
Різниця	9	13	22	<b>-2</b>
2031 -2050 pp.	18.03	18.11	245	3895
Різниця	14	18	32	<b>539</b>
Сценарій <i>A 2</i>				
2011 -2030pp	20.03	2.11	226	3366
Різниця	11	2	13	<b>10</b>
2031 -2050 pp.	14.03	7.11	240	3479
Різниця	17	7	27	<b>123</b>

Суми температур за період 2011 – 2030 pp. збільшаться на 1374 °С. і становитимуть 4720 °С. За другий розрахунковий період (2031 – 2050 pp.) сума температур зросте у порівнянні з базовим періодом на 1475 °С. і становитиме 4831 °С, перевищуватиме суму температур за перший період на 100 °С.

Аналіз розрахунків за кліматичним сценарієм *A1B* °С в період 2031 – 2050 pp. також дозволяє зробити висновок про зміщення дат переходу температури повітря через 5 °С навесні і в перший і в другий розрахункові періоди на більш ранні строки, але відхилення значно менші, ніж за сценарієм *GFDL-30 %* і наставатимуть вони 9 та 14 діб відповідно. Від середньої багаторічної. Восени терміни переходу температури повітря через 5 °С спостерігатимуться на 13 та 18 днів пізніше середніх багаторічних. Тривалість періоду з температурами вище 5 °С буде становити в обидва розрахункові періоди відповідно 235 та 245 діб. Сума температур, яка накопичиться в період 2011-2030 pp. становитиме 3354, що майже на рівні середньої багаторічної величини. В період 2031 – 2050 pp. сума накопичиться більшою і становитиме 3895 °С, що на 535 °С вище, ніж сума

температур в базовий період ( рис. Г1, Г2 ) та на 534 вища , ніж в перший період..

За сценарієм *A2* відхилення дати переходу температури через 5 °С навесні в обидва розрахункові періоди будуть майже такими ж як і за сценарієм *A1B* і спостерігатимуться на 11 та 17 днів раніше, ніж в базовий період. За розрахунками восени дата переходу температури повітря через 5 °С буде близькою до такої ж дати базового періоду. Відхилення становитиме 2 та 7 діб. Тривалість періоду становитиме в період 2011–2030 рр. 226 діб і за цей період накопичиться сума температур 3366 °С. У 2031 – 2050 рр. тривалість періоду становитиме 245 діб і за цей період накопичиться сума температур 3479 °С, що на 539 °С вище, ніж середня багаторічна сума.

У *Південному Степу* дата переходу температури повітря через 5 °С на початку весни в середньому багаторічному спостерігалась 21 березня, восени – 11 листопада. Тривалість періоду становила 236 діб, а сума температур вище 5 °С становила 3690 °С. Розглянемо як зміняться температурні умови під впливом змін клімату за різними сценаріями. Розрахунки представлені в табл.(6.10).

Розрахунки показують, що в разі реалізації сценарію *GFDL-30 %* всі показники термічного режиму значно зростуть. Причому в *Південному Степу* це зростання буде більш відчутним, ніж в інших природно - кліматичних зонах. Дата переходу температури повітря через 5 °С за цим сценарієм наставатиме в обидва розрахункові періоди в середині лютого ( відповідно 15 та 10 лютого) навесні, та в середині грудня (15 та 13 грудня) восени.

Більш ранні переходи температури повітря через 5 °С навесні та більш пізні восени сприятимуть збільшенню тривалості періоду до 304 та 308 діб, що більше середнього багаторічного відповідно на 68 та 72 доби. В цілому за період 2011-2030 рр. накопичиться сума температур 5619 °С , що на 1929 °С вище суми базового періоду.

В період 2031 – 2050 рр. ця сума становитиме 5304 °С що на 1614 °С вище суми базового періоду, але майже на 300 °С нижче, ніж в першому періоді. Слід відзначити, що за цим сценарієм в *Південному Степу* відзначатиметься найбільше потепління у порівнянні з іншими природно – кліматичними зонами.

За сценарієм *A1B* у період з 2011 по 2030 рік дата переходу температури повітря через 5 °С буде очікуватись майже на місяць раніше, ніж в базовий період і спостерігатиметься на початку третьої декади лютого. Восени ця дата буде спостерігатись на 25 днів пізніше ( тобто 6 грудня) середньої багаторічної. Тривалість періоду з температурами повітря вище 5 °С зросте в порівнянні з базовим періодом на 22 дні і становитиме 258 днів ( табл. 6.10 , рис. Г3).

Таблиця 6.10 – Порівняльна характеристика показників термічного режиму в Південному Степу України за період з температурами повітря вище 5 °C

Період	Дата переходу температури повітря через 5 °С		Тривалість періоду, доба	Сума температур вище 5 °С
	Весна	Осінь		
Середні багаторічні				
1986-2005pp	21.03	11.11	236	3690
Сценарій <i>GFDL-30 %</i>				
2011 -2030pp	15.02	15.12	304	5619
Різниця	25	34	68	<b>1929</b>
2031 -2050 pp.	10.02	13.12	308	5304
Різниця	15	32	72	<b>1614</b>
Сценарій <i>A1B</i>				
2011 -2030pp	20.02	6.12	258	4812
Різниця	29	25	22	<b>1122</b>
2031 -2050 pp.	12.02	15.12	280	5123
Різниця	37	34	44	<b>1433</b>
Сценарій <i>A 2</i>				
2011 -2030pp	20.03	2.11	258	3366
Різниця	11	2	13	<b>10</b>
2031 -2050 pp.	4.03	7.11	259	3479
Різниця	17	-4	23	<b>123</b>

За розрахунками за сценарієм *A1B* в цей період накопичиться сума температур 4812 °C, яка на 1122 °C перевищуватиме суму температур базового періоду. Слід відзначити, що за цим сценарієм очікувана сума буде нижча в порівнянні з сумою за сценарієм *GFDL-30 %*.

В період з 2031 по 2050 pp. дата переходу температури повітря наставатиме на 37 днів раніше, ніж в базовий період навесні, а восени на 34 доби пізніше. За цим сценарієм відхилення від середніх багаторічних величин будуть більшими, ніж за попереднім сценарієм. Тривалість період збільшиться на 44 дні і становитиме 280 діб. Сума температур становитиме 5123 °C, що на 1433 °C вище середньої багаторічної суми та на 311 °C вище сум першого періоду (рис. Г4).

Розрахунки за сценарієм *A2* теж свідчать про зростання термічних показників. Дати переходу температури повітря через 5°C в період 2011 – 2030 pp. наставатимуть раніше навесні на 11 діб і пізніше восени на 17 діб. Це збільшить тривалість періоду з температурами вище 5 °C на 2 доби і вона становитиме 248 днів. За цей період накопичиться сума температур 4201 °C, яка буде перевищувати суму температур базового періоду на 582 °C. Слід відзначити, що за сценарієм *A2* відхилення дат переходу через 5 °C буде меншим, ніж за сценарієм *A1B* (рис. Г5).

В другий розрахунковий період (2031 – 2050 рр.) відхилення термічних показників буде теж трохи меншим, ніж за сценаріями *GFDL-30 %* та *A1B*.

Дати переходу температури повітря навесні будуть наставати раніше на 17 діб, а восени раніше середніх багаторічних на 4 доби. Тривалість періоду становитиме 259 діб. Сума температур становитиме 4442 °С, що на 759 °С вище середньої багаторічної суми та 241 °С вище, ніж в період 2011- 2030 рр.

Для порівняння розрахунків за різними сценаріями було побудовано графік співставлення сум температур вище 5 °С за двома сценаріями *A1B* та *A2* (рис. 6.4 ).

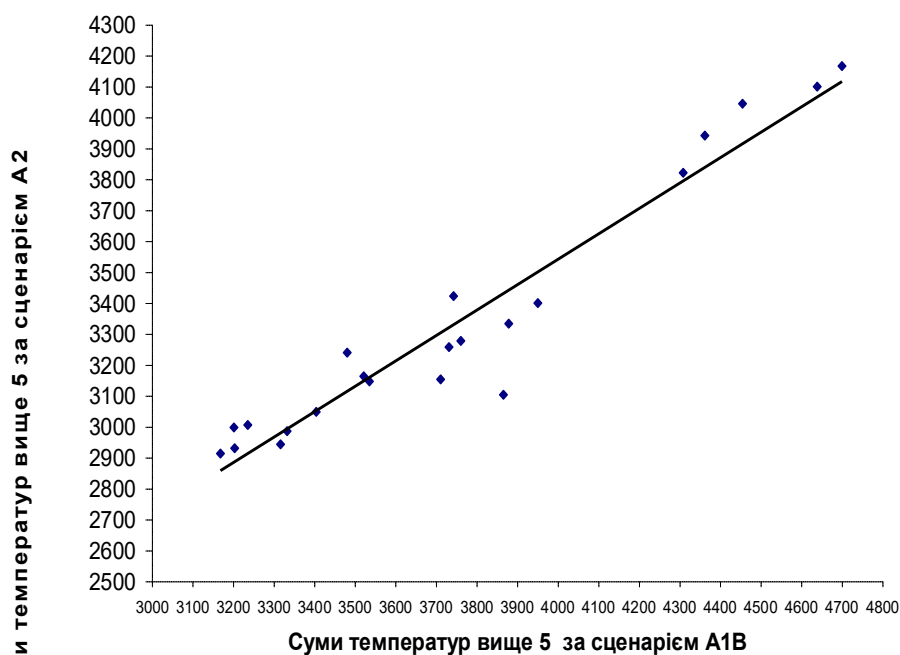


Рисунок 6.4 – Порівняння сум температур вище 5 °С розрахованих за різними кліматичними сценаріями (*A1B* та *A2*).

Як видно із рис. 6.4 розрахунки сум температур за сценаріями *A1B* та *A2* досить добре узгоджуються.

*Період з температурами повітря вище 10 °С.* Основний вегетаційний період більшості сільськогосподарських культур співпадає з періодом з температурою вище 10 °С. Розглянемо як за розрахунками за сценаріями змінюватиметься термічний режим в Україні за період з температурами вище 10 °С за періоди 2011 - 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. Характеристика виконується за окремими природно - кліматичними зонами.

*Полісся.* Як видно із табл. 6.11 середні багаторічні дати переходу температури повітря через 10 °С, тобто за період 1986 – 2005 рр., навесні у Поліссі відзначались 22 квітня і восени до першого жовтня. Тривалість періоду з сумами температур вище 10 °С становила 162 доби (рис. 6.5).

Таблиця 6.11 – Порівняльна характеристика термічного режиму в Поліссі і за період з температурами вище 10 та 15 °С

Період	Дата переходу температури повітря через				Тривалість періоду		Суми активних температур	
	Весна		Осінь		з тем- пера- турою вище 10°C	з тем- пера- турою вище 15°C	вище 10 °C	вище 15°C
	10°C	15°C	10°C	15°C				
Полісся								
1986-2005рр.	22.04	21.05	1.10	6.09	162	107	2582	1902
Сценарій <i>GFDL-30 %</i>								
2011-2030рр.	25.03	25.04	26.10	5.10	217	163	3766	3174
Різниця	28	30	26	29	55	56	1184	1272
2031-2050 рр.	22.03	24.04	23.10	8.10	215	167	3880	3190
Різниця	30	26	22	32	53	60	1290	1288
Сценарій <i>A1B</i>								
2011-2030рр.	18.04	18.05	13.10	17.09	181	119	2820	2389
Різниця	4	3	13	11	15	12	238	487
2031-2050рр.	13.04	22.05	20.10	20.09	190	121	3126	2250
Різниця	9	-1	19	14	28	14	544	348
Сценарій <i>A2</i>								
2011-2030рр.	18.04	24.05	10.10	5.09	172	119	2715	2045
Різниця	4	-3	9	-1	10	12	133	143
2031-2050рр.	19.04	26.05	9.10	8.09	174	102	2715	1781
Різниця	3	-5	8	2	12	-5	133	-281

Восени дата переходу температури повітря через 10 °С змінювалась від 1 жовтня у Поліссі до 19 жовтня у Південному Степу, при цьому тривалість періоду з температурами вище 10 °С зростала від 162 днів у Поліссі до 186 днів у Південному Степу. Суми температур за цей період також зростали з півночі на південь і становили в Поліссі 2582 °С, в Лісостепу - 2817 °С, у Північному Степу - 3010 °С та у Південному Степу - 3322 °С.

Як видно із табл. 6.11 за сценарієм *GFDL-30 %* перехід температури повітря через 10 °С у Поліссі як в період 2011-2030 рр., так і в період 2031 – 2050 рр. буде спостерігатись майже в однакові терміни з різницею 1-3 доби, тобто навесні на 28-30 діб раніше, восени на 26 - 30 днів пізніше.

Це подовжить тривалість періоду з температурами вище 10 °С до 215 – 217 діб. Накопичена сума температур ці періоди становитиме 3766 та 3880 °С, що вище середніх багаторічних сум на 1272 та 1288 °С відповідно.

Перехід температури повітря через 15 °С навесні в обидва розрахункові періоди буде спостерігатись відповідно на 30 та 26 днів раніше середнього багаторічного значення, а восени на 26 та 23 доби пізніше.



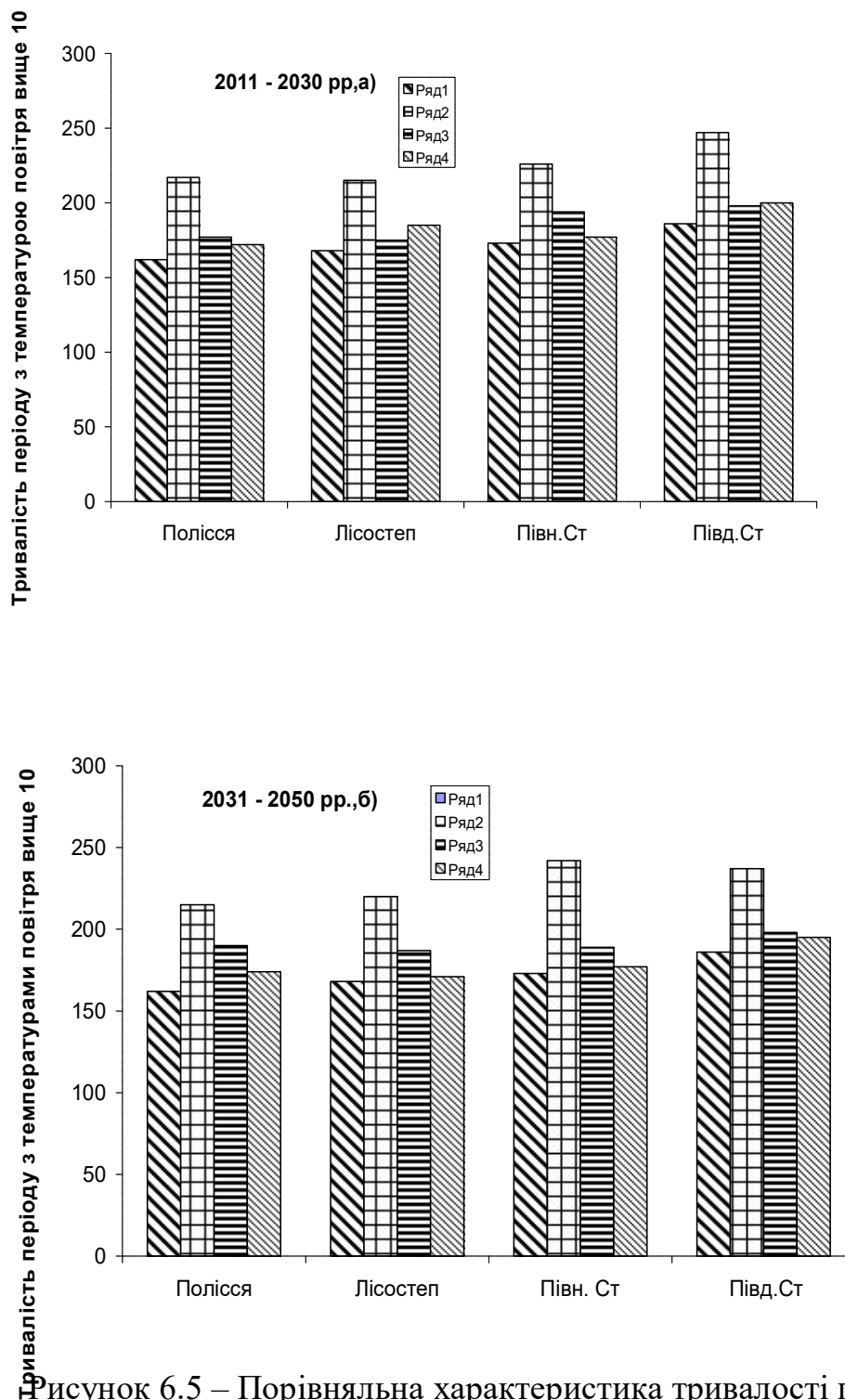


Рисунок 6.5 – Порівняльна характеристика тривалості періоду з температурами повітря вище 10°C.:  
а) період 2011-2030 pp.; б) період 2031 – 2050 pp.

1 – базовий період 1986 – 2005 pp.; 2 – за сценарієм *GFDL-30 %*;  
3 - за сценарієм *A1B*; 4 – за сценарієм *A2*.

Можна сказати, що тенденція в зміні дат переходу температур повітря через 15 °C за сценарієм *GFDL-30 %* подібна тенденції переходу через 10 °C з невеличкими відхиленнями. Тривалість періоду з температурами вище 15 °C становитиме 163 та 167 діб і буде в обидва періоди довшою середніх багаторічних значень відповідно на 50 та 60 діб (рис. 6.6).

В період 2031 – 2050 рр. за сценарієм *GFDL-30 %* у Поліссі відхилення дати переходу температури повітря через 10 °C буде спостерігатись на 9 днів раніше, ніж в базовий період, а через 15 °C – терміни близькі до базового періоду. Восени перехід температури повітря через 10 °C спостерігатиметься на 14 днів, а через 15 °C на 19 днів пізніше, ніж в базовий період. Тривалості періодів з температурою вище 10 та вище 15 Розрахунки за сценарієм *A2* показали, що відхилень дат переходу температури повітря через 15 °C в Поліссі в період 2011-2030 рр. не буде, вони будуть на рівні середніх багаторічних базового періоду. Дати переходу температури повітря через 10 °C восени наставатимуть пізніше середніх багаторічних на 10 днів і тривалість періоду з температурами вище 10 °C збільшиться на 10 днів і становитиме 172 дні. Суми температур за цей період становитимуть 2715 °C, а суми температур вище 15 °C – 2045 °C, що вище середніх сум за базовий період відповідно на 133 та 143 °C.

Аналіз розрахунків за сценарієм *A1B* дати переходу температури повітря через 10 та 15 °C в Поліссі в обидва розрахункові періоди будуть майже співпадати і наставатимуть на 3-4 дні раніше середніх багаторічних. Восени відхилення будуть значними і в період 2011 – 2030 рр. становитимуть в 13 днів, а в період 2031 – 2050 рр. – 20 та 8 днів відповідно. Тривалість періоду буде довша, ніж в середньому багаторічному і становитиме відповідно 172 та 184 дні.

Суми температур становитимуть в період 2011-2030 рр. вище 10 °C відповідно 2820 °C та 3120 °C (рис. 6.5, рис. Г 8); вище 15 °C - 2389 та 2250 °C що вище суми температур базового періоду відповідно на 288 та 544 °C. Суми температур вище 15 °C становитимуть відповідно 2389 та 2250 °C і перевищуватимуть суму температур базового періоду відповідно на 487 та 348.

Розрахунки за сценарієм *A2* показали, що в Поліссі перехід температури повітря через 10 та 15 °C як навесні, та і восени в обидва розрахункові періоди спостерігатиметься майже в однакові терміни і тому тривалість періодів з температурами вище 10 та вище 15 °C буде однакова, відповідно 172 та 107 діб. Суми температур вище 10 °C становитимуть 2715 °C, тільки ненабагато вищі, ніж в базовий період на 133 °C.

Суми температур вище 15 °C становитиме в перший розрахунковий період 2045 °C, що вище середніх сум за базовий період відповідно на 133, в другий 2250 °C тобто на 143 °C вище середньої багаторічної (рис. 6.7).

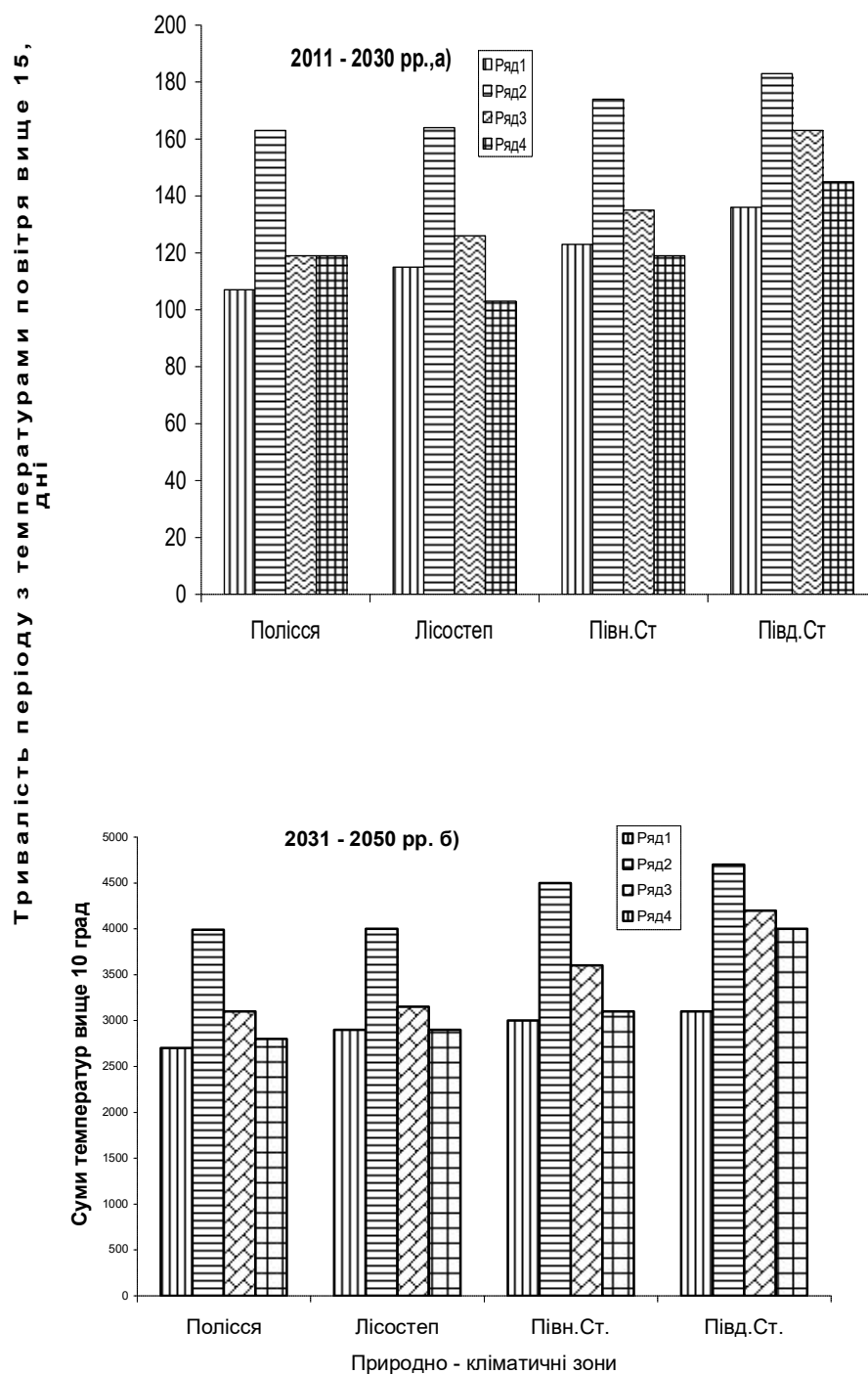


Рисунок 6.6 – Порівняльна характеристика тривалості періоду з температурами повітря вище 15°C: а) період 2011-2030 pp.; б) період 2031 – 2050 pp.: 1 – базовий період 1986 – 2005 pp.; 2 – за сценарієм *GFDL-30 %*; 3 – за сценарієм *A1B*; 4 – за сценарієм *A2*.

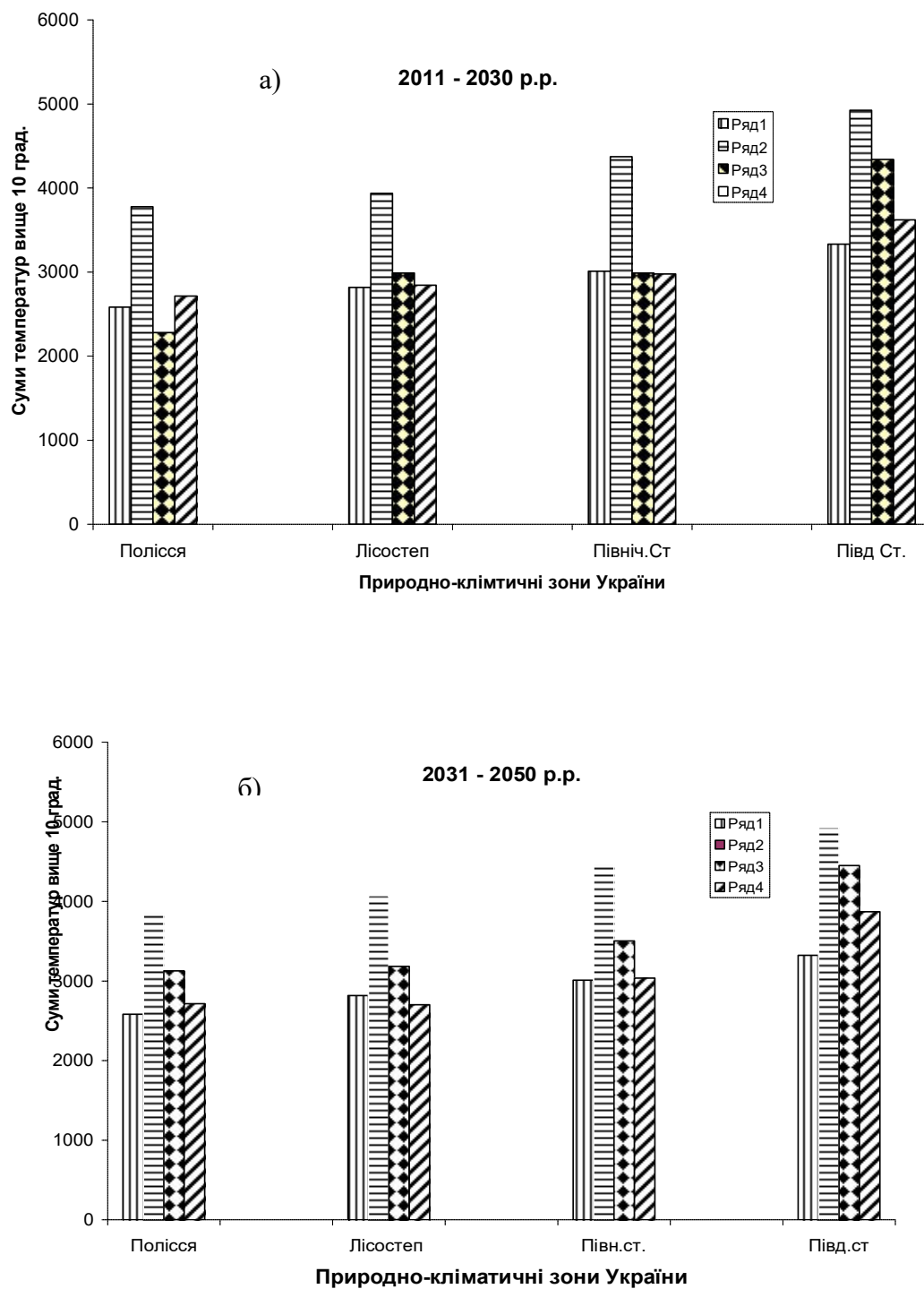


Рисунок 6.7 – Порівняльна характеристика сум активних температур вище 10 °С по території України :  
а – період 2011 – 2030 рр, б – період 2031- 2050 рр.

1- базовий період 1986 – 2005 рр.; 2 – за сценарієм *GFDL-30 %*;  
3 - за сценарієм A1B; 4 – за сценарієм A2.

В *Лісостеповій зоні* в середньому багаторічному дати переходу температури повітря через 10 °С навесні спостерігалась 19 квітня, через 15°С – 17 травня. Восени відповідно 9 вересня та 9 жовтня. Тривалість періоду з температурами вище 10 °С становила 168 днів, з температурами вище 15 °С – 115 днів. За періоди з цими температурами накопичились суми температур відповідно 2817 та 2113 °С (табл. 6.12).

Таблиця 6.12 – Порівняльна характеристика термічного режиму в Лісостеповій зоні за період з температурами вище 10 та 15 °С

Період	Дата переходу температури повітря через				Тривалість періоду		Суми активних температур	
	Весна		Осінь		з тем-пера-турою вище 10°C	з тем-пера-турою вище 15°C	вище 10 °C	вище 15°C
	10°C	15°C	10°C	15°C				
Лісостеп								
1986-2005рр.	19.04	7.05	3.10	9.09	168	115	2817	2113
Сценарій <i>GFDL-30 %</i>								
2011-2030рр.	23.03	25.04	25.10	7.10	215	164	3936	3102
Різниця	26	12	22	32	47	49	1119	989
2031-2050 рр.	21.03	23.04	27.10	9.10	220	170	4073	3432
Різниця	28	14	24	30	52	55	1266	1319
Сценарій <i>A1B</i>								
2011-2030рр.	28.04	25.05	20.10	28.09	175	126	2987	2389
Різниця	9	-18	17	19	187	122	170	276
2031-2050рр.	14.04	21.05	18.10	20.09	7	11	3183	2317
Різниця	5	-16	15	11	19	7	366	204
Сценарій <i>A2</i>								
2011-2030рр.	18.04	25.05	20.10	5.09	185	103	2843	1843
Різниця	1	18	17	-4	17	12	26	-270
2031-2050рр.	19.04	24.05	7.10	8.09	171	106	2701	1951
Різниця	0	17	4	-1	3	-9	26	-162

За розрахунками в разі реалізації сценарію *GFDL-30 %* дати переходу температури повітря через 10 °С і в період 2011-2030 рр. і в період 2031 - 2050 рр. весною в Лісостеповій зоні будуть спостерігатись на місяць раніше середніх багаторічних дат, восени – на 25-27 днів пізніше, тобто наприкінці жовтня. Тривалість періоду становитиме 215 - 220 днів, що приблизно на 50 діб довше середньої багаторічної тривалості (табл. 6.12). Сума температур накопичиться в перший період 3936 °С, в другий – 4073 °С, що вище середньої багаторічної суми температур відповідно на 1119 та 1266 °С.

Дати переходу температури повітря через 15 °С і навесні і восени мають таку ж тенденцію, як і дати переходу температури повітря через 10 °С, тобто навесні наставатимуть на місяць раніше, восени на 25 – 7 днів пізніше.

Тривалість періоду становитиме 164 – 170 діб. Сума температур становитиме відповідно 3102 та 3432 °С, що на 989 та 1319 °С вище сум температур базового періоду.

Дата переходу температури повітря через 10 °С навесні за сценарієм *A1B* буде спостерігатись у 2011 – 2030 рр. на 9 днів пізніше базового періоду. Восени ця дата буде спостерігатись теж пізніше базового періоду. Восени ця дата буде спостерігатись теж пізніше базового періоду на 17 днів, що продовжить очікувану тривалість періоду з температурами повітря вище 10 °С до 175 днів порівняно із середніми багаторічними значеннями 1986-2005рр. Очікувана сума температур за період з температурами вище 10 °С буде майже на рівні середньої багаторічної базового періоду і становитиме 2987 °С, що лише на 170 °С вище, ніж середня багаторічна.

За розрахунками за сценарієм *A2* дати переходу температури повітря через 10 °С в періоди 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. в Лісостеповій зоні майже не будуть відрізнятись навесні від середніх багаторічних. Восени дата переходу в перший розрахунковий період настане на 17 днів пізніше, в другий – на 4 дні. Тривалість періоду буде майже однаковою і становитиме відповідно 185 та 183 дні, що на 17 днів більше середнього багаторічного (рис. 6.5). Суми температур за сценарієм *A2* очікуються в період 2011 – 2030 рр. на рівні середніх багаторічних і становитимуть відповідно 2843 °С. В період 2031 – 2050 рр. суми температур будуть нижчими, ніж середні багаторічні на 116 °С і становитимуть 2701 °С (рис. 6.7).

Дата переходу температури повітря через 15 °С за сценарієм *A2* навесні в обидва розрахункові періоди пізніше середньої багаторічної дати відповідно на 8 та 4 дні, а восени пізніше відповідно на 19 та 11 днів. Тривалість періоду збільшиться і становитиме в перший період 126 днів, в другий період – 130 днів.

Сума температур вище 15 °С становитиме відповідно 1843 та 1951 °С, що на 270 та 162 °С буде нижче, ніж середня багаторічна сума (рис. 6.8).

Дата переходу температури повітря через 10 °С навесні за сценарієм *A1B* буде спостерігатись у 2011 – 2030 рр. на 9 днів пізніше базового періоду. Восени ця дата буде спостерігатись теж пізніше базового періоду на 17 днів, що продовжить очікувану тривалість періоду з температурами повітря вище 10 °С до 175 днів порівняно із середніми багаторічними значеннями 1986-2005рр.

Очікувана сума температур за період з температурами вище 10 °С буде майже на рівні середньої багаторічної базового періоду і становитиме 2987 °С, що лише на 170 °С вище, ніж середня багаторічна.

За розрахунками за сценарієм *A2* дати переходу температури повітря через 10 °С в періоди 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. в Лісостеповій зоні майже не будуть відрізнятись навесні від середніх багаторічних. Восени дата переходу в перший розрахунковий період настане на 17 днів пізніше, в другий – на 4 дні. Тривалість періоду буде майже однаковою і становитиме

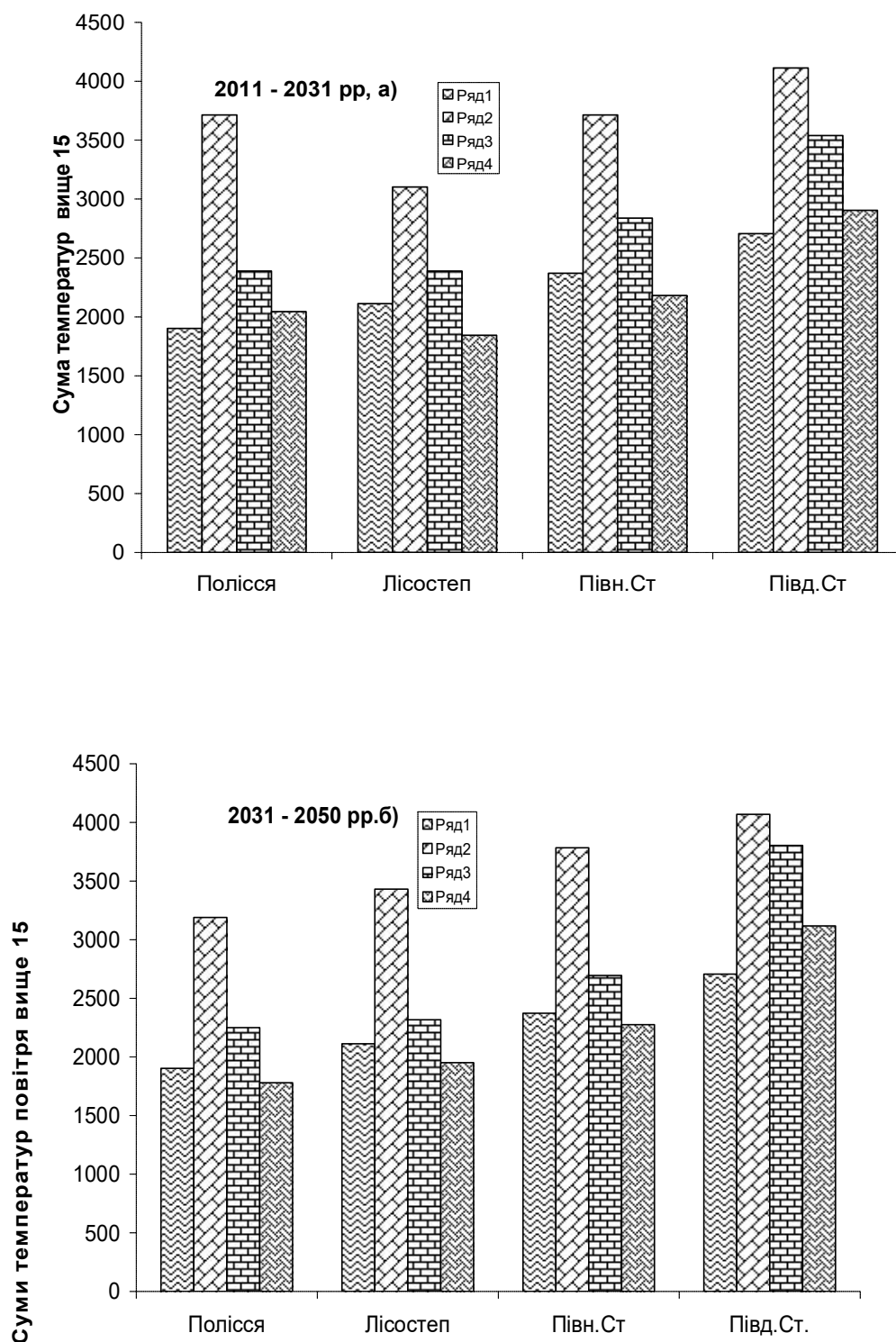


Рисунок 6.8 – Порівняльна характеристика сум температур вище 15°C по природно – кліматичних зонах України.

а – період 2011-2030 pp.; б – період 2031 – 2050 pp.:

1 – базовий період 1986 – 2005 pp.; 2 – за сценарієм *GFDL-30 %*;

3 – за сценарієм *A1B*; 4 – за сценарієм *A2*.

відповідно 185 та 183 дні, що на 17 днів більше середнього багаторічного (рис. 6.5). Суми температур за сценарієм *A2* очікуються в період 2011 – 2030 рр. на рівні середніх багаторічних і становитимуть відповідно 2843°C. В період 2031 – 2050 рр. суми температур будуть нижчими, ніж середні багаторічні на 116 °C і становитимуть 2701 °C (рис. 6.7).

В *Північному Степу* середня багаторічна дата переходу температури повітря через 10 °C спостерігалась 17 квітня навесні та 24 жовтня восени.

Тривалість періоду становила 173 доби і за цей період накопичувалась сума температур вище 10 °C – 3010 °C. Дата переходу температури повітря через 15 °C навесні спостерігалась 15 травня, восени – 15 вересня. Тривалість періоду становила 123 дні (табл. 6.13, рис. 6.5).

Розглянемо як буде змінюватись ці показники, отримані за різними кліматичними сценаріями за розрахункові періоди перший - (2011 – 2030рр.) та , другий – (2031 -2050 рр.) у порівнянні з середніми багаторічними.

В разі реалізації сценарію *GFDL-30 %* дата переходу температури повітря через 10 °C очікуватиметься навесні в перший розрахунковий період на місяць раніше середньої багаторічної дати, в другий – на 38 днів. Восени дата переходу температури повітря через 10 °C буде наставати на місяць пізніше середньої багаторічної дати і в перший і в другий розрахункові періоди. Тривалість періоду в обидва розрахункові періоди буде майже однаковою і становитиме 247 – 250 діб.

Сума температур накопичиться значно вище середньої багаторічної і становитимуть в перший період 4372 °C, в другий - 4476 °C. Різниця між накопиченими сумами температур за сценарієм *GFDL-30 %* і середньою багаторічною сумою температур становитиме відповідно 1362 та 1466 °C (рис. 6.7, рис. Г7–Г9).

При реалізації сценарію *A1B* в зоні *Північного Степу* і в перший і в другий період дата переходу температури повітря через 10 °C навесні наставатиме на 6 та 8 днів раніше, ніж в базовий період, тобто відповідно 11 та 9 квітня. Восени цей перехід буде спостерігатись на 16 днів пізніше в перший період та на 9 днів – в другий. Тривалість періоду з температурами повітря вище 10 °C буде становити відповідно 194 та 197 днів, що довше середнього багаторічного періоду більше ніж на 21 день.

Сума температур вище 10 °C в перший розрахунковий період буде майже на рівні середньої багаторічної суми – 2897 °C. В період 2031 – 2050 рр. сума температур очікуватиметься на 493°C вище середньої багаторічної і становитиме 3503 °C (табл. 6.13). (рис. Г10–Г11).

За умови реалізації сценарію *A2* розраховані дати переходу температури повітря через 10 °C весною в обидва розрахункові періоди будуть близькими між собою і наставатимуть раніше середньої багаторічної лише на 2-4 дні раніше, а восени - на 2 дні пізніше. Тому і тривалість періоду з температурами вище 10 °C становитиме відповідно 177 – 175 діб, що лише на 3 – 4 доби довше середньої багаторічної. Подібні відхилення



Таблиця 6.13. Порівняльна характеристика термічного режиму  
в Степовій зоні України за період з температурами вище 10 та 15 °C

Період	Дата переходу температури повітря через				Тривалість періоду		Суми активних температур	
	Весна		Осінь		з тем-пера-турою вище 10°C	з тем-пера-турою вище 15°C	вище 10 °C	вище 15°C
	10°C	15°C	10°C	15°C				
Північний Степ								
1986-2005pp.	1.04	15.05	7.10	15.09	173	123	3010	2372
Сценарій GFDL-30 %								
2011-2030pp.	17.03	24.04	11.11	24.10	226	174	4372	3714
Різниця	14	39	34	17	53	51	1362	1342
2031-2050 pp.	9.03	23.04	7.11	20.10	242	180	4476	3784
Різниця	22	38	30	13	94	57	1466	1412
Сценарій A1B								
2011-2030pp.	11.04	11.05	23.10	24.09	194	135	2987	2389
Різниця	10	4	16	9	21	12	-23	17
2031-2050pp.	9.04	15.05	16.10	29.09	189	142	350	2695
Різниця	8	0	9	9	16	19	493	323
Сценарій A2								
2011-2030pp.	13.04	18.05	9.10	13.09	177	119	2976	2182
Різниця	12	-3	2	-2	4	-4	-34	-190
2031-2050pp.	15.04	17.05	8.10	19.09	176	126	3036	2275
Різниця	14	-2	1	4	3	3	26	-97
Південний Степ								
1986-2005pp.	15.04	12.05	19.10	25.09	186	136	3322	2707
Сценарій GFDL-30 %								
2011-2030pp.	9.03	24.04	28.10	13.09	233	183	4924	4113
Різниця	36	18	9	-12	61	47	1602	1406
2031-2050 pp.	5.03	23.04	24.10	19.09	237	181	4930	4069
Різниця	40	19	5	-6	64	48	1608	1362
Сценарій A1B								
2011-2030pp.	20.04	3.05	12.11	17.10	225	163	4340	3540
Різниця	-5	9	22	21	12	7	1018	833
2031-2050pp.	27.03	20.04	6.11	18.10	198	180	4449	3804
Різниця	-18	21	28	35	12	44	1127	1097
Сценарій A2								
2011-2030pp.	8.04	13.05	26.10	6.10	200	145	3620	2905
Різниця	9	-1	-7	11	14	9	298	198
2031-2050pp.	6.04	11.05	18.10	30.09	195	142	3870	3117
Різниця	11	2	1	5	9	6	548	410

спостерігатимуться і в датах переходу температури повітря через 15 °C .  
Значні відхилення спостерігатимуться в датах переходу через 15 °C навесні

за сценарієм *GFDL-30 %* на 38-39 діб раніше середніх багаторічних і восени на 13 – 17 днів пізніше в обидва розрахункові періоди. Тривалість періоду з температурами вище 15 °C до 164 - 180 днів, що більше як на 50 діб довше середньої багаторічної. Суми температур накопичаться вище 3714 °C, і перевищуватимуть середню багаторічну суму більше як на 1300 °C.

Інші розрахунки отримані за сценаріями *A1B* та *A2*. За сценарієм *A1B* в обидва періоди дати переходу наставатимуть раніше навесні всього на 4 діб, восени – на діб пізніше. Тривалість періоду зростає на 12 – 19 діб і становитиме відповідно 135 та 142 доби. Сума температур за перший сценарний період буде близькою до середньої багаторічної, за другий становитиме 2695 °C, що на 323 °C вище середньої багаторічної.

За розрахунками сум температур за різними кліматичними сценаріями були побудовані карти розподілу їх по території України.

За сценарієм *A2* відмінності в датах переходу температури повітря через 15 °C навесні і восени будуть зовсім незначні і становитимуть 2 – 3 доби в більш пізню сторону. Тривалість періоду буде близькою до середнього багаторічного значення. Суми температур будуть менші середніх багаторічних відповідно на 190 та 97 °C.

В *Південному Степу* в середньому багаторічному дата переходу температури повітря через 10 °C навесні та восени спостерігалась відповідно 15 квітня на 19 жовтня. Тривалість періоду становила 186 діб і за цей період накопичувалась сума температур 3322 °C (табл. 6.13).

За розрахунками за сценарієм *GFDL-30 %* в *Південному Степу* дата переходу температури повітря через 10 °C весною спостерігатиметься і в перший і в другий період більше, ніж на місяць раніше середньої багаторічної (36 та 40 діб відповідно), а восени на 22 та 28 днів пізніше тієї ж середньої багаторічної. Значно зростає тривалість періоду у порівнянні з середньою багаторічною на 44 доби і становитиме 183 доби. Суми температур, що накопичаться за період мало відрізнятимуться по періодах і становитимуть відповідно 4113 та 4069 °C, що вище середніх багаторічних на 1406 та 1309 °C.

Відмінності в розрахунках за сценарієм *A1B* трохи інші. Так, перехід температури повітря через 10 °C за цим сценарієм навесні буде наставати пізніше середнього багаторічного в обидва розрахункові періоди відповідно на 5 та 18 діб. Восени дати переходу наставатимуть пізніше середніх багаторічних значень на 22 добу у перший період та на 28 діб – у другий. Тривалість періоду у порівнянні з середньою багаторічною зростає до 198 діб. Суми температур вище 10 °C за цим сценарієм становитимуть 4340 °C в перший період та 4449 °C – у другий, що перевищуватиме середню багаторічну суму відповідно на 1018 та 1127 °C.

Розрахунки за сценарієм *A2* теж показують, що очікуються дати переходу через 10 °C на 9 – 11 діб раніше середніх багаторічних навесні, восени в перший період наставатимуть раніше на 7 діб та майже не

відрізнятимуться від середньої багаторічної – у другий період. Тривалість період очікуватиметься на 9 днів довшою і становитиме до 145 діб. Сума температур за перший період буде вищою середньої багаторічної на 298 °С і становитиме 3620 °С. В другий період перевищення становитиме 548 °С і сума температур очікується на рівні 3870 °С ( рис. Г12–Г13 ).

Дати переходу температури повітря через 15 °С навесні за сценарієм *GFDL-30 %* в обидва періоди будуть майже співпадати і наставатимуть на 18 днів раніше середньої багаторічної. Восени ці дати наставатимуть раніше середньої багаторічної дати відповідно на 12 та 9 діб. Тривалість періоду буде однаковою і становитиме 181 добу, що на 45 діб довше середньої багаторічної тривалості. Суми температур вище 15 °С. становитимуть 4113 °С в перший період та 4046 °С в другий. Ці суми вищі середньої багаторічної відповідно на 1406 та 1365 °С.

Аналіз розрахунків за сценарієм *A1B* показав, що дати переходу температури повітря через 15 °С. в обидва розрахункові періоди весною настануть раніше середньої багаторічної відповідно на 5 та 18 діб. Восени вони настануть пізніше базової на 21 та 35 діб. Тривалість періоду в 2011 – 20030 рр. становитиме 143 доби, у 2031 – 2050 рр. 180 діб. Істотно відрізнятимуться і суми температур, що накопичуватимуться в ці періоди. Так в перший період сума становитиме 3540 °С, в другий - 3804 °С, тобто перевищуватиме базову суму температур відповідно на 833 та 1097 °С.

За сценарієм *A2* дати переходу температури повітря через 15 °С навесні в Південному Степу співпадатимуть з середньою багаторічною. Восени вони наставатимуть на 11 та 5 діб пізніше середньої багаторічної Тривалість періоду з температурами вище 15 °С. становитиме близько 145 діб і перевищуватиме тривалість базового періоду на 9 днів. Суми температур вище 15 °С становитимуть в перший період 2905 °С., в другий 3117 °С, тобто вищі, ніж в базовий період відповідно на 198 та 410 °С.

Як видно із всього вищесказаного показники термічного режиму , які очікуватимуться в 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050рр. , розраховані за різними сценаріями відрізняються Найбільші відмінності в усіх зонах очікуються за сценарієм *GFDL-30 %*. Крім того, за цим сценарієм відмінності в показниках термічного режиму зростатимуть в напрямку з півночі на південь. Якщо в Поліссі суми температур зростуть на 1376 °С, то в Південному Степу вже на 1700 – 1900 °С. За сценарієм *A1B* найбільші відмінності будуть спостерігатись в Лісостеповій зоні і в Південному Степу. За сценарієм *A2* – в Південному Степу.

Для характеристики теплових ресурсів була також розрахована забезпеченість сум температур за період з температурами вище 5 та вище

10 °С ( табл. 6.14). Як видно із табл. 6.14 різниця в сумах температур вище 5°С , забезпечених на 80 % , розрахованих за різними сценаріями різна як в різних природно - кліматичних зонах, так і в межах однієї зони в різні розрахункові періоди.

Таблиця 6.14 – Забезпеченість сум температур вище 5 та 10 °С по природно – кліматичних зонах України за різними сценаріями

Сценарій	Суми температур вище	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Полісся, 2011 – 2030 pp.</b>												
<b>GFDL-30 %.</b>	5 °С	4588	4474	4360	4246	4199	4170	4108	4046	3953	3891	3829
	10°С	4177	4132	4041	3950	3858	3766	3704	3674	3706	3673	3553
<b>A1B</b>	5 °С	3717	3622	3538	3447	3382	3264	3246	3213	3104	3000	2761
	10°С	3403	3245	3223	3137	3072	2943	2872	2791	2750	2558	2170
<b>A2</b>	5 °С	3450	3227	3222	3175	3146	3057	2982	2865	2803	2774	2744
	10°С	2994	2967	2947	2877	2769	2715	2680-	2674	2481	2389	2359
<b>2031 – 2050 pp.</b>												
<b>GFDL-30 %.</b>	5 °С	4727	4628	4482	4403	4263	4238	4167	4143	4097	4050	3953
	10°С	4260	4197	4124	4045	3905	3880	3855	3831	3785	3738	3641
<b>A1B</b>	5 °С	3928	3799	3653	3574	3434	3409	3338	3314	3268	3221	3124
	10°С	3528	3341	3286	3267	3235	3229	3116	3035	2880	2657	2657
<b>A2</b>	5 °С	3458	3413	3397	3347	3320	3269	3203	3150	3098	2822	2818
	10°С	2999	2991	2962	2935	2835	2796	2759	2671	2637	2627	2588
<b>Лісостеп, 2011 – 2030pp.</b>												
<b>GFDL-30 %.</b>	5 °С	4644	4630	4531	4396	4421	4379	4338	4313	4178	4079	4062
	10°С	4267	4226	4201	4066	3967	3936	3895	3870	3735	3636	3611
<b>A1B</b>	5 °С	3662	3648	3549	3414	3389	3347	3304	3259	3189	3078	2842
	10°С	3391	3357	3234	3189	3122	2924	2903	2840	2720	2537	2489
<b>A2</b>	5 °С	3460	3453	3345	3298	3190	3178	3175	3153	3017	2763	2709
	10°С	3267	3191	3020	3107	2932	2839	2829	2759	2647	2505	2417
<b>2031 – 2050 pp.</b>												
<b>GFDL-30 %.</b>	5 °С	4920	4890	4690	4565	4531	4456	4428	4398	4356	4246	4040
	10°С	4617	4537	4307	4182	4148	4073	4045	4016	3973	3863	3657
<b>A1B</b>	5 °С	3880	3850	3620	3495	3461	3386	3358	3329	3286	3176	2970
	10°С	3456	3411	3366	3265	3221	3185	3127	3010	2971	2909	2595

Продовження табл. 6.14												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>A2</i>	5 °C	3337	3225	3245	3223	3175	3140	3084	3022	2928	2876	2801
	10°C	2935	2932	2816	2778	2774	2693	2632	2597	2525	2491	2336
Північний Степ , 2011 – 2030 pp												
<i>GFDL-30 %.</i>	5 °C	5497	5479	5306	5236	5103	5077	5060	4976	4885	4575	4364
	10°C	4703	4689	4650	4579	4464	4372	4348	4285	4204	4006	3806
<i>A1B</i>	5 °C	4095	4076	3923	3853	3720	3746	3729	3645	3554	3495	3284
	10°C	3754	3740	3701	3594	3479	3387	3363	3300	3219	3021	2785
<i>A2</i>	5 °C	3658	3644	3588	3433	3432	3354	3262	3182	3103	3012	3006
	10 °C	3402	3369	3254	3157	2998	2948	2837	2802	2723	2685	2579
2031 – 2050 pp.												
<i>GFDL-30 %.</i>	5 °C	5352	5240	5133	5057	4890	4831	4783	4747	4707	4632	4603
	10°C	4825	4717	4602	4526	4512	4476	4381	4265	4199	4125	4107
<i>A1B</i>	5 °C	4404	4296	4189	4108	3941	3882	3834	3798	3758	3683	3624
	10°C	3982	3874	3750	3674	3660	3624	3529	3413	3347	3273	3192
<i>A2</i>	5 °C	3752	3745	3716	3697	3692	3547	3506	3442	3382	3202	3033
	10 °C	3437	3401	3329	3273	3100	3079	2977	2888	2792	2751	2702
Південний Степ , 2011 -2030 pp.												
<i>GFDL-30 %.</i>	5 °C	5861	5843	5777	5727	5634	5619	5598	5540	5509	5268	5082
	10°C	5166	5148	5082	5032	4939	4924	4902	4844	4813	4572	4386
<i>A1B</i>	5 °C	5102	5084	5018	4968	4875	4860	4839	4781	4750	4509	4333
	10°C	4649	4643	4574	4418	4368	4211	4209	4148	4123	4063	3866
<i>A2</i>	5 °C	4752	4728	4613	4499	4428	4365	4214	4276	4215	4146	3820
	10 °C	3882	3853	3829	3718	3658	3619	3542	3509	3445	3309	3130
2031 – 2050 pp.												
<i>GFDL-30 %.</i>	5 °C	5555	5545	5495	5389	5367	5304	5163	5131	5007	4967	4688
	10°C	5316	5239	5206	5105	5047	4930	4990	4893	4813	4718	4439
<i>A1B</i>	5 °C	5505	5495	5445	5339	5317	5254	5119	5087	4963	4793	4514
	10°C	4992	4915	4882	4781	4723	4606	4546	4459	4379	4284	4068
<i>A2</i>	5 °C	4856	4847	4769	4747	4611	4538	4471	4334	4272	4192	4008
	10 °C	4355	4339	4230	4173	4022	3938	3819	3712	3639	3583	3473

Так, в Поліссі на 80 % забезпечена сума температур вище 5 °С – 3953 °С розрахована за сценарієм *GFDL-30 %* в період 2011–2030 рр. , вище 10 °С – 3706 °С, в період 2031 – 2050 рр. ці суми становлять відповідно 4097 та 3785 °С, що всього на 144 та 85 °С вище сум температур періоду 2011 – 2030 рр.

За сценарієм *A1B* суми температур вище 5 та 10 °С із забезпеченістю 80 % очкуватимуться нижчими більше ніж на 800 °С від очікуваних за першим сценарієм і становитимуть відповідно в перший період 3104 та 2750 °С, в другий – 3268 та 2280 °С. За сценарієм *A2* ці суми очкуватимуться ще нижчими і становитимуть в перший розрахунковий період відповідно 2803 та 2481 °С, в другий період - 3098 та 2637 °С.

В Лісостеповій зоні України в період 2011-2030 рр. на 80 % забезпечена сума температур вище 5 °С 4097 °С розрахована за сценарієм *GFDL-30 %* р. , вище 10 °С – 3736 °С,; в період 2031 – 2050 рр. відповідно 4356 та 3973 °С.

За сценаріями *A1B* та *A2* , як і в Поліссі очікувані суми із забезпеченістю 80 % будуть нижчими і коливатимуться відповідно в межах вище 5 °С 3189 - 3286 °С, вище 10 °С 2925 - 2525 °С.

Така ж тенденція в забезпеченості сум температур спостерігатиметься в зоні Північного і Південного Степу. Слід при цьому зазначити, що в Південному Степу відмінності у величинах сум температур із забезпеченістю 80% зростуть в період 2031 – 2050 рр.

Аналіз результатів розрахунків зміни клімату за різними кліматичними сценаріями показує, що потепління клімату, яке вже спостерігається в сьогоденні, буде продовжуватись. Підвищення температур в січні місяці сприятиме зменшенню річної амплітуди температур, що трохи зменшить континентальність клімату в усіх природно – кліматичних зонах і збільшить посушливість у вегетаційний період, особливо в зоні Степу.

З прогнозованими сумами температур за усіма сценаріями буде очікуватись розподіл кліматичних поясів і під поясів. Усі підпояси змістяться на один в сторону півночі.

## **6.2 Вплив змін клімату на вологозабезпеченість вегетаційного періоду.**

### **6.2.1 Методи оцінки вологозабезпеченості вегетаційного періоду**

Волога є одним із основних факторів життя рослин. Важливими функціями води є її участь у фотосинтезі рослин, переносі елементів живлення, забезпеченні терморегуляції тощо.

Вологість ґрунту є основною змінною при характеристиці умов зволоження тому що забезпечує загальну оцінку кількості доступної вологи, яка обумовлюється балансом кількості опадів, випаровування та стоку. Але використання цієї величини для характеристики умов зволоження як в середньому багаторічному, так і за умов зміни клімату неможливо через дуже обмежений обсяг інформації.

На разі в агрометеорологічній практиці для характеристики вологозабезпеченості території використовується кількість опадів, що випадають за певний проміжок часу ( рік, сезон, вегетаційний період, між фазний період і ін.), відношенням фактичного водоспоживання (сумарного випаровування) до вологої потреби рослин (випаровуваності) [9,11,15] та різних індексів, які найчастіше спираються на критерії, що пов'язані з оцінкою аномальності кількості опадів впродовж будь-якого часу [16-22].

Опади є основним джерелом зволоження земної поверхні і з цієї точки зору вони визначають стан багатьох природних ресурсів. Тому поняття просторово-часової мінливості структури поля опадів сучасності та їхні майбутні зміни відіграють важливу роль в прогнозах кліматично-зумовлених природних ресурсів. Особливу увагу слід звернути при цьому на річний хід розподілу опадів.

Найбільш часто використовується стандартизований індекс опадів *SPI*, значенням якого є аномалія стандартизованого нормального розподілу, що відповідає визначеній не перевищеній кількості опадів.

Для характеристики умов зволоження територій, на яких вирощуються зернові культури, А.В. Мещерською та В.Г. Блажевичем запропоновано індекс, що враховує сумісний аналіз аномалій місячних значень температури повітря, кількості опадів та оцінку площі їх розповсюдження.

Однак, описані вище індекси мають статистичну природу, тобто є мірою відхилення поточних значень метеорологічних величин від їх розподілу на вибраному базовому інтервалі.

Але оцінка вологозабезпеченості території тільки за сумою опадів буде не зовсім повною через те, що опади це лиш одна із характеристик прибуткової частини водного балансу. Тому для більш надійної характеристики вологозабезпеченості потрібно також використовувати показники вологої потреби рослин та фактичного водоспоживання. Співвідношення цих двох величин може бути надійним показником вологозабезпеченості території [9,10].

Існує декілька груп методів оцінки вологозабезпеченості рослин: 1 – емпірична; 2 – теоретична; 3 – за умовними показниками зволоження; 4 – за запасами вологи в ґрунті; 5 – за значеннями водного балансу поля.

Емпіричні методи засновані на припущенні, що водоспоживання рослин визначається біологічними особливостями та погодними умовами.

При цьому головними показниками потреби рослин у воді є сонячна радіація, температура повітря, дефіцит насичення повітря вологою та ін.

До емпіричних методів відносяться методи І.А. Шарова, Н.Н. Іванова, А.М. Алпатьяєва [9,10].

Так, І.А. Шаров запропонував розраховувати оптимальне водоспоживання рослин за формулою

$$E_o = e \sum T + 4b \quad , \quad (6.1)$$

де  $\sum T$  – сума температур повітря за період вегетації;

$e$  – коефіцієнт водоспоживання культури;

$b$  – тривалість періоду вегетації.

Н.Н.Іванов оптимальне водоспоживання ( $E_o$ ) запропонував розраховувати за значеннями середньої за місяць температури повітря ( $T_n$ ), та середньої за місяць відносної вологості ( $h$ )

$$E_o = 0,0018 (T_n + 25)^2 \cdot (100 - h) \quad (6.2)$$

А.М. Алпатьяєв в якості основного елементу клімату, який визначає величину оптимального водоспоживання, запропонував використовувати дефіцит насичення повітря вологою ( $d$ ). Ще одним показником є біологічний коефіцієнт випаровування ( $K_\delta$ ), який враховує розвиток рослин накопичення біомаси та особливості фітоклімату

$$E_o = K_\delta \sum d \quad (6.3)$$

Використовуючи метод А.М. Алпатьяєва, вологозабезпеченість рослин розраховується як різниця між потребою рослин у волозі і фактичним випаровуванням ( $E$ ), яке розраховується за формулою

$$E = \sum r - F + (W_n - W_k) \quad , \quad (6.4)$$

де  $\sum r$  – кількість опадів за розрахунковий період, мм;

$F$  – поверхневий стік, мм;

$W_n, W_k$  – запаси продуктивної вологи на початок та кінець розрахункового періоду, мм.

До теоретичних методів оцінки забезпечення вологою рослин відноситься комплексний метод М.І. Будико та Л.І Зубенок, метод

С.І. Харченко, метод А.Р. Костянтинова та ін. [9]. Ці методики, засновані на сумісному аналізі рівнянь теплового і водного балансу. В цих методах розглядаються дві стадії випаровування з ґрунту: перша відповідає критично або оптимально зволоженому ґрунту, випаровування з якого



дорівнює випаровуваності, а друга – недостатньо зволоженому ґрунту з вологістю нижче критичної.

Використовуючи лінійну залежність інтенсивності випаровування з ґрунту від активних запасів води, М.І. Будико запропонував наступну розрахункову схему

$$E = E_0 \quad \text{при} \quad \frac{W_1 + W_2}{2} \geq W_0; \quad (6.5)$$

$$E = E_0 \frac{W_1 + W_2}{2W_0} \quad \text{при} \quad \frac{W_1 + W_2}{2} < W_0, \quad (6.6)$$

де  $E$  і  $E_0$  – місячні суми випаровування і випаровуваності;

$\frac{W_1 + W_2}{2}$  – середня за місяць кількість продуктивних запасів води у метровому шарі ґрунту;

$W_1$  і  $W_2$  – продуктивні запаси води у метровому шарі ґрунту відповідно на початку і в кінці місяця;

$W_0$  – критичні продуктивні запаси води у метровому шарі ґрунту, за яких і вище яких випаровування  $E$  дорівнює випаровуваності  $E_0$ .

Продуктивні запаси води  $W_2$  наприкінці місяця розраховуються за формулами

$$W_2 = \frac{c}{a} \quad \text{при} \quad \frac{W_1 + W_2}{2} < W_0; \quad (6.7)$$

$$W_2 = W_1 + \theta_{on} - \theta_{nc} - E_0 \quad \text{при} \quad \frac{W_1 + W_2}{2} \geq W_0, \quad (6.8)$$

$$\text{де} \quad c = W_1 b + \theta_{on} - \theta_{nc}; \quad b = 1 - \frac{E_0}{2W_0}; \quad a = 1 + \frac{E_0}{2W_0};$$

$\theta_{on}$  і  $\theta_{nc}$  – середні багаторічні місячні суми опадів і поверхневого стоку.

В основу розробки тепловоднобалансового методу розрахунку сумарного випаровування сільськогосподарських полів С.І. Харченко покладені рівняння теплового і водного балансу з урахуванням елементів вертикального водообміну в зоні аерації, а також біологічних особливостей розвитку рослин [9].

Формула С.І. Харченко для районів для неглибокого залягання ґрунтових вод має вигляд

$$E = \beta E_0 \frac{W_{hi} + W_{he}}{2\gamma} = \beta \frac{R_0 - P_0}{l} \cdot \frac{W_{hi} + W_{he}}{2\gamma}, \quad (6.9)$$

де  $\beta$  – кутовий коефіцієнт нахилу лінії зв'язку, який залежить від фази розвитку рослин і стану діяльної поверхні.

При глибокому заляганні ґрунтових вод, а також при відсутності поверхневого стоку формула матиме вигляд

$$E = \frac{2W_{hi} + \theta_{ii} + P_{ii\delta}}{1 + \frac{2W_{iA}}{\beta E_0}}. \quad (6.10)$$

Цими формулами можна користуватися для розрахунку величин сумарного випаровування різних сільськогосподарських культур при періодичних поливах і на незрошуваних полях при за різної глибини залягання ґрунтових вод  $H > 0,1$  м.

Досить широке поширення одержав метод визначення місячного випаровування за температурою і вологістю повітря, запропонований О.Р. Констянтиновим. В основу методу покладені наступні міркування. Як відомо, у приземному шарі повітря виконується умова  $E = \rho k \frac{\partial q}{\partial z}$ .

Однак величини, що входять у формулу для визначення  $E$ , не вимірюються на метеорологічних станціях. О.Р. Костянтинів спробував зв'язати величини, що входять у цю формулу, з метеорологічними елементами, які вимірюються на метеорологічних станціях.

З цією метою ним були побудовані кореляційні графіки температури і вологості повітря на висоті 2 м із градієнтами температур  $(T_0 - T)$  і вологості  $(e_0 - e)$ , де  $T_0$  – температура діяльної поверхні;  $e_0$  – парціальний тиск насиченої пари при температурі  $T_0$ ;  $T$  і  $e$  – температура і вологість повітря, які вимірюються на висоті 2 м.

Для побудови цих графіків використовувалися матеріали градієнтних спостережень, одержані в різних кліматичних умовах над різними видами підстильної поверхні. При цьому спочатку в значення  $T$  і  $e$  вносилися поправки, які враховують інерційність передачі тепла і вологи від діяльної поверхні на рівень 2 м у добовому і сезонному ході. Далі був побудований кореляційний графік між швидкістю вітру, температурою і вологістю повітря, а також аналогічний графік залежності параметра шорсткості від температури і вологості повітря.

Оскільки всі визначальні величини випаровування виявилися зв'язаними з температурою і вологістю повітря, були побудовані кореляційні графіки між добовими сумами випаровування, які були визначені методом

турбулентної дифузії, і середніми добовими значеннями температури і вологості повітря (з поправками на добовий і річний хід). Місячні значення випаровування при цьому розраховувались множенням добових величин на кількість діб у місяці [9].

Найбільш поширеним та широко використовуваним індексом зволоження є гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянінова (*ГТК*), який уявляє собою відношення суми опадів (мм) ( $\Sigma P$ ) за будь-який інтервал календарного року до суми активних середньодобових температур, помножених на 0,1 за такий же період ( $0,1 \Sigma T$ ).

$$ГТК = \frac{\Sigma P}{0,1 \Sigma T} \quad (6.11)$$

П.І. Колосков запропонував уточнений показник зволоженості  $V$ , як відношення кількості опадів  $P$  до різниці тиску насичення  $E$  за даної температури і фактичного тиску водяної пари  $e$ :

$$V = k \frac{P}{E - e}, \quad (6.12)$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності.

Як показник атмосферного зволоження  $Md$  Д.І. Шашко використовував відношення суми опадів  $P$  до суми середніх добових значень дефіциту тиску водяної пари  $E - e$

$$Md = \frac{\Sigma P}{\Sigma (E - e)}. \quad (6.13)$$

Г.Т. Селянінов вважав засушливим період, для якого  $ГТК < 1,0$ , а сухим – коли  $ГТК < 0,5$ . До основних недоліків індексу  $ГТК$  відноситься не врахування весняних запасів вологи в ґрунті, а також використання для характеристики випаровуваності показника, який залежить тільки від температури повітря.

В діючій системі агрометеорологічного обслуговування в Україні в якості основного метеорологічного індикатора задушливості використовується *ГТК* Г.Т. Селянінова.

Для встановлення початку посухи Н.В. Бова запропонував наступну формулу

$$k = \frac{10(H + Q)}{\Sigma T}, \quad (6.14)$$

де  $k$  – показник посушливості;

$H$  – запаси продуктивної води у шарі ґрунту 0–100 см навесні;

$Q$  – кількість опадів, що випали з весни і до настання засухи;

$\sum T$  – сума температур від дати переходу через 0 °С.

Показник  $k$  включає три основних фактори, які значною мірою визначають умови росту сільськогосподарських культур. Значення  $k$  зростає при поліпшенні умов зволоження і зменшується з ростом температури. Час установлення значення  $k$ , рівного 1,5, приймається за початок посухи.

У світовій практиці для тривалих часових інтервалів використовується індекс Палмера ( $PDSI$ ). Цей показник розраховується на використанні спостережень за температурою повітря, сумою опадів та констант, які характеризують вологомісткість ґрунту. За цим індексом виділяються градації зволоження: значення індексу від -0,49 до 0,49 відповідають нормальним умовам зволоження, значення менше -4 – екстремально посушливим, а значення більше 4 – екстремально зволеним умовам. Проміжні значення  $PDSI$  характеризують такі міри посушливості території, як початкова, слабка, помірна та сильна. До недоліків  $PDSI$  найчастіше відноситься спрощена схема волого переносу і розрахунку потенційної евапотранспірації, чутливість до волого місткості ґрунту, не врахування впливу снігового покриву та ін.

Розроблені індекси оцінки посушливості території на основі супутникової інформації. Вони засновані на зв'язку стану рослинності з її спектральними відбивними здібностями. Розрахунок таких індексів засновується на двох найбільш стабільних факторах: червоної зони спектру (0,62 – 0,75 мкм, на яку припадає максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом та ближньої інфрачервоної зони (0,75 – 1,3 мкм), де спостерігається максимальний відбиток енергії клітинною структурою листка. Для оцінки умов посушливості найчастіше використовується  $NDVI$ , який розраховується як різниця виміряних значень інтенсивності відбивного випромінювання в червоному та ближньому інфрачервоному спектральних діапазонах, нормована до суми цих величин. Для зелених рослин індекс має значення від 0,2 до 0,8. Слід відзначити, що чим більше фітомаса, тим вище значення індексу  $NDVI$ .

Оцінка вологозабезпеченості рослин за запасами води в ґрунті заснована на співставленні запасів води в шарі розповсюдження коріння з вологопотребою рослин. Це співставлення дає змогу встановити кількісну оцінку водних ресурсів будь-якої території.

Запаси продуктивної води оцінюються відповідно найменшій волого місткості. Навесні запаси продуктивної води метрового шару ґрунту оцінюються наступним чином:

- добрі – 180 – 160 мм;
- задовільні – 150 – 130 мм;
- недостатні 130 – 80 мм;
- погані і дуже погані 80 – 50 мм.

Для зернових культур С.О. Веріго запропонувала іншу шкалу, а саме:

- добрі – 120 мм і більше;
- задовільні – 120 – 180 мм;
- незадовільні ( менше 40 – 50 % НВ) – менше 80 мм.

Метод оцінки вологи за значеннями водного балансу поля запропонований А.А. Роде полягає в тому, що використовується повне рівняння водного балансу

$$W_{\hat{e}} - W_{\hat{i}} = [(\Theta_{oi} + \Theta_{cp}) + \Theta_{\hat{\alpha}\delta} + \Theta_{i\hat{u}} + \Theta_{\hat{a}\hat{\alpha}} + \Theta_{\hat{e}}] - \\ - [(\Theta_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}} + \Theta_{\hat{o}\hat{\delta}}) + \Theta_{i\hat{n}} + \Theta_{\hat{a}\hat{\alpha}\hat{n}} + \Theta_{\hat{z}\hat{i}}] \quad (6.15)$$

Основною прибутковою статтею водного балансу  $\Theta_{np}$  є сума опадів, що досягла поверхні ґрунту  $\Theta_{og}$ , а при зрошенні плюс ще й кількість води, що попадає на поверхню ґрунту  $\Theta_{zp}$ . Однак не вся кількість води може поглинатися ґрунтом; частина її стікає по поверхні (поверхневий стік  $\Theta_{nc}$ ), інша частина може пройти з внутрішньо ґрунтовим стоком  $\Theta_{вгс}$ , і нарешті частина її може фільтруватися у ґрунтові води  $\Theta_{ин}$ . В деяких випадках у враховану товщу ґрунту певна кількість води може надходити з ґрунтових вод  $\Theta_{cp}$  або з атмосфери у вигляді пари, що конденсується у ґрунті  $\Theta_{\kappa}$ . Частина води може надходити із сусідньої ґрунтової товщі  $\Theta_{вг}$  і, нарешті, на поверхню території, що враховується, може притікати додаткова кількість води  $\Theta_{mn}$ . Основними видатковими статтями є кількість води, що випаровується з ґрунту  $\Theta_{вин}$  і транспірується з листової поверхні рослин  $\Theta_{тр}$ .

Якщо витрати вологи перевищують її надходження, то рослини відчують нестачу вологи. Навпаки, при перевищенні надходження вологи над витратами створюються умови для перезволоження ґрунту [9].

Для практичного використання найбільш доцільно використовувати декілька показників.

### 6.2.2 Характеристика вологозабезпеченості території України, розрахованої за різними сценаріями

Для характеристики умов зволоження аналізувались такі ж періоди як і для теплозабезпеченості: базовий 1986 – 2005 рр. та розрахункові за кліматичними сценаріями *GFDL-30 %*, *A1B* та *A2* за періоди 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр.

При цьому розглядались такі показники:

- сума опадів за періоди: зима, весна, літо, осінь, зима, рік;
- сума опадів за періоди з температурами повітря вище 0, 5, 10, 15 °C;

- сума опадів за період з жовтня по березень включно та з квітня по вересень включно.
- сумарне випаровування, випаровуваність, дефіцит випаровування;
- коефіцієнт зволоження – гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК) за період травень – серпень.
- середні запаси вологи за період з температурами вище 10 °С в шарі 0-100 см.

В цілому за рік на території України як у базовий період періоди так і в розрахункові прогностичні періоди 2011–2030 рр. та 2031 – 2050 рр. за різними сценаріями зміни клімату очікується зменшення кількості опадів у напрямку з північного заходу на південний схід. Проте, згідно проведених нами розрахунків, у кожній природно - кліматичній зоні, як і на всій території України в цілому, по сезонах року спостерігаються значні коливання очікуваної кількості опадів ( табл. 6.15, рис.6.9 ).

Таблиця 6.15 – Порівняльна характеристика річних сум опадів по території України

Природно-кліматична зона	Базовий період	За сценаріями зміни клімату в період 2011–2030 рр.					
	1986–2005 рр.	<i>GFDL-30%</i>		<i>A1B</i>		<i>A2</i>	
	Сума опадів	Сума опадів	% від П базового періоду	Сума опадів	% від П базового періоду	Сума опадів	% від П базового періоду
Полісся	651	708	109	732	112	785	121
Лісостеп	600	705	118	665	111	723	121
Північний Степ	545	592	109	560	103	645	118
Південний Степ	464	525	113	525	113	510	110
За сценаріями зміни клімату в період 2031–2050 рр.							
Полісся	651	680	104	704	108	816	125
Лісостеп	600	646	108	724	121	799	133
Північний Степ	545	561	103	529	97	643	118
Південний Степ	464	525	113	414	89	376	81

У Поліссі за розрахунковий період 2011–2030 рр. два сценарії зміни клімату *CFDL-30 %* та *A1B* дають приблизно однакову очікувану кількість річних опадів – 708 мм ( 109 % від 1 базового періоду 1986–2005 рр.) та

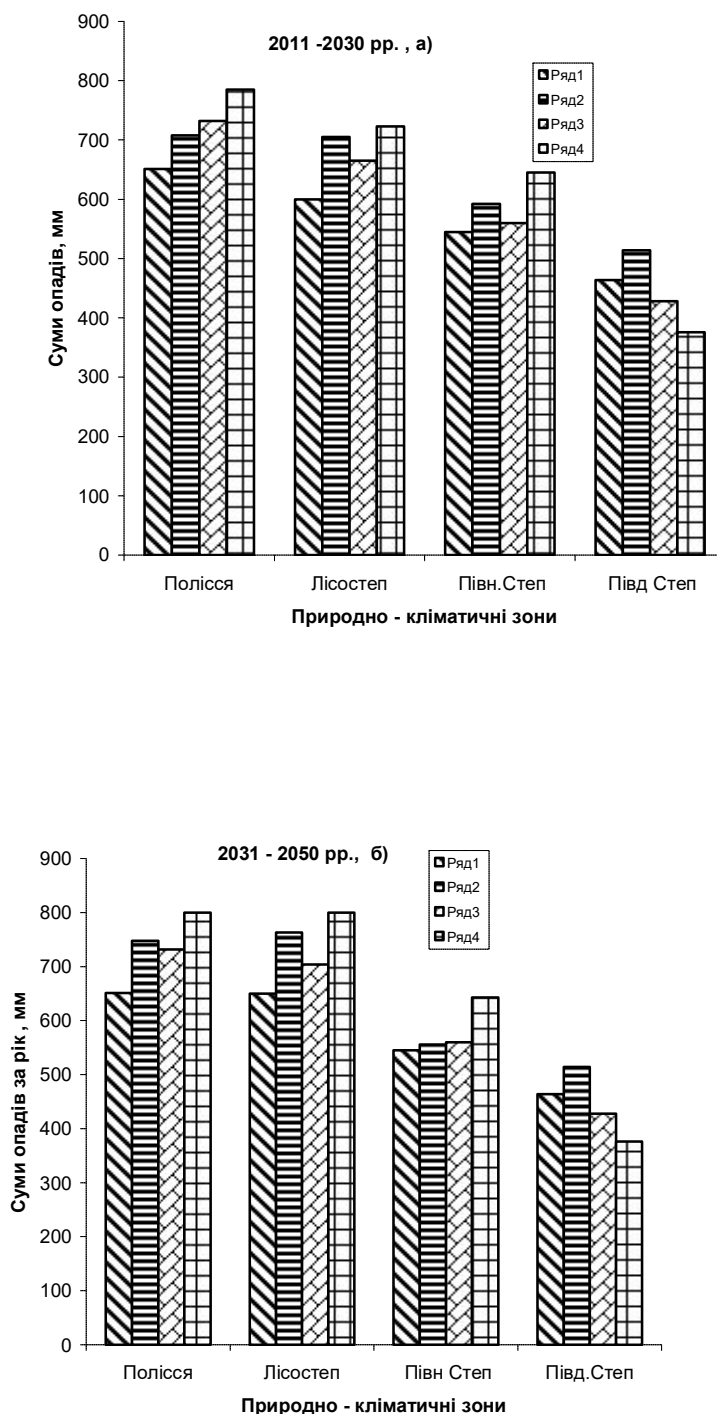


Рисунок 6.9 – Порівняльна характеристика річних сум опадів на території України за періоди 2011 – 2030 pp.- (а) та 2031 – 2050 pp.- (б): 1 – базовий період 1986–2005 pp.; 2 – сценарій зміни клімату *GFDL-30 %*; 3 – сценарій зміни клімату *A1B*; 4 – сценарій зміни клімату *A2* ..

732 мм (112 %) відповідно. За сценарієм зміни клімату *A2* можна очікувати збільшення кількості опадів на території Полісся до 120 %, що становитиме 785 мм (рис. 6.9,а).

В період з 2031 по 2050 рр. ті ж таки два сценарії зміни клімату *CFDL-30 %* та *A1B* дадуть приблизно однакову суму опадів, але вона буде на 5 % меншою, ніж в перший період в Поліссі, Лісостепу та Північному Степу і становитиме відповідно 104, 108 та 103 % від базового періоду. В Південному Степу кількість опадів залишиться на рівні попереднього періоду і становитиме 525 мм за сценарієм *CFDL-30 %* мм, тобто 113 % від норми (рис. 6.9, б). За сценаріями *A1B* та *A2* сума опадів зменшиться до 414 мм та 376 мм і становитиме відповідно 89 % та 81 % від базової.

Кліматична норма річних опадів у Лісостепу становить 600 мм, для цієї території за сценаріями *GFDL-30 %* та *A2* в період 2011 – 2030 рр. очікується приблизно однакова кількість річних опадів у період від 2011 до 2030 рр. – 705 і 723 мм відповідно, тобто становитиме 111 – 118 % від базової норми.. За сценарієм *A1B* також очікується збільшення опадів, але в дещо меншій кількості - до 665 мм (110 %).

Розрахунки в період 2031 – 2050 рр. (табл. 6.15, рис. 6.9, б) показують що за сценарієм *GFDL-30 %* збільшення річної суми опадів в порівнянні з середньою багаторічно буде менше, ніж в перший період на 10%, тобто становитиме 108 % , або 646 мм. За сценаріями *A1B* та *A2* очікуватиметься значне збільшення суми опадів в Лісостепу до 121 та 130 % від базової відповідно.

В Степовій зоні України випадає найменша кількість опадів. У Північному Степу річна кліматична норма становить 550 мм. За розрахунками сценаріїв *GFDL-30 %* очікується незначне збільшення річної кількості опадів для цієї території до 590 мм, що становитиме 109 % (табл.6.15, рис.6.9, а,б). В період 2011 – 2030 рр. тенденція збільшення суми опадів за цим сценарієм збережеться в і в період 2031 – 2050 рр. але зростання буде трохи меншим і становитиме 103 % від базової. За сценарієм *A1B* в північному Степу зростання суми опадів буде подібне тому, що спостерігатиметься за сценарієм *GFDL-30 %*. Після 2030 року очікуватиметься не значне зменшення суми опадів в порівнянні з базовою сумою. За сценарієм *A2* в обидва розрахункові періоди очікується збільшення кількості опадів до 645 мм, що становитиме 118 % від базової.

У Південному Степу згідно проведених розрахунків всі три сценарії зміни клімату показують, що в період 2011 – 2030 рр. відбудеться незначне збільшення річної суми опадів, в середньому на 110 %. Річна кількість опадів становитиме 525 мм за сценаріями *GFDL-30 %* та *A1B* і 510 мм за сценарієм *A2*.

В період 2031 – 2050 рр. в Південному Степу тенденція збільшення суми опадів буде спостерігатись тільки за сценарієм *GFDL-30 %*. За



сценаріями *A1B* та *A2* очікувані суми опадів зменшаться і становитимуть в середньому 85 % від базової суми.

Таким чином, в розрізі цілого року за період 2011 – 2030 рр. спостерігатиметься загальна тенденція збільшення річної кількості опадів для всіх природно - кліматичних зон України, при цьому для території Полісся, Лісостепу та Північного Степу сценарії *CFDL-30 %* та *A1B* показують приблизно однакові результати розрахунків річної кількості опадів, за сценарієм *A2* слід очікувати приблизно на 10–15 % більшу кількість опадів, ніж за двома попередніми сценаріями. Для території Південного Степу всі три сценарії показують приблизно однакові результати розрахунків.

В період 2031 – 2050 рр. збільшення річної суми опадів буде спостерігатись за усіма сценаріями тільки в Поліссі та Лісостеповій зоні. В зоні Північного Степу збільшення суми опадів буде очікуватись тільки за сценаріями *GFDL-30 %* та *A2*, за сценарієм *A1B* сума опадів буде майже на рівні середньої багаторічної. В Південному Степу за сценаріями *A1B* та *A2* зменшиться очікувана сума опадів зменшиться в середньому до 85 % від базової.

Проте, згідно проведених нами розрахунків, у кожній природно - кліматичній зоні, як і на всій території України в цілому, по сезонах року спостерігаються значні коливання очікуваної кількості опадів.

*Полісся.* На території Полісся найменша кількість опадів в середньому багаторічному в базовий період припадає на зимовий період і становить у середньому багаторічному 104 мм. Як видно із табл. 6.16. розрахована за всіма сценаріями зміни клімату на період до 2030 р. кількість зимових опадів буде збільшуватись в порівнянні з середньою багаторічною. Найбільше збільшення показують розрахунки за сценаріями *A1B* і *A2*. До 161 та до 157 мм (155 % та 151 %) відповідно. Дещо менше збільшення кількості опадів прогнозує сценарій *CFDL-30 %* – до 121 мм (116 %) (табл.6.16.рис.6.10, а) . В період з 2031 р. до 2050 р. за усіма очікувана сума опадів взимку теж зростатиме в порівнянні з середньою багаторічною, але зростання йтиме повільніше, особливо за сценарієм *A1B* ( табл. 6.16, рис. 6.10, б).

У весняний період середня багаторічна кількість опадів становить 145 мм. Для розрахункового періоду 2011–2030 рр. найбільше збільшення кількості опадів показує сценарій *A2* до 196 мм, що становитиме 135 % від базового періоду. За сценарієм *CFDL-30 %* можна очікувати збільшення кількості опадів у весняний період до 157 мм (108 %). Сценарій зміни клімату *A1B*, навпаки, прогнозує зменшення кількості опадів навесні до 76 мм, що становитиме лише 52 % від кліматичної норми.

Для розрахункового періоду 2031 – 2050 рр. за всіма сценаріями в Поліссі очікується збільшення опадів навесні. Найменше збільшення опадів очікуватиметься за сценарієм *A1B* - 152 мм, тобто 105 % від базової суми. Найвища сума опадів очікується за сценарієм *CFDL-30 %* 232 мм, тобто 169 % від середньої багаторічної.

Таблиця 6.16 - Порівняльна характеристика режиму зволоження на території України

	I-й період (1986 - 2005pp.)		GFDL-30 %			A1B		A2			
	Сума опадів	ГТК	Сума опадів	% від II базового періоду	ГТК	Сума опадів	% від II базового періоду	ГТК	Сума опадів	% від II базового періоду	ГТК
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
За сценаріями зміни клімату період 2011–2030 pp.											
Полісся											
Зима	104		121	116		161	155		157	151	
Весна	145		157	108		76	52		196	135	
Літо	249	1,5	298	120	1,3	246	99	1,4	257	103	1,6
Осінь	153		132	86		149	97		175	114	
Рік	651		708	109		732	112		785	121	
Лісостеп											
Зима	101		129	128		145	144		147	146	
Весна	135		158	117		169	125		175	130	
Літо	222	1,3	296	133	1,3	222	100	1,3	240	108	1,4
Осінь	142		121	85		129	91		161	105	
Рік	600		705	118		665	111		723	121	
Північний Степ											
Зима	95		130	137		145	153		153	161	
Весна	118		126	107		128	108		163	138	
Літо	195	1,0	208	107	0,9	169	87	1,0	172	88	1,1
Осінь	137		128	93		118	86		157	115	
Рік	545		592	109		560	103		645	118	

Продовження табл. 6.16											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Південний Степ											
Зима	91		113	124		176	193		143	157	
Весна	102		113	111		97	95		122	120	
Літо	155	0,9	183	118	0,7	97	63	0,6	115	74	0,7
Осінь	116		116	100		155	134		130	112	
Рік	464		525	113		525	113		510	110	
За сценаріями зміни клімату 2031 – 2050 рр.											
Полісся											
Зима	104		117	113		157	151		161	154	
Весна	145		232	169		152	105		202	139	
Літо	249	1,5	264	106	1,4	242	98	1,38	276	111	1,68
Осінь	153		135	88		155	101		176	115	
Рік	651		748	115		732	112		800	123	
Лісостеп											
Зима	101		196	194		184	149		168	166	
Весна	135		167	124		156	115		193	143	
Літо	222	1,3	243	109	1,23	240	108	1,31	268	121	1,59
Осінь	142		153	107		143	100		171	120	
Рік	600		763	127		704	117		800	133	
Північний Степ											
Зима	95		130	137		145	152		149	153	
Весна	118		98	83		128	108		161	136	
Літо	195	1,0	199	102	0,96	169	101	0,89	192	99	1,0
Осінь	137		129	94		118	86		142	102	
Рік	545		556	102		560	102		643	118	
Південний Степ											
Зима	91		185	203		122	134		117	128	
Весна	102		101	115		117	115		87	85	
Літо	155	0,9	177	114	0,63	91	59	0,52	69	44	0,48
Осінь	116		51	44		98	84		102	88	
Рік	464		514	111		428	92		376	81	

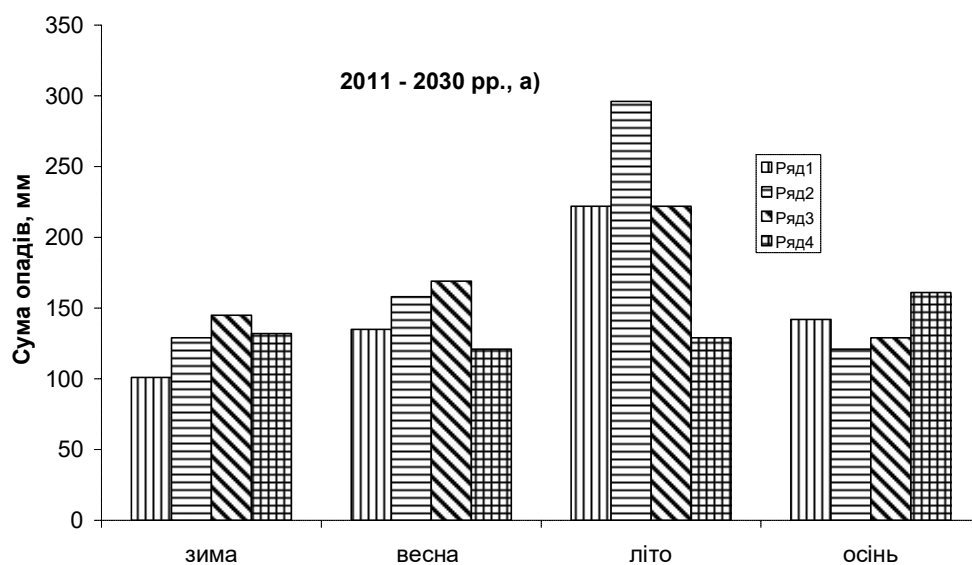
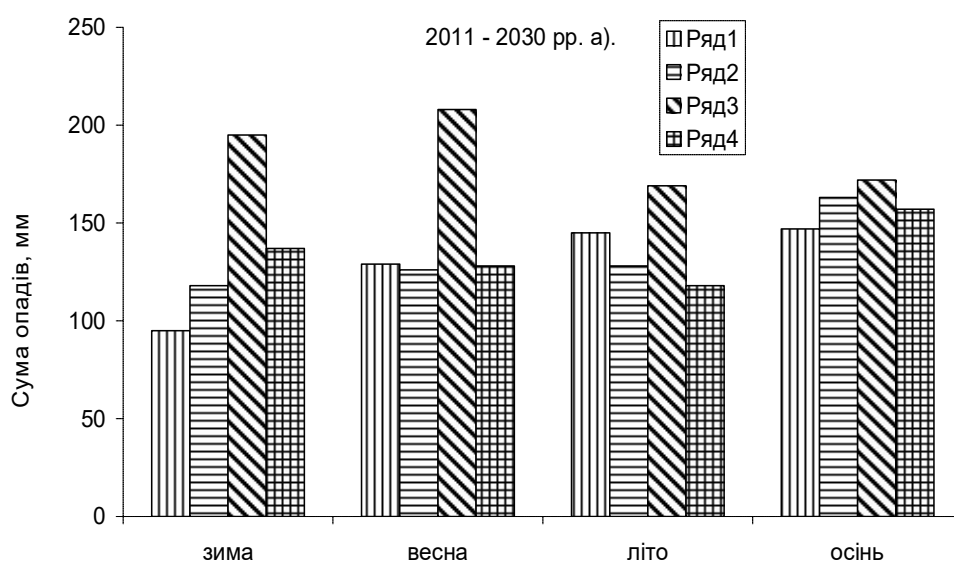


Рисунок 6.10 – Порівняльна характеристика сум опадів на території Полісся:

а)– період 2011 – 2030 pp., б) – період 2031 – 2050 pp..

1 – базовий період 1986–2005 pp.; 2 – сценарій зміни клімату *GFDL-30* %;  
3 – сценарій зміни клімату *A1B*; 4 – сценарій зміни клімату *A2*

Для розрахункового періоду 2031 – 2050 рр. за всіма сценаріями в Поліссі очікується збільшення опадів навесні. Найменше збільшення опадів очікуватиметься за сценарієм *A1B* - 152 мм, тобто 105 % від базової суми. Найвища сума опадів очікується за сценарієм *CFDL-30* % 232 мм, тобто 169 % від середньої багаторічної.

Середня багаторічна кількість опадів влітку у Поліссі становить 249 мм. За розрахунками, за сценаріями зміни клімату *A1B* та *A2* кількість опадів влітку до 2030 року майже не зміниться, за сценаріями зміни клімату *CFDL-30* % можна очікувати збільшення кількості опадів до 298 мм, тобто 120 % від базової суми.

Для розрахункового періоду 2031 – 2050 рр. очікувані суми опадів влітку будуть коливатись в межах середньої багаторічної величини.

Слід зазначити, що можна очікувати і зміну такого важливого показника зволоження території як гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянінова. Якщо в базовий період 1986–2005 рр. *ГТК* становить 1,5, то за розрахунками за сценаріями зміни клімату *CFDL-30* % та *A1B* очікуватиметься незначне збільшення сухості території -  $ГТК = 1,38 - 1,4$  відповідно. А розрахунки за сценарієм зміни клімату *A2* вказують на підвищення *ГТК* до 1,7.

В другий розрахунковий період величина *ГТК* буде зменшуватись за сценаріями *CFDL-30* % та *A1B* до 1,3 відн.од. За умови реалізації сценарію зміни клімату *A2* значення *ГТК* зросте по відношенню до середнього багаторічного і залишиться на рівні першого розрахункового періоду.

Восени, як видно з даних табл. 6.16, рис.6.10, середня багаторічна сума опадів за базовий період в Поліссі становить 153 мм. Розрахунки за сценаріями змін клімату показують, що тільки за сценаріями *CFDL-30* % слід очікувати незначне зменшення кількості опадів до 132 мм (86%). За сценарієм *A1B* сума опадів залишиться на рівні базової, а за сценарієм зміни клімату *A2* очікується ріст суми опадів до 175 мм (114% від базової).

Для другого розрахункового періоду очікуються подібні зміни сум опадів як і для першого розрахункового періоду.

*Лісостеп.* На території Лісостепу за середніми багаторічними даними кількість опадів взимку становить 101 мм (табл. 6.16, рис.6.11). Всі сценарії зміни клімату вказують на підвищення кількості зимових опадів. Сценарії *A1B* та *A2* дають майже однакові результати. Згідно розрахунків кількість очікуваних зимових опадів в період 2011 – 2030 рр. становитиме 145 і 147 мм відповідно, що становитиме у середньому приблизно 145 % від кліматичної норми. Сценарій *CFDL-30*% також вказує на підвищення кількості опадів, але не таке значне – до 158 мм (117 % від базової суми). В другий розрахунковий період за усіма сценаріями взимку в Лісостепу відбудеться значне збільшення суми опадів від 196 мм за сценарієм *CFDL-30*% до 184 мм за сценарієм *A1B*.

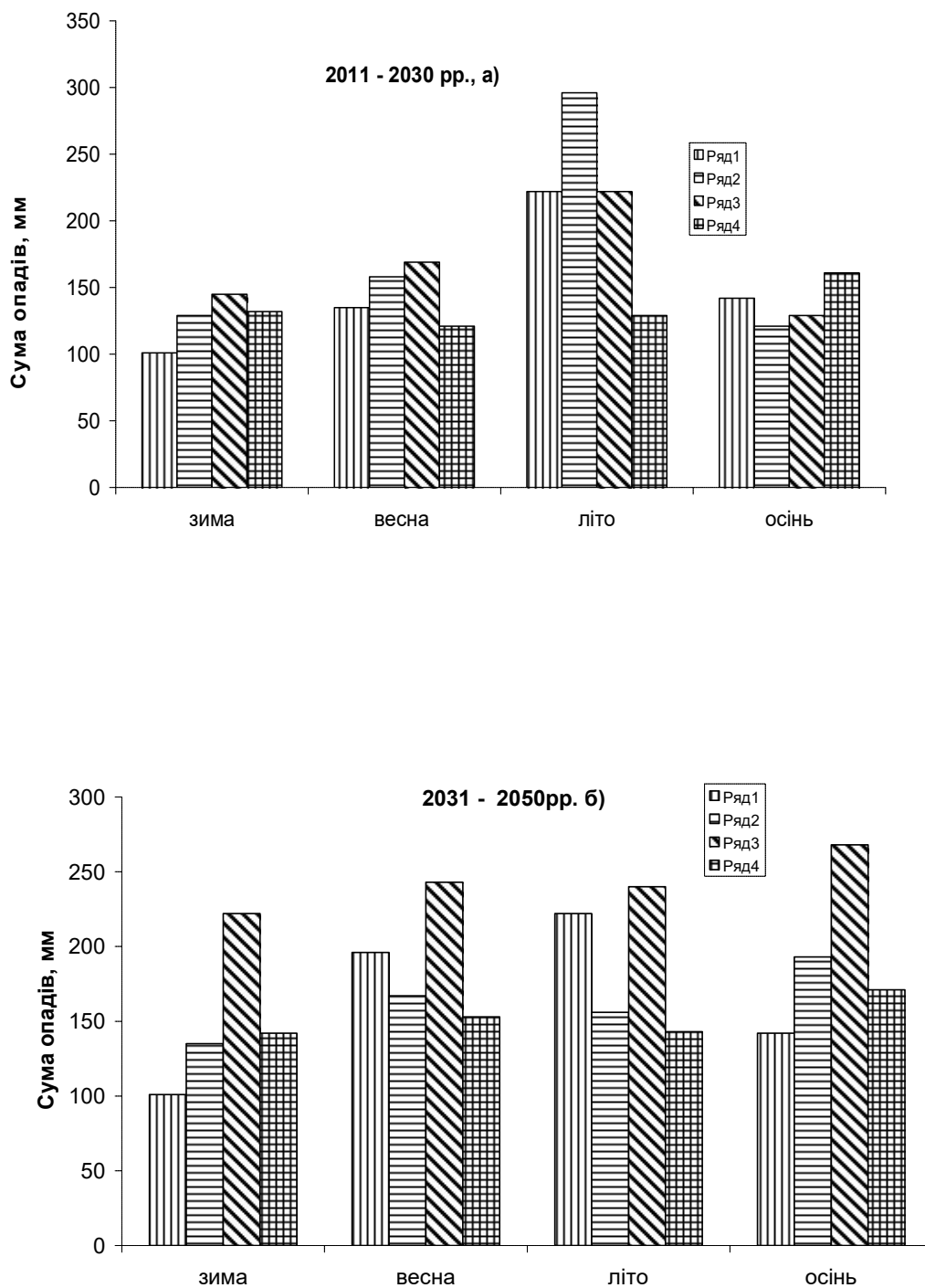


Рисунок 6.11 – Порівняльна характеристика сум опадів на території Лісостепу: (а) – період 2011 – 2030 pp., б) – період 2031 – 2050 pp.

1 – базовий період 1986–2005 pp.; 2 – сценарій зміни клімату *GFDL-30 %*;  
3 – сценарій зміни клімату *A1B*; 4 – сценарій зміни клімату *A2*

Навесні також зберігається тенденція збільшення кількості опадів за всіма сценаріями від 158 мм за сценарієм *CFDL-30 %* до 175 мм за сценарієм *A2*, при кліматичній нормі 135 мм.

У літній період на території Лісостепу за середніми багаторічними даними випадає 222 мм опадів. За сценаріями зміни клімату *CFDL-30 %* та *A2* очікуватись збільшення кількості опадів до 296 та 240 мм відповідно, і лише сценарій *A1B* не прогнозує зміни кількості літніх опадів в період до 2030 р..

При зростанні сум температур за сценаріями і сум опадів *ГТК* за двома сценаріями *CFDL-30%* та *A1B* становитиме 1,2 відн. од., за сценарієм зміни клімату *A2 ГТК* трохи зросте до 1,5.

В другий розрахунковий період суми опадів влітку за трьома сценаріями будуть перевищувати середню багаторічну суму і становитимуть біля 240 мм за сценаріями зміни клімату *CFDL-30%* та *A1B*, за сценарієм *A2* - до 268 мм, тобто 120 % від базової суми опадів (рис. 6.11,б).

Коефіцієнт Г.Т. Селянинова за двома сценаріями зменшиться до 1,1 а за сценарієм *A2* - 1,3. Це говорить про те, що посушливість території Лісостепу буде поступово збільшуватись.

Восени за середніми багаторічними даними в Лісостепу випадає до 142 мм. Для території Лісостепу розрахунки за сценаріями *CFDL-30 %* та *A1B* вказують на зменшення кількості опадів до 121 мм (85 %) та 129 мм (91 %) відповідно в період 2011 – 2030 рр.. За сценарієм *A2* очікуватиметься збільшення кількості опадів до 161 мм (105 % від норми) (табл. 6.16, рис. 6.24,а). Що стосується другого розрахункового періоду, то восени за усіма сценаріями з 2031 по 2050 рр. опади очікуватимуться на рівні середніх багаторічних (рис. 6.11, б).

*Степ.* Ця природна зона займає майже 40 % території України і нерівномірна за умовами зволоження і підрозділяється на Північний та Південний Степ. Характеристика умов зволоження Північного Степу наведена у табл.6. 16, рис. 6.12 .

На території *Північного Степу* найменша кількість опадів випадає взимку і за середніми багаторічними даними становить 95 мм. За розрахунками за усіма сценаріями на період до 2030 р. очікуватиметься збільшення сум опадів. Найвідчутніше збільшення опадів очікується за сценарієм *A1B та A2* до 145 та 153 мм відповідно, тобто складатимуть 153 та 161 % від норми. За сценарієм *CFDL-30 %* збільшення сум опадів становитиме 107 % від базової суми. (рис. 6.12, а).

В період з 2031 по 2050 рр. взимку теж очікується збільшення сум опадів за усіма сценаріями змін клімату. За сценарієм *CFDL-30 %*сума опадів становитиме 130 мм (137 % від норми). За сценаріями *A1B та A2* збільшення сум опадів буде майже однаковим і становитиме 145 мм, що становитиме 1 більше 150 % від базової суми. (рис. 6.12, б).

Навесні також можна очікувати збільшення кількості опадів до 126 мм в період до 2030 року за сценарієм зміни клімату *CFDL-30 %*, а за сценарієм *A2* – до 161 мм. При цьому середня багаторічна кількість опадів у весняний період на території Північного Степу становить 118 мм (табл. 6.16, рис. 6.12, а).

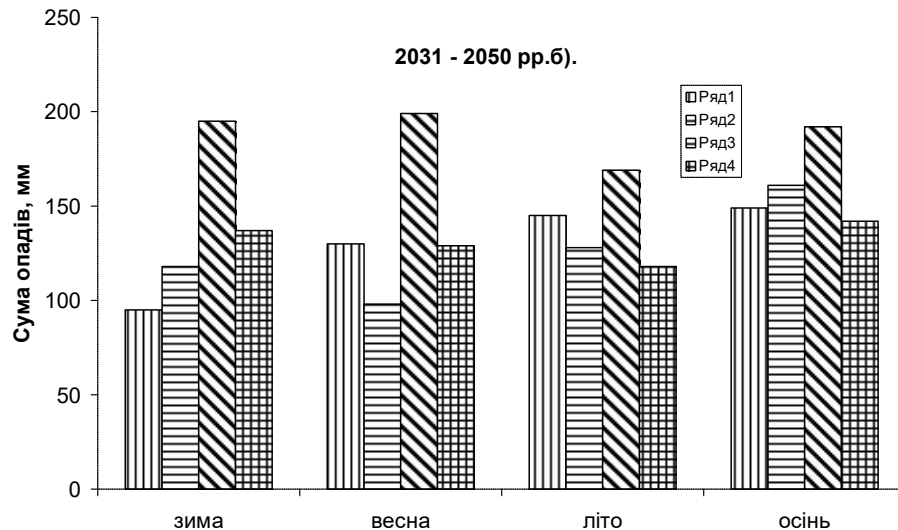


Рисунок 6.12 – Порівняльна характеристика сум опадів на території Північного Степу: а) – період 2011 – 2030 pp., б) – період 2031 - 2050 pp

1 – базовий період 1986–2005 pp.; 2 – сценарій зміни клімату *GFDL-30 %*;  
3 – сценарій зміни клімату *A1B*; 4 – сценарій зміни клімату *A2*;

В другий розрахунковий період з 2031 по 2050 pp. відчутне збільшення опадів навесні очікується тільки за сценарієм *A2* до 163 мм, тобто на рівні першого розрахункового періоду. За сценарієм *A1B* сума опадів очікується майже на рівні середньої багаторічної, за сценарієм *CFDL-30 %* - 98 мм, що становитиме тільки 83 % від суми опадів базового періоду.

Влітку кліматична норма в Північному Степу досягає 195 мм. Як видно з даних табл.6.16 та рис. 6.12,а за сценарієм зміни клімату *GFDL-30 %* на період до 2030 року очікуватиметься незначне підвищення суми опадів - до 208 мм, що становитиме 107 % від базової суми. За сценаріями зміни клімату *A1B* та *A2* в цей період суми опадів значно зменшаться і становитимуть біля 170 мм, що складатиме 87 % від середньої багаторічної. Очікується зменшення *ГТК* за сценарієм *GFDL-30 %* до 0,9. За іншими сценаріями *ГТК* залишиться на рівні середнього багаторічного значення..



В другий розрахунковий період за усіма сценаріями зміни клімату сума опадів очікуватиметься влітку в Північному Степу в межах середньої багаторічної. *ГТК* за сценаріями *GFDL-30 %* та *A1B* зменшиться відповідно до 0,96 та 0,89 в порівнянні з середніми багаторічними даними, а за сценарієм *A2* залишиться без зміни.

Восени середня багаторічна кількість опадів в осінній період становить 137 мм. За сценаріями *CFDL-30%* та *A1B* в період до 2030 року кількість опадів буде меншою, всього 93 та 87 % в порівнянні з середньою багаторічною. За сценарієм *A2* кількість опадів восени дещо підвищиться – до 157 мм, тобто становитиме 115 % середньої багаторічної.

В період з 2031 по 2050 рр. за сценаріями зміни клімату *GFDL-30 %* та *A1B* очікуватиметься зменшення суми опадів до 94 та 86 % відповідно від середньої багаторічної суми. За сценарієм *A2* сума опадів очікуватиметься на рівні середньої багаторічної (рис. 6.12, б).

*Південний Степ.* Територія Південного Степу отримує ще менше вологи, ніж Північний Степ. Найменша кількість опадів теж випадає взимку. Кліматична норма цього сезону становить 91 мм (табл.6.16, рис. 6.13 а,б).

Розрахунки за трьома сценаріями сценарії зміни клімату до 2030 року вказують на підвищення кількості опадів в зимовий період. Причому саме для території Південного Степу слід очікувати найсуттєвіший ріст кількості зимових опадів. Найбільше зростання сум опадів взимку очікуватиметься за сценарієм *A1B* – майже вдвічі до 176 мм (193 %). Трохи менше зростання відзначатиметься за сценарієм *A2* – до 143 мм (157 %), за сценарієм зміни клімату *CFDL-30 %* сума опадів зросте до 113мм (124%).

В другий розрахунковий період з 2031 по 2050 рр. тенденція збільшення опадів в зимовий період буде зберігатись. При цьому слід відзначити, що найбільше зростання суми опадів відзначатиметься за сценарієм *CFDL-30 %* і становитиме 203 % від базової суми. За сценаріями *A1B* та *A2* наростання сум опадів відбуватиметься повільніше і становитиме в порівнянні з середньою багаторічною сумою відповідно 134 та 128 %.

Навесні, при кліматичній нормі опадів 102 мм в період до 2030 року за сценаріями *CFDL-30 %* та *A2* можливе незначне підвищення кількості опадів до 113 мм (111 %), 122 мм (120%) відповідно. Сценарій *A1B* вказує на незначне зменшення кількості опадів до 97 мм (95 %). Тобто, можна сказати, що режим зволоження Південного Степу весною суттєво не зміниться.

В період з 2031 по 2050 рр. за сценаріями зміни клімату *GFDL-30 %* та *A1B* сума опадів очікується трохи вищою середньої багаторічної – 115 %.

За сценарієм *A2* очікувана сума опадів становитиме 87 мм, тобто 85 % від норми.

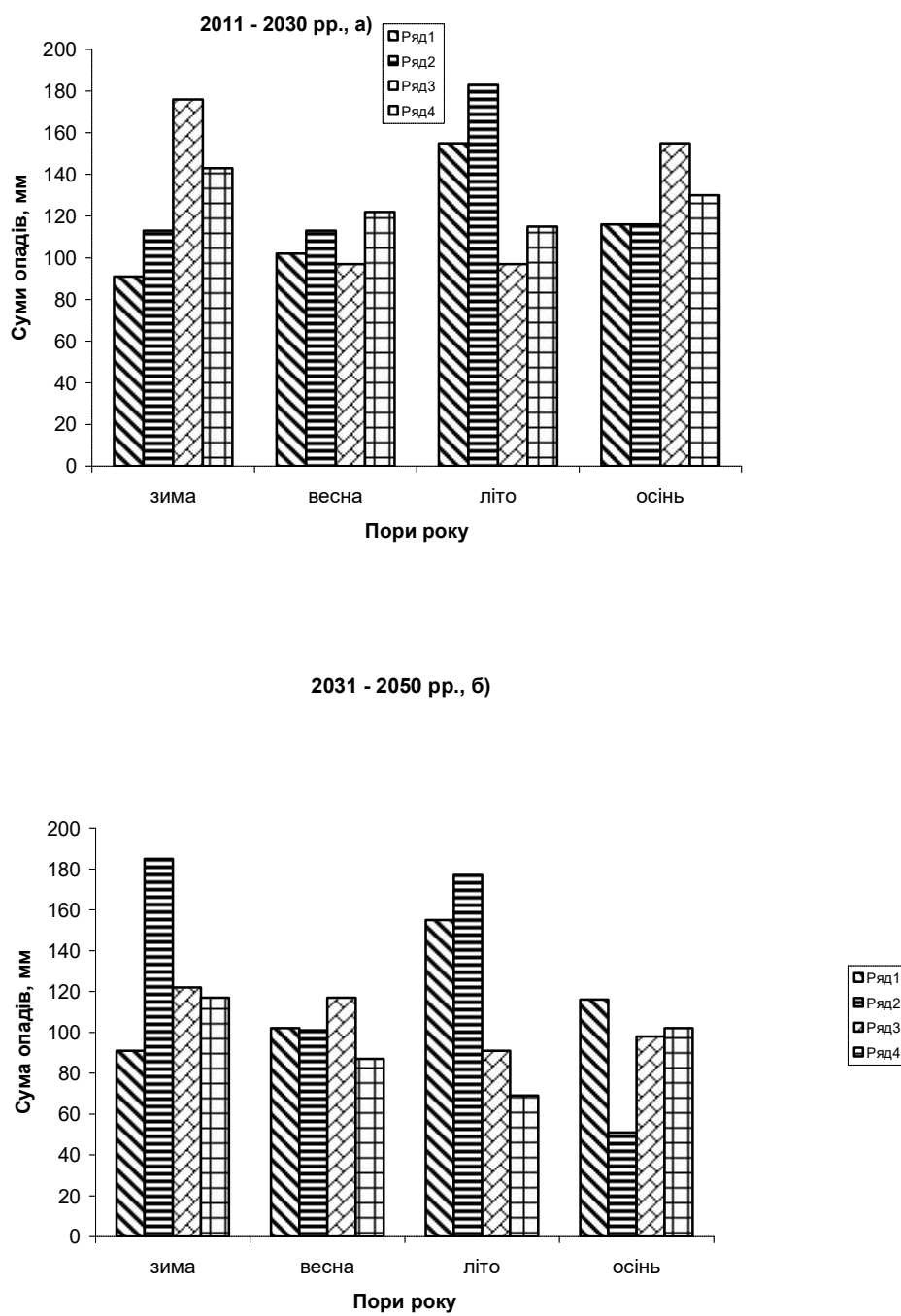


Рисунок 6.13 – Порівняльна характеристика сум опадів на території Південного Степу:

а) – період 2011 – 2030 рр., б) – період 2031 - 2050 рр.

1 – базовий період 1986–2005 рр.; 2 – сценарій зміни клімату *GFDL*-30 %;  
3 – сценарій зміни клімату *A1B*; 4 – сценарій зміни клімату *A2*;

За середніми багаторічним даними за літній період у Південному Степу випадає 155 мм опадів. За аналізом отриманих результатів розрахунків в період до 2030 року за сценаріями *A1B* та *A2* очікуватиметься зменшення кількості літніх опадів. Найбільш суттєве зниження відзначається за сценарієм *A1B* до 97 мм, що становитиме всього 63 % від кліматичної норми. За сценарієм *A2* також слід очікувати зменшення опадів влітку до 115 мм (74%). І лише сценарій зміни клімату *CFDL-30* % вказує на можливе підвищення кількості опадів до 183 мм (118 %).

Розрахунки за сценаріями зміни клімату в період з 2031 по 2050 рр. показують, що за сценарієм *CFDL-30* % очікуватиметься зростання суми опадів за літо до 177мм, що становитиме 114 % від середньої багаторічної. За сценаріями *A1B* та *A2* очікуватиметься різке зменшення опадів влітку до 91 та 69 мм відповідно, що становитиме тільки 59 та 44 % відповідно від середньої багаторічної суми опадів. За трьома сценаріями зміни клімату в Південному Степу зросте рівень посушливості, *ГТК* очікується 0,63, 0,52 та 0,48 відн. од. відповідно

В осінній період на території Південного Степу за середніми багаторічними даними випадає 116 мм опадів. За сценарієм *CFDL-30* % в період до 2030 року їх кількість не зміниться, за сценаріями *A1B* очікуватиметься збільшення до 155 мм (134%), а за сценарієм *A2* очікуватиметься підвищення кількості опадів до 130 мм (112 %).

В період з 2031 по 2050 рр. розрахунки за трьома сценаріями зміни клімату показали що очікуватиметься різке зменшення суми опадів восени. Найменша сума опадів очікуватиметься за сценарієм *CFDL-30* % - 51 мм, тобто тільки 44 % від базової суми опадів. За сценаріями *A1B* та *A2* очікуватиметься майже однакова сума опадів біля 100 мм, тобто 86 % від середньої багаторічної.

Зменшення суми опадів в літній період за період з температурами повітря вище 5 °С призведе до погіршення вологозабезпеченості сільськогосподарських культур, особливо озимої пшениці так як погіршаться умови її осінньої вегетації.

Для сільськогосподарських культур велике значення мають тепло та вологозабезпеченість вегетаційного періоду більшості сільськогосподарських культур, тобто періоду з температурами повітря вище 5 та 10 °С. Тому доцільно також розглянути розподіл сум опадів в періоди з температурами повітря вище 5 та 10 °С, а також такі показники зволоження як сумарне випаровування, випаровуваність та дефіцит випаровування.

*Полісся.* Як видно із табл. 6.17 середня багаторічна сума опадів в Поліссі за період з температурою повітря вище 5 °С становить 421 мм. Розрахунки за трьома сценаріями показали, що і в перший і в другий розрахункові періоди сума опадів підвищується у порівнянні з середньою багаторічною при чому збільшення опадів по періодах майже однакове за

двома сценаріями *CFDL-30 %* та *A2* – до 595 мм, що вище середньої багаторічної суми більше як на 170 мм. За сценарієм *A1B* збільшення суми опадів очікується в меншій мірі, але все ж таки перевищуватиме базову суму майже на 60 мм і становитиме близько 480 мм. Відчутно зростуть також суми опадів розрахованих за сценаріями змін клімату і за період з температурами вище 10 °C (табл.6.17, рис. 6.14) і (рис. Г14–Г20).

Таблиця 6.17 – Режим зволоження в Поліссі за різними сценаріями зміни клімату за періоди з температурою повітря вище 5 та 10 °C

Сценарії	Сума опадів за періоди, мм за періоди з температурою повітря вище		Сумар- не випа- рову- вання, мм	Випа- рову- ваність, мм	Дефіцит випаро- вування, Мм	ГТК
	5 °C	10 °C				
1986-2005 р.	421	368	506	1310	805	1,4
Період 2011 – 2030 рр.						
<i>GFDL-30 %</i> ;	592	505	580	1738	1159	1,3
Різниця	171	137	74	428	354	0,1
<i>A1B</i>	481	401	591	1119	528	1,4
Різниця	60	33	85	-191	-451	0
<i>A2</i>	537	444	614	1065	451	1,7
Різниця	116	76	108	-245	-354	0,3
Період 2031 – 2050 рр.						
<i>GFDL-30 %</i> ;	596	511	582	1741	1159	1,3
Різниця	175	143	76	431	354	0,1
<i>A1B</i>	476	416	587	1158	571	1,3
Різниця	55	48	81	-152	-234	-0,1
<i>A2</i>	586	467	636	1096	460	1,7
Різниця	165	99	130	-214	-345	0,3

Сумарне випаровування за середніми багаторічними даними в Поліссі становить 506 мм. Як видно із табл.6.17 при розрахунках за сценаріями зміни клімату в обидва періоди (2011-2030рр та 2031-2050рр.) воно значно зросте пояснюючись як підвищенням температури повітря, так і збільшенням суми опадів. При цьому за двома сценаріями *GFDL-30 %* та *A1B* сумарне випаровування буде майже однаковим і становитиме 580 – 590 мм. За сценарієм *A2* воно очікуватиметься значно вище і становитиме в перший розрахунковий період 614 мм, в другий – 636 мм, що перевищуватиме середні багаторічні величини сумарного випаровування відповідно на 108 та 130 мм.

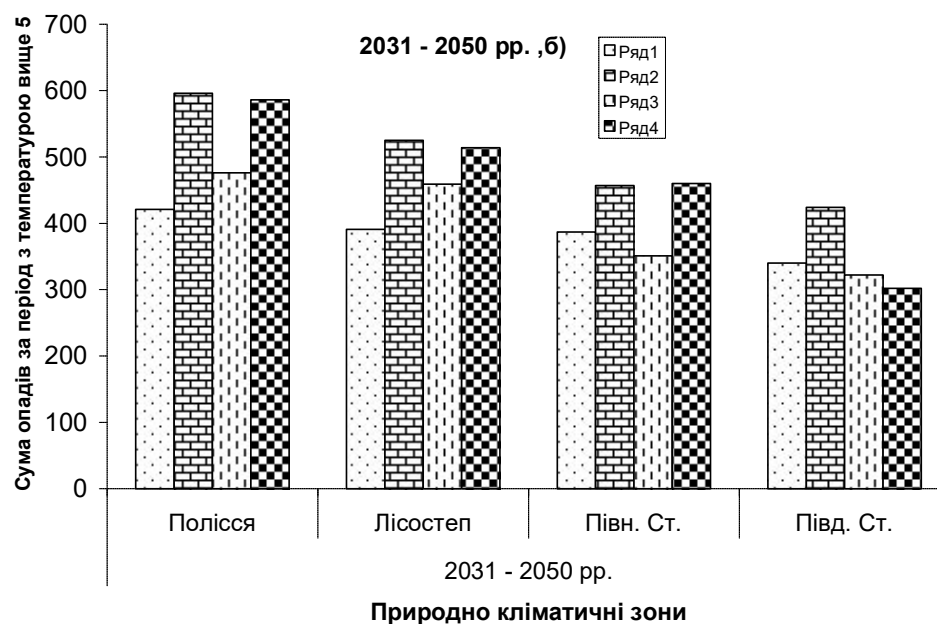
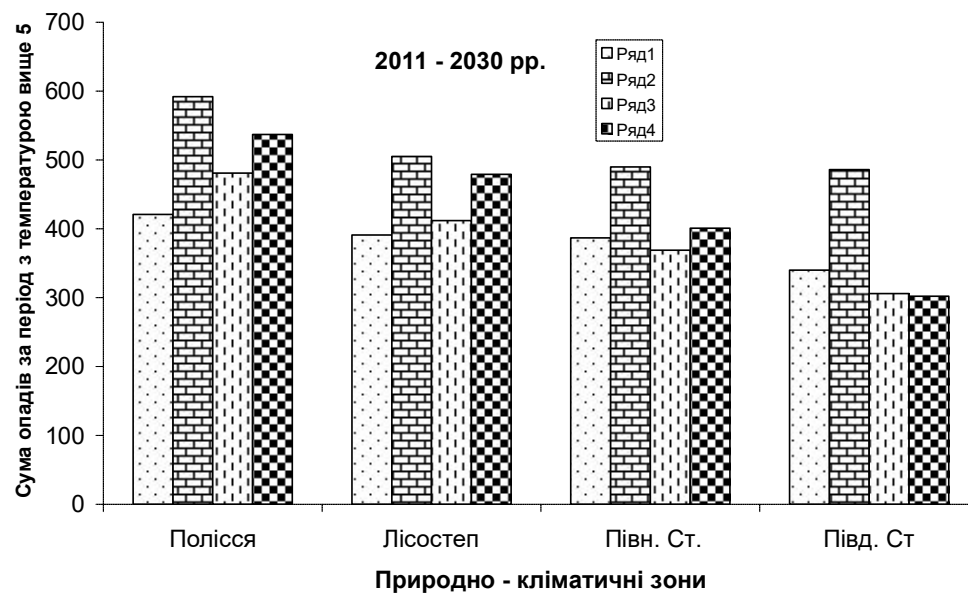


Рисунок 6.14 – Порівняльна характеристика сум опадів за період з температурою вище 5° C:  
а) період 2011 – 2030 pp., б) за період 2031 – 2050 pp.

1 – середня багаторічна за період 1986 – 2005 pp; 2 – за сценарієм *GFDL-30 %*;  
3 – за сценарієм *A1B*; 4 – за сценарієм *A2*;

Середня багаторічна випаровуваність в Поліссі становила 1310 мм. За даними розрахунків за сценаріями змін клімату випаровуваність зросте в порівнянні з середньою багаторічною в обидва розрахункові періоди тільки за сценарієм *GFDL-30 %* на 430 мм і становитиме біля 1740 мм.

За двома іншими сценаріями випаровуваність зменшиться в порівнянні з середньою багаторічною в обидва розрахункові періоди в середньому на 165 мм і становитиме біля 1130 мм.

Дефіцит випаровування в Поліссі в середньому багаторічному становив біля 800 мм. Розрахунки за сценаріями показали хід дефіциту випаровування аналогічний входу випаровуваності і в період 2011 – 2030рр і в період 2031-2050 рр. За сценарієм *GFDL-30 %* дефіцит випаровування зросте до 1159 мм і перевищуватиме середню багаторічну величину на 354 мм. За сценаріями *A1B* та *A2* дефіцит випаровування очікуватиметься значно нижчий від середнього багаторічного і становитиме відповідно 530 та 350 мм.

Середнє багаторічне значення коефіцієнта зволоження *ГТК* становить 1,4. Розрахунки за сценаріями змін клімату показують, що значення *ГТК* суттєво зросте в Поліссі тільки за реалізації сценарію *A2* і становитиме 1,7, що перевищує середні багаторічні значення на 0,3.

*Лісостеп.* Розглянемо як зміняться показники зволоження в Лісостеповій зоні в середньому багаторічному і розраховані за різними сценаріями за період з температурами вище 5 та 10°C.

В Лісостеповій зоні середня багаторічна сума опадів вище 5 °C становить 391мм (табл. 6.18, рис. 6.14).

Як видно із рис. 6.14 *а,б* та табл. 6.18 за трьома сценаріями зміни клімату очікуватиметься зростання суми опадів за період з температурами вище 5 °C в порівнянні з середніми багаторічними сумами опадів на 88 - 120 мм, тобто суми опадів будуть досягати до 470 – 520мм.

Як і в Поліссі, в Лісостепу значне зростання сум опадів за період з температурами повітря вище 5 °C очікуватиметься за сценарієм *GFDL-30 %*.

Сума опадів за період з температурами вище 10 °C як середня багаторічна, так і розрахована за різними сценаріями зміни клімату представлена в табл. 6.18 та на рис. 6.15, *а, б*. а також на рис. Г21–Г27.

Як видно із табл. 6.18 тенденція зростання сум температур вище 10 °C подібна тенденції сум температур вище 5 °C, навіть різниця в кількісних показниках майже співпадає як по періодах розрахунку, так і за окремими сценаріями.

Таблиця 6.18 –Режим зволоження Лісостепу за різними сценаріями зміни клімату за періоди з температурою повітря вище 5 та 10 °С

Сценарії	Сума опадів за періоди, мм		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Дефіцит випаровування, Мм	ГТК
	З температурою повітря вище					
	5 °C	10 °C				
1986 – 2005р.	391	327	493	1305	812	1,2
2011 – 2030 рр.						
GFDL-30 %;	505	424	519	1692	1152	1,1
Різниця	114	97	26	367	340	-0,1
A1B	412	353	446	1285	839	1,2
Різниця	21	26	-47	-20	27	0
A2	479	414	467	1233	766	1,5
Різниця	88	87	-26	-72	-46	0,3
2031 – 2050 рр.						
GFDL-30 %;	523	460	531	1662	1131	1,1
Різниця	132	133	38	357	319	-0,1
A1B	459	383	581	1166	585	1,3
Різниця	68	56	39	139	-227	0,2
A2	514	440	610	1082	472	1,3
Різниця	123	113	117	-223	-340	0,2

Зростання сум опадів сприятиме зростанню величин сумарного випаровування. В Лісостеповій зоні середнє багаторічне випаровування становить 493 мм. Розраховані за сценаріями значення випаровуваності не співпадають з розрахованою динамікою опадів. Так, збільшення випаровування в період до 2030 року очікуватиметься тільки за сценарієм *GFDL-30 %*. Воно становитиме 519 мм. За сценаріями *A1B* та *A2* сумарне випаровування буде очікуватись меншим на 30 – 40 мм і становитиме відповідно 446 та 467 мм. В другий розрахунковий період з 2031 по 2050 рр. в Лісостепу за усіма сценаріями зміни клімату очікуватиметься зростання сумарного випаровування, яке буде особливо відчутним за сценарієм *A2* і становитиме 610 мм, перевищуватиме середнє багаторічне випаровування майже на 120 мм. Динаміку сумарного випаровування в Лісостепу повторює динаміка випаровуваності. Середнє багаторічне значення її для Лісостепу становить 1305 мм.

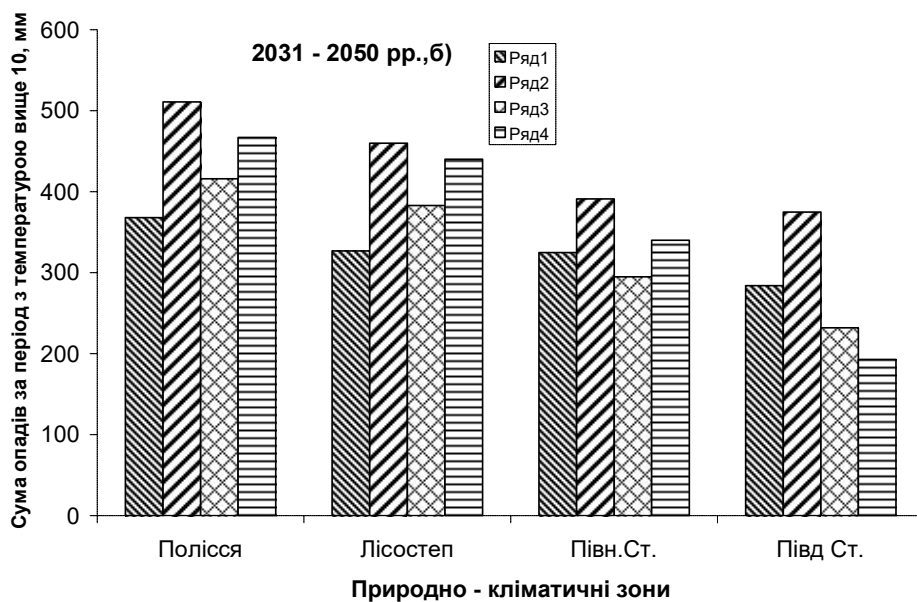
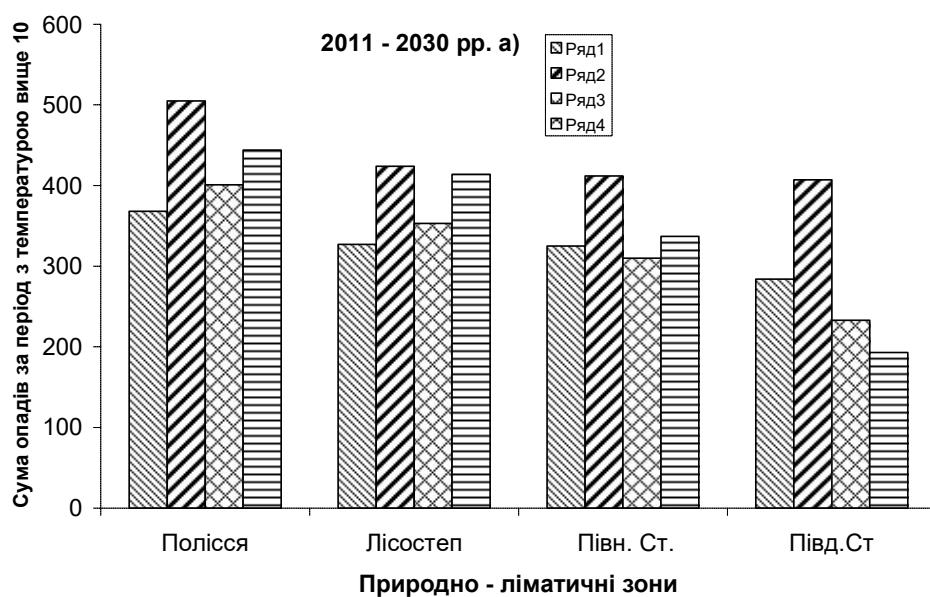


Рисунок 6.15 – Порівняльна характеристика сум опадів за період з температурою повітря вище 10 °C:

а) період 2011 – 2030 pp., б) за період 2031 – 2050 pp.

1 – середня багаторічна за період 1986 – 2005 pp;

2 – за сценарієм *GFDL-30 %*;

3 – за сценарієм A1B; 4 – за сценарієм A2;



Розраховані значення випаровуваності за сценаріями в період до 2030 року показують, що очікується зростання випаровуваності тільки за сценарієм *GFDL-30 %* до 1690 мм, тобто буде вище середньої багаторічної величини на майже на 370 мм. Інші два сценарії прогнозують зменшення випаровуваності до 1280 мм.

Дефіцит випаровування в середньому багаторічному по Лісостеповій зоні становить 812 мм. У відповідності із зростанням випаровуваності за сценарієм *GFDL-30 %*, зросте і дефіцит випаровування до 1150 мм в обидва розрахункові періоди. В разі реалізації сценарію *A1B* в перший розрахунковий період дефіцит випаровування матиме значення на рівні середнього багаторічного в період до 2030 року і менше його в другий розрахунковий період на 230 мм. За сценарієм *A2* в обидва розрахункові періоди дефіцит випаровування буде меншим середнього багаторічного значення на 50 мм в перший розрахунковий період та на 340 мм – в другий.

Значення *ГТК* в середньому багаторічному становить 1,2 відн. од.. За сценарієм *GFDL-30 %* зменшиться до 1.1 відн. од., за сценарієм *A1B* залишиться на рівні середнього багаторічного, за сценарієм *A2* зросте до 1,3 відн. од..

*Північний Степ.* В степових районах України найбільші площі під сільськогосподарськими культурами, а, особливо, зерновими. Тому характеристика вологозабезпеченості має дуже велике значення.

В середньому багаторічному сума опадів в Північному Степу за період з температурами вище 5 °С становила 387 мм, за період з температурами вище 10 °С – 325 мм. За даними розрахунків за сценаріями змін клімату в Північному Степу очікується збільшення сум опадів і за період з температурами вище 5 °С і за період з температурами вище 10 °С за сценаріями *GFDL-30 %* та *A2*. Перевищення над середньою багаторічною становитиме 70 – 100 мм. В разі реалізації сценарію *A1B* слід очікувати незначне зменшення опадів не більше 30 мм у порівнянні з середньою багаторічною сумою опадів (рис. 6.15, а,б).

Сумарне випаровування в Північному Степу за усіма сценаріями перевищуватиме в обидва розрахункові періоди середнє багаторічне сумарне випаровування, яке становить 432 мм (табл. 6.19). Це перевищення в обидва розрахункові періоди за усіма сценаріями зміни клімату становитиме 75 – 80 мм (рис. 6.16, а,б).

Випаровуваність у Північному Степу за сценарієм *GFDL-30 %* буде вищою за середнє багаторічне її значення на 480 мм і становитиме 1882 мм в обидва розрахункові періоди. За іншими двома сценаріями *A1B* та *в сер2* випаровування зменшуватиметься в обидва розрахункові періоди і становитиме відповідно 1220 та 1168 мм.

Таблиця 6.19 –Режим зволоження Північного Степу за різними сценаріями зміни клімату

Сценарії	Сума опадів за періоди, мм		Сумар-не випа-рову-вання, мм	Випа-рову-ваність, мм	Дефіцит випаро-вування, мм	ГТК
	З температурою повітря вище					
	5 °C	10 °C				
1986-2005 р.	387	325	432	1334	902	1,1
2011 – 2030 pp.						
<i>GFDL-30 %;</i>	490	412	500	1822	1316	0,9
Різниця	103	87	75	488	414	-0,2
<i>A1B</i>	369	310	507	1229	722	0,85
Різниця	-18	-15	82	-105	-180	-0,25
<i>A2</i>	401	337	536	1138	602	1,1
Різниця	14	-12	104	-196	-300	0
2031 – 2050 pp.						
<i>GFDL-30%;</i>	457	391	512	1807	1221	0,9
Різниця	70	66	80	473	319	-0,1
<i>A1B</i>	351	295	511	1270	759	0,8
Різниця	-36	-30	79	-64	-143	0,2
<i>A2</i>	460	340	550	1168	618	1,1
Різниця	3	15	118	-168	-284	0

У відповідності зі зміною випаровуваності зміниться і дефіцит випаровування, середнє багаторічне значення якого становить 902 мм. За сценарієм *GFDL-30 %* дефіцит випаровування зростає до 1316 мм в перший розрахунковий період та до 1220 мм – в другий.

За сценаріями зміни клімату *A1B* та *A2* дефіцит випаровування зменшиться на 180 – 200 мм і становитиме 600 – 750 мм.

В Північному Степу середнє багаторічне значення *ГТК* становить 1.1. За двома сценаріями *GFDL-30 %* та *A1B* очікуватиметься зменшення *ГТК* до 0,9 – 0,8. Тільки за сценарієм *A2* значення *ГТК* залишиться на рівні середнього багаторічного.

*Південний Степ.* Це найбільш посушлива зона України. Середня багаторічна кількість опадів за період з температурою повітря 5 °C становить 340 мм, за період з температурою 10 °C – 284 мм. Розрахунки величин зволоження як середніх багаторічних, так і розрахованих за сценаріями змін клімату наводяться в табл. 6.20, рис. Г14–Г20.

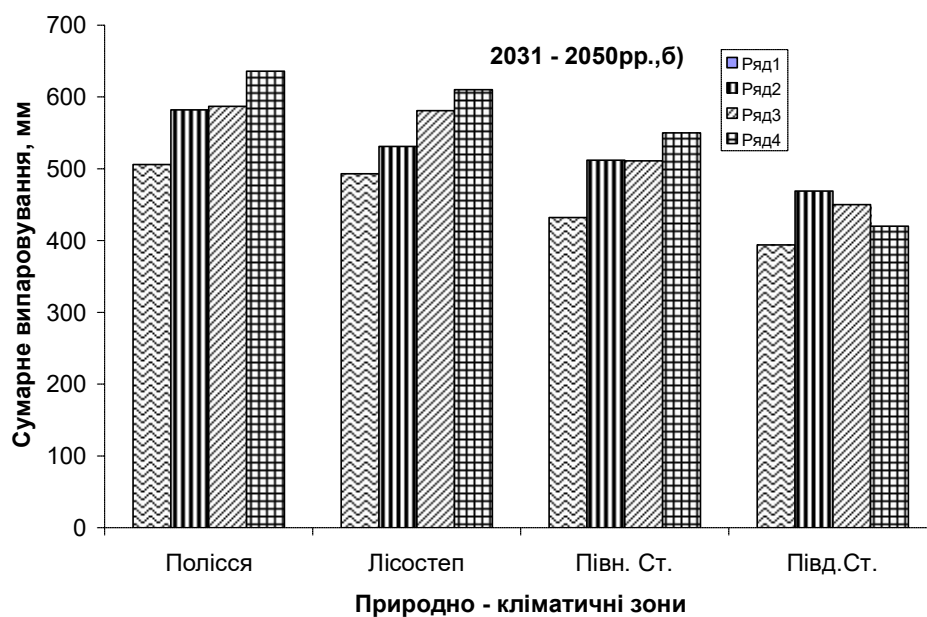
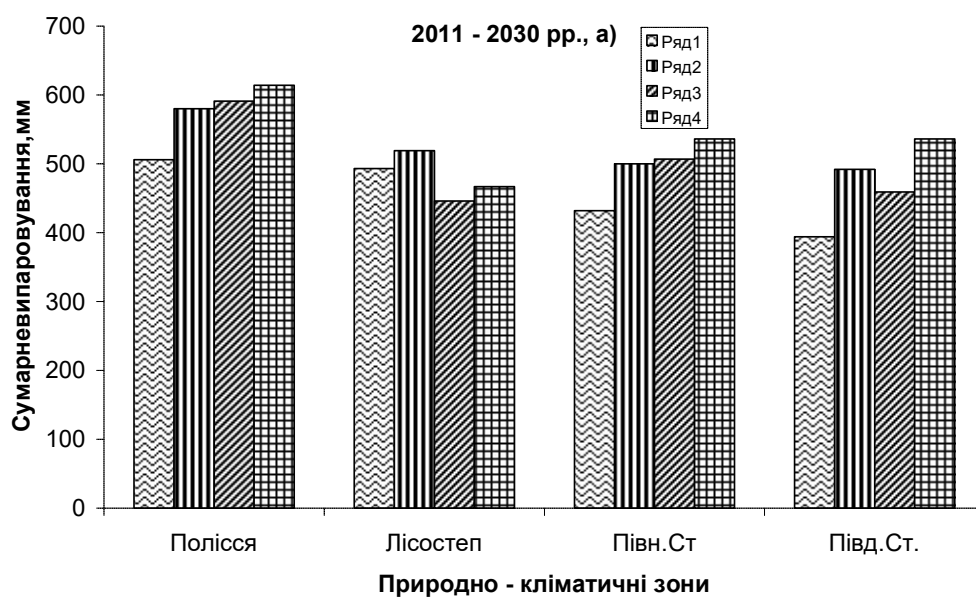


Рисунок 6.16 - Порівняльна характеристика сумарного випаровування:

а) період 2011 - 2030pp., б) за період 2031 – 2050 pp.

1 – середня багаторічна за період 1986 – 2005 pp;

2 – за сценарієм *GFDL-30 %*;

3 – за сценарієм A1B; 4 – за сценарієм A2;

Таблиця 6.20 – Режим зволоження Південного Степу за різними сценаріями зміни клімату в період з температурами вище 5 та вище 10 °С

Сценарії	Сума опадів за періоди, мм		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Дефіцит випаровування, Мм	ГТК
	З температурою повітря вище					
	5 °С	10 °С				
1986 - 2005р.	340	284	394	1427	1033	0,8
2011 – 2030 рр.						
<i>GFDL-30 %;</i>	486	407	492	1845	1353	0,8
Різниця	146	123	98	418	322	0
<i>A1B</i>	306	233	459	1390	931`	0,55
Різниця	-34	-51	65	-37	-102	-0,25
<i>A2</i>	302	193	536	1138	602	0,48
Різниця	-38	-91	142	-289	-431	-0,32
2031 – 2050 рр.						
<i>GFDL-30 %;</i>	424	375	469	1834	1265	0,7
Різниця	84	91	75	407	232	-0,1
<i>A1B</i>	322	232	450	1452	1002	0,5
Різниця	-18	-52	56	15	-31	-0,3
<i>A2</i>	302	193	420	1339	969	0,55
Різниця	-122	-91	26	-88	-64	-0,15

Із табл. 6.20 та рис. 6.17 видно, що в середньому багаторічному сумі опадів за період з температурою повітря вище 5 °С була найнижчою із усіх природно – кліматичних зон і становила 340 мм. Подібне спостерігається із сумами опадів за період з температурою повітря вище 10 °С, за який вона становить в Південному Степу 284 мм.

Як показали розрахунки за сценаріями змін клімату в період з 2011 – 2050 рр. тільки за сценарієм *GFDL-30 %* суми опадів за періоди з температурами вище 5 °С та вище 10 °С зростуть до 480 та 400 мм відповідно. Слід при цьому зазначити, що в період з 2031 по 2050 рр. зростання сум опадів буде відбуватись повільніше.

За сценаріями змін клімату *A1B* та *A2* відзначатиметься зменшення сум опадів в порівнянні з середньою багаторічною сумою в обидва розрахункові періоди на 30 – 50 мм і становитимуть біля 300 мм для періоду з температурою повітря вище 5 °С та 230 та 193 мм для періоду з температурою повітря вище 10 °С.

Сумарне випаровування в Південному Степу в середньому багаторічному теж найнижче ніж в інших природно – кліматичних зонах України і становить 394 мм. За розрахунками за усіма сценаріями змін клімату воно буде зростати вів перший і в другий розрахункові періоди.

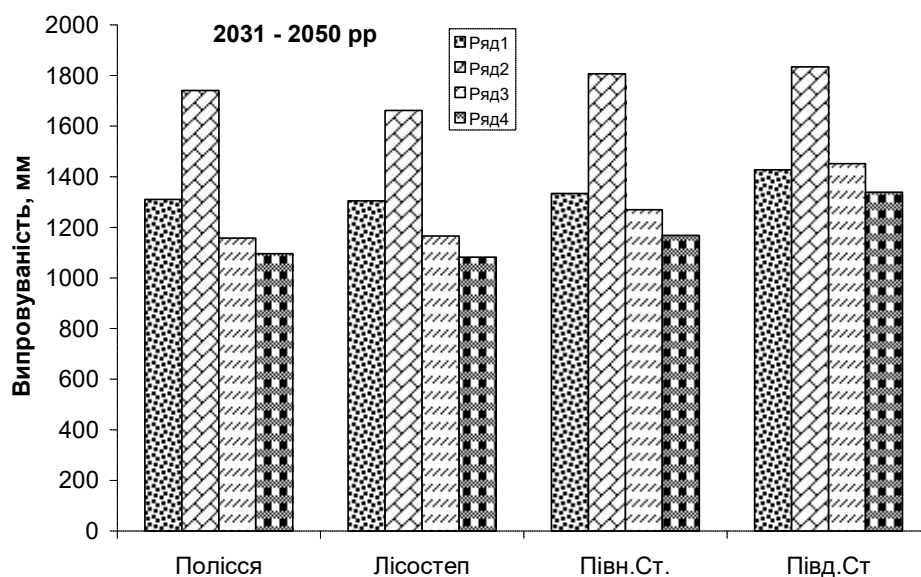
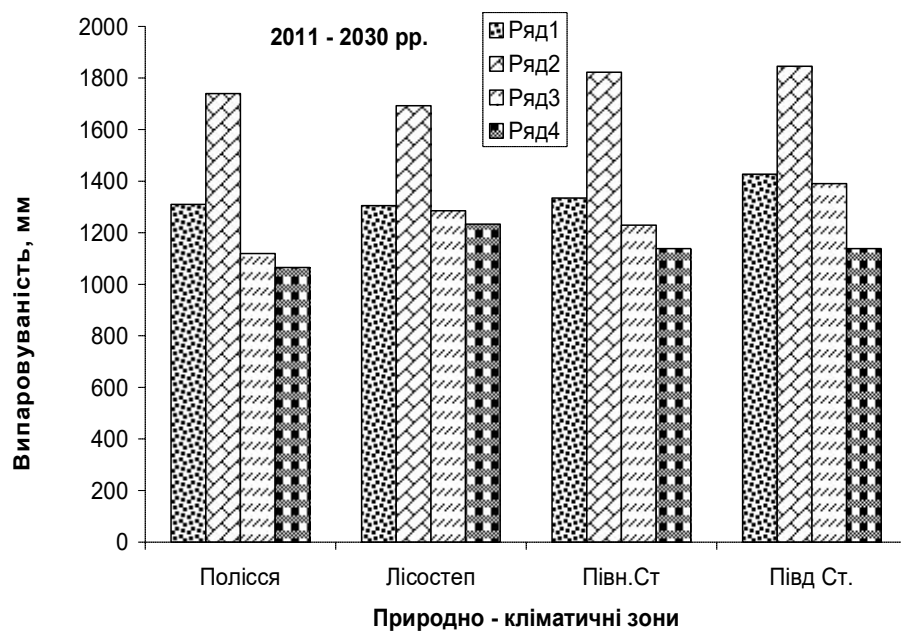


Рисунок 6.17 – Порівняльна характеристика випаровуваності по природно – кліматичних зонах України:

а – період 2011 - 2030pp., б – період 2031 – 2050 pp.

1 – середня багаторічна за період 1986 – 2005 pp;

2 – за сценарієм *GFDL-30 %*;

3 – за сценарієм A1B; 4 – за сценарієм A2

Особливо відчутне зростання сумарного випаровування відбудеться в період 2011 – 2030 рр. за сценарієм *A2* і становитиме 536 мм, тобто більше як на 140 мм вище середньої багаторічної величини (рис. 6.16 *а,б*).

Середня багаторічна випаровуваність в Південному Степу становить 1427 мм. Розрахунки за сценаріями змін клімату показали, що за сценарієм *GFDL-30 %* випаровуваність зросте майже до 1840 мм в обидва розрахункові періоди, за сценарієм *A1B* випаровуваність зросте тільки в період 2031 – 2050 рр. За сценарієм *A2* очікуватиметься різке зменшення випаровуваності на 290 мм в період 2011 – 2030 рр., в період 2031 – 2050 рр. – на 90 мм (рис. 6.17, *а,б*).

Відповідно із змінами сумарного випаровування та випаровуваності змінюватиметься і дефіцит випаровування. В Південному Степу його значення найвище по території України і в середньому багаторічному становить 1033 мм (рис. 6.17, *а, б*).

За сценаріями змін клімату дефіцит випаровування зросте тільки за умови реалізації сценарію *GFDL-30 %* в обидва розрахункові періоди і становитиме 1350 та 1270 мм відповідно. За сценаріями *A1B* та *A2* дефіцит випаровування в обидва розрахункові періоди буде менший середнього багаторічного значення на 60 – 100 мм. Особливо різке зменшення дефіциту випаровування буде спостерігатись в період 2011 – 2030 рр. за сценарієм *A2* (рис. 6.18, *а,б*).

Порівняння значень ГТК по природно – кліматичних зонах України наводяться на рис. 6.19, *а,б*.

Як видно із рис. 6.19, *а* зміни ГТК в природно – кліматичних зонах за різними сценаріями змін клімату в період до 2030 року будуть неоднозначними. Так, ГТК за сценарієм зміни клімату *GFDL-30 %* буде нижче середніх багаторічних значень в усіх природно – кліматичних зонах України і змінюватиметься від 1,26 відн. од. в Поліссі до 0,8 відн. од. в Південному Степу.

В разі реалізації сценарію *A1B* в Поліссі очікуватиметься незначне зменшення ГТК до 1,4 відн. од. В Лісостеповій зоні і в Північному Степу ГТК очікуватиметься на рівні середніх багаторічних значень. В Південному Степу зменшення ГТК очікуватиметься суттєвим і становитиме 0,5 відн. од.

За сценарієм зміни клімату *A2* в Поліссі, Лісостепу і Північному Степу відзначатиметься перевищення очікуваних значень ГТК над середнім багаторічним його значенням на 0,2 відн. од. В Південному Степу навпаки, буде спостерігатись зменшення ГТК в порівнянні з середнім багаторічним на 0,2 відн. од.

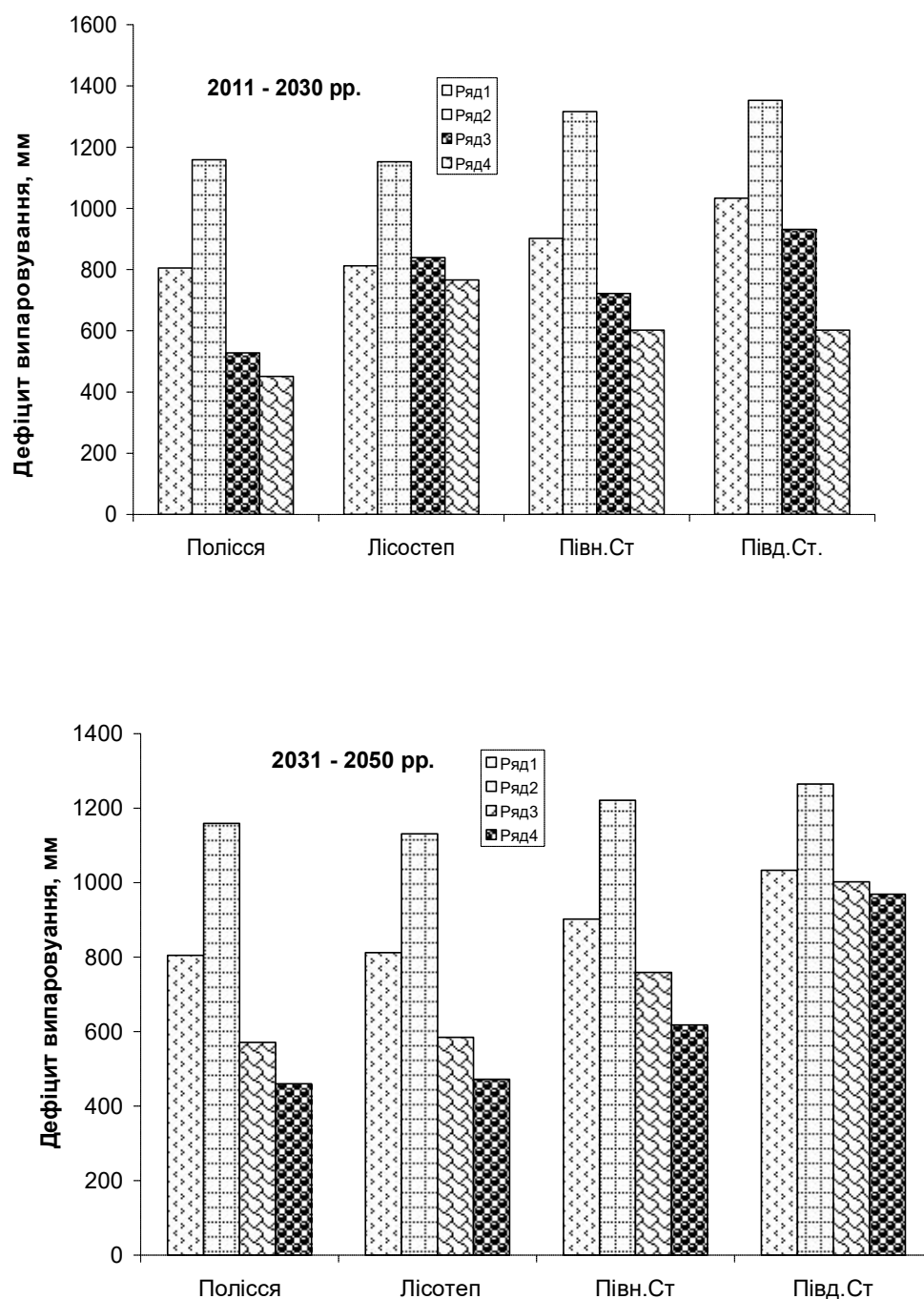


Рисунок 6.18 – Порівняльна характеристика дефіциту випаровування по природно – кліматичних зонах України: за період 2011 -- 2030pp. і період 2031 – 2050 pp.

1 – середня багаторічна за період 1986 – 2005 pp; 2 – за сценарієм *GFDL-30 %*; 3 – за сценарієм *A1B*; 4 – за сценарієм *A2*.

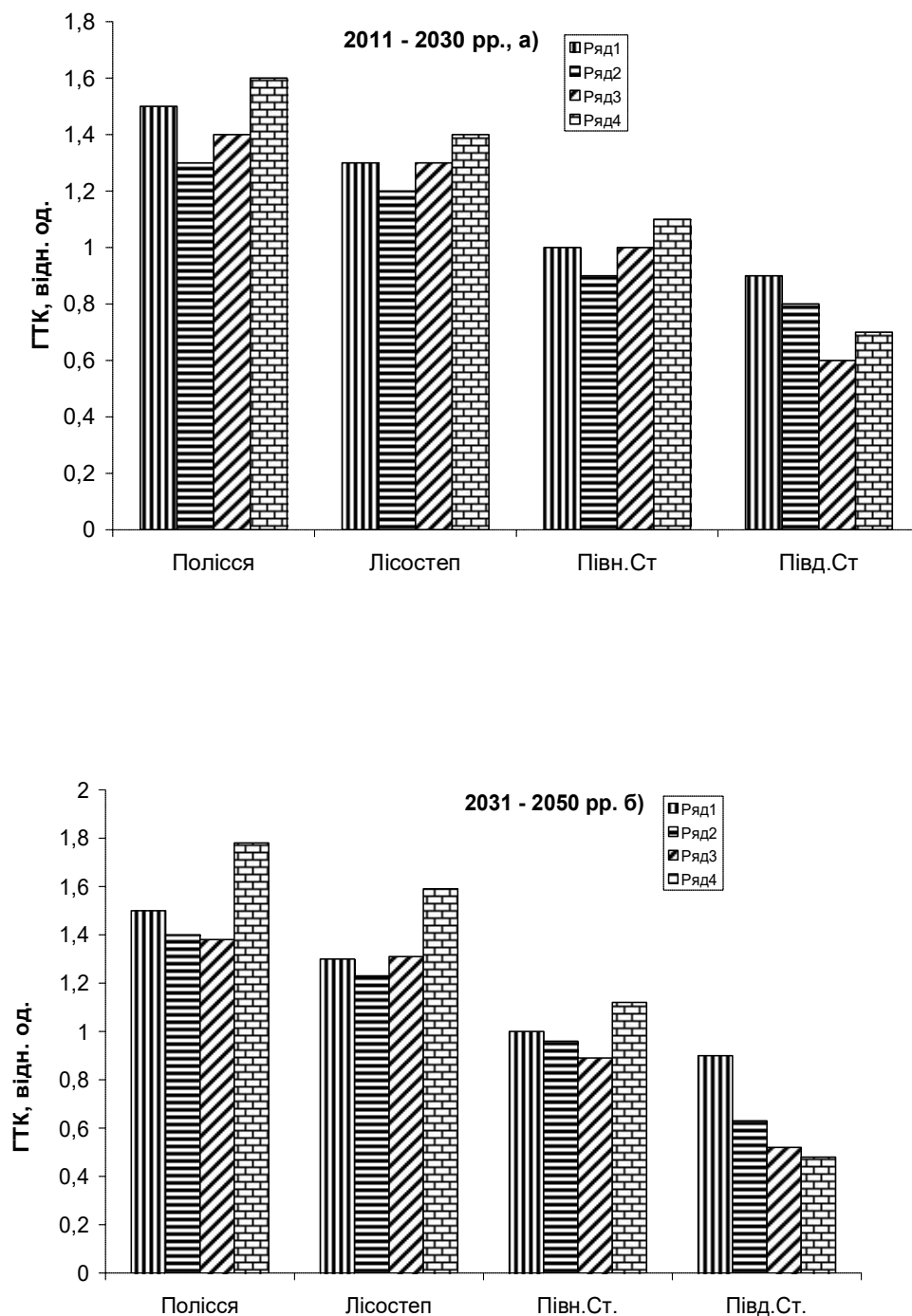


Рисунок 6.19 – Порівняння значень ГТК по природно – кліматичних зонах України:

а – період 2011 -- 2030pp., б – період 2031 – 2050 pp.

1 – середнє багаторічне за період 1986 – 2005 pp; 2 – за сценарієм *GFDL-30 %*;  
3 – за сценарієм A1B; 4 – за сценарієм A2;



Як видно із рис. 6.19, б розрахунки ГТК з сценаріями кліматичних змін в період 2031 – 2050 рр. показали дещо іншу його динаміку. Так, в Поліссі, Лісостепу і Північному Степу за сценаріями *GFDL-30 %* та *A1B* значення ГТК очікуватиметься в межах середніх багаторічних величин з відхиленням в сторону зменшення не більше 0,1 відн. од. За сценарієм *A2* в цих зонах України значення ГТК зросте в Поліссі до 1,68 відн. од., в Лісостеповій зоні – до 1,59 відн. од., в Північному Степу – до 1,12 відн. од. В Південному Степу за цими сценаріями, навпаки, відзначатиметься зменшення ГТК до 0,63 відн. од. за сценарієм *GFDL-30 %*, до 0,52 відн. од. за сценарієм *A1B*, до 0,48 відн. од. за сценарієм *A2*.

На рисунках. Г28 – Г31 показано розподіл величин ГТК по території України за різними кліматичними сценаріями.

В Південному Степу в середньому багаторічному значення ГТК було 0,8 відн.од. За сценарієм зміни клімату *GFDL-30 %* в період з 2011 до 2030 року значення ГТК не зміниться. За сценарієм *A1B* зменшиться до 0,55 відн. од., за сценарієм *A2* – до 0,48 відн. од.

У другий розрахунковий період до 2050 року ГТК за сценарієм *GFDL-30 %* зменшиться до 0,7 відн. од. (рис. Г28). За іншими сценаріями – до 0,5 відн. од. (рис. Г29, Г30, Г31).

Тобто, розрахунки показують можливе зростання сухості клімату.

На основі аналізу результатів розрахунків за різними кліматичними сценаріями показників тепло- та вологозабезпеченості по території України можна сказати, що за усіма сценаріями змін клімату зросте його екстремальність особливо в Степовій зоні і східних районах Лісостепу.

### **6.3 Оцінка впливу змін клімату на формування врожаїв озимої пшениці**

Клімат суттєво впливає на формування врожаю сільськогосподарських культур. Він значною мірою визначає середній рівень врожайності, її міжрічну мінливість і просторову структуру..

Щорічно через глобальне потепління у світі втрачається понад 1 млн сільськогосподарських угідь. Зокрема, Україна за 40 років втратить 12-14 % таких земель. За той же час Євросоюз - майже 30 % орних площ. Виходячи з цих двох критеріїв, експерти Української аграрної конфедерації зробили висновок, що Україна в 2050 році буде забезпечувати експорт не менш як 45 млн т зерна, що становитиме приблизно 15 % світового експорту [23].

### 6.3.1 Біологічні особливості озимої пшениці

Серед найважливіших зернових культур озима пшениця за посівними площами займає в Україні перше місце і є головною продовольчою культурою. Це свідчення великого народногосподарського значення озимої пшениці, її необхідності у задоволенні людей високоякісними продуктами харчування.

Основне призначення озимої пшениці — забезпечення людей хлібом і хлібобулочними виробами. Цінність пшеничного хліба визначається сприятливим хімічним складом зерна. Серед зернових культур пшеничне зерно найбагатше на білки.

Співвідношення білків і крохмалю у зерні пшениці становить у середньому 1 : 6 – 7, що є найбільш сприятливим для підтримання нормальної маси тіла і працездатності людини. Особливо якісний хліб та хлібобулочні вироби одержують із борошна сортів сильних пшениць, які належать до виду м'якої пшениці [24].

За державним стандартом, зерно таких пшениць, які за класифікацією належать до вищого, першого та другого класів, містить відповідно 36, 32 і не менше 28 % сирої клейковини першої групи і має натуру не менше 755 г/л, скловидність — не нижче 60 %, а хлібопекарська сила борошна становить 280 і більше одиниць альвеографа (о. а.).

Хліб з борошна сильних пшениць є не тільки джерелом харчування, а й своєрідним каталізатором, який поліпшує процеси травлення та підвищує засвоєння інших продуктів харчування. Сильні пшениці належать до поліпшувачів слабких пшениць. Борошно сильних пшениць при домішуванні (25 – 30 %) до борошна слабких пшениць поліпшує його хлібопекарські властивості, завдяки чому хліб випікається високооб'ємним, пористим і якісним.

В Україні поширені також сорти озимої твердої пшениці. Порівняно з м'якими пшеницями їх зерно багатше на білок (16 – 18 %). Проте вони утворюють коротку й тугу клейковину (другої групи), яка для хлібопечення менш придатна: хліб з такого борошна формується низького об'єму, швидко черствіє. Борошно твердих пшениць є незамінною сировиною для макаронної промисловості. Їх клейковина дає змогу виготовляти макарони, вермішель, які добре зберігають форму при варінні, не ослизнюються і мають приємний лимонно-жовтий або янтарний колір. Тверді пшениці використовують для виробництва особливого сорту борошна — крупчатки та виготовлення вищої якості манної крупи.

У тваринництві широко використовують багаті на білок (14 %) пшеничні висівки, які особливо ціняться при годівлі молодняку. Озиму пшеницю висівають у зеленому конвеєрі в чистому вигляді або в суміші з

озимою викою. Тваринництво при цьому забезпечується вітамінними зеленими кормами рано навесні, услід за житом. Для годівлі тварин певне значення має солома, 100 кг якої прирівнюється до 20 – 22 корм. од. і містить 0,6 кг перетравного протеїну та полови, особливо безостих сортів пшениці, 100 кг якої оцінюється 40,5 корм. од. із вмістом 1,5 кг перетравного протеїну.

Озима пшениця, яку вирощують за сучасною інтенсивною технологією, є добрим попередником для інших культур сівозміни, і в цьому полягає її агротехнічне значення [25].

### 6.3.1.1 Вимоги до температури

Озима пшениця належить до холодостійких культур. Насіння її здатне проростати при температурі посівного шару ґрунту всього 1 – 2 °С, проте за такої температури сходи з'являються із запізненням і недружно. Найбільш інтенсивно ґрунт поглинає воду, яка потрібна для набухання і проростання насіння, при прогріванні ґрунту до 12 – 20 °С. За такої температури і достатній вологості ґрунту (близько 15 мм продуктивної вологи у посівному шарі) сходи з'являються вже на 5 – 6-й день. Більш висока температура (понад 25 °С) не сприятлива для проростання, бо може стати причиною сильного ураження сходів хворобами, особливою іржею, а при температурі 40 °С, коли відносна вологість повітря сягає 30 % і нижче, насіння, яке проросло, гине через інтенсивне випаровування вологи, а те, яке набухло, втрачає схожість внаслідок дихання, витрат поживних речовин і ураження пліснявою.

Найсприятливішим для сівби пшениці є календарний строк із середньодобовою температурою повітря 14 – 17 °С. Більшість сортів озимої пшениці, районованих в Україні, відносно стійкі проти понижених температур в осінній, зимовий та ранньовесняний періоди. При доброму загартуванні восени вони витримують зниження температури на глибині вузла кушення до 15 – 18 °С морозу, а деякі з них (Миронівська 808) — навіть до мінус 19 – 20 °С. Найвищою холодостійкістю озима пшениця відзначається на початку зими, коли вузли кушення містять максимум захисних речовин — цукрів. Навесні, внаслідок зимового виснаження, вона часто гине при морозах усього близько 10 °С. Особливо знижується її холодостійкість при різких коливаннях температури, коли вдень повітря прогрівається до 8 – 12 °С, а вночі, навпаки, знижується до мінус 8 – 10 °С.

Високою морозо- і зимостійкістю відзначається пшениця, яка утворює восени 2 – 4 пагони і нагромаджує у вузлах кушення до 33 – 35 % цукру на суху речовину, що досягається при тривалості осінньої вегетації рослин 45 – 50 днів з сумою температур близько 520 – 670 °С. Перерослі рослини, які утворили восени 5 – 6 пагонів, втрачають стійкість проти

низьких температур, часто гинуть або сильно зріджуються, і площі доводиться пересівати або підсівати інші культури.

Озима пшениця добре витримує високі температури влітку. Короткочасні суховії з підвищенням температури до 35 – 40 °С не завдають їй великої шкоди, особливо при достатній вологості ґрунту. Цим відзначаються переважно сорти південного походження, наприклад, Одеська 51, Безоста 1 та ін. Протягом вегетації сприятливою середньою температурою є 16 – 20 °С із зниженням у період кушення до 10 – 12 °С та підвищенням при трубкуванні до 20 – 22 °С, цвітінні і наливанні зерна — до 25 – 30 °С. Для розвитку сильної кореневої системи кращою температурою ґрунту є від 10 до 20 °С [26].

#### 6.3.1.2 Вимоги до вологи.

Озима пшениця потребує достатньої кількості вологи протягом усієї вегетації. Як правило, високий урожай її спостерігається при весняних запасах вологи у метровому шарі ґрунту до 200 мм, а на період колосіння — не менше 80 – 100 мм при постійній вологості ґрунту 70 – 80 % НВ. Вологість, більша за 80 % НВ, несприятлива для пшениці, бо погіршується газообмін кореневої системи через нестачу повітря в ґрунті.

Транспіраційний коефіцієнт у пшениці становить 400 – 500, у сприятливі за вологою роки він знижується до 300, у посушливі — підвищується до 600 – 700. Особливо високим він буває у період сходи — початок кушення (800 – 1000), найменшим — наприкінці вегетації (150 – 200). Більш економно витрачають вологу рослини, достатньо забезпечені поживними речовинами.

Протягом вегетації пшениця поглинає вологу нерівномірно. Найбільше вона потрібна рослинам у період трубкування, особливо за 15 днів до виколошування з тривалістю близько 20 днів, коли рослина інтенсивно росте і в неї формуються колоски, квітки. Нестача вологи в цей час зумовлює значне зниження врожаю внаслідок меншої кількості зерен у колосі та меншої маси 1000 зерен. В умовах Степу і південного Лісостепу велике значення має вологість посівного шару на час сівби пшениці. Значні запаси її у ґрунті необхідні з самого початку бубнявіння насіння, яке у м'якої пшениці відбувається при поглинанні 50 – 55 % води від сухої маси насіння, а в твердої — на 5 – 15 % більше. Тому дружні сходи з'являються лише при наявності в посівному шарі 10 – 15 мм продуктивної вологи, а процес кушення — при вологості орного шару 0 – 20 см не менше 20 – 30 мм. При достатньому забезпеченні рослин водою вони нормально кушаться, формують добре розвинену вторинну кореневу систему, стають більш зимоста морозостійкими.

Про високу потребу озимої пшениці у волозі свідчать витрати нею води при формуванні врожаю, які становлять за вегетацію, залежно від зони вирощування, в середньому 2500 – 4000 м<sup>3</sup>/га. Тому нагромадження і збереження ґрунтової вологи для пшениці, особливо в степу, є одним з важливих факторів її високої продуктивності [24].

#### 6.3.1.3 Вимоги до ґрунту.

За даними А. І. Носатовського, коренева система озимої пшениці на родючих ґрунтах здатна проникати на глибину до 2 м. Тому озимій пшениці найбільше відповідають ґрунти з глибоким гумусовим шаром та сприятливими фізичними властивостями, достатніми запасами доступних для неї поживних речовин і вологи з нейтральною реакцією ґрунтового розчину (рН 6 – 7,5).

Коренева система пшениці найкраще розвивається на пухких ґрунтах, об'ємна маса яких становить 1,1 – 1,25 г/см<sup>3</sup>. При об'ємній масі 1,35 – 1,4 г/см<sup>3</sup> ріст коріння пригнічується, а якщо вона перевищує 1,6 г/см<sup>3</sup>, корені не проникають у ґрунт або проникають лише по червоточинах та щілинах.

Надмірна пухкість ґрунту з об'ємною масою менше 1,1 г/см<sup>3</sup> теж несприятлива для формування коріння, бо при наступному осіданні ґрунту можливе обривання коренів (що буває, наприклад, при запізній оранці). На таких ґрунтах багато втрачається води і верхній шар пересихає, що особливо небажано для посушливих районів.

Встановлено, що серед озимих культур озима пшениця — одна з найбільш вибагливих до ґрунтових умов вирощування. Найвища урожайність її спостерігається при вирощуванні на чорноземних ґрунтах, на півдні — також на каштанових і темно-каштанових. Малоприсадибними (особливо для сортів твердої пшениці) є кислі підзолисті та солонцюваті ґрунти, а також ґрунти, схильні до заболочування, торфовища. Проте за відповідної технології і на таких ґрунтах можна вирощувати до 40 ц/га і більше зерна пшениці.

За виносом поживних речовин з ґрунту озима пшениця є азотофільною рослиною: 1 ц зерна виносить у середньому з ґрунту азоту 3,75, фосфору — 1,3, калію — 2,3 кг. На початку вегетації особливо цінними для пшениці є фосфорно-калійні добрива, які сприяють кращому розвитку її кореневої системи і нагромадженню в рослинах цукрів, підвищенню їх морозостійкості. Азотні добрива більш цінні для рослин навесні і влітку — для підсилення росту, формування зерна і збільшення в ньому вмісту білка [25].

#### 6.3.1.4 Вимоги до світла

Озима пшениця належить до рослин довгого світлового дня. Вегетаційний період її, залежно від району вирощування та особливостей сорту, коливається від 240 – 260 до 320 днів.

Для пшениці має значення також інтенсивність освітлення. При затіненні рослин у загущених посівах нижні стеблові міжвузля надміру витягуються, і пшениця вилягає.

#### 6.3.1.5 Районовані сорти

В Україні вирощуються переважно сорти, які належать до виду *м'якої пшениці*. Серед них поширені:

- у степовій та лісостеповій зонах — сорти сильної пшениці: Альбатрос одеський, Донецька 46, Дончанка 3, Красуня одеська, Одеська 162, Одеська 267, Вікторія одеська, Ніконія, Куяльник, Вдала, Писанка, Антонівка, Косовиця, Отоман, Подяка, Бунчук, Заможність, Литанівка, Польовик, Годувальниця одеська, Епоха одеська, Жайвір, Істина одеська, Місія одеська, Служниця одеська, Голубка одеська, Журавка одеська, Княгиня Ольга, Ластівка одеська, Вихованка одеська, Ліра одеська, Федорівка, Херсонська остиста та ін.;

- у лісостеповій — сорти сильної пшениці: Альбатрос одеський, Донецька 46, Київська остиста, Коломак 3, Коломак 5, Одеська 162, Одеська 267, Спартанка, Тіра, Юна та ін.; цінної пшениці: Веселка, Вікторія одеська, Донецька 48, Збруч, Лютесценс 7, Миронівська 61, Миронівська остиста, Одеська 161, Поліська 90, Струмок, Українка одеська, Ювілейна 75 та ін.;

- у поліській зоні — сорти сильної пшениці: Коломак 3, Тіра; цінної пшениці: Ганна, Горбі, Донська напівкарликова, Лютесценс 7, Миронівська 61, Миронівська остиста, Одеська 161, Поліська 90, Українка одеська, Циганка.

Із районуваних сортів *твердої пшениці* поширені — у степовій і лісостеповій зонах Алий парус, Аргонавт, Перлина одеська, Золоте руно, Лагуна, Гардемарин, Бурштин, Континент, Таврида, Крейсер, Лінкор, Босфор, Гавань, Харківська 32.

З метою раціонального використання факторів урожайності у кожному господарстві слід вирощувати 2 – 3 районуваних сорти, які різняться між собою біологічними особливостями та господарськими ознаками [26].

### 6.3.2 Агротехніка вирощування озимої пшениці

Озима пшениця широко вирощується в Україні із застосуванням сучасної інтенсивної технології. Суть останньої полягає в оптимізації умов вирощування пшениці на всіх етапах росту й розвитку рослин. Вона передбачає: розміщення культури після кращих попередників; використання інтенсивних сортів; застосування добрив на заплановану врожайність; роздрібне внесення азотних добрив протягом весни за даними ґрунтової і рослинної діагностики; інтегровану систему захисту рослин від бур'янів, хвороб та шкідників; за потребою застосування регуляторів росту (ретардантів), сівбу із залишенням постійних технологічних колій; дотримання високої професійної та виконавської дисципліни механізаторів при виконанні усіх технологічних операцій; організацію біологічного контролю за станом росту і розвитку рослин на основних етапах органогенезу.

Головною метою інтенсивної технології є максимальна реалізація потенційної продуктивності пшениці шляхом раціональної мобілізації природних та техногенних факторів урожайності.

*Попередники пшениці.* Сучасні високопродуктивні сорти озимої пшениці відзначаються підвищеними вимогами до родючості ґрунту, вмісту вологи в ньому та його чистоти від бур'янів. У зв'язку з цим зростає роль попередників при вирощуванні таких сортів.

Попередники для озимої пшениці підбирають з урахуванням району вирощування, структури посівних площ, реакції сортів на попередник. У посушливих та напівпосушливих південних районах її висівають насамперед після тих попередників, які найменше висушують кореневмісний шар ґрунту і після яких обробітком ґрунту створюються сприятливі умови водозабезпечення сходів; у північних районах достатнього зволоження — після тих, які забезпечують оптимальні строки сівби, сприятливий поживний режим ґрунту і мінімальну його засміченість бур'янами.

За даними наукових досліджень та виробничої практики, кращими попередниками для пшениці в Степу України є чорні і зайняті пари, горох, при зрошенні — люцерна; у Лісостепу — зайняті пари, горох, багаторічні трави на один укіс; на Поліссі — зайняті та сидеральні (люпинові) пари, горох, рання картопля, льон-довгунець. Приріст урожаю зерна пшениці, розміщеної після кращих попередників, досягає 7 – 10 ц/га і більше порівняно з розміщенням її після стерньових попередників.

Цілком задовільними попередниками для озимої пшениці, які широко застосовуватимуться з впровадженням інтенсивної технології її вирощування на всій площі, є кукурудза на силос, ріпак, гречка та деякі стерньові попередники, зокрема озима пшениця, посіяна після чорного пару або багаторічних трав.

Дослідженнями встановлено, що урожай пшениці, близький до високого, можна одержати і після гірших попередників. Проте це завжди пов'язано з додатковими витратами добрив, гербіцидів, засобів захисту рослин від хвороб, шкідників, що значно підвищує собівартість вирощеної продукції.

Сорти високорослі, схильні до вилягання, доцільно висівати після стерньових попередників, кукурудзи [23].

### 6.3.2.1 Обробіток ґрунту

Основною метою обробітку ґрунту у посушливих районах є збереження вологи на час сівби пшениці, що особливо важливо в посушливих районах; у районах достатнього зволоження — боротьба з бур'янами, якісне заробляння післяжнивних решток і добрив, особливо при розміщенні озимої пшениці після кукурудзи, багаторічних трав і внесенні органічних добрив — якісне заробляння післяжнивних решток і добрив; створення достатньо ущільненого орного шару — з щільністю 1,1 – 1,3 г/см<sup>3</sup> та дрібногрудочкуватого посівного шару — з перевагою (не менше 80 %) грудочок діаметром 1–3 см і відсутністю грудочок діаметром більше 4 – 5 см; захист ґрунту від водної і вітрової ерозії.

Залежно від попередника та вологості ґрунту застосовують відвальний або безвідвальний спосіб його обробітку. Коли орний шар містить менше 20 мм продуктивної вологи, що спостерігається в посушливе літо, то після таких попередників, як горох, кукурудза, ефективнішим є безвідвальний (безплужний), або поверхневий, обробіток (дисковими лушильниками, плоскорізами); при достатньому зволоженні ґрунту — до 20 мм в шарі 0 – 20 см та ранньому збиранні попередника, а також на забур'янених площах кращі наслідки дає відвальний обробіток плугами з передплужниками.

При застосуванні відвального (плужного) обробітку його починають з лущення відразу після збирання попередника за принципом «комбайн з поля, плуг в борозну». Встановлено, що запізнення з обробітком стерні на один день рівнозначне втраті 20 – 30 кг/га зерна.

Залежно від забур'янення поля одно- чи багаторічними бур'янами його лущать один або два рази. При наявності однорічних бур'янів і розміщенні пшениці після стерньових попередників, як правило, проводять одне якісне лущення дисковими лушильниками (ЛДГ-10, ЛДГ-15) на глибину 6 – 8 см; якщо за один прохід лушильника ґрунт розроблено погано, застосовують ще один прохід лушильника під кутом чи уперек до першого на ту саму глибину з одночасним коткуванням кільчасто-шпоровими котками ЗККШ-6 або боронуванням зубовими боролами БЗСС-1,0, БЗТС-1,0. Після відростання бур'янів площу орють плугами з передплужниками



(ПЛН-5-35, ПЛП-6-35) в агрегаті з котками на глибину: в Лісостепу 20 – 22 см; на Поліссі, де мілкий орний шар ґрунту, 16 – 18 см; у Степу при нестачі вологи в ґрунті — теж на 16 – 18 см, бо при більш глибокій оранці пересихає орний шар.

На зайнятих парах, ярі рано звільняються від урожаю парозаймаючої культури та забур'янені кореневищними бур'янами (пирієм повзучим, гострецем, хвощем польовим), а також після запирієних стерньових попередників проводять дворазове дискування на глибину залягання кореневищ (10 – 12 см) та оранку з коткуванням після з'явлення «шилець» пирію на глибину до 25 – 27 см. Пирій іноді знищують також вичісуванням (частіше на Поліссі). Ефективне застосування по вегетуючих рослинах гербіцидів: раундапу 3,5 – 4 кг/га, фюзилату 3– 4 кг/га.

При наявності коренепаросткових бур'янів (осоту, березки польової та ін.) поле перший раз дискують на глибину 6 – 8 см, вдруге лушать полицевими луцильниками (ППЛ-10-25) або плоско різами (ОПТ-3-5) при відростанні розеток бур'янів на глибину 10 – 12 см і проводять оранку на глибину 25 – 27 см або на глибину мілкого орного шару. У Степу після стерньових попередників, забур'янених кореневищними бур'янами, на темно-каштанових, солонцюватих ґрунтах важкого механічного складу поверхневий обробіток дисковими луцильниками проводять на глибину 8 – 10 см, а на полях з коренепаростковими бур'янами дискування слід поєднувати з розпушуванням плоскорізами на глибину 20 – 30 см та щільуванням верхнього шару ґрунту, що сприяє підвищенню вологозабезпеченості ґрунту, зменшенню кількості коренепаросткових бур'янів, підвищенню врожайності на 3 – 4 ц/га.

Після збирання багаторічних трав, кукурудзи поле дискують уздовж і впоперек важкими дисковими бородами (БДТ-7 та ін.) або дисковими луцильниками на глибину 10 – 12 см і в основних районах поширення пшениці орють з коткуванням на глибину 25 – 27 см.

Проти коренепаросткових бур'янів у фазі розеток використовують також гербіциди: 2,4ДА — 1,2 кг/га, 2М-4Х — 1,5 кг/га, безорлон — 1,4 кг/га.

Слід звертати увагу на якість обробітку ґрунту: дотримуватися встановленої глибини обробітку (відхилення від загальної глибини не повинні перевищувати  $\pm 1 - 2$  см); обробляти ґрунт при його нормальному зволоженні, коли він добре подрібнюється і в міру ущільнюється; не допускати огріхів під час обробітку.

Оранку під пшеницю закінчують не пізніше як за 3 – 4 тижні до настання оптимальних строків сівби. При запізненні з оранкою ґрунт до початку сівби не встигає достатньо ущільнитись, що створює загрозу розриву кореневої системи пшениці внаслідок його осідання. Про це особливо слід пам'ятати при сівбі після кукурудзи на силос (не запізнюватися з її збиранням і підготовкою ґрунту).

У посушливі роки оранку не застосовують через вивертання великих брил ґрунту. Замість оранки проводять поверхневий обробіток. Застосовують його, як правило, після гороху, люпину, кукурудзи, особливо на полях, чистих від багаторічних бур'янів. Після гороху, люпину він полягає у дво-триразовому дискуванні на глибину 8 – 10 см з наступним коткуванням ґрунту кільчасто-шпоровими котками; після кукурудзи проводять дискування лушпильниками БДТ-5, БДТ-7 на 10 – 12 см з наступною культивацією на глибину 6 – 8 см в агрегаті з кільчасто-шпоровими котками.

У південних степових районах, де має місце вітрова ерозія, застосовують також безплужний обробіток ґрунту. Поле після збирання гороху, парозаймаючих культур, стерньових попередників, кукурудзи обробляють голчастими бородами (БИГ-3А) в агрегаті з культиватором-плоскорізом ОПТ-3-5, а при потребі — з котком ЗККШ-6 на глибину 8 – 12 см. При сівбі пшениці після кукурудзи або багаторічних трав використовують комбіновані агрегати ОПТ-3-5 + БИГ-3А + ЗККШ-6 або АКП-2,5, БДТ-7 + БИГ-3, якими обробляють ґрунт на глибину 8 – 16 см.

Обробіток чорних парів починають восени після збирання попередника із застосуванням системи зяблевого обробітку, який включає дво-трифазне лущення та глибоку оранку плугами з передплужниками здебільшого на глибину до 27 – 30 см.

У Степу з осені поле, як правило, боронують. Таке поле при нестійкому сніговому покриві або у безсніжні зими менше висушується (зменшується поверхня випаровування). Рано навесні зяб боронують. З появою бур'янів приступають до першої культивації з боронуванням на глибину 10 – 12 см, а на парах, забур'янених гірчаком повзучим, на глибину 12 – 14 см. Протягом літа пар підтримують у пухкому та чистому від бур'янів стані, проводячи 2 – 3 культивації з боронуванням з поступовим зменшенням глибини на 1,5 – 2 см.

У вологе літо культивації пару починають з глибини 6 – 8 см з поглибленням на 8 – 10 і 10 – 12 см [1].

Передпосівний обробіток ґрунту спрямований на створення сприятливого структурно-агрегатного складу посівного шару з ущільненням

ложе для розміщення насіння та шару дрібногрудочкуватого ґрунту над ним. Найкраще використовувати для цього культиватори (КПС-4, УСМК-5,4, КПШ-Д та ін.), обладнані стрілочастими лапами. Культивацію проводять одночасно з боронуванням зубовими бородами (БЗТС-1,0, БЗСС-1,0), а при недостатній вологості ґрунту — з коткуванням котками ЗККШ-6. Для кращого вирівнювання поверхні ґрунту і проведення якісної сівби культивації проводять під кутом до оранки на глибину загортання насіння 4 – 6 см. На більш важких ґрунтах замість культиваторів використовують комбіновані ґрунтообробні машини РВК-6, ВІП-5,6 та ін., на легких — обмежуються боронуванням. Сидеральні пари перед сівбою дискують на глибину 5 – 7 см.

### 6.3.2.2 Застосування добрив

Добрива є одним з найефективніших та швидкодіючих факторів підвищення врожайності пшениці і поліпшення якості зерна. Великий позитивний вплив добрив на продуктивність пшениці пояснюється тим, що у ґрунті поживні речовини містяться у важкорозчинній формі, а фізіологічна активність кореневої системи її недостатньо висока. Тому застосування добрив під пшеницю забезпечує досить високі прирости врожаю на всіх ґрунтових відмінах. Особливо добре реагують на внесення добрив короткостеблові сорти пшениці, у яких прирости урожаю за рахунок добрив можуть сягати 10 – 16 ц/га і більше.

На сприятливому удобреному фоні у пшениці формуються добре розвинена коренева система, оптимальна листкова поверхня, яка досягає у фазі кущення 6 – 9 тис. м<sup>2</sup>/га, трубкування — 20 тис., колосіння 40 – 45 тис., молочної стиглості 10 тис. м<sup>2</sup>/га; підвищується морозо- та зимостійкість, знижується транспірація. За рахунок добрив у зерні збільшується вміст білка на 1 – 3 %, сирої клейковини на 3 – 6 % і більше, підвищуються маса 1000 зерен, скловидність.

Під пшеницю вносять, як правило, мінеральні добрива, а органічні — під попередник. Гній або компости рекомендується вносити безпосередньо під пшеницю лише на бідних ґрунтах, вміст гумусу в яких не перевищує 2,2 %, та після стерньових попередників. Середня норма гною на чорноземних ґрунтах становить 20 – 25 т/га, дерново-підзолистих, сірих опідзолених 30 – 35 т/га.

Застосовують гній, як правило, при вирощуванні озимої пшениці по зайнятому або чистому пару. Вносять гній розкидачами РОУ-5, ПРТ-10, ПРТ-16 або роторним розкидачем «Буран»; відразу після внесення приорюють. Затримання з приорюванням гною навіть на 6 год може зменшити його ефективність на 10%. Після стерньових попередників рекомендується висівати як проміжні так звані фітосанітарні культури — ріпак, гірчицю білу на зелене добриво. Кореневі виділення цих рослин і зароблена у ґрунт зелена маса при її розкладанні пригнічують розвиток збудників хвороб і одночасно збагачують ґрунт на органічну речовину. Ці культури при формуванні зеленої маси 80 – 150 ц/га придисковують або приорюють. Перед сівбою проводять культивуацію з боронуванням або дискування на глибину загортання насіння.

Мінеральні добрива найраціональніше вносити на заплановану урожайність. При їх застосуванні особливу увагу звертають на забезпечення пшениці азотними добривами, які треба вносити так, щоб рослини були забезпечені азотом постійно і в достатній кількості протягом вегетації. При нестачі азоту рослини погано кущаться, утворюють щуплий колос з низькою масою 1000 зерен. Надмірне азотне живлення також шкідливе:

викликає сильний ріст рослин восени, і вони втрачають морозо- і зимостійкість; рослини у посівах загущуються, взаємозатінюються від надмірного кущення і знижують продуктивність фотосинтезу, більше уражуються хворобами, урожайність їх знижується, як і при нестачі азоту.

При внесенні мінеральних добрив на заплановану врожайність рослини найбільш раціонально забезпечуються основними елементами живлення.

На малородючих дерново-підзолистих ґрунтах Полісся застосовують найвищі порівняно з іншими зонами норми мінеральних добрив — 90 – 120 кг/га азоту, фосфору і калію з перевагою азоту і калію. Із фосфорних добрив на кислих ґрунтах використовують фосфоритне борошно. На чорноземах Лісостепу вносять по 60 – 90 кг/га мінеральних добрив з перевагою фосфору та азоту, а на солонцюватих ґрунтах обмежуються внесенням азотних і фосфорних добрив, виключаючи калійні.

Норми мінеральних добрив та співвідношення у них азоту, фосфору і калію залежать також від попередників озимої пшениці. При її розміщенні в сівозміні після зернових бобових культур та багаторічних бобових трав застосовують повні мінеральні добрива з підвищеними нормами фосфорних і калійних та зменшеними — азотних; після кукурудзи — з підвищенням норм азоту, наприклад, після картоплі або цукрових буряків — калію.

При застосуванні добрив потрібно враховувати біологічні особливості районованих сортів пшениці. Вищі норми мінеральних добрив, особливо азотних, застосовують при вирощуванні низькорослих сортів, стійких проти вилягання, і менші — при використанні під високорослі сорти, схильні до вилягання.

Ефективність мінеральних добрив залежить від строків сівби пшениці. При ранній сівбі, особливо в умовах достатнього зволоження і теплої осінньої погоди, озиму пшеницю удобрюють лише фосфорно-калійними добривами, завдяки яким рослини не переростають, краще загартовуються, стають більш зимостійкими. Під пшеницю пізніх строків сівби вносять повне мінеральне добриво, яке поліпшує кущення рослин і сприяє швидшому наростанню вегетативної маси із сформованим вузлом кущення, витривалої до перезимівлі.

На ґрунтах з підвищеною кислотністю (рН 5,5 і менше) використовують фізіологічно лужні мінеральні добрива (натрієву або кальцієву селітру, томасшлак, фосфоритне борошно та ін.), на солонцюватих — фізіологічно кислі (сульфат амонію, суперфосфат тощо).

Проте в господарствах не завжди вистачає добрив для того, щоб забезпечити ними рослини при формуванні максимальної продукції. Тому слід керуватися рекомендаціями про застосування норм мінеральних добрив, які експериментально встановлені дослідними установами для одержання достатньо високих урожаїв озимої пшениці, виходячи з конкретних умов вирощування.

Азотні добрива при інтенсивній технології вносять у період вегетації пшениці. Застосовують їх з використанням показників проведених діагностик живлення — ґрунтової, листкової і тканинної, а також на підставі візуальних спостережень за ростом і розвитком рослин.

*Ґрунтова діагностика.* Полягає у визначенні в ґрунті доступних для рослин мінерального азоту (нітратної і аміачної форм), рухомих форм фосфору і легкорозчинного калію. Для цього відбирають буром у 5 – 10 місцях пшеничного поля по діагоналі проби ґрунту, а з них — один змішаний зразок, який в агрохімлабораторії аналізують на вміст основних поживних речовин, а здебільшого азоту.

Зразки слід відбирати рано навесні після розмерзання ґрунту в шарі 0 – 100 см через кожні 20 см (на дерново-підзолистих та опідзолених ґрунтах) або з шару 0 – 60 (до 80) см — на чорноземах. За результатами аналізів встановлюють запаси мінерального азоту в кореневмісному шарі ґрунту і визначають потребу в ньому озимої пшениці.

Доведено, що для одержання 60 ц/га зерна пшениці в кореневмісному шарі треба мати рано навесні 160 кг/га мінерального азоту. Якщо є більше 160 цг/га азоту, то підживлюють навесні азотними добривами лише рідкі посіви пшениці.

*Листкова діагностика.* Здійснюється для проведення другого підживлення пшениці — на IV етапі органогенезу. У фазі кущення або на початку трубкування у суху погоду відбирають для аналізу зразки 20 – 30 рослин по діагоналі поля. Середній зразок має становити 100 г. Визначають у зразках рослин вміст N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O у відсотках. Знаючи оптимальний вміст N, P, K (наведених у табл. 16), встановлюють доцільність підживлення. Якщо виявлено вищий від оптимального вміст NPK, то пшеницю не підживлюють.

*Тканинна діагностика.* Для господарств, які вирощують зерно цінних і сильних пшениць, у 20 – 30 місцях пшеничного масиву по діагоналі зрізують 100 – 120 рослин і з них відбирають середній зразок — 20 продуктивних стебел для аналізу в польовій експрес 197 лабораторії ОАП-1. На кожному стеблі вище другого міжвузля зрізують пластинку товщиною 1,5 – 2 мм і кладуть на предметне скло, на яке поряд із зрізом наносять одну краплю 1 %-го розчину дифеніламіну; другим склом видавлюють сік, який вступає в реакцію з дифеніламіном і забарвлюється у колір тієї або іншої інтенсивності. Порівнюючи одержаний колір з еталонною кольоровою шкалою, встановлюють, якому балу відповідає колір.

*Догляд за посівами.* У період вегетації посіви озимої пшениці пошкоджуються шкідниками — мишоподібними гризунами, клопами-черепашками, хлібною жужелицею, злаковими мухами, попелицею та ін.; уражуються хворобами — сажкою, борошнистою росою, бурою листковою іржею, жовтою та стебловою іржею, септоріозом, фузаріозом, кореневими гнилями; засмічуються багато та однорічними бур'янами. Тому надійний догляд за посівами є важливим резервом підвищення їх продуктивності.

Догляд за посівами озимої пшениці починають восени. При виявленні на посівах 8 – 10 колоній мишей на 1 га їх знищують внесенням у нори по 150 – 200 г (склянку) аміачної води або розкиданням біля колоній принад з фосфідом цинку, витрачаючи його 150 – 400 г/га, чи зернового бактероденциду 1 – 2 кг/га.

З появою жужелиці, підгризаючих совок оприскують посіви інсектицидами: БІ – 58 новим - 1,5 л/га або його аналогами; при появі попелиць, злакових мух проводять обприскування БІ-58 новим - 1,5 л/га, Коннект – 0,4л/га, Протеус – 0,75 л/га, Данадим Мікс – 1,0 л/га.

Посіви уражені борошнистою росою, обприскують фунгицидами: Альто Супер, Фалькон; видами іржі – Альто Супер, Амістар Тріо, Фалькон, Солігор; септоріозом та фузаріозом – Альто Супер, Солігор, Медісон, згідно з нормами приведеними в «Списку дозволених препаратів».

Взимку і напровесні постійно спостерігають за ходом перезимівлі пшениці і при необхідності організують захист її від вимерзання, випрівання тощо.

Навесні посіви пшениці оглядають, визначають стан їх після зимівлі, ступінь зрідженості та приймають рішення щодо доцільності їх залишення для подальшої вегетації. Якщо весна рання, у ґрунті достатньо продуктивної вологи (до 200 мм у шарі 1 м), погода прохолодна (10 – 12 °С), то при наявності на 1 м<sup>2</sup> не менше 150 добре розкущених рослин на Поліссі, 180 в Лісостепу та 200 в Степу, або не менше 250 рослин, які почали нормально кущитись, пшеницю на II – III етапах органогенезу підживлюють невисокими нормами азотних добрив і продовжують догляд за посівами до початку збирання врожаю. Слабкорозвинену пшеницю при густоті близько 200 рослин на 1 м<sup>2</sup> у Лісостепу і на Поліссі підсівають, а в Степу пересівають високоврожайними ярими культурами. При пізньому відновленні вегетації нормально розвинені посіви підживлюють підвищеними нормами азоту і організують старанний догляд. Пшеницю, яка з осені не розкущилася або розкущилася, але вийшла із зими із загиблою вегетативною масою, а також посіви, які навесні виявилися наполовину зрідженими, пересівають незалежно від зволоження ґрунту.

Система догляду за озимою пшеницею, крім азотних підживлень, включає захист рослин від вилягання, бур'янів, хвороб та шкідників. На початку трубкування (IV етап органогенезу) схильні до вилягання сорти пшениці обприскують ретардантом ТУР у дозі 3 – 4 кг/га за діючою речовиною (розчиненим у 200 – 300 л/га води), який гальмує ріст стебла, і рослини стають стійкішими проти вилягання. При ранньому відновленні вегетації пшеницю обробляють ТУРом двічі — наприкінці цвітіння і через 8 – 12 днів від початку трубкування.

Одночасно пшеницю обприскують також проти корневих гнилей та інших хвороб Альто Супер, Солігор.

Для продовження вегетації і фотосинтезу озимої пшениці, збереження верхніх 1 – 2 листків, які в цей період мають вирішальне значення у формуванні та наливанні зерна, від ураження борошнистою росою, бурю листковою іржею та іншими хворобами, шкідниками, пшеницю обробляють вищезазначеними пестицидами [23].

### 6.3.2.3 Збирання урожаю

Збирають озиму пшеницю у фазі воскової стиглості зерна, застосовуючи однофазний (пряме комбайнування) і двофазний (роздільний) способи збирання. Двофазним способом збирають забур'янені посіви, густу високорослу пшеницю, сорти, схильні до обсипання. Починають збирати при досягненні зерном вологості 30 – 32 %.

Скошують пшеницю жатками ЖВП-6А, ЖВН-6А у валки товщиною 12 – 18 см, шириною до 1,8 м при висоті зрізу середньо- і низькорослих сортів 15 – 20 см, високорослих та густих 25 – 30 см. За такої висоти стерні валки швидше просушуються. При двофазному збиранні полеглої забур'яненої пшениці використовують бобові жатки (ЖБА-3,5), бо під час роботи різальних агрегатів зернових жаток втрачається багато зерна. Через 2 – 4 дні підсохлі валки підбирають комбайнами СК-5М «Нива», Дон 1200, Дон 1500 з приставками ПУН-5, ПУН-6 і обладнані підбирачами ППТ-2, ППТ-3А.

Роздільне збирання на півдні проводять протягом 2 – 4 днів, у Лісостепу й на Поліссі — 2 – 4 днів, після чого переходять на пряме комбайнування, яке починають при вологості зерна 18 – 20 %. Для прямого комбайнування залишають чисті, стійкі проти обсипання, неполеглі та зріжені низькорослі посіви пшениці, які досягли повної стиглості. Застосовують його також у дощові жнива.

Комбайни при збиранні старанно регулюють з тим, щоб звести до мінімуму втрати зерна (не більше 1 %), травмованість (насінного зерна не більше 1 %, продовольчого до 2 %).

Важливо стежити за режимом роботи комбайна на збиранні. Наприклад, при обмолоті вологої хлібної маси, коли зерно вимолочується важко і менше травмується, що буває на початку збирання, обмолот проводять при підвищених обертах барабана і меншому зазорі деки; при сухій хлібній масі зерно легко вимолочується і більше травмується, тому обмолот слід проводити при менших обертах і більшому зазорі між декою і барабаном. Збільшують оберти барабана при обмолоті остистих сортів, остюки яких більшою мірою розбиваються і менше забивають деку, що поліпшує обмолот зерна.

Уранці і увечері обмолочують пшеницю при підвищених обертах, удень — при менших. Втрати зерна при збиранні не повинні бути більше 0,5 %, а травмованого зерна може бути не більше 2 %.

Після збирання зерно старанно очищають, при потребі пропускають через сушильні агрегати, доводять вологість його до 14 – 15 % і використовують за призначенням [23].

### 6.3.3 Біоенергетична ефективність вирощування озимої пшениці.

Останнім часом на посівах пшениці, крім ретардантів і препаратів для боротьби з хворобами і шкідниками, часто застосовують гербіциди. Крім того, в результаті добору стійких до хвороб сортів як Княгиня Ольга, Ластівка одеська, Вихованка одеська, різко зменшилося застосування пестицидів, що дозволяє отримати екологічно чисту продукцію. В Україні деякі фермери не завжди проводять хімічну обробку посівів проти хвороб та шкідників, але кількість таких значно зменшується, так як всі розуміють, що без належного захисту посівів від хвороб та шкідників неможливо отримати високі врожаї цієї цінної продовольчої культури. Ці заходи слід здійснювати відповідно до прогнозів, коли біологічні, агротехнічні, агробіологічні та інші заходи виявляються неефективними [23].

### 6.3.4 Сучасний стан моделювання продукційного процесу озимої пшениці в умовах зміни клімату

Розгляду змін клімату та їх впливу на сільськогосподарське виробництво присвячено достатню кількість вітчизняних і зарубіжних публікацій [27 - 34]. Для прийняття правильних стратегічних рішень при веденні агровиробництва необхідно не тільки враховувати поточні погодні умови і клімат, що сформувалися на території України в поточний момент, а й загальні тенденції їх зміни. Згідно з прогнозами, заснованим на різних моделях, до кінця XXI століття середньосвітова температура повітря підвищиться на 2,5-5° С. Очікується, що температура буде підвищуватися з найбільшою швидкістю в середині XXI століття, коли чисельність населення планети досягне максимуму. У масштабах планети фахівці прогнозують особливо відчутні кліматичні зміни в полярних і приполярних регіонах, а також у тропічних і субтропічних пустелях.[29,30,31].

На думку Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК), країни Східної Європи менш уразливі по відношенню до глобальної зміни клімату, ніж, наприклад, острівні або високогірні держави. Тим не менш істотні зміни в температурному режимі і кількості опадів, а також стихійні лиха останніх десятиліть у Східній Європі свідчать про те, що проблема актуальна і для європейського регіону. оскільки наслідки зміни клімату



позначаються, головним чином, на сільському, водному і лісовому господарстві, найбільш вразливою по відношенню до зміни клімату у Східній Європі вважається Молдова, так як основу економіки цієї країни складає сільське господарство [29].

Клімат суттєво впливає на формування врожаю сільськогосподарських культур. Він значною мірою визначає середній рівень врожайності, її міжрічну мінливість і просторову структуру національного та світового сільськогосподарського виробництва. Як вплинуть зміни клімату і збільшення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері на сільське господарство? Існує безліч версій: прискориться розвиток рослин, зміняться врожайність і стабільність виробництва продуктів харчування, розширяться (скоротяться) посівні площі, зміняться набір сільськогосподарських культур і спеціалізація сільського господарства, трансформується агротехніка, зміниться ефективність внесення органічних та мінеральних добрив.

У зв'язку з цим спостерігається відродження інтересу до моделювання формування врожаїв залежно від погодних умов та інших змін, і, використовуючи ці моделі для прогнозування можливих наслідків кліматичних змін на врожайність сільськогосподарських культур (Chen та ін 2004; Schlenker та ін 2005; McCarl, Villavicencio і By 2008; Schlenker і Робертс 2009 ; Lobell, Schlenker і Коста - Робертс 2011; Фішер та ін . 2012; [27]. Особливо важливим на даному етапі розвитку наукових знань є застосування для оцінки впливу кліматичних змін на продукційний процес сільськогосподарських рослин методів математичного моделювання, яке називають динамічним. Вони дають змогу найбільш повно урахувати причинно-наслідковий зв'язок між погодними умовами (кліматичними змінами) та продуктивністю сільськогосподарських культур.

Сутність динамічного підходу в тому, що формування врожаю розглядається як процес, що розвивається у часі, для опису якого використовується відповідний математичний апарат - диференціальні рівняння, що імітують поведінку рослин в системі « атмосфера - ґрунт-рослина».

Комп'ютерне моделювання росту рослин і врожайності почалося в 1970-х роках. Найбільш ранні моделі, що описують залежність основних фізіологічних процесів: фотосинтез , кліматичні умови (Дмитренко, 1973; Польовий, 1978; Сиротенко, 1978). Пізніші моделі були розроблені для оцінки врожайності залежно від фотосинтетично активного поглинання радіації і температури, за умови, що інші фактори, вода і поживні речовини, були оптимальні.

Такі моделі, наприклад, Abranyi (1978 ) і Ходжес і Kanemasu (1977), описувані виробничий потенціал біомаси в певному місці. Звичайно, водопостачання і транспірація також отримали значний вплив на формування фактичного врожаю. Перша імітаційна модель, яка розглядала питання про накопичення біомаси озимої пшениці була розроблена Рікманом та ін (1975).

У цій моделі сім щоденних змінних середовища (вода - ґрунт, ґрунт і мінеральне живлення, сонячна радіація, температура ґрунту, температура повітря, напрям вітру і відносна вологість) були головними. Подальший розвиток моделювання впливу факторів зовнішнього середовища на рослини пшениці відбулося в другій половині 1970 -х років (Morgan, 1976 ; Гохман, 1979).

Кілька моделей були розроблені до 1980, які можуть імітувати розвиток озимої пшениці (Porter та ін, 1983;. Stapper, 1984; Вейр та ін, 1984;. Річі та Видра, 1984; Маттеус та ін, 1986;. Spitters і ін, 1989). Ці моделі вимагали великих обчислювальних споруд і обширних даних, щоб перевірити їх.

Дуже важливим у математичному моделюванні продукційного процесу сільськогосподарських культур, зокрема озимої пшениці, є визначення параметрів моделі. Моделі, згадані вище, використовують різні оптимальні функції. У багатьох випадках вони відносяться тільки до конкретних фенологічних фаз наприклад, всходів. За даними більшості авторів оптимальна температура для розвитку озимої пшениці становить близько 15-25 ° С (Хаббард і Hanks, 1983). Сонячна радіація є оптимальною близько 15-25 МДж/день-( Davidson і Філіп, 1958 ) і оптимальне значення вологості ґрунту 65 % від найменшої вологості ґрунту (Польовий, 1983).

За Клагесом (1930 , 1934) оптимальні значення основних екологічних елементів приблизно рівні в кліматологічних середніх, протягом вегетаційного сезону. У своїх дослідженнях він зазначав, що ці оптимальні значення постійно змінюються протягом вегетації рослин. Ця модель також використовує свої припущення про те, що оптимальне значення змінних середовища можуть бути замінені кліматологічними середніми [28].

На сьогодні саме динамічні моделі продуктивності найбільш поширені і використовуються для прогнозів врожаю. В основі моделі прогнозу середньої обласної врожайності сільськогосподарських культур лежить система рівнянь радіаційного, теплового, водного балансів і балансу біомаси в рослинному покриві системи «середовище - рослина». Система «середовище - рослина» розглядається як складна динамічна система, що розвивається під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів, в якій виділяються процеси росту, розвитку та формування продуктивності рослин. Модель описує основні процеси життєдіяльності рослин (фотосинтез, дихання, ріст, розподіл асимілятів) і враховує вплив метеорологічних факторів на продуктивність посівів.

Модифікація моделі стосовно до території України містить детальний облік впливу несприятливих погодних умов на врожай, і дозволяє оцінити можливе його зниження внаслідок засухи, суховіїв, перезволоження.

У глобальному відношенні для вдосконалення моделей врожаю необхідні спільні зусилля країн. 8 найбільших експортерів пшениці (США, Канада, ЄС, Австралія, Росія, Казахстан, Україна, Аргентина), на які

припадає близько 50% світового виробництва і більше 80% світового експорту пшениці, знаходяться в регіонах з мінливим кліматом. Будь-які екстремальні явища в одній з цих країн ставлять під загрозу створення світових запасів продовольства [32].

#### 6.3.5 Оцінка продукційного процесу озимої пшениці в умовах зміни клімату

Зернові культури - найважливіша група сільськогосподарських рослин, що дають зерно, основний продукт харчування людини, сировину для багатьох галузей промисловості та корми для сільськогосподарських тварин. Урожайність їх залежить від технології вирощування, клімату, сортів та інших факторів.

Для сільськогосподарських культур на фоні зміни кліматичних умов за розрахунковий період нами розглядалися такі варіанти:

- Базовий період (1986-2005pp)
- кліматичні умови двох розрахункових періодів за сценарієм A2: період 2011-2030pp та період 2031-2050 pp;
- кліматичні умови періодів 2011-2030 pp та 2031-2050 pp сценарію A2 при збільшенні CO<sub>2</sub> в атмосфері на 30%.
- кліматичні умови двох розрахункових періодів за сценарієм A1B: період 2011-2030pp та період 2031-2050 pp;
- кліматичні умови періодів 2011-2030 pp та 2031-2050 pp сценарію A1B при збільшенні CO<sub>2</sub> в атмосфері на 30%.

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені доктором географічних наук, професором Польовим А.М. моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур:

- модель формування продуктивності агроєкосистеми [33];
- результати розробки моделі фотосинтезу зеленого листка рослин при зміні концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері [34].

Розрахунки проводилися для природно-кліматичних зон України: Полісся, Лісостеп, Степ.

Слід підкреслити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності озимої пшениці розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

### 6.3.6 Порівняльна характеристика агрокліматичних умов весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці за сценарієм А2

В ході роботи нами була проведена порівняльна характеристика агрокліматичних умов вегетаційного періоду озимої пшениці. У якості базового періоду був взятий період 1986-2005 рр., з яким проводилося порівняння отриманих нами результатів розрахунків. Результати розрахунків агрокліматичних умов за період 2011 – 2030 рр представлені у таблиці 6.21.

Дата відновлення вегетації озимої пшениці спостерігається за середніми багаторічними значеннями у Степу України наприкінці другої декади березня, а на території Лісостепу та Полісся – у третій декаді березня.

Згідно з проведеними розрахунками на території Полісся дата відновлення вегетації може спостерігатися на 3 дні раніше, ніж за середніми багаторічними даними (23 березня), тривалість весняно-літнього періоду при цьому збільшиться на 4 дні, і дату воскової стиглості слід очікувати у середині другої декади липня. При цьому очікується збільшення суми опадів майже на 30% з 248 мм у базовий період до 319 мм у розрахунковому періоді. Як слід, збільшиться і вологозабезпеченість з 57 % у базовий період до 65% у сценарний.

На заході Лісостепу очікувана дата відновлення вегетації може спостерігатися на 6 днів раніше ніж за середніми багаторічними спостереженнями – 22 березня. При цьому збільшиться тривалість всього періоду весняно-літньої вегетації на 11 днів - з 105 днів до 116. Кількість опадів також підвищиться на 27 % до 285 мм за весняно-літній період вегетації, відповідно збільшиться і вологозабезпеченість з 62 % до 67 %.

У східному Лісостепу тривалість періоду вегетації озимої пшениці влітку збільшиться на 2 дні, з 111 днів до 113. Відновлення вегетації у розрахунковий період можна очікувати 26 березня, що на 2 дні пізніше, ніж у середньому багаторічному. Сума опадів у цій зоні за період вегетації озимої пшениці збільшиться на 84 мм, а вологозабезпеченість більше чим на 10 % з 51 % у базовий період до 62 % у період 2011-2030рр.

За проведеними розрахунками у період з 2011-2030рр на території Степу вона зсунеться у бік зими на 2 дні і можна буде її очікувати 17 березня, а тривалість весняно-літнього періоду майже не зміниться – при 100 днях за середніми багаторічними даними вона збільшиться на один день. Проте слід очікувати збільшення на 13 % кількості опадів – до 231мм у весняно-літній період, порівняно з 205 мм у базовий період. На фоні незначного збільшення кількості опадів також незначно зміниться і вологозабезпеченість вегетаційного періоду озимої пшениці: з 45 % за період 1986-2005рр до 51 % у розрахунковий період.

У таблиці 6.22 наведена порівняльна характеристика агро кліматичних умов прогностичного періоду 2031-2050рр.

Таблиця 6.21 Порівняльна оцінка агрокліматичних умов вегетаційного періоду озимої пшениці за сценарієм А2 (розрахунковий період 2011-2030 pp)

Період	Дата відновлення вегетації	Дата воскової стиглості	Тривалість періоду вегетації, дні	Сума опадів		Сумарне випаровування, мм	Випаровування, мм	Вологозабезпеченість, %
				Сума опадів, мм	У відсотках від кліматичної норми			
	Полісся							
1986-2005	26.03	14.07	111	248	100	229	402	57
2011-2030	23.03	15.07	115	319	129	264	409	65
різниця	-3	+1	+ 4	+ 71	+ 29	+ 35	+ 7	+ 8
	Лісостеп (західний)							
1986-2005	28.03	10.07	105	225	100	244	393	62
2011-2030	22.03	15.07	116	285	127	272	408	67
Різниця	- 6	+ 5	+ 11	+ 60	+ 27	+ 28	+ 15	+ 5
	Лісостеп (східний)							
1986-2005	24.03	12.07	111	227	100	207	409	51
2011-2030	26.03	16.07	113	311	137	251	404	62
Різниця	-2	+ 2	+ 2	+ 84	+ 37	+ 44	-5	+ 11
	Степ							
1986-2005	19.03	7.07	100	205	100	184	406	45
2011-2030	17.03	6.07	101	231	113	208	406	51
Різниця	-2	- 2	+ 1	+26	+ 13	+ 24	0	+ 6

Таблиця 6.22 Порівняльна оцінка агрокліматичних умов вегетаційного періоду озимої пшениці за сценарієм А2 (розрахунковий період 2031-2050 рр)

Період	Дата відновлення вегетації	Дата воскової стиглості	Тривалість періоду вегетації, дні	Сума опадів		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, %
				Сума опадів, мм	У відсотках від кліматичної норми			
	Полісся							
1986-2005	26.03	14.07	111	248	100	229	402	57
2031-2050	21.03	12.07	105	297	120	261	402	65
різниця	-5	-2	-6	+12	+20	+11	0	+8
	Лісостеп (західний)							
1986-2005	28.03	10.07	105	225	100	244	393	62
2031-2050	21.03	12.07	114	286	115	289	427	68
різниця	-7	+2	+9	+13	+15	+12	+34	+6
	Лісостеп (східний)							
1986-2005	24.03	12.07	111	227	100	207	409	51
2031-2050	1.04	15.07	106	283	126	239	406	59
різниця	+ 6	+3	-5	+12	+26	+12	-3	+8
	Степ							
1986-2005	19.03	7.07	100	205	100	184	406	45
2031-2050	21.03	16.07	118	239	117	207	421	49
різниця	+2	+ 11	+ 18	+12	+17	+ 11	+15	+4

Як можна бачити, на території Полісся можна очікувати більш раннє настання відновлення вегетації озимої пшениці на 5 днів у порівнянні з базовим періодом (21березня). Настання повної стиглості також можна очікувати на 2 дня раніше, таким чином весь період весняно-літнього періоду вегетації може скоротитися на 6 днів і становитиме 105 днів проти базового - 111днів. При цьому можна очікувати збільшення суми опадів за цей період вегетації до 297 мм, що становить 120% від базового рівня. Таким чином, вологозабезпеченість періоду збільшиться майже на 10 % і може становити 65 %.

На території західного Лісостепу у розрахунковий період 2031-2050 рр навпаки, можна очікувати збільшення періоду вегетації озимої пшениці за умов реалізації кліматичного сценарію А2 на 9 днів – до 114 днів. При цьому також слід очікувати збільшення кількості опадів до 286 мм у порівнянні з базовим – 225 мм, що на 12 % більше. За рахунок випадіння більшої кількості опадів збільшиться і вологозабезпеченість весняно – літнього періоду вегетації озимої пшениці на території західного Лісостепу.

Відновлення вегетації озимої пшениці на території східного Лісостепу за розрахунковий період може наступати пізніше на 6 днів у порівнянні з базовим періодом – 1 квітня. А повна стиглість – пізніше на 5 днів – 15 липня. Таким чином слід очікувати зменшення періоду вегетації озимої пшениці до 106 днів. Сума опадів також дещо підвищиться, за рахунок чого збільшиться і вологозабезпеченість періоду вегетації – до 59%.

На території Степу у розрахунковий період 2031-2050 рр за умов реалізації сценарію А2 слід очікувати початок відновлення вегетації озимих культур у третій декаді березня, а настання фази повної стиглості у другій декаді липня. Таким чином, тривалість весняно-літнього періоду становитиме 118 днів. За умов реалізації сценарію А2 на території Степу, так і як на всій території України, очікується збільшення кількості опадів до 239 мм (117% від середнього багаторічного), що приведе до покращення умов вологозабезпеченості (табл. 6.22).

### 6.3.7 Порівняльна характеристика продуктивності озимої пшениці в умовах зміни клімату за сценарієм А2

За допомогою динамічної моделі формування продуктивності сільськогосподарських культур нами була проведена оцінка продуктивності озимої пшениці на території України. Була отримана кількісна характеристика таких показників фотосинтетичної продуктивності як площа листя, максимальний приріст біомаси, загальна біомаса рослин на м<sup>2</sup>, розрахована чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), фотосинтетичний потенціал (ФСП) рослин за вегетаційний період, урожай культури у ц/га.

Розрахунки перелічених показників проводилися у п'яти варіантах: базовий 1986-2005pp; розрахунковий кліматичний за сценарієм A2 для періоду 2011-2030pp; розрахунковий кліматичний за сценарієм A2 для періоду 2011-2030pp при підвищенні концентрації CO<sub>2</sub> на 30%, розрахунковий кліматичний за сценарієм A2 для періоду 2031-2050pp; розрахунковий кліматичний за сценарієм A2 для періоду 2031-2050pp при підвищенні концентрації CO<sub>2</sub> на 30%. Результати розрахунків представлені у таблицях 6.23 для розрахункового періоду 2011-2030 pp та 6.24 для періоду 2031-2050 pp.

Як бачимо, для розрахункового періоду 2011-2030 pp, для всієї території України спостерігається збільшення показників продуктивності, але найбільші темпи приростів спостерігатимуться на території Степу.

У Поліссі площа листя у період максимального розвитку у базовий період становить 2.3 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, при очікуваних змінах клімату за розрахунковим сценарієм вона має збільшуватися до 2.9 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, а в разі збільшення концентрації CO<sub>2</sub> на 30% від сучасного рівня вона має становити 3.2 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. При цьому чиста продуктивність фотосинтезу також збільшується з 65 г/м<sup>2</sup> до 69 г/м<sup>2</sup>, відповідно збільшується і фотосинтетичний потенціал з 131 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> до 179 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Максимальний приріст біомаси за декаду зміниться з 136 г/м<sup>2</sup> до 201 г/м<sup>2</sup>. При середньому рівні урожаїв озимої пшениці у Поліссі 31 ц/га, слід очікувати його збільшення за умов реалізації сценарію. A2 на 116%, а в разі збільшення концентрації CO<sub>2</sub> на 30% він може збільшитися майже на 132 % (табл. 6.23). Динаміка основних показників фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці у Поліссі представлена на рис. 6.20, 6.21, 6.22, 6.23.

Близько 90 % загальної біомаси рослинного організму припадає на частку органічної речовини, утвореної в процесі фотосинтезу. Тому зміна сухої маси рослин може служити об'єктивним показником їх асиміляційної діяльності. Приріст сухої біомаси в грамах за певний проміжок часу, віднесений до одиниці листової поверхні, називають чистою ПФ )

На території Лісостепу ЧПФ також поступово збільшується. Можна спостерігати, що у східному Лісостепу це збільшення відбувається більш інтенсивно, що, в кінцевому рахунку, викликає і підвищення рівня врожаїв.

Так, на території західного Лісостепу врожаї з середнього багаторічного рівня у 33 ц/га збільшаться на 127%, а при збільшенні концентрації CO<sub>2</sub> на 145 ц/га. При цьому має спостерігатися збільшення площі листя з 2.9 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> до 3.6 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (рис.6.24). Чиста продуктивність фотосинтезу залишається майже на тому самому рівні (70-71 г/м<sup>2</sup>). Загальна біомаса рослин на кінець вегетації становитиме 1019 г/м<sup>2</sup>. Динаміка основних показників продуктивності озимої пшениці на території західного Лісостепу за умов реалізації сценарію A2 представлена на рис.6.24,6.25, 6.26, 6.27.



Таблиця 6.23 Порівняльна характеристика продуктивності озимої пшениці за сценарієм А2 (розрахунковий період 2011-2030 рр )

Період	Варіант	В період максимального розвитку		Фотосинтетичний потенціал за вегетаційний період, $\text{м}^2/\text{м}^2$	Максимальний приріст біомаси рослин $\Delta m \text{ г}/\text{м}^2$	Біомаса рослин $M, \text{ г}/\text{м}^2$	Урожай $Y, \text{ ц}/\text{га}$
		Площа листя $L_{\text{max}}, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Чиста продуктивність фотосинтезу, $\text{ЧПФ}_{\text{max}}, \text{ г}/\text{м}^2$				
Полісся							
1986-2005	Базовий	2.3	65	131	136	596	100
2011-2030	Клімат	2.9	68	166	176	793	116
2011-2030(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	3.2	69	179	201	896	132
Лісостеп (західний)							
1986-2005	Базовий	2.9	70	157	181	769	100
2011-2030	Клімат	3.2	70	190	204	903	124
2011-2030(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	3.6	71	209	230	1019	142
Лісостеп (східний)							
1986-2005	Базовий	2.4	67	131	139	600	100
2011-2030	Клімат	3.8	80	202	250	1073	172
2011-2030(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	4.2	82	223	284	1211	196
Степ							
1986-2005	Базовий	2.5	82	137	160	650	100
2011-2030	Клімат	3.8	83	203	269	1080	165
2011-2030(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	4.2	87	224	305	1220	187

Таблиця 6.24 Порівняльна характеристика продуктивності озимої пшениці за сценарієм А2 (розрахунковий період 2031-2050 pp )

Період	Варіант	В період максимального розвитку		Фотосинтетичний потенціал за вегетаційний період, $\text{м}^2/\text{м}^2$	Максимальний приріст біомаси рослин $\Delta m \text{ г}/\text{м}^2$	Біо маса рослин $M, \text{ г}/\text{м}^2$	Урожай $Y, \text{ ц}/\text{га}$
		Площа листя $L_{\text{max}}, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Чиста продуктивність фотосинтезу, $\text{ЧПФ}_{\text{max}}, \text{ г}/\text{м}^2$				
Полісся							
1986-2005	Базовий	2.3	65	131	136	596	100
2031-2050	Клімат	4.3	72	225	303	1300	196
2031-2050(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	4.8	132	248	541	1500	222
Лісостеп (західний)							
1986-2005	Базовий	2.9	70	157	181	769	100
2031-2050	Клімат	3.2	78	197	204	910	127
2031-2050(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	3.5	85	216	231	1020	145
Лісостеп (східний)							
1986-2005	Базовий	2.4	67	131	139	600	100
2031-2050	Клімат	3.3	78	185	228	1055	155
2031-2050(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	3.7	91	203	256	1067	179
Степ							
1986-2005	Базовий	2.5	82	137	160	650	100
2031-2050	Клімат	3.1	59	176	175	850	126
2031-2050(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	3.5	74	193	232	960	148

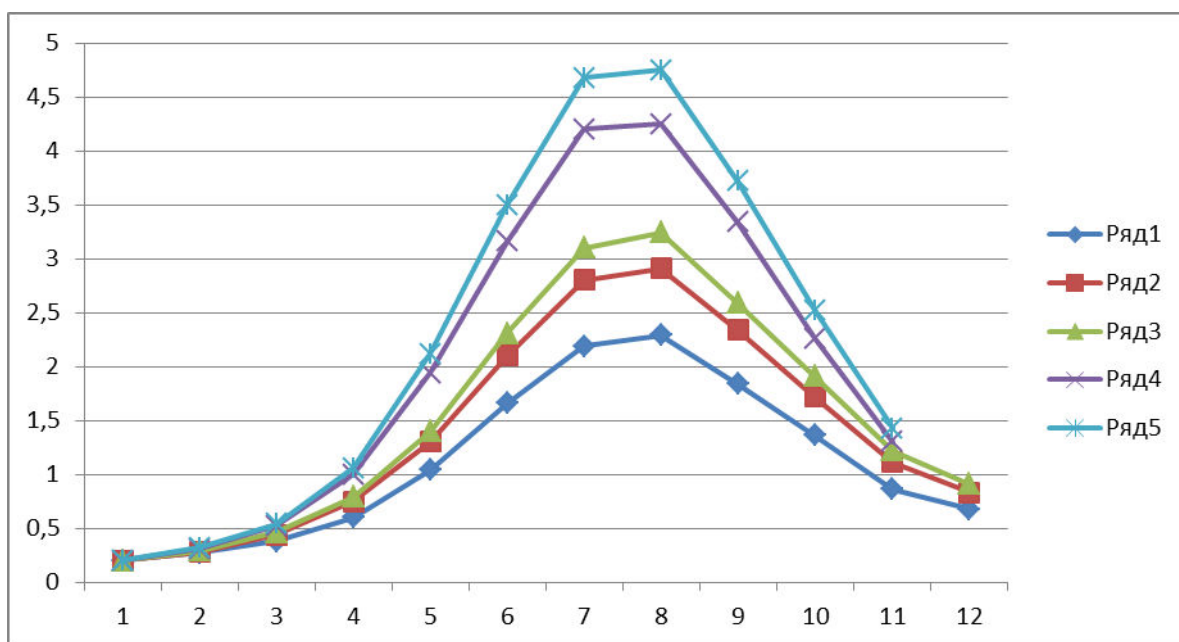


Рисунок 6.20 Динаміка площі листя озимої пшениці у Поліссі: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp) ; 3 – кліматичний сценарій A2 + CO<sub>2</sub> (період 2011-2030 pp); 4 - кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp); 5 - кліматичний сценарій A2 + CO<sub>2</sub> (період 2031-2050 pp).

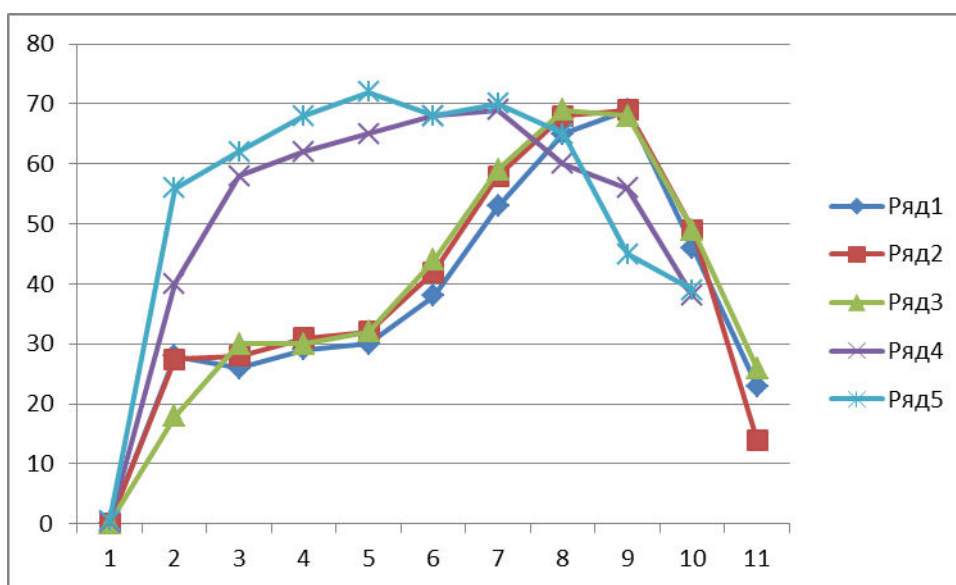


Рисунок 6.21 Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) у Поліссі: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp); 3 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>

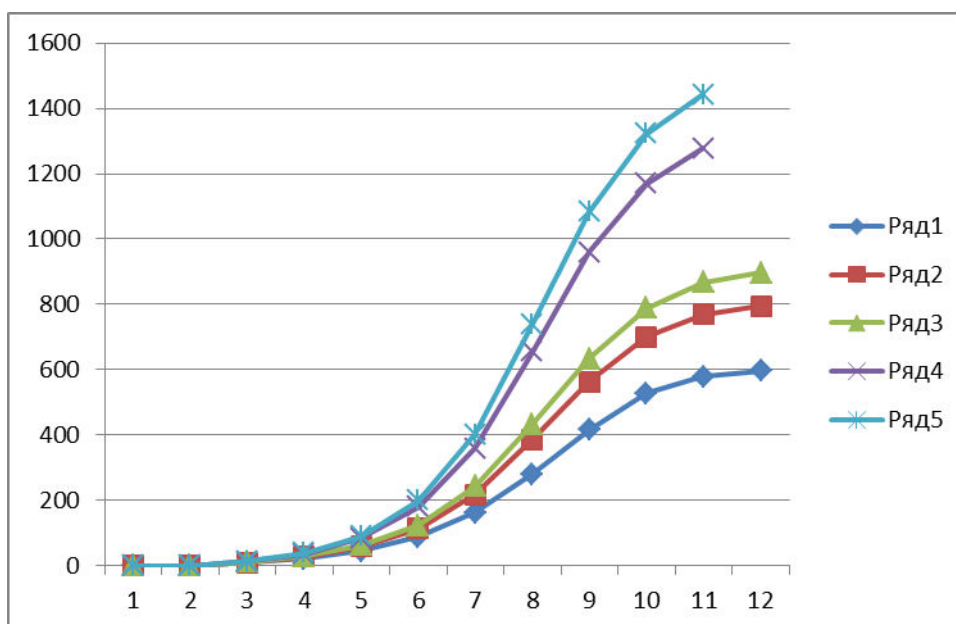


Рисунок 6.22 Динаміка загальної біомаси рослин у Поліссі: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій А2 (період 2011 – 2031 pp) ; 3 – кліматичний сценарій А2+ CO<sub>2</sub> (період 2011 – 2031 pp); 4 - кліматичний сценарій А2 (період 2031 – 2050 pp); 5 – кліматичний сценарій А2+ CO<sub>2</sub> (період 2031 – 2050 pp); 4

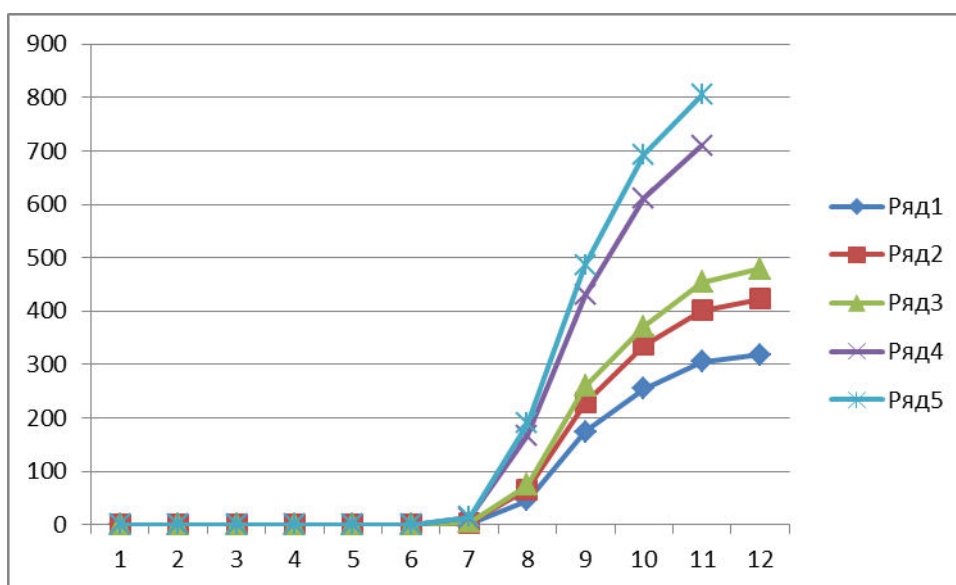


Рисунок 6.23 Динаміка біомаси колоса у Поліссі: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій А2 (період 2011-2031 pp); 3 – кліматичний сценарій А2 (період 2011-2030 pp)+ CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій А2 (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій А2 (період 2031-2050 pp)+ CO<sub>2</sub>.

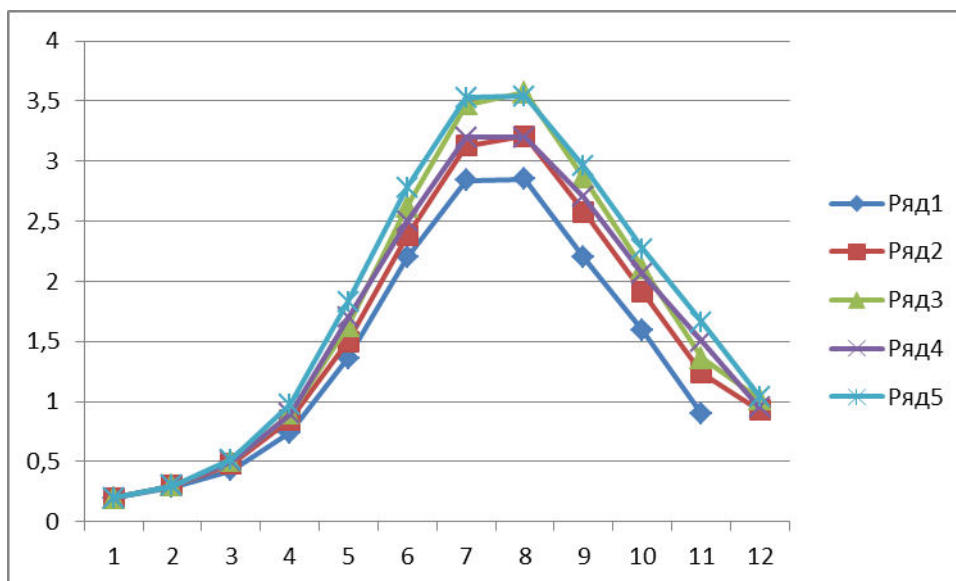


Рисунок 6.24 Динаміка площі листя у західному Лісостепу: 1- базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011 – 2031 pp);; 3 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A2 (період 2031 – 2051 pp);; 5– кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

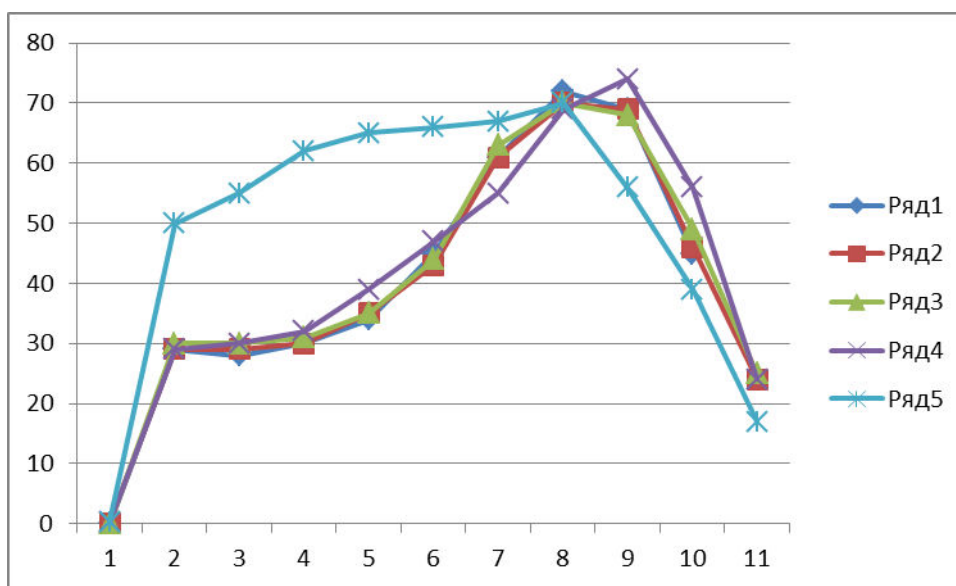


Рисунок 6.25 Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) у західному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 ( період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A2 ( період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

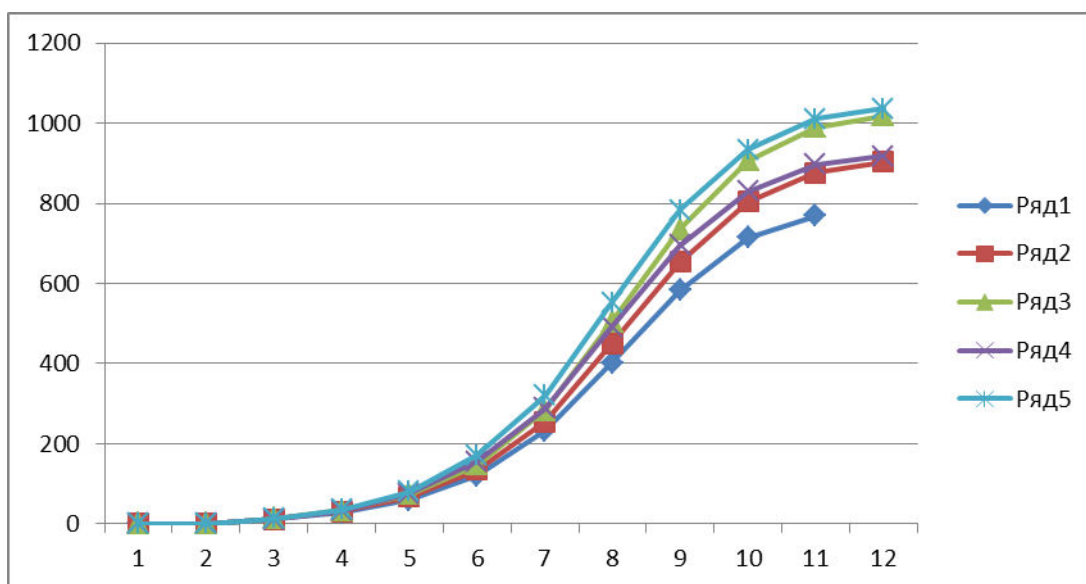


Рисунок 6.26 Динаміка загальної біомаси рослин у західному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp)+ CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp)+ CO<sub>2</sub>.

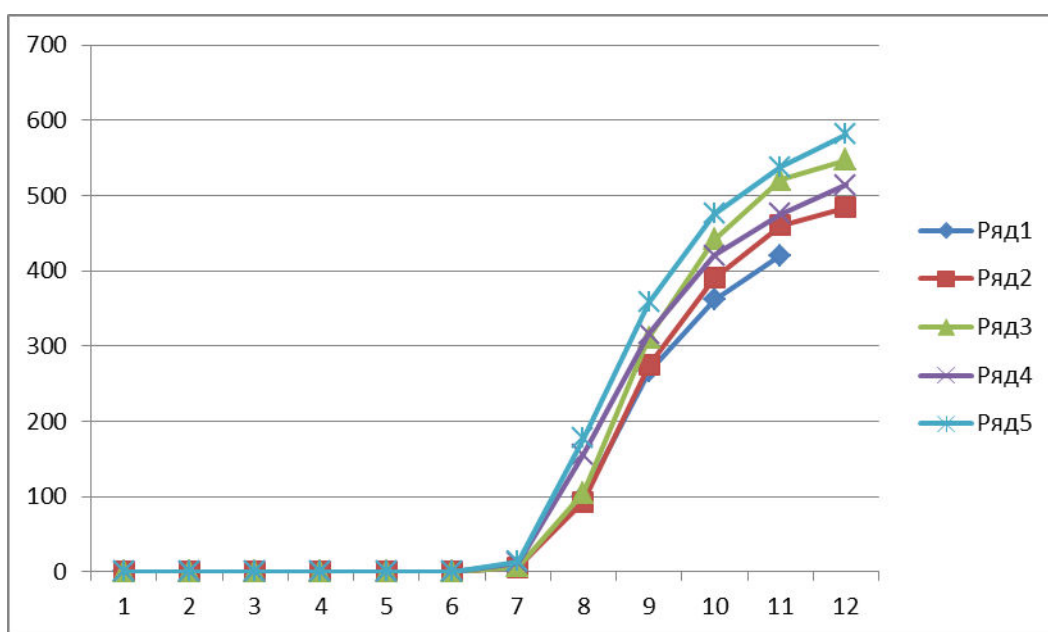


Рисунок 6.27 Динаміка біомаси колоса у західному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011 – 2030 pp); 3 – кліматичний сценарій + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A2 (період 2031 – 2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A2 (період 2031 – 2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

На території східного Лісостепу також буде відбуватися збільшення фотосинтетичного апарату рослин. Так, площа листя збільшиться з  $2.4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період до  $3.8 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у розрахунковий, а при збільшенні концентрації  $\text{CO}_2$  вона може становитиме  $4.2 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (табл. 6.23). ЧПФ також відповідно збільшиться, з  $67 \text{ г}/\text{м}^2$  до  $80 \text{ г}/\text{м}^2$  у період 2011-2030рр. При цьому фотосинтетичний потенціал за період вегетації відповідно становитиме  $131 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період та  $202 \text{ м}^2/\text{м}^2$  за кліматичним сценарієм. Максимальний приріст біомаси збільшиться з  $600 \text{ г}/\text{м}^2$  за середніми багаторічними даними до  $1073 \text{ г}/\text{м}^2$  у сценарний період 2011-2030рр, та може становитиме  $1211 \text{ г}/\text{м}^2$  при збільшенні концентрації  $\text{CO}_2$  на 30%. При цьому також закономірно слід очікувати підвищення врожаїв озимої пшениці з 29 ц/га за середніми багаторічними значеннями на 155% у сценарний період та на 179% у разі підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30%. На рисунках 6.28, 6.29, 6.30, 6.31 представлена динаміка площі листя, чистої продуктивності фотосинтезу та загальної біомаси рослин та маси колосу за період вегетації озимої пшениці на території східного Лісостепу у розрахункові періоди 2011-2030 рр та 2031 – 2050 рр за умов реалізації сценарію зміни клімату А2.

На території Степу очікується збільшення площі листя з  $2.5 \text{ м}^2/\text{м}^2$  до  $3.8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а у разі підвищення концентрації вуглекислого газу на 30 % до  $4.2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . (табл. 6.23). ЧПФ також збільшиться з  $82 \text{ г}/\text{м}^2$  у базовому періоді до  $87 \text{ г}/\text{м}^2$ . Відповідно збільшується і урожай з 31 ц/га у базовому періоді на 148% у сценарному періоді при умові підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30%. Якщо рівень концентрації  $\text{CO}_2$  не зміниться можна очікувати збільшення урожаїв на 126 % . На рисунках 6.32, 6.33, 6.34, 6.35 представлені динаміка площі листя, ЧПФ, динаміка біомаси рослин та біомаси колоса за весняно-літній період вегетації озимої пшениці на території Степу.

У розрахунковий період 2031-2050 рр за умов реалізації сценарію зміни клімату А2, також як і у розрахунковий період 2011-2030 рр, на всій території України можна сподіватися на підвищення рівня врожаїв озимої пшениці (табл. 6.24).

На території Полісся можна очікувати підвищення врожаїв озимої пшениці майже у два рази (196 %), а за умов підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30% можна очікувати подальше підвищення рівня врожаїв до 145% від базового рівня. При цьому показники продуктивності озимої пшениці можна очікувати на наступному рівні.

За умов реалізації зміни клімату за сценарієм А2 площа листя озимої пшениці у період максимального розвитку може становити  $4.3 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (рис. 6.20). При цьому чиста продуктивність фотосинтезу ( $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$ ) у період максимального розвитку може скласти  $72 \text{ г}/\text{м}^2$ , фотосинтетичний потенціал за вегетаційний період (ЧСП) -  $225 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальний приріст біомаси рослин озимої пшениці становитиме  $303 \text{ г}/\text{м}^2$ , а загальна біомаса рослин на кінець вегетаційного періоду -  $1300 \text{ г}/\text{м}^2$  (рис. 6.22).

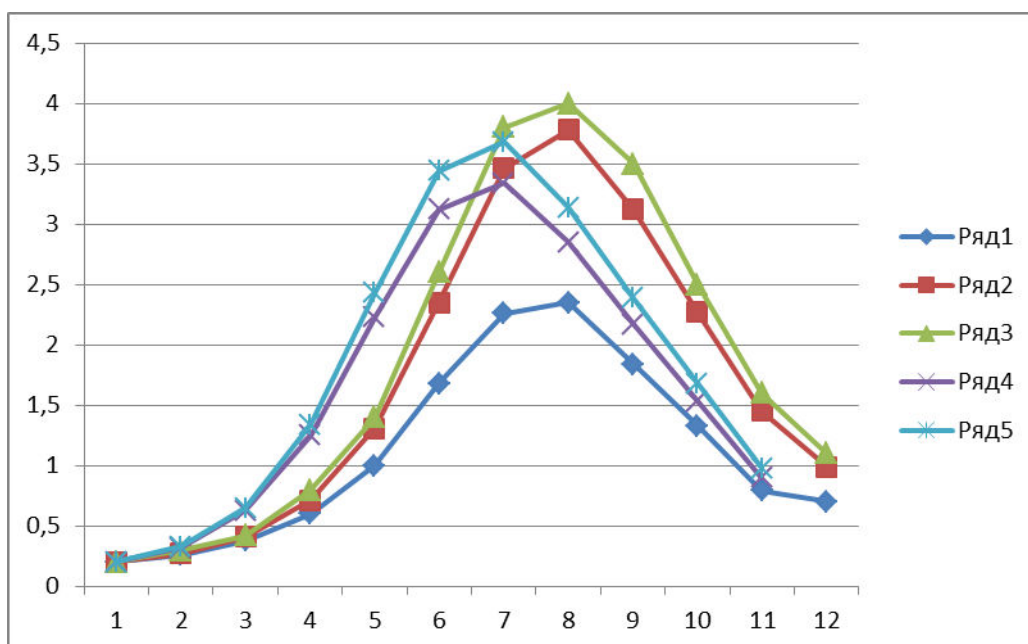


Рисунок 6.28 Динаміка площі листя у східному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій А2 ( період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій А2 (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій А2 ( період 2031-2050 pp); 3 – кліматичний сценарій А2 (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

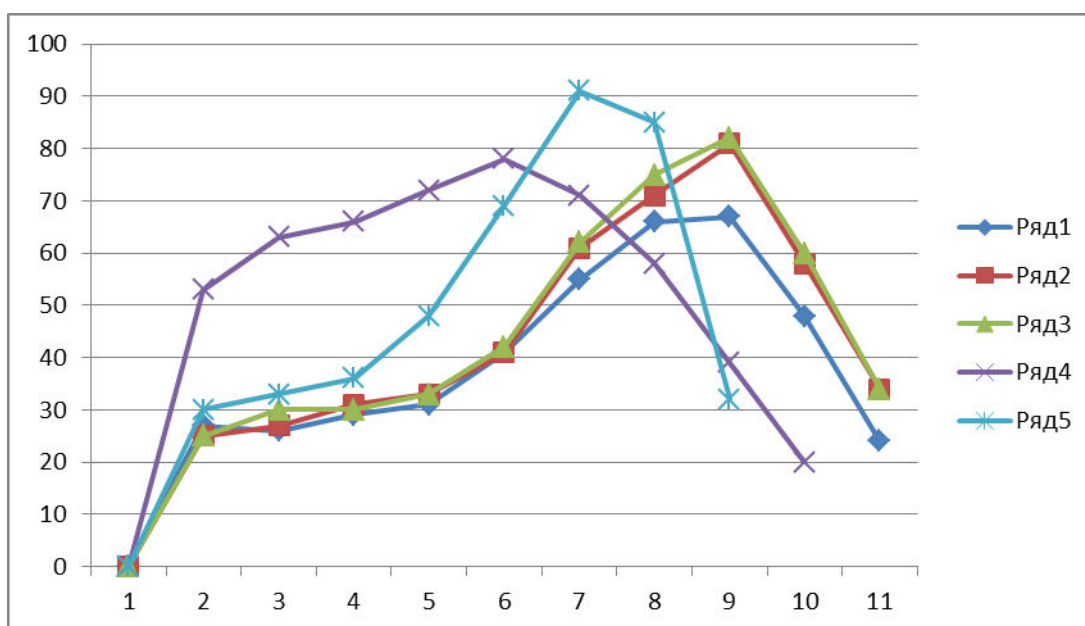


Рисунок 6.29 Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) у східному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій А2 (період 2011-2030 pp) ; 3 – кліматичний сценарій А2 (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - – кліматичний сценарій А2 (період 2031-2050 pp); 5– кліматичний сценарій А2 (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>;



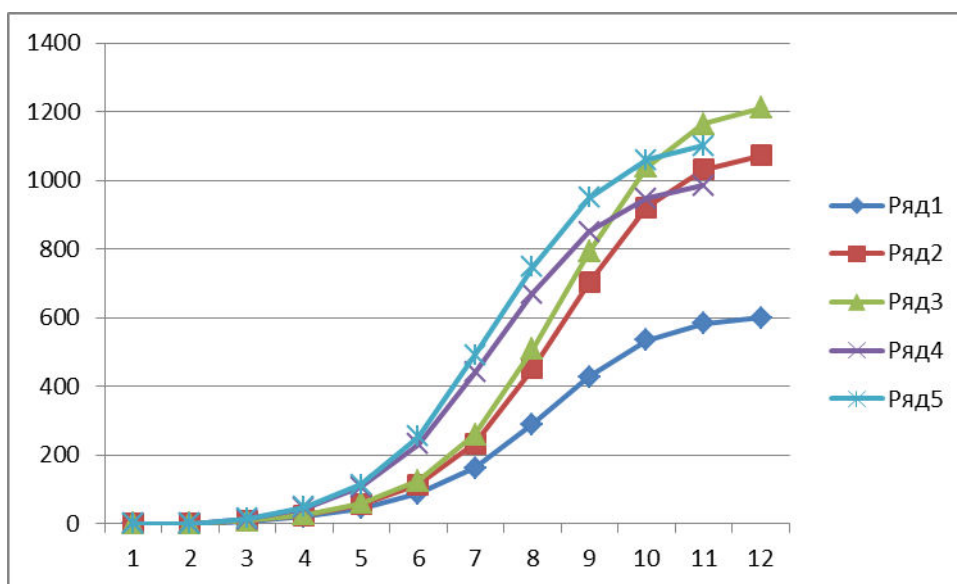


Рисунок 6.30 Динаміка загальної біомаси рослин східному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030pp) + CO<sub>2</sub>; 4 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050pp) + CO<sub>2</sub>.

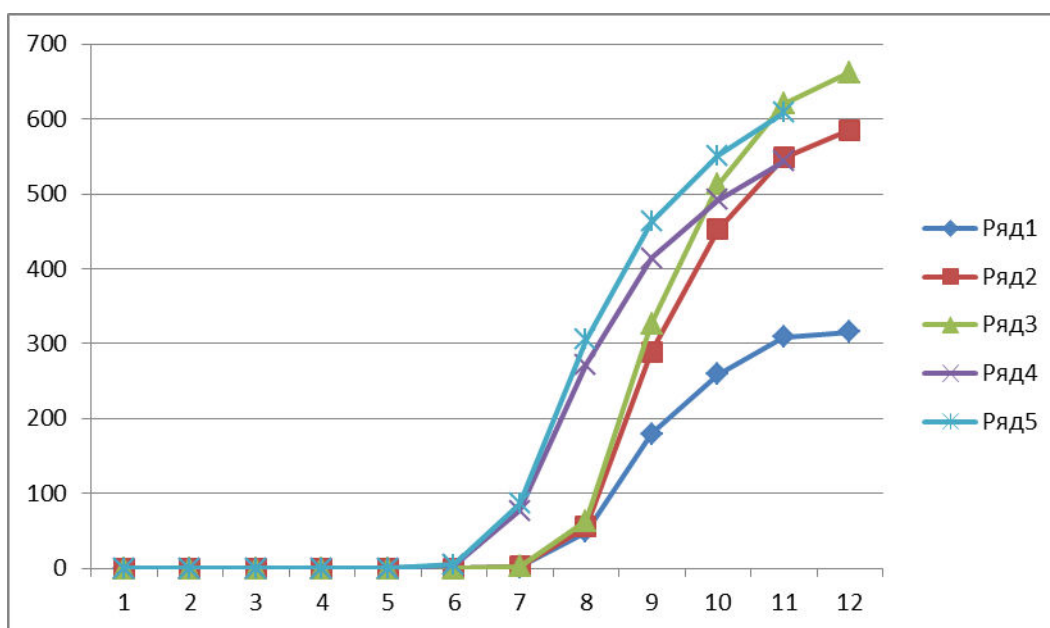


Рисунок 6.31 Динаміка біомаси колоса у східному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011 – 2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030pp)+ CO<sub>2</sub>; 4 – кліматичний сценарій A2 (період 2031 – 2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050pp)+ CO<sub>2</sub>;

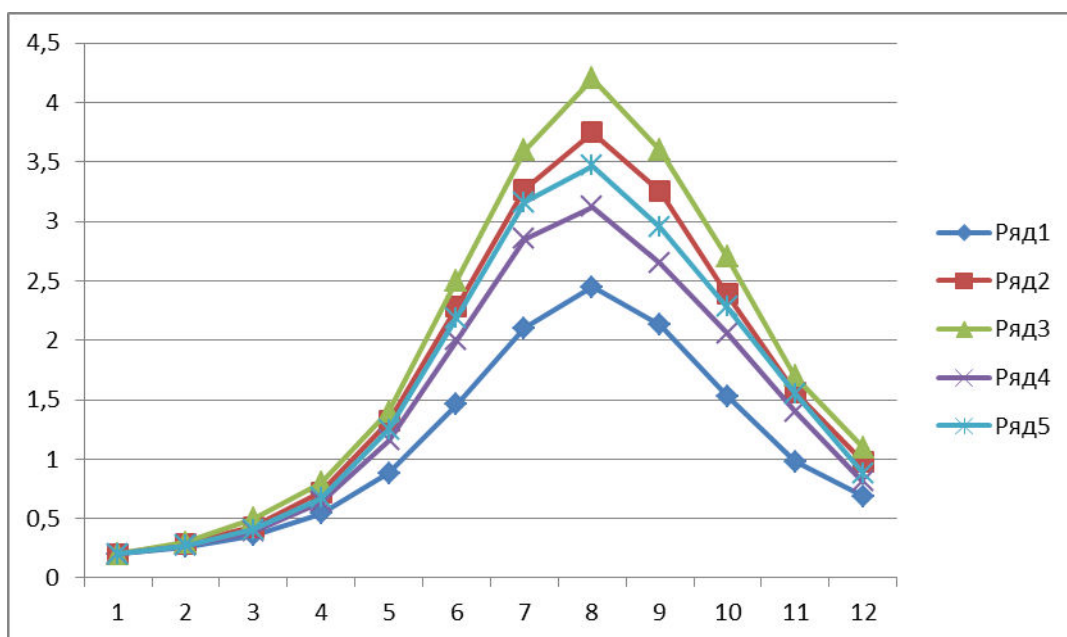


Рисунок 6.32 Динаміка площі листя на території Степу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій А2 (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій А2 (період 2011-2030pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій А2 (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій А2 (період 2031-2050pp) + CO<sub>2</sub>.

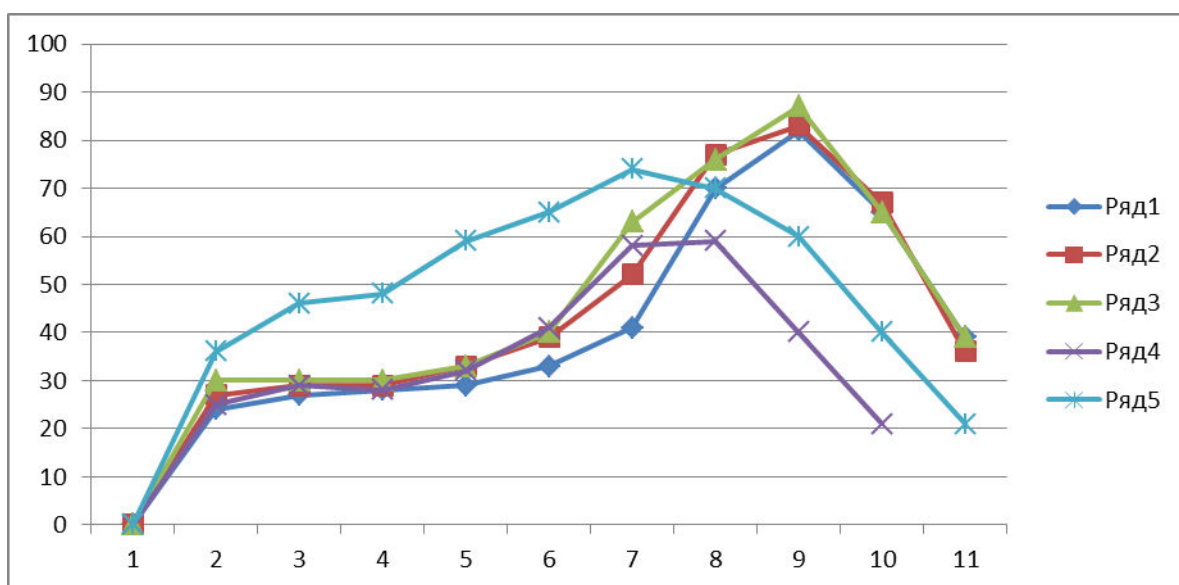


Рисунок 6.33 Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) у Степу: 1– базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій А2 (період 2011- 2030 pp); 3 – кліматичний сценарій А2 (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій А2 (період 2031- 2050 pp); 5 – кліматичний сценарій А2 (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

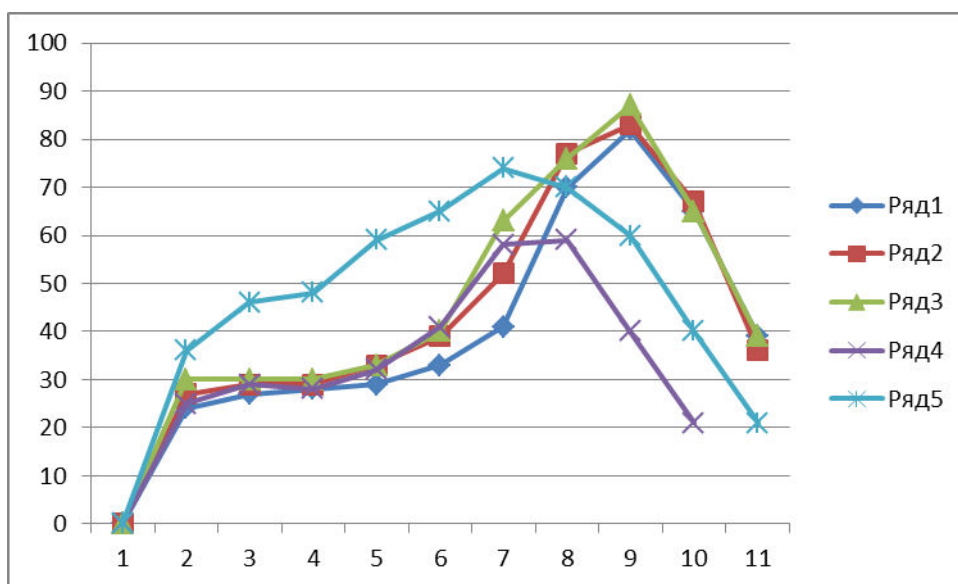


Рисунок 6.34 Динаміка загальної біомаси рослин на території Степу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp)+ CO<sub>2</sub>; 4 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp)+ CO<sub>2</sub>

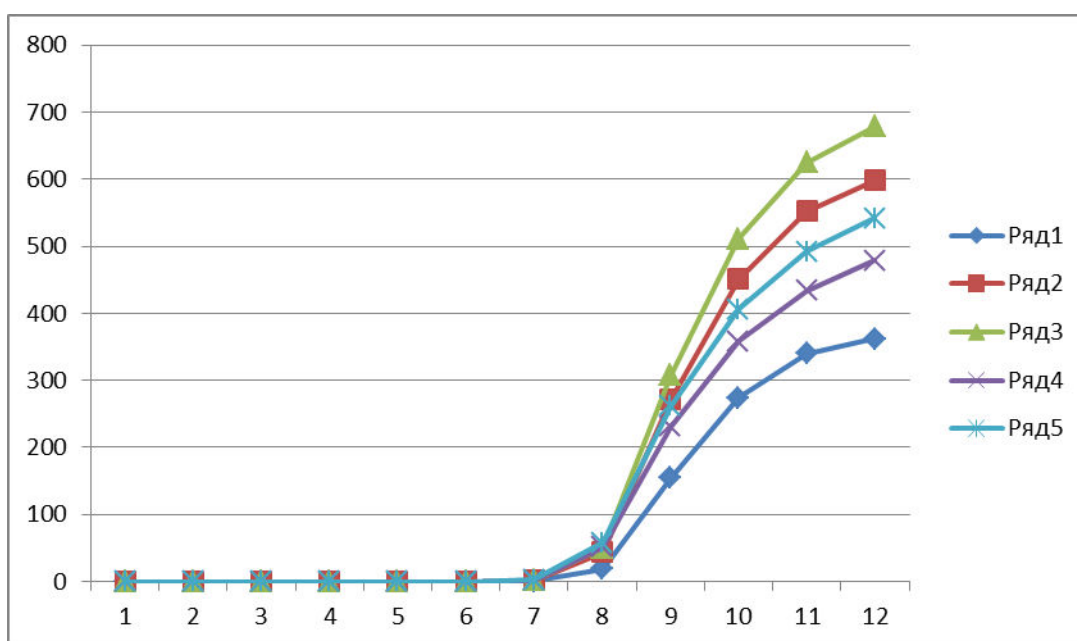


Рисунок 6.35 Динаміка біомаси колоса на території Степу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030pp) + CO<sub>2</sub>; 4 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A2 (період 2031-2050pp) + CO<sub>2</sub>.

Якщо у період 2031-2050 рр спостерігатиметься підвищення рівня концентрації  $\text{CO}_2$  на 30% то показники продуктивності рослин озимої пшениці збільшаться ще більше. Так, площа листя у період максимального розвитку до  $4.8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  становитиме  $132 \text{ г}/\text{м}^2$ . ФСП збільшиться до  $248 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , максимальний приріст біомаси рослин може становити  $541 \text{ г}/\text{м}^2$  за декаду, а загальна біомаса рослин –  $1500 \text{ г}/\text{м}^2$ .

На території західного Лісостепу за умов реалізації сценарію А2 площа листя озимої пшениці у період максимального розвитку становитиме  $3.2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  може досягти  $78 \text{ г}/\text{м}^2$ , ФСП –  $197 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , максимальний приріст біомаси рослин за декаду –  $204 \text{ г}/\text{м}^2$ , а загальна біомаса рослин –  $910 \text{ г}/\text{м}^2$ . В разі підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30% максимальна площа листкової поверхні становитиме  $3.5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ,  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  –  $85 \text{ г}/\text{м}^2$ , ФСП –  $216 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , максимальний приріст біомаси –  $231 \text{ г}/\text{м}^2$ , біомаса рослин –  $1020 \text{ г}/\text{м}^2$ .

На території східного Лісостепу можна очікувати підвищення рівня врожаїв озимої пшениці на 150-180% (табл. 6.23). При цьому максимальна площа листя становитиме від  $3.3$  до  $3.7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (рис.6.28).  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  може змінюватися від  $78$  до  $91 \text{ г}/\text{м}^2$  (рис. 6.29). ФСП може становити від  $185$  до  $203 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальний приріст біомаси рослин може становити від  $228$  до  $256 \text{ г}/\text{м}^2$ , а загальна біомаса рослин – від  $1055$  до  $1067 \text{ г}/\text{м}^2$ .

На території Степу в разі реалізації сценарію А2 можна очікувати підвищення рівня врожаїв до 126 – 148%. Площа листкової поверхні може змінюватися від  $3.1$  до  $3.5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  – від  $59$  до  $74 \text{ г}/\text{м}^2$ . Фотосинтетичний потенціал за весь вегетаційний період може змінюватися від  $176$  до  $193 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальний приріст біомаси рослин становитиме від  $175$  до  $232 \text{ г}/\text{м}^2$ , а загальна біомаса – від  $850$  до  $960 \text{ г}/\text{м}^2$  (рис. 6.34).

### 6.3.8 Імовірнісна оцінка можливих урожаїв озимої пшениці в умовах зміни клімату

Відомо, що середня багаторічна кліматична величина дуже рідко спостерігається в окремий конкретний рік і виходить внаслідок того, що половина всіх років має значення, менше її, а друга половина має значення, більше середнього. Тому, для найбільш повної і точної ймовірнісної оцінки можливих врожаїв необхідно мати ймовірнісні характеристики врожайності.

Під ймовірністю явища розуміють статистичну повторюваність явища за довгий ряд років, передану у відсотках від усього числа випадків спостережень. В останні роки для виявлення просторово - часової мінливості агрокліматичних показників широко використовується графоаналітичний метод Г.А. Алексєєва. Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної ймовірності формулу виду [35]:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\%, \quad (6.16)$$

де  $P_{(x_m)}$  забезпеченість у відсотках, значення якої поступово збільшуються;

$m = 1, 2, \dots, n$  – порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в спадному порядку;

$n$  – кількість років або спостережень в ряду.

Зазначений метод застосований нами для визначення між річної мінливості розрахованих врожаїв озимої пшениці на території України.

Результати проведених розрахунків представлені в таблиці 6.25.

Таблиця 6.25 Забезпеченість розрахованих за кліматичним сценарієм А2 врожаїв озимої пшениці (ц/га) на території України

Зона	$\overline{y}_{роз}$	Забезпеченість, %									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
	Період 2011-2030 рр										
Полісся	36	45	42	40	38	35	33	30	28	26	23
Західний Лісостеп	41	51	50	47	46	40	37	36	36	28	27
Східний Лісостеп	50	58	56	54	52	49	38	35	32	29	26
Степ	51	71	67	55	53	50	45	40	30	26	21
	Період 2031-2050 рр										
Полісся	61	72	69	66	63	60	56	53	50	47	45
Західний Лісостеп	44	57	54	53	48	45	43	40	37	35	33
Східний Лісостеп	46	51	49	46	43	40	37	35	33	30	27
Степ	41	48	46	44	42	40	38	35	32	28	25

Найбільші значення очікуваних врожаїв культури в разі реалізації сценарію зміни клімату А2 за період 2011-2030 рр. слід очікувати на території Степу. За проведеними розрахунками тут слід очікувати урожаї озимої пшениці на рівні 51 ц/га, раз у 10 років можна очікувати врожаї на рівні 70 ц/га, а практично кожного року гарантований урожай у 21 ц/га. На території Лісостепу середній із розрахованих урожаїв становить 50 ц/га на сході зони, та 40 ц/га на заході. Раз у 10 років тут можна очікувати урожаї на рівні 58 та 51 ц/га відповідно. А кожного року забезпечений урожай у 26 ц/га. На території Полісся середній розрахований урожай за період 2011-2030рр

становить 36 ц/га. Раз у 10 років тут можна очікувати урожаї на рівні 45 ц/га, а майже кожного року гарантовано забезпечений урожай у 23 ц/га.

У розрахунковий період 2031 – 2050 рр найбільші врожаї можна очікувати, навпаки, на території Полісся. Там кожного другого року в разі реалізації сценарію зміни клімату А2 можна очікувати урожаї озимої пшениці на рівні 60 ц/га. Майже кожного року можна очікувати до 45 ц/га, а раз в 10 років - до 72 ц/га. Рівень очікуваних врожаїв озимої пшениці на території східного Лісостепу та Степу у розрахунковий період може бути на майже однаковому рівні. У середньому за розрахунковий період можна очікувати урожаї на цих територіях до 40 ц/га. З 95 % імовірністю можна очікувати урожаї до 33 ц/га та 25 ц/га на території східного Лісостепу та Степу відповідно. На території західного Лісостепу середній рівень врожаїв за розрахунковий період має становити 45 ц/га. Майже кожного року можна очікувати отримання урожаїв на рівні 33 ц/га, а кожні 9-10 років можна очікувати отримання урожаїв озимої пшениці до 57 ц/га.

На рис. 6.36 та рис. 6.37 представлені карти на яких показано імовірнісний розподіл очікуваних врожаїв озимої пшениці за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 по розрахункових періодах.

Так, у розрахунковий період 2011-2031 рр найбільший приріст врожаїв можна очікувати на території східного Полісся – до 170 %.. Також високі прирости очікуються на території Степу – до 165 %, на території західного Полісся, Прикарпаття та Закарпаття майже не відбудеться збільшення врожаїв – до 110 %.

У розрахунковий період 2031 – 2050 рр найбільший приріст також очікується на території Полісся – до 195%, на території східного Лісостепу – до 155%. Найменше збільшення врожаїв слід очікувати на території Степу, та східного Лісостепу – до 125 %.

#### 6.3.9 Порівняльна характеристика агрокліматичних умов весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці за сценарієм А1В

В ході розрахунків очікуваних змін клімату за сценарієм А1В нами була проведена порівняльна характеристика агрокліматичних умов вегетаційного періоду озимої пшениці. У якості базового періоду був взятий період 1986-2005 рр., з яким проводилося порівняння отриманих нами результатів розрахунків. Розрахунки та порівняльний аналіз очікуваних змін агрокліматичних умов проводились за два розрахункових періоди – період 2011 – 2030 рр та період 2031 – 2050 рр. Результати розрахунків агрокліматичних умов за період 2011 – 2030 рр представлені у таблиці 6.26, за період 2031 – 2050 рр у табл. 6.27.



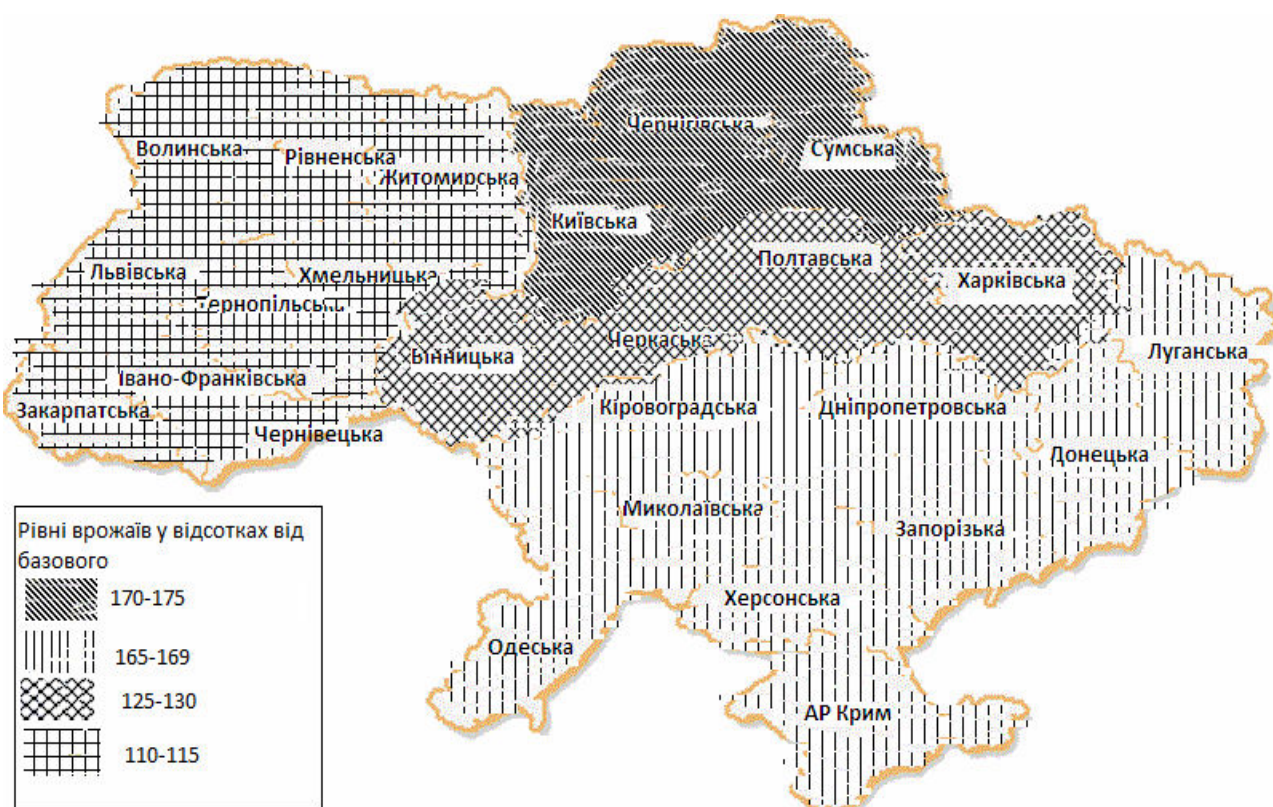


Рисунок 6. 36 – Імовірнісний розподіл очікуваних врожаїв озимої пшениці за умов реалізації сценарію А2 у розрахунковий період 2011 – 2030 рр.

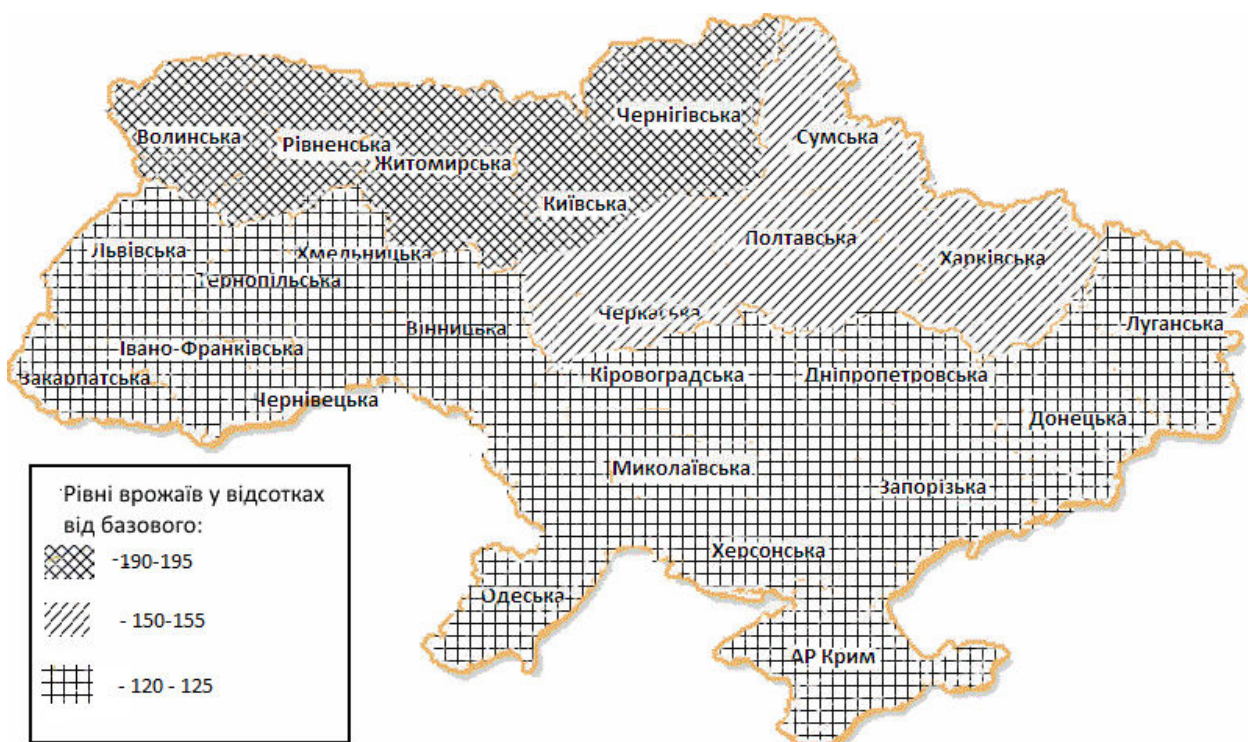


Рисунок 6. 37 – Імовірнісний розподіл очікуваних врожаїв озимої пшениці за умов реалізації сценарію А2 у розрахунковий період 2011 – 2030 рр.

Таблиця 6.26 Порівняльна оцінка агрокліматичних умов вегетаційного періоду озимої пшениці за сценарієм А1В (розрахунковий період 2011-2030 рр)

Період	Дата відновлення вегетації	Дата воскової стиглості	Тривалість періоду вегетації, дні	Сума опадів		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологоз абеспеч еність, %
				Сума опадів, мм	У відсотках від кліматичної норми			
	Полісся							
1986-2005	26.03	14.07	111	248	100	229	402	57
2011-2030	1.04	12.07	113	266	107	249	408	61
різниця	+4	-2	+2	+18	+7	+20	+6	+4
Лісостеп (західний)								
1986-2005	28.03	10.07	105	225	100	244	393	62
2011-2030	21.03	10.07	112	234	104	254	415	61
Різниця	+7	0	+7	+9	+4	+10	+22	-1
Лісостеп (східний)								
1986-2005	24.03	12.07	111	227	100	207	409	51
2011-2030	1.04	10.07	101	263	116	238	444	54
Різниця	- 7	+2	-10	+36	+16	+31	+35	+3
Степ								
1986-2005	19.03	7.07	100	205	100	184	406	45
2011-2030	21.03	30.06	102	211	85	199	460	43
Різниця	- 2	+7	+ 2	+6	-15	+15	+54	-2



Таблиця 6.27 Порівняльна оцінка агрокліматичних умов вегетаційного періоду озимої пшениці за сценарієм A1B (розрахунковий період 2031-2050 pp)

Період	Дата відновлення вегетації	Дата воскової стиглості	Тривалість періоду вегетації, дні	Сума опадів		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, %
				Сума опадів, мм	У відсотках від кліматичної норми			
Полісся								
1986-2005	26.03	14.07	111	248	100	229	402	56
2031-2050	21.03	10.07	112	235	95	235	412	57
різниця	+5	+4	+2	-13	-5	+6	+10	+1
Лісостеп (західний)								
1986-2005	28.03	10.07	105	225	100	244	393	62
2031-2050	21.03	15.07	106	218	97	251	418	60
різниця	+7	-5	+1	-7	-3	+7	+25	-2
Лісостеп (східний)								
1986-2005	24.03	12.07	111	227	100	207	409	51
2031-2050	1.04	10.07	101	250	110	225	418	54
різниця	-6	+2	-10	+23	+10	+22	+11	+3
Степ								
1986-2005	19.03	7.07	100	205	100	184	406	45
2031-2050	21.03	30.06	102	208	101	207	465	45
різниця	-2	+7	+2	+3	+1	+13	+59	0

Дата відновлення вегетації озимої пшениці спостерігається за середніми багаторічними значеннями у Степу України наприкінці другої декади березня, а на території Лісостепу та Полісся – у третій декаді березня.

Згідно з проведеними розрахунками за сценарієм зміни клімату A1B на території Полісся дата відновлення вегетації може спостерігатися на 5 днів пізніше, ніж за середніми багаторічними даними (23 березня), а дата повної стиглості може спостерігатися на 2 раніше ніж за середніми багаторічними даними тривалість весняно-літнього періоду при цьому майже не зміниться і буде становити 113 днів. При цьому очікується збільшення суми опадів майже на 30 % з 248 мм у базовий період до 266 мм у розрахунковому періоді. Як слід, збільшиться і вологозабезпеченість з 57 % у базовий період до 61 % у сценарний.

На заході Лісостепу очікувана дата відновлення вегетації може спостерігатися на 7 днів раніше ніж за середніми багаторічними спостереженнями – 28 березня. При цьому збільшиться тривалість всього періоду весняно-літньої вегетації на 11 днів - з 105 днів до 112. Кількість опадів майже не зміниться і становитиме 234 мм за весняно-літній період вегетації, тому вологозабезпеченість також залишиться не змінною (61 %). У східному Лісостепу тривалість періоду вегетації озимої пшениці влітку зменшиться на 10 днів, з 111 днів до 101. Відновлення вегетації у розрахунковий період можна очікувати 1 квітня, що на 6 днів пізніше, ніж у середньому багаторічному. Сума опадів у цій зоні за період вегетації озимої пшениці збільшиться на 36 мм, вологозабезпеченість збільшиться незначно и становитиме 54 %.

За проведеними розрахунками у період з 2011-2030pp на території Степу дата відновлення вегетації зсунеться у бік весни на 2 дні і можна буде її очікувати 21 березня, а тривалість весняно-літнього періоду майже не зміниться – при 100 днях за середніми багаторічними даними вона збільшиться на два дні. Проте не слід очікувати суттєвого збільшення кількості опадів, – до 211мм у весняно-літній період, порівняно з 205 мм у базовий період. Вологозабезпеченість весняно-літнього періоду вегетації дещо зменшиться і становитиме 43 %.

У розрахунковий період 2031 – 2050 pp на території Полісся тривалість вегетаційного періоду озимої пшениці майже не зміниться и становитиме 112 днів, при цьому несуттєво зменшиться сума опадів до 235 мм, але на фоні збільшення сумарного випаровування з поверхні ґрунту вологозабезпеченість посівів залишиться не зміненою. Найбільш суттєві зміни в умовах періоду вегетації озимої пшениці слід очікувати на території східного Лісостепу. Там за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B можна очікувати зменшення тривалості весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці до 101 дня проти 11 за середніми багаторічними значеннями. Також очікується збільшення кількості опадів та сумарного випаровування, за рахунок чого вологозабезпеченість періоду вегетації майже не зміниться.

### 6.3.10 Порівняльна характеристика продуктивності озимої пшениці в умовах зміни клімату за сценарієм A1B

За допомогою динамічної моделі формування продуктивності сільськогосподарських культур нами була проведена оцінка продуктивності озимої пшениці на території України. Була отримана кількісна характеристика таких показників фотосинтетичної продуктивності як площа листя, максимальний приріст біомаси, загальна біомаса рослин на  $\text{м}^2$ , розрахована чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), фотосинтетичний потенціал (ФСП) рослин за вегетаційний період, урожай культури у ц/га.

Розрахунки перелічених показників проводилися у трьох варіантах: базовий 1986-2005pp; розрахунковий кліматичний за сценарієм A1B для періоду 2011-2030pp; розрахунковий кліматичний за сценарієм A1B для періоду 2011-2030pp при підвищенні концентрації  $\text{CO}_2$  на 30%. Результати розрахунків представлені у таблиці 6.28 та 6.29.

Як бачимо, суттєве збільшення показників продуктивності рослин озимої пшениці можна очікувати для території Полісся.

У Поліссі площа листя у період максимального розвитку у базовий період становить  $2.3 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , при очікуваних змінах клімату за розрахунковим сценарієм вона має збільшуватися до  $3.3 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а в разі збільшення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30 % від сучасного рівня вона має становити  $3.6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Близько 90 % загальної біомаси рослинного організму припадає на частку органічної речовини, утвореної в процесі фотосинтезу. Тому зміна сухої маси рослин може служити об'єктивним показником їх асиміляційної діяльності. Приріст сухої біомаси в грамах за певний проміжок часу, віднесений до одиниці листкової поверхні, називають чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ)

Чиста продуктивність фотосинтезу на території Полісся збільшується з  $65 \text{ г}/\text{м}^2$  до  $82 \text{ г}/\text{м}^2$ , відповідно збільшується і фотосинтетичний потенціал з  $131 \text{ м}^2/\text{м}^2$  до  $180 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальний приріст біомаси за декаду зміниться з  $136 \text{ г}/\text{м}^2$  до  $245 \text{ г}/\text{м}^2$ . При середньому рівні урожаїв озимої пшениці у Поліссі 31 ц/га, слід очікувати його збільшення на 140% а в разі збільшення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30% він може збільшитися на 158%. Динаміка основних показників фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці у Поліссі представлена на рис. 6.38, 6.39, 6.40, 6.41.

На території як західного так і східного Лісостепу ЧПФ також поступово збільшується, що, в кінцевому рахунку, викликає незначне, але підвищення рівня врожаїв

Таблиця 6.28 Порівняльна характеристика продуктивності озимої пшениці за сценарієм А1В (розрахунковий період 211-2030 рр )

Період	Варіант	В період максимального розвитку		Фотосинтетичний потенціал за вегета-ційний період, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Максимальний приріст біомаси рослин Δm г/м <sup>2</sup>	Біомаса рослин М,г/м <sup>2</sup>	Урожай У, ц/га
		Площа листя L <sub>max</sub> , м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Чиста продуктивність фотосинтезу, ЧПФ <sub>max</sub> , г/м <sup>2</sup>				
Полісся							
1986-2005	Базовий	2.3	65	131	136	596	31
2011-2030	Клімат	3.3	82	180	245	961	142
2011-2030(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	3.6	94	197	278	1088	158
Лісостеп (західний)							
1986-2005	Базовий	2.9	70	157	181	769	33
2011-2030	Клімат	2.7	73	149	182	744	109
2011-2030(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,9	74	163	206	841	124
Лісостеп (східний)							
1986-2005	Базовий	2.4	67	131	139	600	29
2011-2030	Клімат	2.8	78	167	186	756	110
2011-2030(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	3.0	80	165	210	847	124
Степ							
1986-2005	Базовий	2.5	82	137	160	650	31
2011-2030	Клімат	1.8	76	101	130	463	65
2011-2030(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	2.0	78	110	148	521	71

Таблиця 6.29 Порівняльна характеристика продуктивності озимої пшениці за сценарієм A1B  
(розрахунковий період 2031-2050 pp )

Період	Варіант	В період максимального розвитку		Фотосинтетичний потенціал за вегетаційний період, $\text{м}^2/\text{м}^2$	Максимальний прирістбіомаси рослин $\Delta m \text{ г/м}^2$	Біомаса рослин $M, \text{г/м}^2$	Урожай $У, \text{ц/га}$
		Площа листя $L_{\text{max}}, \text{м}^2/\text{м}^2$	Чиста продуктивність фотосинтезу, $\text{ЧПФ}_{\text{max}}, \text{г/м}^2$				
Полісся							
1986-2005	Базовий	2.3	65	131	136	596	31
2031-2050	Клімат	3.3	75	181	226	965	155
2031-2050(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	3.7	77	200	257	1094	174
Лісостеп (західний)							
1986-2005	Базовий	2.9	70	157	181	769	33
2031-2050	Клімат	2.5	73	137	160	670	90
2031-2050(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	2.7	76	159	163	737	106
Лісостеп (східний)							
1986-2005	Базовий	2.4	67	131	139	600	29
2031-2050	Клімат	2.7	99	147	181	764	117
2031-2050(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	2.9	83	160	204	855	131
Степ							
1986-2005	Базовий	2.5	82	137	160	650	31
2031-2050	Клімат	1.9	74	110	134	507	70
2031-2050(+CO <sub>2</sub> )	Клімат + CO <sub>2</sub>	1.0	78	120	152	570	80

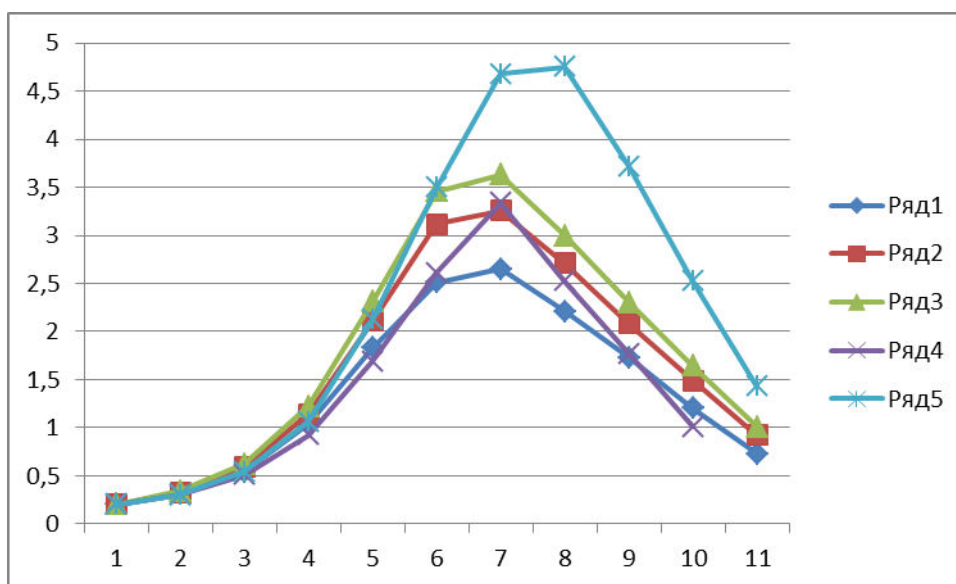


Рисунок 6.38 Динаміка площі листя озимої пшениці у Поліссі: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp) ; 3 – кліматичний сценарій A1B + CO<sub>2</sub> (період 2011-2030 pp); 4 - кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp); 5 - кліматичний сценарій A1B + CO<sub>2</sub> (період 2031-2050 pp).

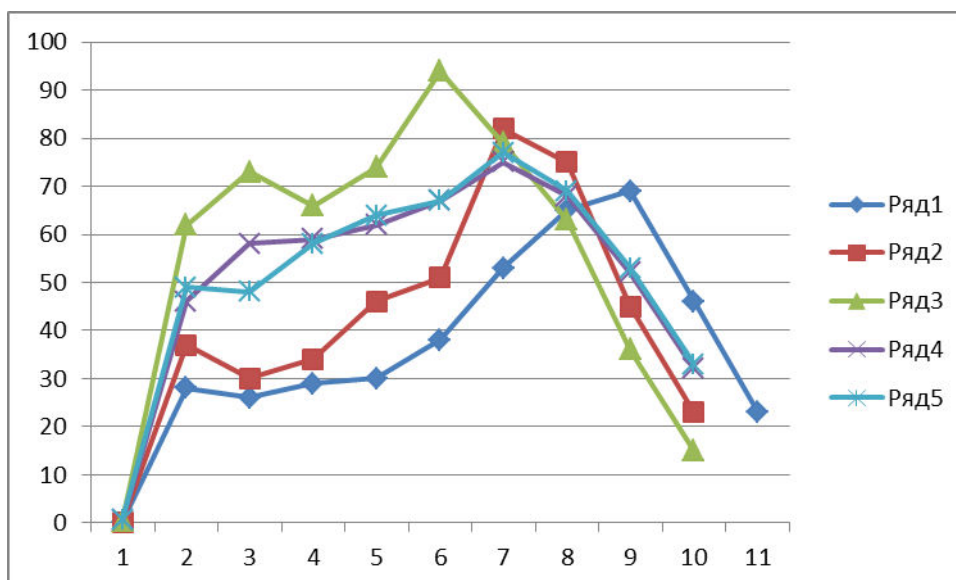


Рисунок 6.39 Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) у Поліссі: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>

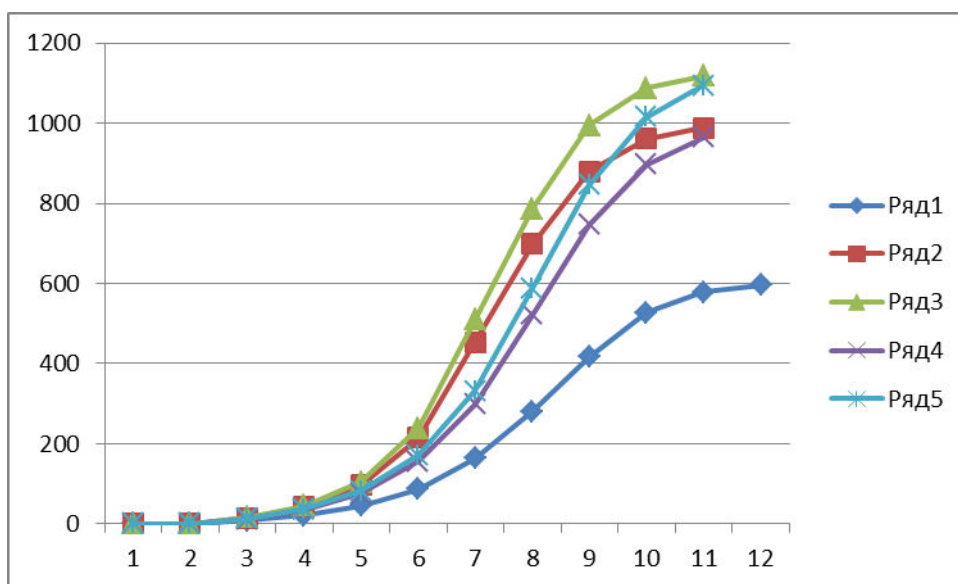


Рисунок 6.40 Динаміка загальної біомаси рослин у Поліссі: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій А1В (період 2011 – 2031 pp) ; 3 – кліматичний сценарій А1В+ CO<sub>2</sub> (період 2011 – 2031 pp); 4 - кліматичний сценарій А1В (період 2031 – 2050 pp); 5 – кліматичний сценарій А1В+ CO<sub>2</sub> (період 2031 – 2050 pp); 4

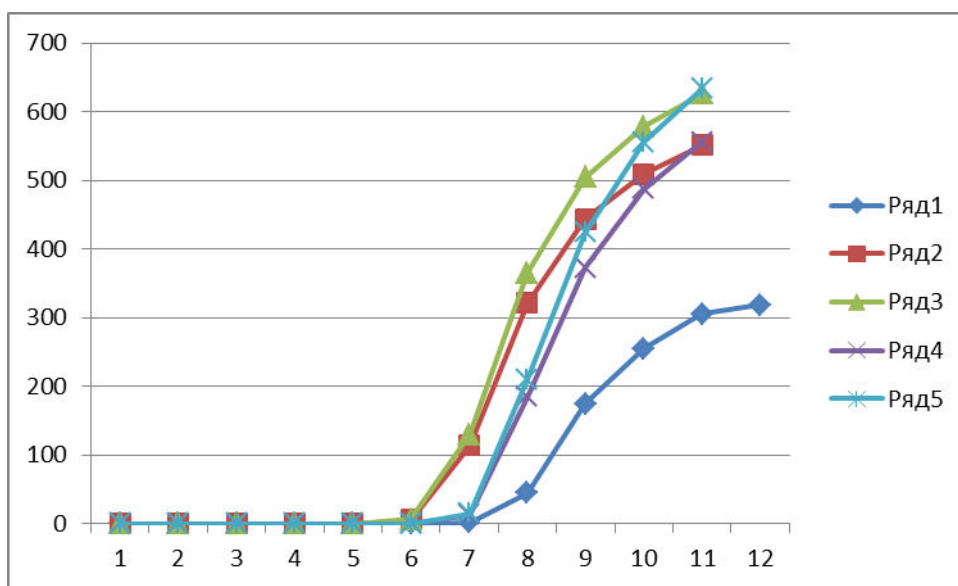


Рисунок 6.41 Динаміка біомаси колоса у Поліссі: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій А1В (період 2011-2031 pp); 3 – кліматичний сценарій А1В (період 2011-2030 pp)+ CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій А1В (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій А1В (період 2031-2050 pp)+ CO<sub>2</sub>.

Так, на території західного Лісостепу врожаї з середнього багаторічного рівня у 36 ц/га збільшаться на 110%, а при збільшенні концентрації  $\text{CO}_2$  на 124%. При цьому має спостерігатися збільшення площі листя з  $2.9 \text{ м}^2/\text{м}^2$  до  $2.7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (рис.6.42). Чиста продуктивність фотосинтезу дещо збільшиться – до 73-74 г/м<sup>2</sup>. Загальна біомаса рослин на кінець вегетації становитиме 744-841г/м<sup>2</sup>. Динаміка основних показників продуктивності озимої пшениці на території західного Лісостепу представлена на рис.6.42,6.43, 6.44, 6.45.

На території східного Лісостепу також буде відбуватися збільшення фотосинтетичного апарату рослин. Так, площа листя збільшиться з  $2.4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період до  $2.8 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у розрахунковий, а при збільшенні концентрації  $\text{CO}_2$  вона може становити  $3.0 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (табл. 6.28). ЧПФ також відповідно збільшиться, з 67 г/м<sup>2</sup> до 78 г/м<sup>2</sup> у період 2011-2030рр. При цьому фотосинтетичний потенціал за період вегетації відповідно становитиме  $131 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період та  $167 \text{ м}^2/\text{м}^2$  за кліматичним сценарієм. Максимальний приріст біомаси збільшиться з 600 г/м<sup>2</sup> за середніми багаторічними даними до 756 г/м<sup>2</sup> у сценарний період 2011-2030рр, та може становити 847 г/м<sup>2</sup> при збільшенні концентрації  $\text{CO}_2$  на 30 %.

При цьому також закономірно слід очікувати незначне підвищення врожаїв озимої пшениці з 29 ц/га за середніми багаторічними значеннями на 110 % у сценарний період та на 124 % у разі підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30 %. На рисунках 6.46, 6.47, 6.48, 6.49 представлена динаміка площі листя, чистої продуктивності фотосинтезу та загальної біомаси рослин та маси колосу за період вегетації озимої пшениці у розрахункові періоди.

На території Степу, навпаки, за результатами наших розрахунків очікується зменшення показників продуктивності озимої пшениці за умов реалізації сценарію А1В. Так, очікується зменшення площі листя з  $2.5 \text{ м}^2/\text{м}^2$  до  $1.8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а у разі підвищення концентрації вуглекислого газу на 30 % до  $2.0 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (табл. 6.28). ЧПФ також відповідно зменшиться з 82 г/м<sup>2</sup> у базовому періоді до 76 г/м<sup>2</sup>. Відповідно слід очікувати і зменшення рівня урожаїв з 31 ц/га у базовому періоді до 65 % у сценарному періоді, а при умові підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30 % до 71%. На рисунках 6.50,6.51, 6.52, 6.53 представлені динаміка площі листя, ЧПФ, динаміка біомаси рослин та біомаси колоса за весняно-літній період вегетації озимої пшениці на території Степу України.

У розрахунковий період 2031-2050 рр за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В, також як і у розрахунковий період 2011-2030 рр простежується закономірність щодо підвищення рівня врожаїв озимої пшениці на території Полісся, майже незмінного рівня їх на території західного та східного Лісостепу та зменшення їх рівня по відношенню до середнього багаторічного на території Степу (табл.. 6. 29).



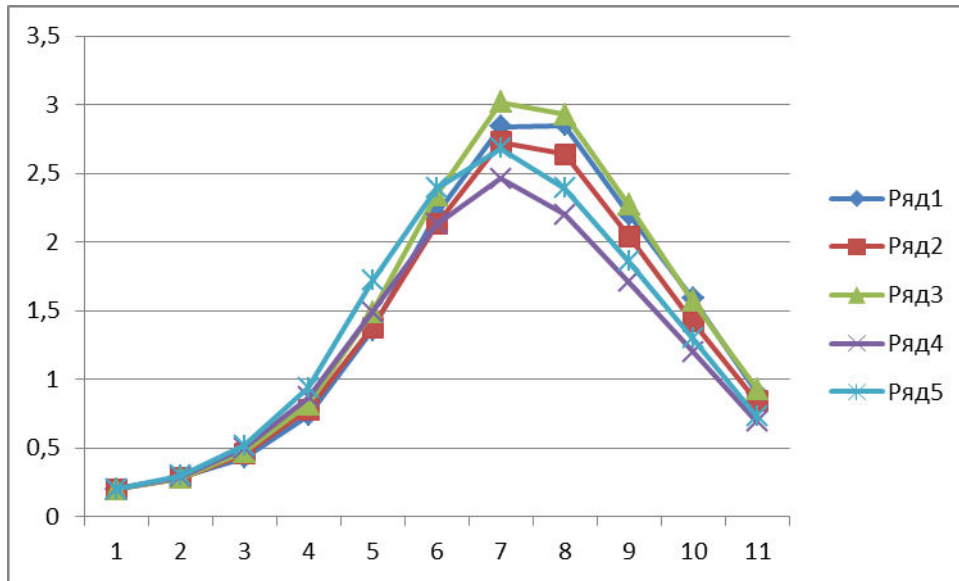


Рисунок 6.42 Динаміка площі листя у західному Лісостепу: 1- базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011 – 2031 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A1B (період 2031 – 2051 pp); 5– кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

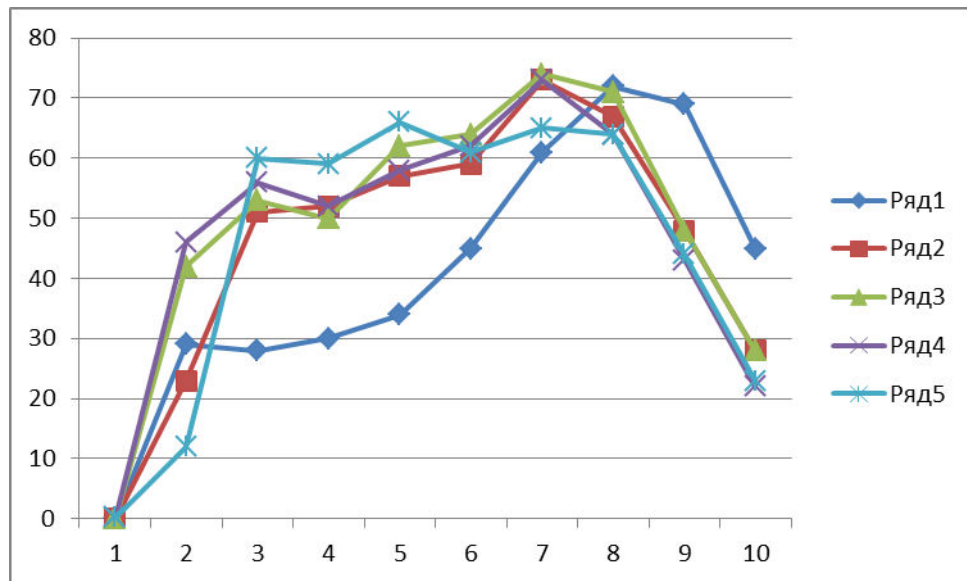


Рисунок 6.43 Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) у західному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B ( період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A1B ( період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

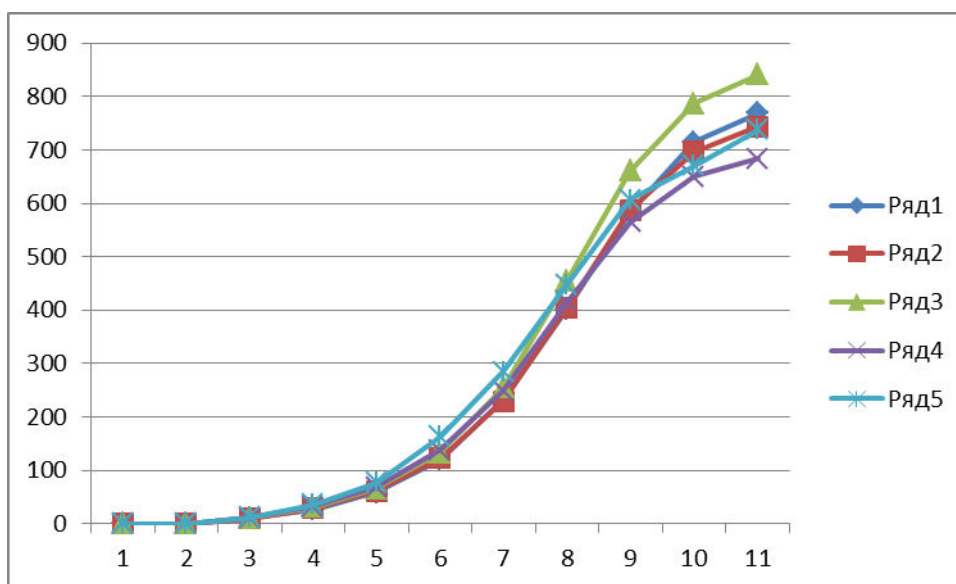


Рисунок 6.44 Динаміка загальної біомаси рослин у західному Лісостепу:

1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp)+ CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp)+ CO<sub>2</sub>.

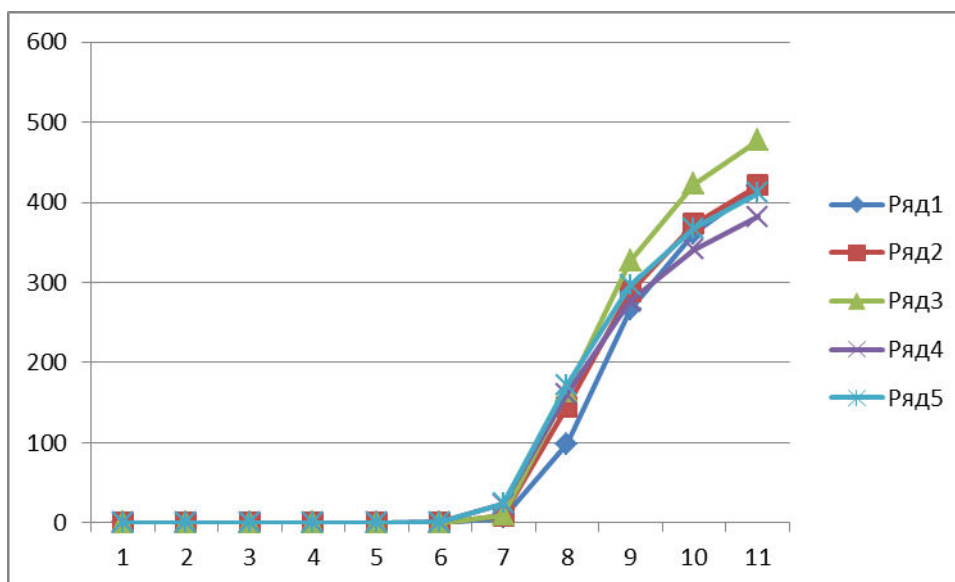


Рисунок 6.45 Динаміка біомаси колоса у західному Лісостепу:

1 – базовий період (1986-2005pp);  
 2 – кліматичний сценарій A1B ( період 2011 – 2030 pp);  
 3 – кліматичний сценарій + CO<sub>2</sub>;  
 4 - кліматичний сценарій A1B ( період 2031 – 2050 pp);  
 5 – кліматичний сценарій A1B (період 2031 – 2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

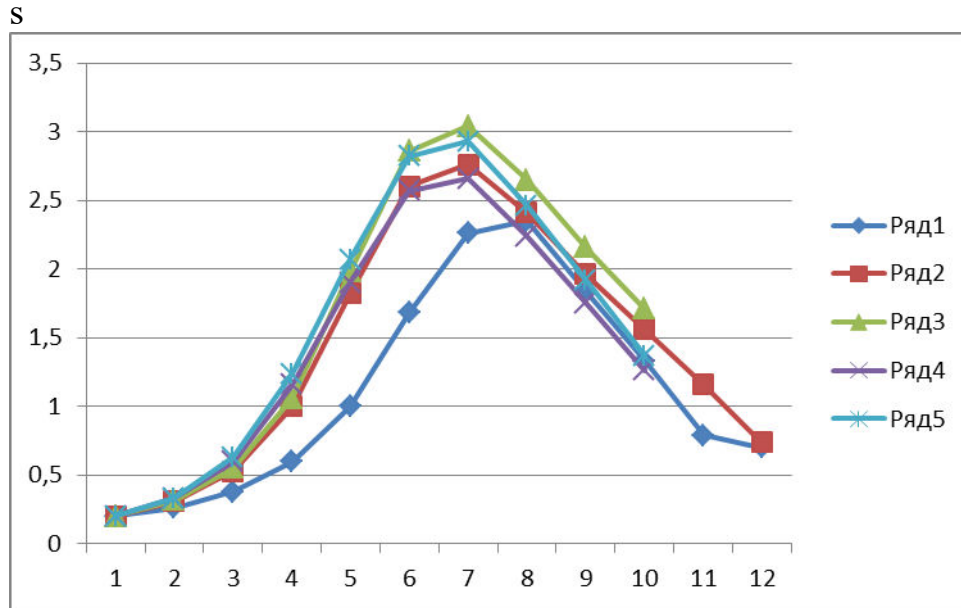


Рисунок 6.46 Динаміка площі листя у східному Лісостепу:  
 1 – базовий період (1986-2005pp);  
 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp);  
 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>;  
 4 - кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp);  
 5 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

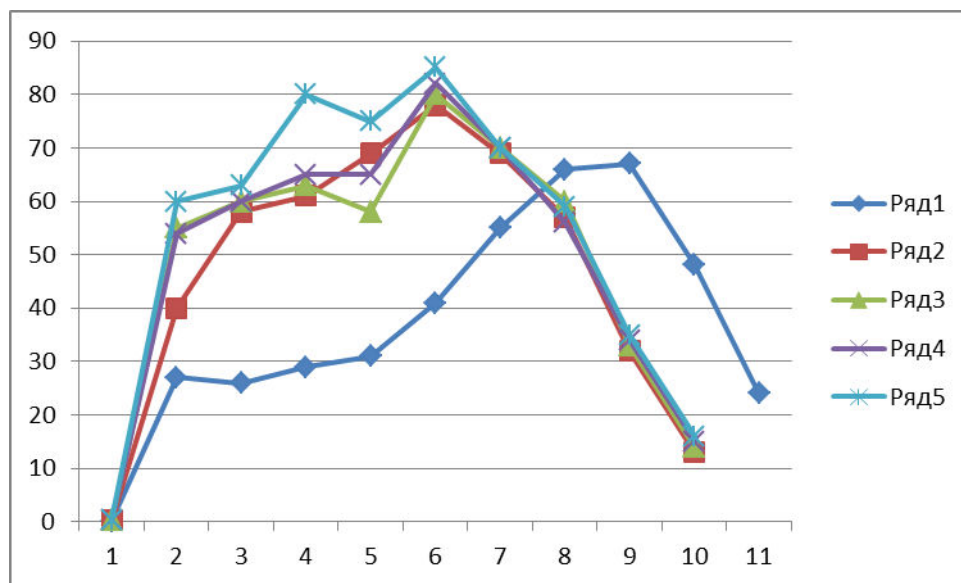


Рисунок 6.47 Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) у східному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp); 5– кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>;

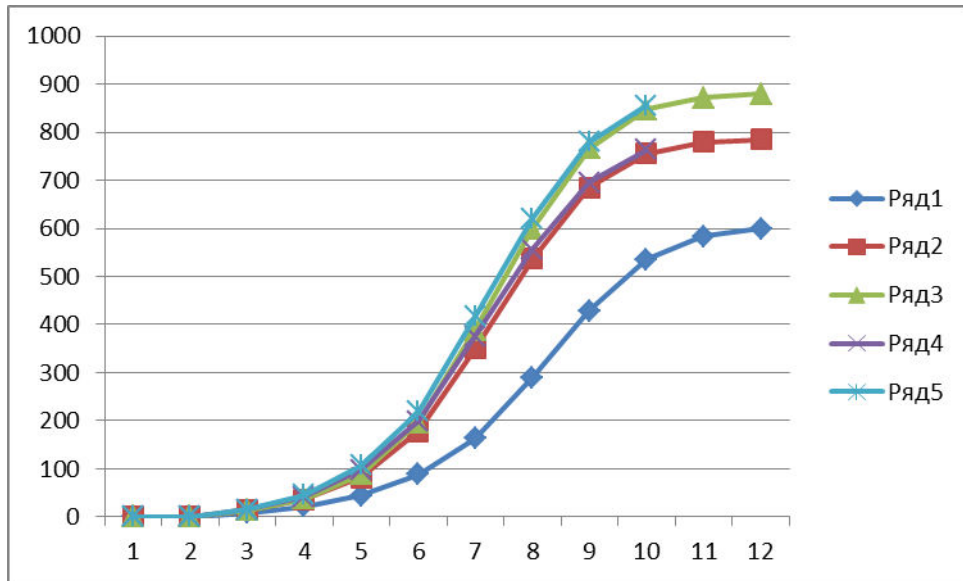


Рисунок 6.48 Динаміка загальної біомаси рослин східному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030pp) + CO<sub>2</sub>; 4- кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050pp) + CO<sub>2</sub>.

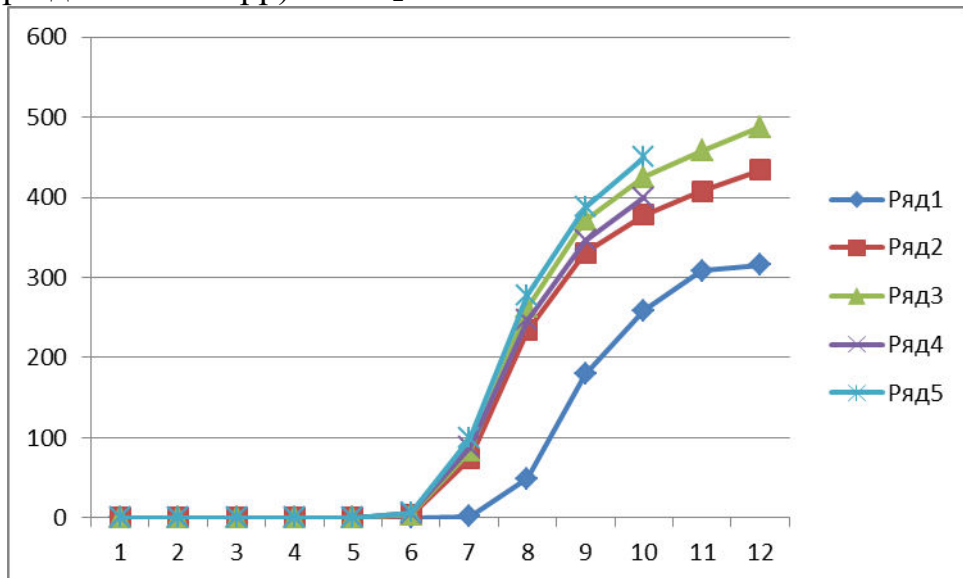


Рисунок 6.49 Динаміка біомаси колоса у східному Лісостепу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011 – 2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030pp)+ CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A1B (період 2031 – 2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050pp)+ CO<sub>2</sub>;

На території Полісся можна очікувати підвищення врожаїв озимої пшениці до 155 %, а за умов підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30% можна очікувати подальше підвищення рівня врожаїв до 174% від базового рівня. При цьому показники продуктивності озимої пшениці можна очікувати на наступному рівні.

За умов реалізації зміни клімату за сценарієм A1B площа листя озимої пшениці у період максимального розвитку може становити  $3.3 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (рис. 6.38). При цьому чиста продуктивність фотосинтезу ( $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$ ) у період максимального розвитку може скласти  $75 \text{ г}/\text{м}^2$ , фотосинтетичний потенціал за вегетаційний період (ФСП) -  $181 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальний приріст біомаси рослин озимої пшениці становитиме  $226 \text{ г}/\text{м}^2$ , а загальна біомаса рослин на кінець вегетаційного періоду -  $965 \text{ г}/\text{м}^2$  (рис. 6.40). Якщо у період 2031-2050pp спостерігатиметься підвищення рівня концентрації  $\text{CO}_2$  на 30% то показники продуктивності рослин озимої пшениці збільшаться ще більше. Так, площа листя у період максимального розвитку до  $3.7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  становитиме  $77 \text{ г}/\text{м}^2$ . ФСП збільшиться до  $200 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , максимальний приріст біомаси рослин може становити  $257 \text{ г}/\text{м}^2$  за декаду, а загальна біомаса рослин -  $1094 \text{ г}/\text{м}^2$ .

На території західного Лісостепу за умов реалізації сценарію A1B площа листя озимої пшениці у період максимального розвитку становитиме  $2.5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  може досягти  $73 \text{ г}/\text{м}^2$ , ФСП -  $137 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , максимальний приріст біомаси рослин за декаду -  $160 \text{ г}/\text{м}^2$ , а загальна біомаса рослин -  $670 \text{ г}/\text{м}^2$ . В разі підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  на 30% максимальна площа листової поверхні становитиме  $2.7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ,  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  -  $76 \text{ г}/\text{м}^2$ , ФСП -  $159 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , максимальний приріст біомаси -  $163 \text{ г}/\text{м}^2$ , біомаса рослин -  $737 \text{ г}/\text{м}^2$ .

На території східного Лісостепу можна очікувати незначне підвищення рівня врожаїв озимої пшениці до 117-131% (табл. 6.29). При цьому максимальна площа листя становитиме від  $2.7$  до  $2.9 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (рис. 6.46).  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  може змінюватися від  $83$  до  $99 \text{ г}/\text{м}^2$  (рис. 6.47). ФСП може становити від  $147$  до  $160 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальний приріст біомаси рослин може становити від  $181$  до  $204 \text{ г}/\text{м}^2$ , а загальна біомаса рослин - від  $764$  до  $855 \text{ г}/\text{м}^2$ .

На території Степу в разі реалізації сценарію A1B можна очікувати зменшення рівня врожаїв до 70 - 80%. Площа листової поверхні може змінюватися від  $1.9$  до  $1.0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .  $\text{ЧПФ}_{\text{max}}$  - від  $74$  до  $78 \text{ г}/\text{м}^2$ . Фотосинтетичний потенціал за весь вегетаційний період може змінюватися від  $110$  до  $120 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальний приріст біомаси рослин становитиме від  $134$  до  $152 \text{ г}/\text{м}^2$ , а загальна біомаса - від  $507$  до  $570 \text{ г}/\text{м}^2$  (рис. 6.50 - 6.53).

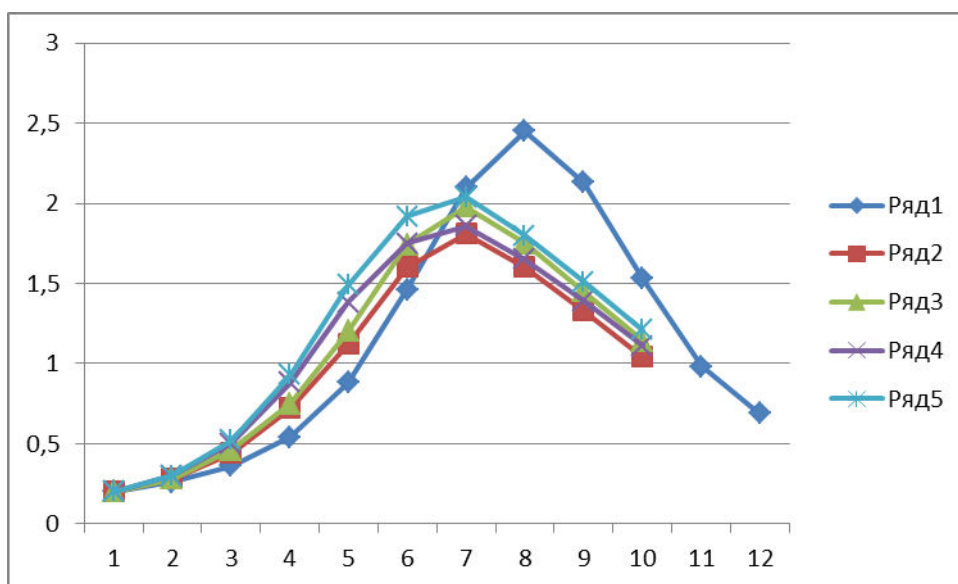


Рисунок 6.50 Динаміка площі листя на території Степу:

1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050pp) + CO<sub>2</sub>.

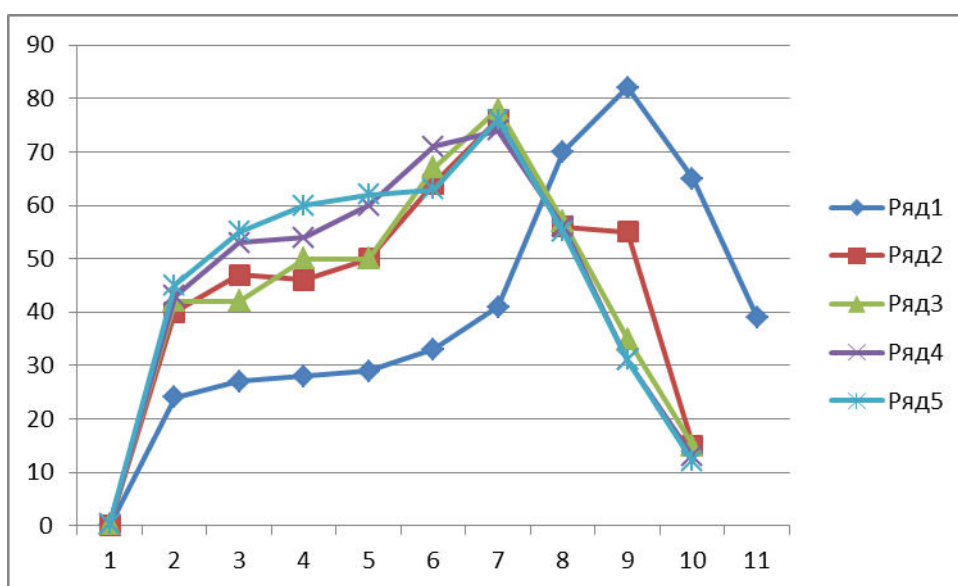


Рисунок 6.51 Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) у Степу: 1– базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011- 2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A1B (період 2031- 2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp) + CO<sub>2</sub>.

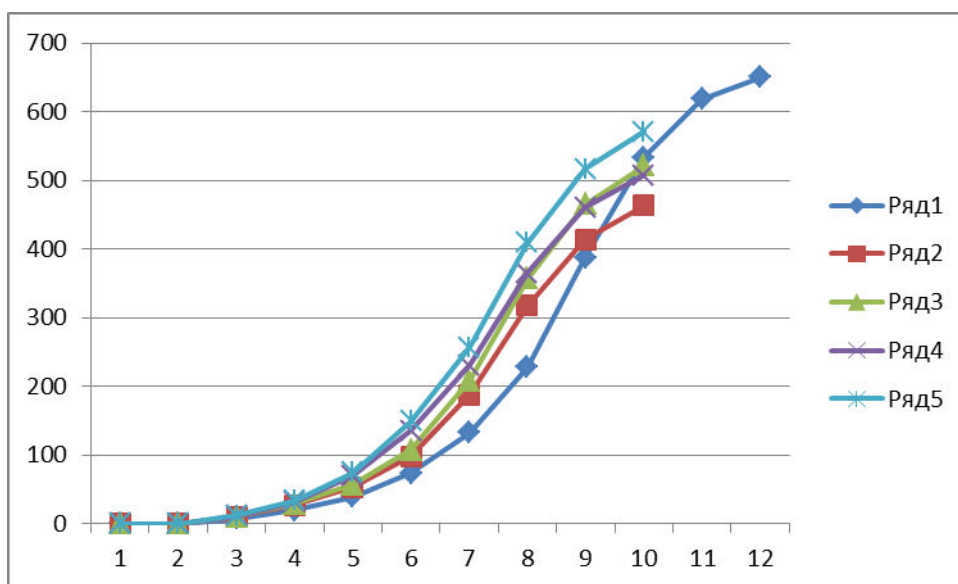


Рисунок 6.52 Динаміка загальної біомаси рослин на території Степу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030 pp)+ CO<sub>2</sub>; 3- кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp); 4 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp)+ CO<sub>2</sub>

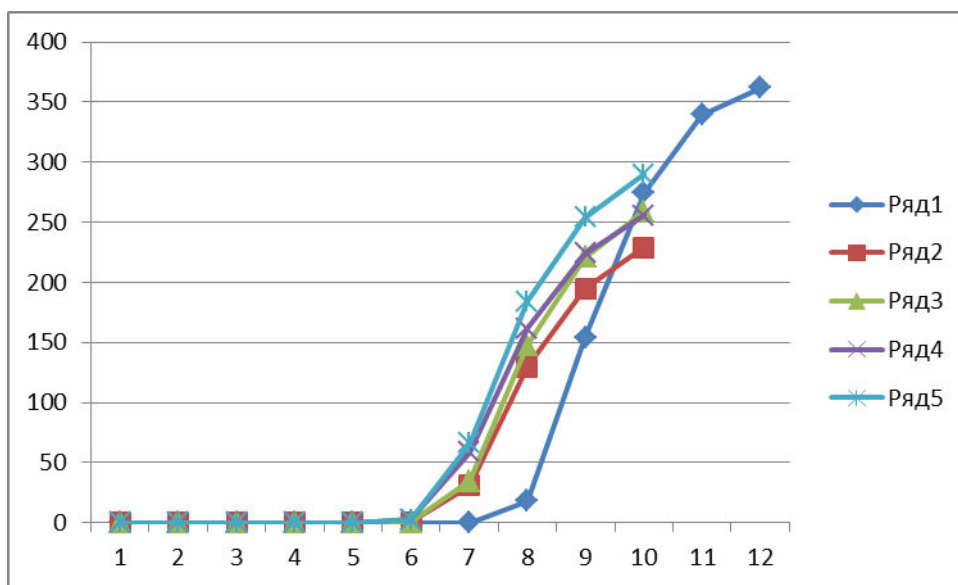


Рисунок 6.53 Динаміка біомаси колоса на території Степу: 1 – базовий період (1986-2005pp); 2 – кліматичний сценарій A2 (період 2011-2030 pp); 3 – кліматичний сценарій A1B (період 2011-2030pp) + CO<sub>2</sub>; 4 - кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050 pp); 5 – кліматичний сценарій A1B (період 2031-2050pp) + CO<sub>2</sub>.

### 6.3.11 Імовірнісна оцінка можливих урожаїв озимої пшениці за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В

Також як і для оцінки ймовірностей урожаїв озимої пшениці за сценарієм А2 для сценарію А1В використовується графоаналітичний метод Г.А. Алексєєва.

Результати проведених розрахунків представлені в таблиці 6.30.

Найбільші значення очікуваних врожаїв культури в разі реалізації сценарію зміни клімату А1В за період 2011-2030 рр. слід очікувати на території Полісся. За проведеними розрахунками тут слід очікувати урожаї озимої пшениці на рівні 44 ц/га, раз у 10 років можна очікувати врожаї на рівні 57 ц/га, а практично кожного року гарантований урожай у 27 ц/га.

На території Лісостепу середній із розрахованих урожаїв становить 33 ц/га на сході зони, та 39 ц/га на заході. Раз у 10 років тут можна очікувати урожаї на рівні 46 та 51 ц/га відповідно. А кожного року забезпечений урожай у 18-27ц/га.

На території Полісся середній розрахований урожай за період 2011-2030рр становить 36 ц/га. Раз у 10 років тут можна очікувати урожаї на рівні 45 ц/га, а майже кожного року гарантовано забезпечений урожай у 23 ц/га.

Таблиця 6.30 Забезпеченість розрахованих за кліматичним сценарієм А1В врожаїв озимої пшениці (ц/га) на території України

Зона		Забезпеченість, %									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
		Період 2011-2030 рр									
Полісся	44	57	53	49	45	42	40	37	33	30	27
Західний Лісостеп	36	51	48	45	43	39	37	36	36	28	27
Східний Лісостеп	32	46	42	39	36	33	30	27	24	21	18
Степ	20	29	27	25	23	20	18	16	13	11	8
		Період 2031-2050 рр									
Полісся	48	59	56	53	49	46	43	40	37	34	30
Західний Лісостеп	30	45	41	38	34	31	28	26	23	20	17
Східний Лісостеп	34	48	45	42	38	35	32	28	26	24	21
Степ	20	29	27	25	23	20	18	16	13	11	8



У розрахунковий період 2031 – 2050 рр найбільші врожаї можна очікувати також на території Полісся. Там кожного другого року в разі реалізації сценарію зміни клімату А1В можна очікувати урожаї озимої пшениці на рівні 46 ц/га. Майже кожного року можна очікувати до 30 ц/га, а раз в 10 років - до 59 ц/га. Рівень очікуваних врожаїв озимої пшениці на території східного та західного Лісостепу у розрахунковий період може бути на майже однаковому рівні. У середньому за розрахунковий період можна очікувати урожаї на цих територіях до 35 ц/га. З 95 % імовірністю можна очікувати урожаї до 21 ц/га та 17 ц/га на території західного та східного Лісостепу відповідно. На території Степу середній рівень врожаїв за розрахунковий період має становити 20 ц/га. Майже кожного року можна очікувати отримання урожаїв на рівні 21 ц/га, а кожні 9-10 років можна очікувати отримання урожаїв озимої пшениці до 29 ц/га.

На рис. 6.54 та рис. 6.55 представлені карти на яких показано імовірнісний розподіл очікуваних врожаїв озимої пшениці за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В по розрахункових періодах.

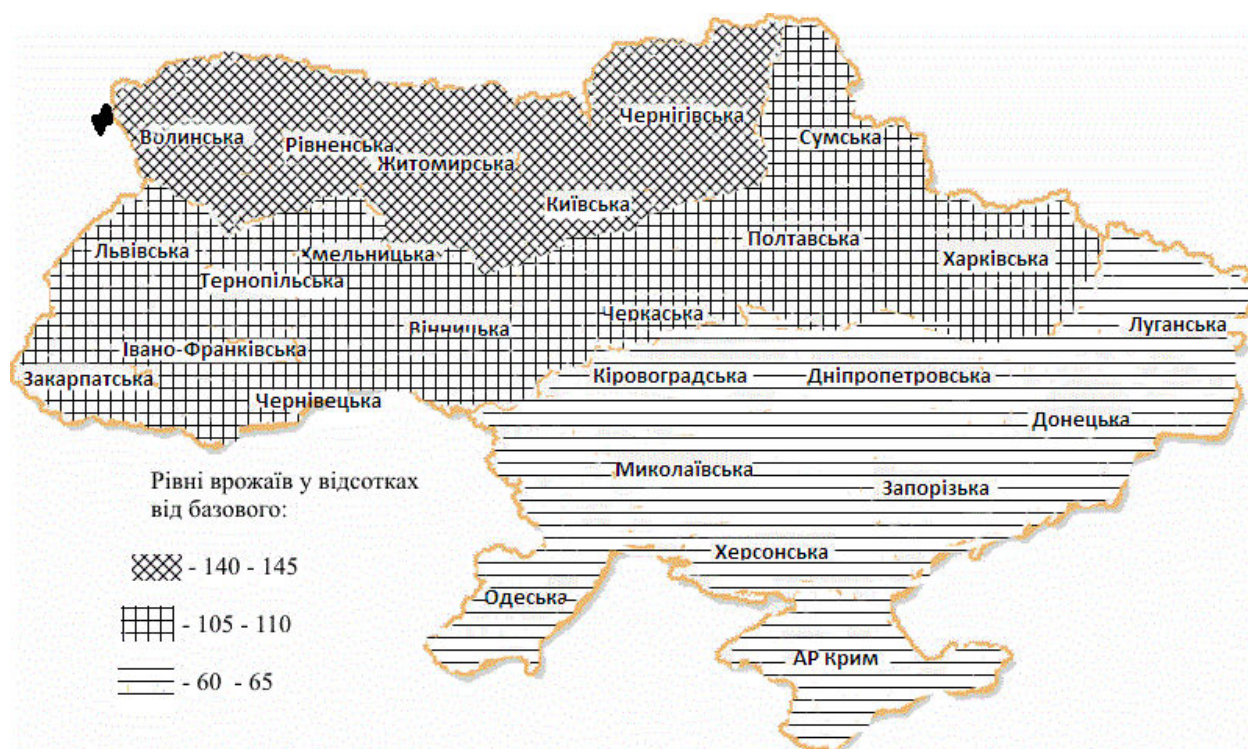


Рисунок. 6.54 – Імовірнісний розподіл очікуваних врожаїв озимої пшениці за умов реалізації сценарію А1В у розрахунковий період 2011 – 2030 рр.

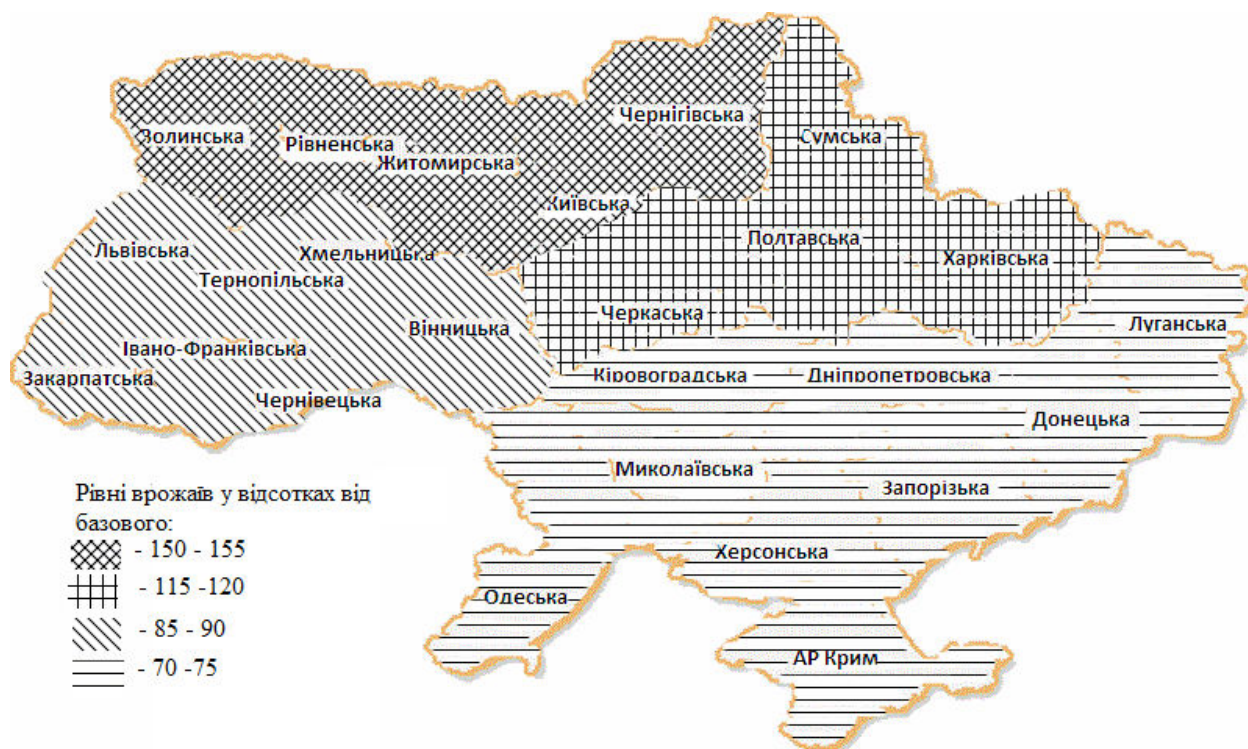


Рисунок. 6.55 – Імовірнісний розподіл очікуваних врожаїв озимої пшениці за умов реалізації сценарію А1В у розрахунковий період 2031 – 2050 рр.

У розрахунковий період 2031 – 2050 рр слід очікувати подальшого зниження рівня врожаїв озимої пшениці на території західного Лісостепу, Прикарпаття та Закарпаття до 85-90 % від базового рівня. На території східного Лісостепу рівень врожаїв майже не зміниться и може скласти 115-120 % від базового. На території Степу від також практично не зміниться і складе 70-75 % від середнього багаторічного. І лише на території Полісся можна очікувати на подальше збільшення рівнів врожаїв озимої пшениці до 150-165 % від базового рівня.

## 6.4 Структура агрокліматичних моделей продуктивності ярого ячменю

### 6.4.1. Агrometeorологічні особливості ярого ячменю та його вимоги до умов навколишнього середовища

Ярий ячмінь вирощують в Україні як продовольчу, кормову й технічну культуру. Проте за обсягом використання його продукції в народному господарстві він є насамперед однією з цінних зернофуражних культур, частка якої в балансі концентрованих кормів є значною.

Зерно ячменю, в якому міститься у середньому 12,2 % білка, 77,2 % вуглеводів, 2,4 % жиру, до 3 % зольних елементів, є високопоживним кормом (в 1 кг міститься 1,2 корм. од. і 100 г перетравного протеїну) для всіх видів тварин, особливо для відгодівлі свиней на високоякісний бекон. Важливо, що білок є повноцінним за амінокислотним складом, а за вмістом таких амінокислот, як лізин і триптофан, він переважає білок зерна усіх інших злакових культур. Тому при збільшенні в кормовому раціоні ячмінної дерті або висівку худоба швидко набирає масу і стає більш стійкою проти несприятливих умов утримання.

Цінується у тваринництві як грубий корм солома ячменю, особливо сортів з гладенькими остюками (1 ц якої прирівнюється до 36 корм. од.), і запарена полова. Вирощують ячмінь на зелений корм і сіно у сумішах з ярою викою, горохом, чиною, високоякісний урожай яких часто досягає 250 – 300 ц/га.

Ячмінь є важливою продовольчою культурою. Із зерна скловидного крупнозерного дворядного ячменю виробляють перлову та ячмінну крупу, у складі якої міститься 9 — 11 % білка, 82 — 85 % крохмалю. У крайніх північних і гірських районах СНД із зерна ячменю виробляють борошно, яке використовують як домішку до пшеничного або житнього борошна при випіканні хліба. Через низьку якість клейковини хліб з чистого ячмінного борошна виходить мало-об'ємним, слабопористим, швидко черствіє.

Зерно ячменю використовують для виробництва пива.

#### *Вимоги культури до тепла.*

Насіння його починає проростати при температурі 1 – 2 °С, а сходи й молоді рослини легко витримують заморозки до 3 – 4 °С, а інколи до мінус 7 – 9 °С. При такому зниженні температури листя може загинути, але вузол кущення зберігається і після підвищення температури рослини відростають і продовжують вегетацію. У період вегетації сприятливою для росту й розвитку рослин є температура 18 °С. Разом з тим ячмінь характеризується значною стійкістю проти високих температур, легко витримуючи підвищення їх до 38 – 40 °С. За такої температури продихи в листках та інших органах ячменю паралізуються лише через добу – півтори (25 –

35 год), тоді як у ярої пшениці – вже через 10 – 17 год настає їх параліч, а у вівса – навіть через 5 год. Тому посіви ярого ячменю і поширені далеко на південь.

*Вимоги культури до вологи.*

Серед хлібів першої групи ячмінь є найбільш посухостійким. Його транспіраційний коефіцієнт становить близько 403 з коливанням від 300 до 450, що також має велике значення для поширення його на півдні.

Для проростання насіння ячменю потрібно 45 – 50 % води від його сухої маси, що значно менше, ніж для насіння пшениці й вівса. Проте слід враховувати, що в ячменю на початку вегетації недостатньо розвивається коренева система і рослини погано витримують весняну посуху, тому не можна затримуватись із сівбою, бо це може зумовити недружнє проростання зерна і зріджені сходи. У зв'язку з цим ячмінь треба сіяти в перші дні весняних польових робіт у достатньо вологий ґрунт. Дуже чутливий ячмінь до надмірної вологості ґрунту і різко знижує свою врожайність на заболочених ґрунтах, недостатньо пухких, з близьким заляганням ґрунтових вод [36].

*Вимоги культури до світла.*

За характером розвитку ярий ячмінь належить до рослин довгого світлового дня. Серед інших зернових ярих культур він є найбільш скоростиглою культурою, деякі сорти його дозрівають за 75 днів. Завдяки короткому вегетаційному періоду його успішно вирощують у північних районах СНД (у Заполяр'ї він практично є основною продовольчою культурою). На півдні, південному заході, де світловий день коротший, вегетаційний період ячменю триває 105 – 115 днів.

*Вимоги культури до ґрунтів та елементів мінерального живлення.*

Обробіток ґрунту. Ячмінь виявляє підвищені вимоги до обробітку ґрунту. Ґрунт має бути пухким, чистим від бур'янів. Залежно від попередника, ґрунтової відміни і погодних умов ґрунт готують по-різному. При розміщенні ярого ячменю після зернових та зернобобових культур система зяблевого обробітку ґрунту включає лущення стерні та оранку на зяб. Лушити стерню треба одночасно із збиранням попередника.

Зяблеву оранку плугами з передплужниками після стерньових попередників проводять на глибину 20 – 22 см, а на полях, засмічених осотом, 25 – 27 см, гірчаком – до 30 см.

Після таких просапних культур, як картопля, цукрові буряки, зяблеву оранку проводять на глибину 20 – 22 см і часто без попереднього лущення, після кукурудзи – на глибину до 30 см.

Весняний обробіток ґрунту під ячмінь на пухких ґрунтах складається з раннього дворазового боронування середніми або важкими боронами, на

важких – з боронування (закриття вологи) і культивуації з одночасним боронуванням на глибину загортання насіння (6 – 8 см). Поля, чисті від післяжнивних решток, обробляють агрегатом з послідовно з'єднаних важких, середніх і легких борін. Починати обробіток ґрунту слід при настанні його фізичної стиглості.

Добрива. Засвоєння кореневою системою ячменю поживних речовин ґрунту невисоке, тому він дуже добре реагує на внесення добрив. Наприклад, на Ерастівській дослідній станції при внесенні мінеральних добрив в дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  приріст урожаю ячменю в середньому за 5 років становив 7,2 ц/га, а на Чернігівській на такому самому фоні – 8,7 ц/га.

При удобренні посівів ячменю необхідно враховувати його потреби в поживних речовинах на різних ґрунтах. Так, на підзолистих і сірих лісових ґрунтах, деградованих та опідзолених чорноземах, сіроземах і каштанових ґрунтах він особливо добре реагує на азотні й фосфорні добрива. Калій найбільш ефективний на піщаних і осушених торфових ґрунтах, фосфор – на глибоких чорноземах.

Ячмінь позитивно реагує не тільки на безпосереднє внесення добрив, а й на їх післядію. Тому при інтенсивному вирощуванні ячменю посіви його удобрюють мінеральними добривами, а органічні добрива вносять під попередники.

Норми мінеральних добрив найбільш доцільно розраховувати на заплановану врожайність або відповідно до зональних рекомендацій.

Фосфорні та калійні добрива вносять під основний обробіток ґрунту, азотні – краще локально одночасно з передпосівною культивуацією культиваторами-рослинопідживлювачами на глибину 10 – 12 см [36].

#### *Характеристика сортів.*

Визначення різновидностей ячменю. Основні ознаки, за якими визначають різновидності ячменю, такі: забарвлення колоса (жовте, чорне), будова остюків (гладенькі, зазублені, фуркатні), щільність колоса (щільний – понад 12 члеників на 4 см довжини стрижня колоса, нещільний - менше 11 члеників), плівчастість зерна (плівчасте або голе).

*Бадьорий.* Різновидність сорту – *submedicum*. Екотип лісостеповий. Колос дворядний, солом'яно-жовтий, середньої довжини, нещільний (11,8 члеників на 4 см). Соломина середньої довжини (51,5-86,3 см), дуже міцна. Остюки солом'яно-жовті, довгі, зверху слабо зазублені. Квіткові луски дрібнозморшкуваті, зі слабо вираженою нервацією, поступовим переходом в остюк. Зерно еліптичне, жовте, плівчасте. У сприятливому 1994 році зерно містило 10,61 % білка, 62,4 % крохмалю, 79,77 % екстрактивності, а тому має високі пивоварні якості.

*Водограй.* Апробаційні ознаки. Різновидність *нутанс*. Колос середньої довжини (8-10 см), середньої щільності (10 члеників на 4 см колосового

стрижня), неламкий, солом'яно-жовтий, веретеноподібної форми, пониклий при дозріванні. Маса 1000 зерен 48-50 г.

*Геліос.* Придатний для поширення в зонах Степу, Лісостепу та Полісся. Сорт стійкий до вилягання, осипання, та посухи. Потенційна можливість сорту - 89 ц/га. Має хороші круп'яні якості. Сорт має групову стійкість до летючої сажки, борошнистої роси, смужкового гельмінтоспоріозу.

*Еней.* Тип розвитку - дворучка (альтернативний). Сорт інтенсивного типу. Високоадаптований для будь-яких умов вирощування, має підвищену посухостійкість. Добрі результати дає при внесенні повного мінерального живлення. Слабко уражується гельмінтоспоріозом і твердою сажкою. В закладах експертизи за роки випробування отримали середній урожай 54,5-55,7 ц/га, що на 13,7-17,4 ц/га більше стандартів. Рекомендований для поширення в зонах Степ, Лісостеп та Полісся.

*Здобуток.* Кущ напівпрямостоячий. Рослини середньої висоти, з похилим прапорцевим листком – середня кількість. Початок колосіння середній. Вегетаційний період 92-98 днів. В закладах експертизи за роки випробування отримали середній урожай 49,5-54,5 ц/га, що на 10,1-14,8% більше стандартів. Стійкий щодо полягання та осипання. Добрі результати дає при внесенні повного мінерального живлення. Слабко уражується гельмінтоспоріозом і твердою сажкою. Протруєння насіння перед сівбою Вітаваксом 200 ФФ забезпечує повний захист від хвороб. Добре адаптований до всіх природно - кліматичних умов України.

*Командор.* Різновидність – *нутанс*. Сорт стійкий щодо осипання та полягання. Належить до сортів пивоварного призначення. Білка містить 11%. Плівчастість 7-8 %. Екстрактивних речовин 80,1 % та крохмалю 45,8 %. Добра озерненість колоса (23-28 зерен у колосі), має високу кущистість та вирівняність стеблостою. Стійкий щодо борошнистої роси, карликової іржі, летючої та кам'яної сажки, гельмінтоспоріозу.

#### *Попередники ярого ячменю.*

Ярий ячмінь внаслідок недостатнього розвитку кореневої системи, короткого вегетаційного періоду, підвищених вимог до структури ґрунту, є *найбільш вимогливий середзернових до попередника*. У комплексі агротехнічних заходів, які забезпечують оптимальні умови для розвитку ячменю при інтенсивній технології вирощування, висівати його слід на родючих, чистих від бур'янів ґрунтах.

У зоні *Степу* основним критерієм цінності попередника є запаси вологи, які залишаються в ґрунті. Найбільший урожай ячменю одержують при розміщенні ячменю після кукурудзи, пшениці, вівса. Менший урожай формується при сівбі ячменю після цукрового буряка, соняшника, які дуже висушують ґрунт. Лише в роки з великими запасами вологи в ґрунті не спостерігається негативного впливу цукрового буряка на врожай та якість зерна ячменю.



У *Лісостепу* високу якість і врожайність має *кормове і продовольче зерно ячменю* при розміщенні його після *багаторічних бобових трав, зернових бобових культур, ріпаку та однорічних трав*. Проте ця група культур є також найкращими попередниками для озимих зернових. Тому за наявності у сівозміні озимих зернових, для ярого ячменю найкращими попередниками є *просапні культури* (цукровий буряк, картопля, кукурудза), під які вносять органічні та мінеральні добрива. Міжрядний обробіток сприяє очищенню поля від бур'янів і нагромадженню в ґрунті легкозасвоюваних поживних речовин. Крім того, після просапних культур не ущільнюється ґрунт (ячмінь погано переносить щільні ґрунти, що запливають, у нього жовкне листя, засихають верхівки, сповільнюється розвиток біомаси). Розміщенням озимих зернових після багаторічних бобових трав, зернобобових культур, однорічних трав, ріпаку та ін., а ярих зернових після просапних культур, створюються найкращі умови росту для більшості культур сівозміни.

У випадку сильного насичення сівозміни зерновими культурами допускається на родючих ґрунтах вирощування ярого ячменю після озимої пшениці, але тільки з використанням сидератів і проміжних культур як фітосанітарів. Інакше таке розміщення буде економічно проблемним, оскільки вимагатиме великих затрат на агрохімікати.

Не рекомендується сіяти ярий ячмінь після озимого ячменю і вівса, в першу чергу через фітосанітарні причини. Між озимим і ярим ячменем необхідно дотримуватися також просторової ізоляції, оскільки озимий ячмінь є небезпечним джерелом збудників хвороб ярого ячменю - борошнистої роси, жовтої іржі та ін.

У *Поліссі* ярий ячмінь розміщують після *картоплі, люпину, кукурудзи*. Гіршими попередниками є озимі зернові.

Ячмінь відносно скоростиглий та низькорослий, тому це одна з найкращих покривних культур для підсіву багаторічних трав [37].

#### Обробіток ґрунту під ярий ячмінь.

Ярий ячмінь належить до рослин з підвищеними вимогами до обробітку ґрунту. Ґрунт для нього має бути нещільним, чистим від бур'янів. На щільних ґрунтах погано розвивається коренева система ячменю, жовкне листя, що знижує продуктивність рослин.

Ячмінь дуже добре реагує на зяблеву оранку після всіх попередників. При розміщенні його після зернових культур чи однорічних трав є можливість провести лушення стерні. На полях, засмічених однорічними бур'янами, вистачає одного лушення дисковими лушильниками (ЛДГ-10; ЛДГ-15) на глибину 6-8 см. У випадку сильного забур'янення через 2-3 тижні проводять повторне лушення на глибину 10-12 см дисковими боронами (БДТ-7). Лушення можна з успіхом замінити внесенням універсальних

гербіцидів (раундап, гліфоган та ін.) після відростання бур'янів. Особливо ефективні ці препарати у боротьбі з багаторічними бур'янами (пирій, осот).

Якщо попередник кукурудза, поле дискують важкими боронами БДТ-7 і проводять зяблеву оранку. Глибина оранки на полях, де проведено 1-2 лущення, становить 20-22 см. За наявності осоту глибину оранки збільшують до 25-27 см. Оптимальні строки зяблевої оранки коливаються в межах другої половини вересня - першої або другої декади жовтня.

На важких та перезволожених ґрунтах до чи після оранки на зяб рекомендується глибоке чизелювання або щільювання на 40-50 см.

При розміщенні ярого ячменю після цукрових буряків чи картоплі, відразу після їх збирання площу орють на глибину 20-22 см. На легких за механічним складом ґрунтах оранку можна замінити поверхневим обробітком, особливо після картоплі. У зоні Степу, за даними багатьох досліджень, оранка, плоскорізний чи поверхневий обробіток майже рівноцінні за впливом на формування врожаю ячменю, як після просапних культур, так і після інших попередників.

У зоні *Лісостепу* з нестійким зволоженням має перевагу безполіцеве розпушування ґрунту, а в зволоженій *західній частині регіону* більш доцільна оранка, в першу чергу як ефективний захід у боротьбі з бур'янами. Заміна звичайно рекомендованого обробітку на 20-22 см, мілким на 12—14 см, не забезпечує сталих позитивних наслідків і здебільшого себе не виправдовує. *Проте в жодному разі не слід допускати проведення весно-оранки!* Це призводить до втрати вологи, запізнення зі строками сівби а, отже, до зменшення врожайності та зростання собівартості зерна. Якщо лишилося поле до весни необробленим, доцільніше з економічної точки зору провести пряму сівбу спеціальними сівалками.

*Передпосівний обробіток ґрунту* під ранні ярі зернові розпочинається при фізичному його досягненні. Рано навесні, як тільки ґрунт перестає мазатися, на полях, які швидко пересихають, з метою закриття вологи слід провести боронування і шлейфування зябу впоперек оранки. Площі, які будуть засівати в першу чергу, зразу ж культивують і готують до сівби без попереднього закриття вологи шляхом боронування.

Передпосівний обробіток ґрунту повинен бути виконаний на глибину загортання насіння.

Різноманітність ґрунтово-кліматичних умов, ступінь окультурення ґрунту, його фізичний стан потребують диференційованого підходу до обробітку в передпосівний період. Ярий ячмінь дуже негативно реагує на переущільнення і перезволоження ґрунту та нестачу в ньому кисню. Вибір оптимального стану вологості ґрунту для ярого ячменю особливо важливий. Тому на *перезволожених ґрунтах з важким механічним складом в умовах затяжної прохолодної весни* для покращення аерації, прискорення прогрівання та активізації мікробіологічних процесів необхідне глибоке



розпушування (8-12 см) з наступним доведенням ґрунту до посівного стану. Якщо на зяб виорано плугами, застосовують культиватори типу КПС-4; на плоскорізному зябу - використовують голчасті борони (БИГ-3; БМШ-15) або лушпильники з плоскими дисками (ЛДГ-10А). Для остаточного доведення ґрунту до посівного стану найкраще використати комбіновані агрегати типу комбінатор ЛК-4, Європак та ін.

У зоні Степу проведення передпосівної культивації через 4-5 днів після ранньовесняного боронування призводить до великих втрат вологи, що зменшує польову схожість і врожайність зерна. Тому сіють у цій зоні зразу вслід за закриттям вологи, не допускаючи пересихання верхнього шару ґрунту.

*На легких ґрунтах за відсутності опадів* головним за передпосівної підготовки ґрунту є збереження і нагромадження вологи, добре розпушення ґрунту. Цього можна досягти шляхом мінімальної обробки.

На полях, чистих від післязбиральних решток, можна використати дуже простий агрегат із послідовно з'єднаних важких, середніх та легких борін. На гірше вирівняних площах необхідно застосовувати голчасті борони в агрегаті з котками та зубовими бородами. При використанні культиваторів типу КПС-4 обов'язково коткують ріллю. Найкращу якість підготовки ґрунту до сівби дає використання сільськогосподарських машин класу "Компактор", ЛК-4 чи "Європак".

У всіх зонах за високої вологості ґрунту на передпосівній підготовці його не допускається використання енергонасичених колісних тракторів класу Т-150К і особливо К-700.

Передпосівний обробіток ґрунту виконується впоперек до напрямку сівби або під кутом до неї. Розрив у часі між передпосівним обробітком і сівбою не повинен перевищувати 0,5-1 год.

#### *Система удобрення.*

Система удобрення ярого ячменю визначається в першу чергу попередниками. Він має цінну здатність якнайкраще використовувати післядію органічних і мінеральних добрив, що вносились під попередню культуру. Якщо ярий ячмінь висівається після добре удобрених просапних культур (цукровий буряк, картопля), під які внесено 40-50 т/га гною і мінеральні добрива в межах  $N_{80}P_{80}K_{80}$  -  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , то безпосередньо під ячмінь добрива не вносять зовсім. На такому фоні ячмінь при відповідному догляді здатний формувати 40-50 ц/га зерна.

Зрозуміло, що у випадку неповного забезпечення цукрових буряків чи картоплі добривами, ячмінь потребуватиме додаткового внесення макроелементів.

Ячмінь дуже добре реагує на внесення добрив, особливо в умовах достатнього зволоження. Приріст урожаю від мінеральних добрив може

досягати 15-20 ц/га. Щоб запобігти вилягання рослин, потрібно забезпечити правильне співвідношення поживних елементів - азоту, фосфору та калію.

Внесення *фосфору* збільшує кустистість рослин, запобігає вилягання, прискорює досягання, підвищує якість зерна. Норма внесення фосфору коливається в межах від 40 до 100 кг/га д.р.

Внесення *калію* сприяє формуванню більш виповненого зерна, збільшує стійкість рослин до ураження хворобами, підвищується стійкість соломини до вилягання, ячмінь краще витримує посуху. Норма внесення калію коливається від 60 до 120 кг/га д.р.

Повну норму фосфорних і калійних добрив у зоні Степу, Лісостепу, Полісся вносять під основний обробіток ґрунту.

*Азотні* добрива у зоні Степу пропонується вносити одноразово. Переваги роздрібненого внесення азоту у цій зоні не виявлено. У роки з тривалою посухою, особливо в першій половині вегетації, підживлення азотом не приводить до збільшення врожаю зерна ячменю. Азот, що внесений восени, не вимивається на важких зв'язних ґрунтах зони Степу і ефективно використовується рослинами у весняно-літній період вегетації. Азотні добрива у зоні **Лісостепу і Поліссі** розпочинають застосовувати під передпосівну культивуацію, а пізніше вносять у підживлення на різних фазах росту рослин.

*При удобренні ячменю необхідно дотримуватися таких правил:*

1). На родючих ґрунтах (чорноземі, темно-сірі та ін.) для одержання 40-50 ц/га зерна ячменю після добрих попередників необхідно вносити  $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$

2). На бідніших ґрунтах (дерново-підзолисті, світло-сірі і т.д.) норму добрив збільшують до  $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$ .

3). При вирощуванні ячменю після гірших чи малоудобрених попередників норму добрив підвищують на 25-30%.

4). Норма добрив для сортів ячменю, схильних до вилягання, не повинна перевищувати  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Високопродуктивні, чутливі на добрива і стійкі до вилягання сорти забезпечують максимальні врожаї з підвищенням доз добрив до  $N_{90}P_{90}K_{90}$ -  $N_{120}P_{90}K_{90}$

5). Після добре удобрених органічними і мінеральними добривами просапних культур під ярий ячмінь добрива можна не вносити.

6). На меліорованих торфових землях калію вносять 80-100 кг/га, фосфору 30-50 кг/га д.р. і 15-20 кг/га мідного купоросу. Азот в невеликій кількості ( $N_{15-20}$ ) вносять тільки на сильно мінералізованих торфовищах.

7). При вирощуванні пивоварного ячменю, а також при підсіві багаторічних бобових трав, дозу азотних добрив зменшують на 25-30%. Вона не повинна перевищувати після удобрених просапних культур  $N_{30}$ , а після інших попередників -  $N_{60}$ .

8). Дози добрив і строки внесення азоту визначають залежно від родючості ґрунту, попередника, гідротермічних умов року, рівня удобрення та біологічних особливостей сортів.

Норма внесення азоту на високому агрофоні має бути в межах 45 – 60 кг/га д.р. Після малоцінних попередників та на ґрунтах з відносно низькою родючістю зростає до 60-80 кг/га д.р. При цьому на відміну від озимих культур, 50% загальної норми азоту необхідно обов'язково внести до сівби. Найкраще розкинути добрива незадовго до передпосівного обробітку і загорнути їх у верхньому шарі, оскільки азот швидко вимивається у глиб ґрунту. Решту азоту необхідно вносити на IV етапі органогенезу для підвищення озерненості колоса.

Вирощування ячменю на кормові і пивоварні цілі вимагає різного підходу до удобрення азотом.

*Кормовий ячмінь* при вирощуванні за інтенсивною технологією удобрюють так, щоб досягти максимуму врожайності і вмісту протеїну. В умовах достатнього зволоження, крім передпосівного внесення ( $N_{30-40}$ ), можна посіви ще два рази підживити. Перше підживлення (N) у фазі кушіння забезпечує приріст протеїну і збільшує кількість зерен у колосі. Друге підживлення ( $N_{30}$ ) у фазі колосіння сприяє приросту лізину і росту маси 1000 зерен. Загальну дозу азоту можна збільшити понад 90 кг/га д.р. і довести її до  $N_{100-190}$ . Такі високі норми можна застосовувати тільки в тому випадку, якщо забезпечується значний приріст зерна, що окупить вартість добрив і принесе прибуток.

#### *Застосування мікроелементів.*

При недостатньому вмісті мікроелементів в ґрунті, вносять їх при підготовці насіння або під час вегетації обприскують посіви. На дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах мікроелементи вносять при вмісті: бору - менше 0,3 мг, міді - 1,5 мг, марганцю - 30 мг і цинку - менше 0,7 мг на 1 кг ґрунту. Бор ефективний на вапнякових ґрунтах з нейтральною реакцією, молібден - на кислих (рН менше 5,2), мідь - на торфових, цинк - на ґрунтах з високим вмістом рухомого фосфору. При обробці насіння на 1 т зерна витрачають 100 г бору, 300 г міді, 180 г марганцю, 120 г цинку. Використовують борну кислоту, сульфат міді, цинку і марганцю. Мікроелементи вносять також під час вегетації ячменю одночасно з фунгіцидами чи інсектицидами. Роль мікроелементів (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B) в мінеральному живленні рослин, як складової ферментативних систем-біокатализаторів важко переоцінити.

Мікроелементи в формі неорганічних солей, доступні для рослин в дуже незначних кількостях і переважно на кислих ґрунтах, лише молібден засвоюється рослинами на слабо лужних ґрунтах (табл. 6.31)

Таблиця 6.31 – Оптимальна кислотність ґрунту для найкращого засвоювання мікроелементів рослинами

Показник	Бор	Мідь	Залізо	Марганець	Молібден	Цинк
<i>РН</i>	5,0-7,0	5,0-7,0	4,0-6,5	5,0-6,5	7,0-8,5	5,0-7,0

Застосування регуляторів росту на яром ячмені.

Для одержання високих і стабільних урожаїв зерна ячменю, рекомендується застосовувати регулятори росту (морфорегулятори). Вони сприяють скороченню довжини міжвузлів і висоти стебла. Збільшується діаметр соломини і товщина її стінок, внаслідок чого рослини ячменю стають стійкими до вилягання. Крім захисту від вилягання, регулятори росту впливають на процес кушіння рослин. Вони зменшують апікальне домінування головного стебла, формується більше бокових стебел, які рівномірно розвинуті і мало відстають у рості від основного стебла, тобто забезпечується синхронне кушіння.

У фазі кушіння для запобігання вилягання вносять хлормекватхлорид 460 (БАСФ). Посіви ячменю обробляються наприкінці фази кушіння препаратом терпал С, 46 % р.к. (ф. БАСФ), який містить дві діючі речовини: хлормекватхлорид 305 г/л + етефон 155 г/л. Норма внесення 2,0-2,5 л/га. У кінці фази кушіння - на початку виходу в трубку рекомендується застосовувати стабілан 750SL (хлорид хлормеквату, 750 г/л) з нормою внесення 1,0-2,0 л/га.

Вищі норми ретардантів використовують при догляді за сортами, що схильні до вилягання, при внесенні високих норм добрив, на загущених посівах, у випадку великої кількості опадів.

Внесення морфорегуляторів підвищує інтенсивність кушіння, запобігає вилягання, сприяє рівномірному цвітінню і досягання зерна, підвищує стійкість до хвороб, покращує якість зерна, сприяє повній реалізації продуктивного потенціалу сорту, заощаджує кошти під час збирання врожаю.

Під час внесення ретардантів температура не повинна перевищувати 22°C. Якщо температура вища, то обприскування переносять на дні з нижчою температурою. Між обробкою гербіцидами і внесенням терпалу потрібно витримати інтервал у 8-10 днів.

Особливості застосування регуляторів росту рослин подано в таблиці 6.32.

Таблиця 6.32 - Використання регуляторів росту на ячмені

Назва препарату, діюча речовина, фірма	Норма використання	Спосіб, час обробки
1	2	3
Агат 25К, т.п. (інактивовані бактерії <i>Pseudomonas aureofaciens</i> штаму НІ6), ПФІГА, Україна	8-10мл/т	Обробка насіння проти корневих гнилей Обприскування посівів
	8-10 мл/га	
Агростимулін, в.с.р. (N-оксид-2,6-диметилпіридину і комплекс ростових речовин), ф. Високий урожай, Україна	5-10мл/т	Інкрустація насіння
	5-10 мл/га	Обробка посівів у фазі виходу в трубку
Біотрансформатор (БТР), гр. (композиція мікродоз К, Mg, В, Cu, S, Na, Fe, сахарози), ф. Інтер-Контакт, Україна	10 гранул/т	Обробка насіння 0,1% водним розчином
	300-400 гранул/га	Обробка посівів 0,1% водним розчином
Вермістим, р. (фітогормони, гумінові та фульвокислоти, вітаміни), ф. Біоконверсія, Україна	3-10л/т	Обробка насіння
	5-15 л/га	Обробка рослин під час вегетації
Гумісол, рід. (комплекс гумінових кислот, вітамінів і гормонів), ф. Гермес, Україна	6-12 л/га	Обприскування посівів
Емістим С (екстракт ростових речовин в 60% етанолі), ф. Високий урожай, Україна	10 см в 10 л води на 1 т насіння	Передпосівна обробка насіння одночасно з протруюванням
	5 мл в 300 л води на 1 га	Обприскування посівів на початку виходу в трубку
Ендофіт L1, р. (екстракт рослинних фізіологічно-активних речовин, 0,26-0,52%), ф. Імпторгсервіс, Україна	3-5 мл/т	Передпосівна обробка насіння одночасно з протруєнням
	3-10 мл/га	Обприскування посівів
Імуноцитофіт, 062% к.е. (етилловий ефір арахідонової кислоти), ф. Гінкго, Росія	2 мл/т	Обробка насіння
	2 мл/га	Обприскування посівів
Марс-У, 77: рід. (поліетиленгліколь 400 - 230 г/л + поліетиленгліколь 1500 - 540 г/л + гумат натрію 30 г/л), ф. Алеф, Україна	200 г/т	Обробка насіння одночасно з протруюванням

Продовження табл. 6.32

1	2	3
Триман-1, кр.п. (акваК-окис-2 метилпіридин-марганець /2 /-хлорид), ф. Аксо, Україна	5-20 г/га	Обприскування під час вегетації
	10-20 г/т	Обробка насіння
Фумар, 1%, 10% рід. (диметило-вий ефір амінофумарової кислоти), ф. Агродар, Україна	1-2 мл/т	Інкустація насіння

*Сівба ярого ячменю.*

*Підготовка насіння, сорти.*

Сіють ячмінь кондиційним насінням високих репродукцій. При вирощуванні за інтенсивною технологією використовують насіння з масою 1000 зерен 40-50 г, силою росту не менше 80%.

Однорідне та вирівняне за розміром насіння забезпечує одержання дружних сходів та рівновеликий розвиток рослин впродовж вегетації. Висока маса 1000 насінин забезпечує надійний запас поживних речовин при проростанні та ефективний біологічний розвиток рослин.

Якщо джерелом захворювання ячменю є насіння, його обов'язково протруюють. *Протруювання насіння є найбільш дешевим, ефективним і обов'язковим заходом захисту рослин.*

При виборі препарату для протруювання необхідно враховувати спектр його дії, очікуване ураження хворобами, сортові особливості, погодні умови, реакцію рослин на даний препарат, ціну, його тип (порошок чи рідина) та ін.

До сортів інтенсивного типу належать Роланд, Гонар, Гостинець, Дружба. Сорти напівінтенсивного типу - Стяг, Переможний, Миронівський 86, Прерія. До пластичних сортів відносять Миронівський 92, Фінк, Едем. Сорти Перелом, Престиж найбільш придатні для одержання із зерна крупи.

*Спосіб сівби.*

Основним недоліком звичайного рядкового способу сівби є надзвичайно висока густота насіння в рядку. Критична відстань між рослинами в рядку 1,4 см. При нормі висіву 5-6 млн. насінин на 1 га відстань між ними в рядку становить 1,1-1,3 см, тобто менша від критичної.

Вузькорядний спосіб сівби, розділюючи потік насіння надвоє, при тій же нормі висіву збільшує відстань між насінинами у два рази - до 2,2-2,6 см. Проте сівалками з дисковими сошниками неможливо рівномірно загорнути насіння по глибині. Сходи і рослини не вирівняні по висоті і розвитку.

На практиці все ще переважає рядковий (15 см) спосіб сівби (сівалки СЗ-3,6А; СЗ-3,6А-03; СЗ-3,6А-04; СЗ-5,4; СЗ-5,4-03; СЗ-5,4-06). При

інтенсивній технології вирощування ярого ячменю перевагу має вузькорядний (7,5 см) спосіб сівби. Краще використовувати сівалки СЗЛ-3,6; СЗ-3,6А-04; СЗ-3,6А-02; СЗ-5,4-04 та ін.). Використання імпортованих сівалок, які в більшості випадків розміщують рядки на відстані 12 см, теж має переваги над звичайним рядковим способом.

#### *Глибина сівби.*

Оптимальна глибина сівби при сприятливих умовах 2-4 см. На легких ґрунтах сіяти необхідно на 1-2 см глибше. При запізненні із строком сівби і мілкому загортанні насіння посіви обов'язково необхідно прикоткувати для кращого контакту насінини з ґрунтом і надходження вологи з глибини ґрунту.

#### *Норма висіву.*

У північних районах, де вища забезпеченість рослин водою, норму висіву встановлюють вищу, ніж у посушливих регіонах.

У лісостеповій і поліській зонах оптимальною нормою висіву вважається 4,5 млн/га, в передкарпатській і карпатській зонах вона зростає до 5,0 млн/га схожих насінин. Збільшують норму висіву при пізніших строках сівби, низькій якості підготовки ґрунту та для слабо-кущистих сортів. На 1 га висівають орієнтовно 160-220 кг/га насіння.

При вирощуванні ячменю в кращих умовах застосовують менші норми, ніж у гірших. Для схильних до вилягання та сильнокущистих сортів норма висіву зменшується орієнтовно на 0,5-1,0 млн/га схожих насінин.

Ярий ячмінь є основною покривною культурою, під яку підсівають багаторічні трави. У цьому випадку норму висіву його зменшують на 10-15% порівняно з нормою для чистого посіву.

Ячмінь здатний інтенсивно кущитись, чим вигідно відрізняється від інших ярих зернових культур. Бокові пагони формують майже таку продуктивність як і основні, стеблостій вирівняний за розвитком та висотою. При інтенсивних технологіях необхідно повністю реалізовувати цю цінну біологічну особливість. На полях з високою культурою землеробства, де забезпечується польова схожість на рівні 80 %, а загальне виживання рослин в межах 70-75 %, на високих агрофонах можна застосовувати знижені норми висіву - 3,0—4,0 млн./га схожих насінин.

#### *Строки сівби.*

Ячмінь належить до групи маловимогливих до тепла культур, його насіння може проростати при температурі 1-3 °С тепла. Сівбу проводять у ранні строки, як тільки дозволяє стан ґрунту. Критерієм початку сівби є стиглість ґрунту, коли досягається якісне його кришення при обробітці. Ярий ячмінь необхідно посіяти впродовж 5-7 днів від настання фізичної

стиглості ґрунту, або від першої можливості застосування ґрунтообробної техніки.

Рання сівба дає можливість ефективно використати зимові запаси вологи в ґрунті, продовжити вегетаційний період. Надзвичайно важливо те, що рання сівба затримує перехід у генеративну фазу розвитку, що позитивно впливає на густоту продуктивних стебел і урожайність у рослин довгого світлового дня.

При запізненні з сівбою рослини формують недостатньо розвинену кореневу систему, неефективно використовують вологу, формування репродуктивних органів припадає на несприятливі погодні умови. Пізні посіви кожного року дуже сильно уражуються хворобами.

Запізнення з сівбою на 8-10 днів призводить до зниження врожаю в умовах Західної України на 6-8 ц/га, в посушливі роки - на 10-14 ц/га і більше. Існує така відповідність: запізнення з сівбою на один день обумовлює втрати зерна в середньому на 0,5-0,8 ц/га, а при пізній і засушливій весні - на 1,0-1,7 ц/га.

Сівбу необхідно завершити не пізніше другої декади квітня навіть в умовах пізньої весни.

Особливо реагує на запізнення з сівбою пивоварний ячмінь. Крім зниження врожаю значно погіршується якість зерна. Підвищується плівчастість, зменшується розмір зерна та вміст у ньому крохмалю.

Є тільки одна засторога проти раннього строку сівби. Його не можна проводити за рахунок якості передпосівної підготовки ґрунту. Ярий ячмінь більше всіх зернових реагує на погано підготовлене насіннєве ложе. Не слід сіяти, якщо в ґрунті більше 10% агрегатів мають розмір 2-3 см і більше, а також у випадках перезволоження ґрунту. Особливо ячмінь боїться запливаючих ґрунтів, де при тривалій низькій температурі ґрунту (3-5°C) сильно затримуються сходи, що може призвести до зрідженості посівів. У таких випадках краще посіяти на 2-3 дні пізніше, але за цей час якісно підготувати ґрунт, забезпечивши добре насіннєве ложе.

#### *Боротьба з бур'янами в посівах ярого ячменю.*

Ярі зернові культури забур'янюються більше, ніж озимі. Ранні строки сівби ярого ячменю, ярої пшениці та вівса не дають змоги очистити поля від бур'янів навесні поверхневими обробітками ґрунту. Особливо зростає засмічення рано проростаючими бур'янами, такими як лисохвіст польовий, вівсюг звичайний і види жабрію. Коротке стебло більшості сортів ячменю, довгий період вегетації вівса та ярої пшениці також сприяють росту та розвитку бур'янів.

Якщо озимі культури краще протистоять однорічним бур'янам, то ярі сприяють знищенню багаторічних. Забур'яненість усіма видами бур'янів зростає при безплужному обробітку ґрунту, особливо в умовах достатнього зволоження.



Посіви ярого ячменю засмічують переважно ранні (редька дика, гірчиця польова, лобода біла та ін.) і пізні ярі (амброзія полинолиста, мишій сизий та зелений), а також багаторічні коренепаросткові (осот рожевий і польовий, берізка польова, гірчак рожевий) бур'яни. Недобір урожаю зерна на забур'янених полях може досягати до 25-40 % і більше.

Особливо шкідливі високорослі бур'яни з порівняно довгим періодом вегетації (осоти, лобода, гірчиця та ін.). Вони утруднюють збирання врожаю, призводять до частих поломок комбайнів, збільшують плівчастість зерна ячменю.

Сьогодні основний спосіб боротьби з бур'янами - хімічний. Є широкий вибір препаратів, які необхідно застосовувати з належною віддачею. Останнім часом перевага надається післясходовому внесенню гербіцидів, їх дія проявляється найкраще, коли бур'яни перебувають у фазі сім'ядоль. При досягненні бур'янами 4-6 листків біологічний ефект обробки знижується. Доводиться збільшувати норми внесення гербіцидів до максимально рекомендованих.

Багаторічні кореневищні та коренепаросткові бур'яни краще обробляти за висоти рослин 15-20 см. Більша листкова поверхня поглинає таку кількість гербіциду, яка викликає швидке і ефективне знищення бур'янів. Гербіциди застосовують тільки у випадку перевищення порогу шкідливості бур'янів, тобто втрати врожаю прогножуються вищі, ніж затрати на боротьбу з бур'янами.

Значні проблеми для зернових культур створює забур'яненість пирієм. Хімічна боротьба з ним на зернових ускладнена. Якщо пирієм вкрито 5-10 % площі, або 30 колосоносних стебел на 1 м<sup>2</sup>, це викликає великі втрати зерна. Успішно можна боротися з пирієм шляхом застосування гербіцидів раундапу, гліфосу та ін. їх можна вносити за два тижні до збирання (3-5 л/га). Крім загибелі пирію ці препарати підсушують зернові культури, роблять менш затратним збирання останніх. Раундап, гліфос та інші гербіциди суцільної дії можна вносити також по стерні.

#### *Система захисту ярого ячменю від хвороб.*

Ячмінь уражується багатьма хворобами. Найбільш поширені борошниста роса, смугаста і сітчаста плямистість, іржа, кореневі гнилі, ринхоспоріоз та ін.

*Летюча сажка* (*Ustilago nuda* K.) руйнує всі елементи колоса. Проявляється зазвичай під час колосіння. Замість зерна утворюється безформна чорна спорова порошковидна маса. Збудник передається в період цвітіння повітряними течіями і зберігається в насінні. Тому дуже важливо своєчасно протруїти насіння.

*Тверда сажка* (*Ustilago hordei* K.) проявляється під час виходу колоса. Всі частини колоса, крім остюків, перетворюються в чорно-буру масу теліоспор, що склеєні у тверді грудки, для руйнування яких потрібні зусилля,

в зв'язку з цим цю сажку часто називають кам'яною. Джерелом інфекції є заспорене зерно. Сучасні препарати для протруювання повністю захищають від цієї хвороби.

*Борошниста роса* (*Erisiphe graminis* Dc. f. *hordei* Em. Marchal) - білий наліт на різних частинах рослин. Розвивається і поширюється протягом усього вегетаційного періоду, але найбільш інтенсивно у фазі кушіння - виходу в трубку. Завдає великої шкоди озимому і ярому ячменю при ранньому ураженні, коли інфекція може поширитися навіть на верхні листки. Оптимальні умови для розвитку хвороби - температура 12-20°C і відносна вологість повітря 70-100%. Більшість фунгіцидів захищають рослини від ураження, особливо при використанні їх з профілактичною метою на початку поширення борошнистої роси.

*Стеблова або лінійна іржа* (*Puccinia graminis* Pers.) уражує стебло, листки, колоскові луски. Спочатку утворюються продовгуваті іржасті подушечки, що пізніше зливаються у видовжені лінії. При сильному ураженні формується щупле зерно, а недобір урожаю сягає 50-60%.

*Жовта іржа* (*Puccinia striiformis* West) розвивається переважно на озимому ячмені при вологій і холодній погоді на початку літа. Симптоми ураження проявляються у вигляді блідо-жовтих смуг. Гриб зимує на посівах озимих, а навесні уражує ярий ячмінь. Уражені листки зменшують інтенсивність фотосинтезу, жовтіють і опадають, внаслідок чого формується щупле зерно. При сильному розвитку хвороби недобір урожаю досягає 15-20% і більше.

*Карликова іржа* (*Puccinia hordei* Offh). На ярому ячмені проявляється зазвичай на початку молочної чи навіть воскової стиглості зерна, а на озимому ячмені сильніше розвивається на сходах. На листках утворюються дрібні, хаотично розміщені світло-жовті уредопустули. Порівняно з іншими видами карликова іржа менш шкідлива. Зниження врожаю в межах 3-7%.

*Темно-бура плямистість, темно-бурий гельмінтоспоріоз* (*Drechslera sorokiniana* Subram, *Bipolaris sorokiniana* Shoem, *Helminthosporium sativum* P.) в останні роки, поряд з борошнистою росою, найчастіше уражує посіви ярого ячменю. На листках появляються бурі сітчасті плями, які на пізніших фазах розвитку можуть охопити всю поверхню листової пластинки. Може уражатися колос - колоскові луски буріють, зародковий кінець насінини чорніє або коричневіє. Крім надземних органів можливий негативний вплив на кореневу систему. Корінці темніють і загнивають, що призводить до пожовтіння і випадання рослин. Патоген темно-бурої плямистості одночасно є збудником кореневої гнилі. Втрати врожаю деколи досягають 30-40%.

*Сітчаста плямистість* (*Drechslera teres* Ito, *Helminthosporium teres* Sacc.) (*сітчастий гельмінтоспоріоз*). У рослин жовтіють кінчики листків, потім з'являються бурі плями з блідо-жовтою облямівкою, а також з позовжніми і поперечними смугами, які утворюють сітчастий малюнок. Плями не зливаються.

У зв'язку з тим, що значна кількість інфекції гельмінтоспоріозів зберігається на стерні, необхідно дотримуватись чергування культур у сівозміні. Посіви ячменю (особливо насіннєві) необхідно розміщувати на відстані не менше 1 км від полів, де ця культура росла минулого року.

*Смугаста плямистість, смугастий гельмінтоспоріоз* (*Drechslera graminea* Ito, *Helminthosporium gramineum* Rabenh.). Поражає ячмінь від початку сходів до досягання. Проявляється на листках у вигляді блідо-рожевих плям, що зливаються пізніше в смуги жовто-коричневого та блідо-сірого кольору, які по всій довжині мають розриви. Особливо сильно проявляється плямистість в період цвітіння і наливу зерна. Хвороба менше розвивається при внесенні фосфорних і калійних добрив та сильно прогресує, коли система удобрення складається тільки з підживлень азотом. Втрати врожаю можуть сягати 30 %.

*Кореневі гнилі* - комплексне захворювання, що спричинюється, як і на пшениці, групою грибних патогенів (гельмінтоспоріоз, фузаріоз, офіобольоз, церкоспорельоз). Характерні ознаки хвороби - побуріння та гниль коріння, підземного міжвузля, вузла кущіння, основи стебла, плямистість листків, білостебелля і біло-колосся, почорніння зародка насіння.

Джерело інфекції фузаріозно-гельмінтоспоріозної кореневої гнилі - заражене насіння, рослинні рештки, ґрунт. Офіобольоз і церкоспорельоз зберігається на рослинних рештках.

*Ринхоспоріоз, облямівана плямистість* (*Rhynchosporium graminicola* Heinsen) дуже широко поширився в Західній Україні в останні роки. Захворювання посилюється за холодної, вологої погоди. Проявляється на листках у вигляді водянистих плям, які підсихають у білувато-сірі плями, оточені жовтою або темно-сірою облямівкою. Починається хвороба з верхівки листка і поширюється на весь листок. Сильно уражені листки скручуються і засихають.

Інфекція зберігається на рослинних рештках. Може знижувати врожайність до 30 %. Захищають від цієї хвороби альто-супер, імпакт, корбель, спортак та ін.

*Септоріоз* (*Septoria hordei* Jacz) дуже поширений у вологі роки. Хвороба проявляється на листках та колосі у вигляді хаотично розміщених коричнево-фіолетових плям. На плямах добре видно дрібні чорні цятки - пікніди гриба. Джерело інфекції-рослинні рештки. Тому беззмінне вирощування зернових в останні роки дуже сприяло поширенню цієї хвороби. Проблема ще й у відсутності ефективних фунгіцидів (за винятком імпакт, бампер) для запобігання септоріозу шляхом обприскування вегетуючих рослин. Тому захищати від цієї хвороби потрібно протруюванням насіння такими препаратами як байтан-універсал, вінцит, раксил та інші.

*Інші хвороби менш поширені на посівах ячменю. Проти хвороб (сажки, плямистість, кореневі гнилі тощо), джерелом інфекції яких є насіння, застосовують протруювання. Якщо хвороби (борошниста роса, офіобольоз, септоріоз, ринхоспоріоз) поширюються через рослинні рештки, проводять обробіток ґрунту для заробки і знищення решток. Важливо дотримуватись чергування культур у сівоzmінах.*

Для боротьби з хворобами, що уражують рослини в період вегетації, посіви обприскують один-два рази фунгіцидами. Економічний поріг шкідливості для борошнистої роси, видів іржі, гельмінтоспоріозної плямистості становить понад 1 % ураження рослин, для септоріозу – 5 %. Обробку зазвичай розпочинають на самому початку розвитку хвороб.

#### Система боротьби із шкідниками ярого ячменю.

Основу системи захисту від шкідників складає комплекс агрозаходів, який перешкоджає поширенню шкідників, підвищує витривалість рослин до пошкоджень [57].

До найефективніших методів належать сівоzmіна, рання зяблева оранка, оптимальні строки сівби та норми висіву, підбір стійких сортів.

Ячмінь найбільше може пошкоджуватися такими шкідниками як шведська і гесенська муха, смугаста блоха, злакова попелиця, хлібна п'явиця, клоп - шкідлива черепашка та ін.

При проведенні хімічних обробок проти шкідників необхідно враховувати економічні пороги шкідливості (табл. 6.33).

Таблиця 6.33 – Строки обліків шкідливих організмів на посівах зернових колосових культур (за Л.Н.Верещагіним)

Період обліку, фаза розвитку рослин	Шкідники, хвороби, бур'яни	Спосіб обліку	Економічний поріг шкідливості
1	2	3	4
<b>Осінь.</b> Сходи - куціння	Злакові мухи: дорослі комахи	Косіння сачком з наступним визначенням видів	40-50 мух на 100 помахів сачком
	личинки	Облік на пробних ділянках. Визначення відсотка пошкоджених рослин	6-10 відсотків пошкоджених рослин

Продовження табл. 6.33

1	2	3	4
	Хлібна жужелиця: личинки	Грунтові розкопки ділянок площею 0,25 м <sup>2</sup> (50х50 см) та глибиною 30 см	1-2 личинки у фазу сходів або 2-3 личинки у фазу куціння на 1 м <sup>2</sup>
	Озима та інші підгризаючі совки: гусінь	Облік на пробних ділянках	2-3 екз. на 1 м <sup>2</sup>
Куціння	Цикадки: дорослі комахи, личинки	Облік на пробних ділянках	120-150 екз. на 1 м <sup>2</sup>
Куціння - до початку зимових умов	Злакові попелиці: дорослі комахи, личинки гризунів	Облік на пробних ділянках	50-100 екз. на 1 м <sup>2</sup>
<b>Весна.</b> Відновлення весняної вегетації - куціння озимих, сходи ярих	Мишоподібні гризуни, хлібна жужелиця, злакові мухи	За методикою осіннього обліку	За методикою осіннього обліку
Трубування озимих, куціння - трубування ярих	Шкідлива черепашка: клопи, що перезимували	Облік на пробних ділянках	1,5-2 клопа і більше на 1 м <sup>2</sup>
	Хлібні п'явиці: жуки	Облік на пробних ділянках	40-50 жуків на 1 м <sup>2</sup>
	Злакові попелиці	Облік на пробних ділянках	8-10 попелиць на 1 рослину
	Борошниста роса	Облік на пробних ділянках	Ураження рослин понад 1%
	Септоріоз	Облік на пробних ділянках	Ураження рослин понад 5%
	Бура іржа	Облік на пробних ділянках	Ураження рослин понад 1%
	Плямистості листя	Облік на пробних ділянках	Ураження рослин понад 5%
	Злакові трипси: дорослі комахи, личинки	Відбір пробних рослин	15 особин на стебло
	Хлібні пильщики: дорослі комахи	Косіння сачком	4 екз. на 1 м <sup>2</sup>
Злакові попелиці	Підрахунок на пробних рослинах	8-10 екз. на стебло при 50% заселених стебел	

Продовження табл. 6.33			
1	2	3	4
<b>Літо.</b> Формування зернівки -молочна стиглість	Шкідлива черепашка: личинки молодших віків	Облік на пробних рослинах, косіння сачком	2 личинки і більше на 1 м <sup>2</sup> в посівах сильних і цінних сортів пшениці, на решті посівів - 4-6 екз./м <sup>2</sup>
	Злакові попелиці	Підрахунок на пробних рослинах	8-10 екз. на стебло при 50% заселених стебел
	Злакові трипси: личинки	Підрахунок на пробних рослинах	40 екз. на 1 колос
	Шкідлива черепашка: личинки старших віків	Облік на пробних рослинах, косіння сачком	1-1,5 личинки і біль- ше на 1 м <sup>2</sup> в посівах, де планується збір високоякісного зерна, на решті посівів — 3 – 4 екз./м <sup>2</sup>
	Хлібна жужелиця: доросла комаха	Облік на пробних ділянках	3-5 жуків/м <sup>2</sup>

#### *Збирання врожаю.*

Спосіб збирання визначається погодними умовами, забур'яненістю полів та ін. Передчасне збирання зменшує урожай зерна і його якість. Роздільний спосіб застосовують при стійкій сонячній погоді на забур'янених посівах, при наявності підгону і підсіву трав. У валки косять жатками ЖВН-6Б; ЖВП-4,9; ЖВП-6,4 та ін. всередині і не пізніше кінця воскової стиглості, коли пожовтіє більше 80% колосся, а вологість зерна становить 30-33 %. Підбирають валки не пізніше ніж через 3-4 дні, коли вологість зерна зменшується до 14-18 %.

*Прямим комбайнуванням* збирають низькорослі, зріжені посіви, чисті від бур'янів, без підгону. Збирають при настанні повної стиглості зерна. Найкраще зібрати за 4-5 днів. На 7-й день після настання повної стиглості фізіологічний зв'язок зерна з рослиною припиняється, крохмаль переходить у розчинні форми вуглеводів і витрачається на дихання.

#### 6.4.2. Сучасний стан моделювання формування врожаю ярого ячменю

В даний час розроблено вже досить багато дліноперіодних динамічних моделей різних сільськогосподарських культур, що дозволяють оцінити ріст рослини протягом вегетаційного періоду як результуючу

основних фізіологічних процесів. При побудові багатьох дліноперіодних динамічних моделей використовуються методологія, розроблена Россом [37], Тоомінг [38], Торнлі [39], а також сформульовані цими авторами принципи моделювання ряду фізіологічних процесів. Комплексна модель фотосинтезу була розроблена в роботах Ідсо [32], в якій функція фотосинтезу листа дана у вигляді  $\Phi_L = \Phi_1(W)\Phi_2(c)\Phi_3(I) - \Phi_4(T_L - T_A)$ , де  $\Phi_1$  – описує залежність фотосинтезу від вологості повітря і ґрунту,  $\Phi_2$  - від концентрації  $CO_2$ ,  $\Phi_3$  - від радіації та  $\Phi_4$  - від температури листа  $T_L$ . Для знаходження  $T_L$  було розв'язано рівняння теплового балансу листа з урахуванням енерго- і масообміну в системі рослина - атмосфера.

У цій моделі детально врахована також орієнтація, листя. Листя розділена на 11 класів - один клас для тіньових листків і десять класів для освітлених прямої сонячної радіації листя по кутам нахилу. Для кожного класу було вирішено рівняння теплового балансу листа. Вперше знайдено денні ходи фотосинтезу при різних умовах водного стресу. Детальна модель енерго- і масообміну в системі рослина - атмосфера і продуктивності посіву SPAM наведена в роботах Стюарта і Лемона [41], Аллена та ін. У цій моделі листя також розділені на класи по освітленості, фотосинтез листа враховується формулою Шартъє. Вперше врахована залежність устьчного опору від радіації. Детально враховані турбулентність, режим  $CO_2$  посіву та опір прикордонного шару листа  $r_a$ . Модель добре сполучати з результатами експериментів на посіві кукурудзи, з її допомогою проведено велику кількість чисельних експериментів для визначення денного ходу фотосинтезу і з'ясування ролі радіації. Аналогічна модель енерго- і масообміну і продуктивності посіву розроблена Гоудріаном, модель добре сполучати з результатами польових експериментів на посіві кукурудзи. Вперше проведено дослідження чутливості моделі до виміру окремих її параметрів. У роботах де Віта, Броувера і Пенінг де Вріз запропонована модель ELCROS. У цю модель введений фонд асимілятов, і зростання розглядається як незалежний процес. Більш детально дихання, розподіл асимілянтів, концентрація фонду вуглеводів і зростання розглянуті в моделях Торнлі. Їм вперше включений в модель фонд азоту як регулятор росту. У перші комплексні дліноперіодні динамічні моделі були представлені в роботах. У цих моделях вперше введений водний потенціал листа  $\psi_L$  як фактор, що регулює устячний опір, причому  $\psi_L$  сам визначається емпірично через водний потенціал ґрунту. Враховано темнове дихання по окремим органам. Динаміка фонду асимілянтів управляє зростанням органів в денний і нічний час. Для моделювання росту введено біологічний час, яке виражається через температурні суми. Модель зіставлена з експериментами на посіві кукурудзи. Для зернових культур найбільш повно розроблена Галямін та ін. модель ярої пшениці [42]. Фотосинтез листя, стебел і класів розглядається в моделі як функція ФАР, температури повітря і вологості ґрунту. Для розрахунку динаміки біомаси окремих органів рослин і опису процесу формування

асиміляційної поверхні запропонована відповідна система рівнянь. Розподіл асимілянтів - напівемпіричної з урахуванням зміни співвідношення надземної і підземної біомаси залежно від особливостей мінерального живлення. Проведено чисельні експерименти при різних рівнях мінерального живлення і зволоження ґрунту.

Дещо в іншому плані побудована модель ярої пшениці розроблена в Нідерландах. Розраховується потенційна денна продуктивність всієї рослини на одиницю площі поверхні ґрунту в залежності від загальної потенційної продуктивності (у стандартних умовах) з урахуванням опорів листової поверхні парам води і  $\text{CO}_2$  в реальних умовах. Потім розраховується накопичення сухої біомаси на підставі даних про продуктивність при оптимальному водопостачанні і співвідношення фактичної і потенційної евапотранспірації. Модель представляє інтерес для оптимізації зв'язків між щільністю рослин в посіві, водопостачанням і продуктивністю і районах зрошуваного землеробства. У моделях ярого ячменю (СНД) для розрахунку приросту біомаси використано балансове рівняння; розподіл асимілянтів проведено згідно Россу. У другій із зазначених моделей зроблена спроба врахувати в моделі азотне живлення. Побудований досить повний ґрунтовий блок динаміки азотистих з'єднанні, поглинання азоту регулюється виходячи з принципу оптимальних доз, введена поправка на постачання азотом в ростові функції. Проведено чисельні експерименти з моделлю. Розроблена в Японії модель ярого ячменю також містить блоки фотосинтезу, дихання і розподілу асимілянтів (емпіричне). У запропонованій А. І. Столяровим математичної моделі процесу формування врожаю озимої пшениці фотосинтетична, продуктивність цієї культури розглядається як функція  $\Phi_A$ , вологості ґрунту, температури повітря, концентрації  $\text{CO}_2$ , вмісту доступних форм азоту, фосфору і калію. Блок розподілу асимілянтів в моделі не представлений. Урожай зерна визначається емпірично по загальній біомасі. За різницею між фотосинтезом і диханням визначається суха біомаса в моделі фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці (СНД). Розподіл асимілянтів проведено на підставі ростових функцій Росса.

У США розроблено дві моделі для озимої пшениці. У першій, призначеної для аридної зони, швидкість накопичення сухої біомаси розглядається прямо пропорційною вже наявній сухій біомасі з урахуванням зовнішніх факторів (температури, вологості ґрунту, вмісту азоту в ґрунті), введених у вигляді безрозмірних функцій. У другій моделі щоденне накопичення сухої біомаси оцінюється за різницею між загальним фотосинтезом (як функції водопостачання та сонячної радіації) і денним і нічним диханням (як функції довжини дня і температури).

Моделі формування врожаю озимої пшениці, озимого жита, ярої пшениці, ярого ячменю і вівса розроблені А.Н. Польовим і викладені в роботах.



В Україні значні розробки по створенню методів оцінки агрометеорологічних умов і прогнозуванню врожайності сільськогосподарських культур виконані в рамках створеного В.П. Дмитренко [43] направлення на основі запропонованої ним моделі врожайності сільськогосподарських культур. У роботах В.С. Антоненко [44], В.С. Антоненко і Н.І. Гойса запропонована параметризаційна модель формування врожаю озимої пшениці в Україні в період весняно - літньої вегетації, в пізнішій роботі В.С. Антоненко запропонована динамічна модель зростання, розвитку та формування продуктивності озимої пшениці, яка описує весь життєвий цикл культури, «від насіння до насіння». В основу моделі покладено базова динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських модифікацій за більш детального обліку впливу волого- температурного режиму на процес фотосинтезу і комплексної оцінки впливу на ріст і формування репродуктивних органів таких експериментальних явищ як посуха і суховії по М.С. Кулику і У.А. Цубербіллер, полягання посівів по А.Д. Пасечнюк, «стікання» зерна за І.В. Свісюку.

У роботі А.Н. Польового і Н.І. Кульбіди [45] запропоновано моделювання формування врожаю озимої пшениці в період весняно - літньої вегетації в Україні.

Моделювання біомаси і врожайності зернових культур ячменю і вівсяних посівів за допомогою модель Sirius викладені в роботах [46]. Механістичні моделі культур широко використовуються для моделювання реакції врожаю пшениці на навколишнє середовище. Водночас, було лише кілька спроб моделі моделювання поведінки ячменю чи вівса за допомогою моделей симуляції врожаю. У цьому дослідженні використовується модель Sirius для імітації ячменю і вівсяних культур різних строків сівби при хороших умовах вирощування. Моделювання було проведено з використанням моделі врожайності Sirius, яка спочатку призначалася для пшениці, але має механістичні рамки, які досить стійкі, щоб бути застосовані до інших помірним злакам. Метою даного дослідження була перевірка процесів, що діють в рамках моделі, а не просто застосування її для прогнозування кінцевої врожайності. Таким чином, були обрані набори даних включають інтенсивні всередині сезонів вимірювання індексу площі листя (ІПЛ), біомаси і врожайності зернових.

За останнє десятиліття стався величезний стрибок у галузі математичного моделювання і чисельного моделювання в областях, пов'язаних з гідродинамікою і тепло- і масообмінних. Він викликаний все більш широким використанням потужних, недорогих цифрових комп'ютерів. Подальші зусилля повинні бути спрямовані на розробку комп'ютерних програм, які можуть бути використані користувачами, які мають хороших обчислювальних навичок. У ході даної роботи була розроблена комп'ютерна програма для симуляції нерівноважної математичної моделі для сушки

ячменю зі статичної глибокої підкладкою. Модель складається з набору з чотирьох нелінійних диференціальних рівнянь, виведених з масових і енергетичних балансів і рівняння теплопередачі в сукупності з відповідним рівнянням дифузії. Було розроблено точкове моделювання виробництва ячменю з використанням імітаційної моделі зростання сільськогосподарських культур WOFOST. WOFOST є однією імітаційних моделей росту сільськогосподарських культур, які використовуються для сприяння процесам прийняття рішень у сільському господарстві та навчанні. У цій роботі, проведена калібрування та валідація моделі WOFOST для ячмінь (сорт Karoon dar Kavir ) на основі досліджень на агрометеорологічних станціях в Каботар Абаді, Іран. Щороку реєструвалися фенологічні фази, дати зрошення, умови росту сільськогосподарських культур, загальне виробництво і врожайність зернових. Однак цілі цих досліджень відрізнялися від даного дослідження, отже, не всі необхідні дані для калібрування моделі були доступні. У процесі калібрування перші фенологічні фази були встановлені шляхом порівняння загальної суми тепла (в градусо -днях ) від сходів до цвітіння і від цвітіння до дозрівання в різні роки. Дані про загальну виробництво та врожайності зернових з експериментів в умовах нестачі води були використані для калібрування параметрів врожаю в потенційній виробничій ситуації. Нарешті, можна зробити висновок, що калібрування WOFOST можлива на основі історичних та поточних досліджень в сільськогосподарських дослідних центрах, сільськогосподарських факультетах та агрометеорологічних станцій, якщо в їх ході фіксуються всі необхідні параметри [47].

Моделювання конкуренції між ячменем і вівсом при різному менеджменті та кліматах Роберт Грант. Моделювання конкуренції між різними групами рослин в загальній екосистемі повинні бути засновані на явному моделюванні процесів, з яких ці популяції конкурують за світло, воду і поживні речовини. У математичній моделі екосистеми, представленої в даній роботі, кожна популяція рослин моделюється незалежно в рамках спільних для екосистеми ґрунту та атмосфери. Вплив випромінювання розраховують виходячи з вертикального розподілу площі листа, розрахованого, в свою чергу, виходячи з подовження кожного з междоузлий, оболонок (для однодольних) або черешкових (для дводольних), і листа на кожному пагоні або гілки кожної популяції під загальним навісом. Доступ до води і поживних речовин визначається виходячи з вертикального розподілу довжини кореня і площі поверхні, розрахованих по подовженню первинних і вторинних кореневих осей кожної популяції через загальний профіль ґрунту. Чутливість модельованих втрат врожайності через конкуренцію з диким вівсом в умовах різних кліматів менеджменту потім порівнювали з такою в літературі. Експертиза результатів моделювання привела до припущення , що чутливість до конкуренції серед популяцій рослин визначається наявністю

води, поживних речовин та інших екологічних ресурсів на місці дослідження [48].

Основною метою прогнозування виробництва ячменю є побудова моделі прогнозування для планування виробництва ячменю, який є основним кормовим ресурсом в Йорданії. Він розглядається як другий основна сільськогосподарська культура на богарних територіях Йорданії, і основний концентрований корм для дрібних жуйних тварин протягом усього року. Крім того, моделі прогнозування будуються для основних районів виробництва ячменю. В якості змінних, що впливають на виробництво ячменю в Йорданії були взяті накопичені місячні опадів, місячні температури, середні закупівельні ціни ячменю в попередньому сезоні і посівні площі ячменю. Чотири множинні лінійні регресійні моделі були оцінені для кожного району і для країни в цілому. Ця оцінка була заснована на даних про накопичені опадах в період вегетації за січень, лютий, березень і квітень. Результати аналізу показали, що опади були найбільш значним обмежуючим фактором у збільшенні виробництва ячменю. Один додатковим міліметр опадів у січні збільшить виробництво ячменю на 156 тонн. Також показується, що температура в січні робить позитивний вплив на збільшення виробництва ячменю, але в лютому, березні і квітні робить негативний вплив. Політика держави в сфері ціноутворення на ячмінь відіграє важливу роль у збільшенні виробництва ячменю [49].

У роботах Р.П. Елліс і Б. Маршалл запропонований зростання, врожайність і якість зерна ячменю (*Hordeum vulgare* L.) залежно від поглинання азоту [50].

Для вивчення впливу подачі азоту на розвиток рослин та схожості була використана поживна система ячменю. Два контрастних сорти ячменю вирощували протягом двох сезонів з оптимальним рівнем азоту і з третинною від норми. Зрілі зерна витягли з класів по положенню зерен; зберігали до виходу зі сплячки, зважили, і заміряли час від набухання до проростання для різних позицій у колосі. Паралельний набір зразків аналізували на концентрацію азоту в зернах. Систематичне збільшення часу проростання спостерігалось від нижньої частини до верхньої частини колоса. Цей ефект поєднувався і був того ж порядку, що і вплив розміру зерна на час проростання. Незважаючи на те, що були значних варіації в концентрації азоту в залежності від положення зерен позиції, вони були менш виражені, ніж варіації ваги зерен в колосі і не були пов'язані з схожістю. Ці результати розглядаються в контексті з розвитком рослин і події на початку проростання.

У моделі врожайності ярого ячменю в різних кліматичних зонах Північної і Центральної Європи запропоновано порівняння дев'яти моделей культури. У цьому дослідженні, продуктивність дев'яти широко використовуваних і доступних імітаційних моделей росту сільськогосподарських культур (APES - ACE, CROPSYST, DAISY, DSSAT -

CERES, FASSET, HERMES, MONICA, STICS і WOFOST) порівнюються протягом 44 вегетаційних періодів ярого ячменю в семи місцях в Північній і Центральній Європі. Метою цього порівняння моделей було вивчити, як різні засновані на процесах моделі врожаю діють в різних місцях по всій Європі при мінімумі інформації для калібрування моделі ярого ячменю масштабах поля [51].

Була розроблена за методом компонента врожайності імітаційна модель формування врожаю ячменю, яка може застосовуватися для різних сортів ячменю в різних областях. Процес створення моделі був наступним. З компонентами врожайності різних сортів за оптимальних умов в Ухані, Янчжоу, Куньміні в якості підстав, були створені рівняння регресії відносного значення класів на рослину, зерен в колосках, і ваги тисячі зерен з накопиченою фотосинтетичної ефективністю, і були сформовані функціональні відносини між колоссям на рослину, зернами в колосках, вагою тисячі зерен в реальних умовах, а також їх потенційними значеннями при оптимальних умовах, змінним режимом вологості ґрунту і вмісту поживних речовин в реальних умовах. Модель більш всебічно розглядає внутрішні і зовнішні чинники зростання і розвитку ячменю [52].

Прогнозування врожайності в Швеції на основі мезомасштабної метеорологічного аналізу запропоновано Валентин Л. Фольтеску. В цій роботі запропоновану систему прогнозування регіонального росту сільськогосподарських культур в Швеції, нещодавно утворення в SMHI (Шведська метеорологічний і гідрологічний інститут). Система включає в себе впроваджену модель росту сільськогосподарських культур, і вихідні дані, отримані за допомогою метеорологічного мезомасштабної аналізу.

Модельований культури - ярий ячмінь, ярий ріпак, овес і озима пшениця, а період дослідження 1985-98. Змодельований урожай в умовах обмежених водних ресурсів використовується як орієнтир у процедурі передбачення врожайності. Також пояснюється технологічні тенденції до щорічного збільшення рівня виробництва [53].

Розроблено модель CropSyst для прогнозування врожайності ячменю в умовах зміни клімату в Єгипті. Модель CropSyst була відкалібрована і перевірена з використанням польових даних про зерна ячменю, біологічної урожайності та споживчому використанні (CU), отриманих з експерименту з дворічним полем, проведеного в 2007/ 08 і 2008 / 09 рр.. в герцогстві Ель-Калубія, Південна Дельта, Єгипет. Були посаджені шість сортів ячменю. В цій роботі було визначено параметри, які можуть бути використані в якості індикаторів стабільності врожаю в ячменю, що може бути корисно в стресових умовах зміни клімату. Результати точного прогнозування за допомогою моделі CropSyst врожайності ячменю та CU показали, що модель може бути використана для достовірного передбачення впливу реструктуризації зрошення на врожайність [54].

Вибір моделі врожайності ячменю за допомогою теоретико - інформаційних критеріїв запропонований Марі Жазенюк, Марк Л. Тапер, Ніколь С. Вагнер, Роберт Н. Стоугард, Моніка Брелсфорд, і Брюс Д. Максвелл [55].

Емпіричні моделі конкуренції культур і бур'янів є невід'ємними компонентами біоекономічних моделей, які залежать від прогнозів впливу бур'янів на врожайність сільськогосподарських культур, для розробки економічно ефективних рекомендацій боротьби з бур'янами. Відбір кращих емпіричних моделей для конкретної культури системи культури і бур'янів не простий. Ми використовували теоретико-інформаційні критерії, які дозволяють визначити модель, яка найкращим чином описує врожайності ячменю на основі даних конкуренції між ячменем і вівсюгом отриманих у ході експериментів, проведених у трьох місцях в штаті Монтана протягом 2 років. Кожен експеримент складався з повної серії, виконаної у вигляді рандомізованих блоків з трьома реплікаціями. Ячмінь був посаджений в 0, 0,5, 1, і 2 локально запропонованих нормах висіву. Вівсюг був посаджений як цільове зараження щільністю 0, 10, 40, 160 і 400 рослин на М- 2 . Двадцять п'ять моделей - кандидатів були використані для опису даних з кожного місця і року з використанням оцінки максимальної правдоподібності.

Була розроблена і використана імітаційна моделі врожаю ячменю для оцінки стратегій управління виробництвом на північному сході Австралії. Було проведено дослідження для виявлення кращої стратегії управління для ячменю (*Triticum vulgare* L.), зокрема, в залежності від часу посадки, розташування, і ризику заморозків змінному кліматі на північному сході Австралії. Для досягнення цієї мети, була побудована симуляції модель росту сільськогосподарських культур ( $Q_{bar}$ ) побудований для інтеграції даних, накопичених в ході польових експериментів, у сфері динаміки зростання сільськогосподарських культур під впливом вологості ґрунту і параметрів навколишнього середовища.  $Q_{bar}$  імітує ріст і врожайність ячменю, вирощеного при оптимальному рівні поживних речовин, в відсутність шкідників, хвороб і бур'янів. Генотипічні змінні були визначені для 4 сортів, часто вирощуваних у північних районах виробництва зернових. Симуляція проводилася з використанням довгострокових метеорологічних даних для генерації ймовірної врожайності CV [56].

#### 6.4.3. Моделювання впливу зміни клімату на продуктивність ярого ячменю

Зміна агрокліматичних умов вирощування ярого ячменю привела до зміни показників фотосинтетичної продуктивності і як наслідок урожаю зерна. На фоні зміни кліматичних умов нами розглядались такі варіанти:

– базовий;

- кліматичні умови періоду;
- кліматичні умови періоду + збільшення CO<sub>2</sub> в атмосфері.

Слід зазначити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності ярого ячменю розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів культури.

Детальний аналіз динаміки показників фотосинтетичної продуктивності посівів ярого ячменю в умовах зміни клімату проведемо на прикладі чотирьох агрокліматичних зон (Полісся, Західна Лісостеп, Східна Лісостеп та Степ) за періоди: 1986-2005рр. ( прийнятий як базовий період), за періоди 2011-2030р.р. (перший розрахунковий період) та за період 2031 – 2050 р.р. (другий розрахунковий період) за кліматичними сценаріями зміни клімату А2 та А1В.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2, терміни посіву ярого ячменю змістяться на більш ранні строки: в Поліссі – на 27 днів, в Західному Лісостепу на 2 днів, в Східному Лісостепу на 3 днів, в Степу на 2 днів за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), терміни посіву ярого ячменю змістяться на більш ранні строки: в Поліссі – на 26 день, в Західному Лісостепу на 18 день, в Східному Лісостепу на 14 днів, в Степу термін посіву ярого ячменю зміститься на 6 день пізніше за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) (табл. 6.34).

Відповідно змістяться і строки появи сходів. В Поліссі сходи ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 30.IV, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) - 19.IV, що на 11 днів раніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) сходи ярого ячменю спостерігатимуться 17.IV, що на 13 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), колосіння ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 19.VI, а за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) – 15.VI, що на 4 дні раніше, а за сценарієм зміни клімату в період 2031-2050 рр. колосіння ярого ячменю спостерігатиметься 13.VI, що на 6 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), воскова стиглість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 19.VII, а за сценарієм зміни клімату періодів 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. – 16.VII, що на 3 дні раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Тривалість вегетаційного періоду в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 94 дня, а за сценарієм зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) та за сценарієм зміни клімату в період 2031-2050 рр. – 118 днів, що на 24 дня більше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Таблиця 6.34 – Фази розвитку ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	Посів	Сходи	Колосіння	Воскова стиглість	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Полісся					
1986-2005	16.IV	30.IV	19.VI	19.VII	94
2011-2030	20.III	19.IV	15.VI	16.VII	118
Різниця	-27	-11	-4	-3	+24
2031-2050	21.III	17.IV	13.VI	16.VII	118
Різниця	-26	-13	-6	-3	+24
Західна Лісостеп					
1986-2005	7.IV	22.IV	13.VI	14.VII	98
2011-2030	5.IV	19.IV	15.VI	14.VII	100
Різниця	-2	-3	+2	-	+2
2031-2050	20.III	12.IV	11.VI	14.VII	116
Різниця	-18	-10	-2	-	+18
Східна Лісостеп					
1986-2005	16.IV	29.IV	15.VI	19.VII	94
2011-2030	13.IV	29.IV	16.VI	17.VII	105
Різниця	-3	-	+1	-2	+11
2031-2050	2.IV	20.IV	12.VI	19.VII	108
Різниця	-14	-9	-3	-	+14
Степ					
1986-2005	5.IV	20.IV	9.VI	10.VII	96
2011-2030	9.IV	20.IV	11.VI	15.VII	128
Різниця	-2	-	+2	+5	+32
2031-2050	1.IV	13.IV	6.VI	9.VII	99
Різниця	-4	-7	-3	-1	+3

В Західному Лісостепу сходи ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 22.IV, а за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) – 19.IV, що на 3 дні раніше, а за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) – 12.IV, що на 10 день раніше, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), воскова стиглість спостерігалась 14.VII за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату періодів 2011-2030 рр. – 2031-2050 рр.

Тривалість вегетаційного періоду в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 98 днів, а за сценарієм зміни клімату періоду 2011-2030 рр. – 105 днів, що на 11 днів більше, за сценарієм зміни клімату періоду 2031-2050 рр. тривалість вегетаційного періоду складатиме 108 днів, що на 18 днів більше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Сходи ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 29.IV, а за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) спостерігатиметься також 29.IV, а за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) – 20.IV, що на 9 день раніше, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), воскова стиглість спостерігалась 14.VII за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), а за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) воскова стиглість наступить на ту ж саму дату (табл. 6.34).

Тривалість вегетаційного періоду в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 94 дні, а за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) – 105 днів, що на 11 днів більше, за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) тривалість вегетаційного періоду складатиме 108 днів, що на 14 днів більше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Степу сходи ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 20.IV, а за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) також спостерігатиметься 20.IV, а за сценарієм зміни клімату в період 2031-2050 рр. – 13.IV, що на 7 день раніше, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), воскова стиглість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалась 10.VII, а за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) – 15.VII, що на 1 дні пізніше, а за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) воскова стиглість спостерігатиметься 9.VII, що на 5 днів раніше. (табл. 6.34).

Тривалість вегетаційного періоду в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 96 днів, а за сценарієм зміни клімату періоду 2011-2030 рр. – 128 днів, що на 32 дні більше, за сценарієм зміни клімату періоду 2031-2050 рр. тривалість вегетаційного періоду складатиме 99 днів, що на 3 днів більше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату A1B, терміни посіву ярого ячменю змістяться на більш ранні строки: в Поліссі – на 16-18 днів, в Західному Лісостепу на 7-18 днів, в Східному Лісостепу на 13-15 днів, в Степу на 2-11 днів за сценарієм зміни клімату в періоди 2011-2030 рр. – 2031-2050 рр. в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) (табл. 6.35).



Таблиця 6.35 – Фази розвитку ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценарієм зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	Посів	Сходи	Колосіння	Воскова стиглість	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Полісся					
1986-2005	16.IV	30.IV	19.VI	19.VII	94
2011-2030	31.III	21.IV	14.VI	15.VII	107
Різниця	-16	-9	-5	-4	+13
2031-2050	29.III	17.IV	13.VI	12.VII	106
Різниця	-18	-13	-6	-7	+12
Західна Лісостеп					
1986-2005	7.IV	22.IV	13.VI	14.VII	98
2011-2030	31.III	21.IV	14.VI	15.VII	107
Різниця	-7	-1	+1	+1	+9
2031-2050	20.III	12.IV	8.VI	10.VII	112
Різниця	-18	-10	-5	-4	+14
Східна Лісостеп					
1986-2005	16.IV	29.IV	15.VI	19.VII	94
2011-2030	3.IV	23.IV	11.VI	14.VII	102
Різниця	-13	-3	-4	-5	+8
2031-2050	1.IV	19.IV	10.VI	19.VII	110
Різниця	-15	-10	-5	-	+16
Степ					
1986-2005	5.IV	20.IV	9.VI	10.VII	96
2011-2030	3.IV	16.IV	5.VI	6.VII	94
Різниця	-2	-4	-4	-4	-2
2031-2050	25.III	12.IV	5.VI	5.VII	102
Різниця	-11	-8	-4	-5	+6

В Поліссі поява сходів ярого ячменю за умов реалізації сценарію зміни клімату за період 2011 – 2030 рр. збільшиться на 9 дні, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), а за умов реалізації сценарію зміни клімату за період 2031 – 2050 рр. збільшиться на 13 днів, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Строки колосіння за умов реалізації сценарію зміни клімату за періоди 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. збільшиться на 5 – 6 відповідно, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Воскова стиглість настане на 2 – 7 днів раніше за умов реалізації сценарію за періоди 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр., порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.)

Тривалість періоду посів – воскова стиглість збільшиться до 106-107 днів за сценарієм зміни клімату періодів 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр., що

на 12-13 дні довше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

В Західному Лісостепу сходи ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 22.IV, а за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) - 21.IV, що на 1 день раніше, а за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) сходи ярого ячменю спостерігатимуться 12.IV, що на 10 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), колосіння ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 13.VI, а за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) – 14.VI, що на 1 день пізніше, а за сценарієм зміни клімату в період 2031-2050 рр. колосіння ярого ячменю спостерігатиметься 8.VI, що на 5 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), воскова стиглість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалась 14.VII, а за сценарієм зміни клімату періоду 2011-2030 рр. – 15.VII, що на 1 день пізніше, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), а за сценарієм зміни клімату в період 2031-2050 рр. – 10.VII, що на 4 дні раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Тривалість вегетаційного періоду в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 98 днів, а за сценарієм зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) – 107, що на 9 днів більше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), а за сценарієм зміни клімату в період 2031-2050 рр. – 112 днів, що на 14 днів більше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

В Степу поява сходів ярого ячменю за умов реалізації сценарію зміни клімату за період 2011 – 2030 рр. збільшиться на 4 дні, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), а за умов реалізації сценарію зміни клімату за період 2031 – 2050 рр. збільшиться на 8 днів, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Строки колосіння (табл. 6.35) за умов реалізації сценарію зміни клімату за періоди 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. збільшиться на 4 дні, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Воскова стиглість настане на 4 –5 днів раніше за умов реалізації сценарію за періоди 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр., порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Тривалість періоду посів – воскова стиглість за умов реалізації сценарію зміни клімату за періоди 2011 – 2030 рр. (табл. 6.35) зменшиться на 2 дні, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), а за сценарієм зміни клімату в період 2031-2050 рр. – 102 днів, що на 6 днів більше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Порівняння динаміки середньої за декаду температури повітря при зміні кліматичних умов та базового періоду за період сходи – колосіння ярого ячменю показує, що зміщення строків посіву в сторону більш ранніх термінів призведе до того, що за весь період вегетації ярого ячменю ріст і розвиток будуть проходити на фоні знижених температур (табл. 6.36).

В період з 2011 по 2030 рр. за сценарієм зміни клімату А2 період сходи – колосіння буде проходити при знижених температурах: від 1,8 °С у Поліссі до 2,8 °С в Східному Лісостепу, а в Степу відбудеться збільшення на 0,1 °С відповідно від середньої багаторічної суми (табл. 6.36). Дещо зниженим буде і температурний режим в період колосіння – воскова стиглість від 0,3 °С в Степу до 1,4 в Західному Лісостепу.

Кількість опадів у період сходи – колосіння збільшилася в Поліссі та Західному Лісостепу відповідно на 24 % та 6 %, а в Східному Лісостепу та Степу на 85 – 88 % (табл. 6.36). Для періоду колосіння – воскова стиглість це збільшення буде досить великим (на 18 – 37 %). Тільки в Степу відбувається зменшення на 14 %. Таким чином, кількість опадів за період сходи – воскова стиглість ярого ячменю при зміні клімату збільшиться на 59 %

Сумарне випарування в період сходи – колосіння зросте в Поліссі в порівнянні з базовим (90 мм) до 108 мм, в Східному Лісостепу в порівнянні з базовим (98 мм) до 133 мм, в Степу порівнянні з базовим (75 мм) до 103 мм. А в Західному Лісостепу сумарне випарування зменшиться в порівнянні з базовим (127 мм) до 116 мм (табл. 6.36). В період колосіння – воскова стиглість сумарне випарування зросте в Поліссі на 19 %, в Західному Лісостепу на 46 %, в Східному Лісостепу на 25 %, а в Степу зменшиться на 13 %.

Зросте сумарна випаровуваність періоду сходи – колосіння в Поліссі, Східному Лісостепу та Степу в порівнянні з базовим від 19 до 27%. В Західному Лісостепу сумарна випаровуваність зменшиться в порівнянні з базовим на 19 %. Сумарна випаровуваність в період колосіння – воскова стиглість в Поліссі та Західному Лісостепу зросте відповідно на 13 % та 37 %. А сумарна випаровуваність в період колосіння – воскова стиглість зменшиться в Східному Лісостепу на 0,5 %, в Степу на 20 % (табл. 6.36).

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за період 2011 – 2030 рр. вологозабезпеченість за вегетаційний період в порівнянні з базовим збільшиться в Поліссі (0,58 відн.одн.) до 0,60 відн.одн., в Західному Лісостепу (0,65 відн.одн.) до 0,71 відн.одн., в Східному Лісостепу (0,58 відн.одн.) до 0,67 відн.одн., в Степу (0,47 відн.одн.) до 0,53 відн.одн. Таким чином, вологозабезпеченість за вегетаційний період в усіх зонах збільшиться на 16 %.

В період з 2031 по 2050 рр. за сценарієм зміни клімату А2 період сходи – колосіння буде проходити при знижених температурах: від 0,1 °С у Степу до 1,1 °С в Західному Лісостепу, в порівнянні з базовим періодом (табл. 6.36). Дещо зниженим буде і температурний режим в період колосіння – воскова стиглість за сценарієм зміни клімату А2 періоду з 2031 – 2050 рр. від 0,2 °С в Степу до 0,7 в Західному Лісостепу, а в Поліссі відбудеться збільшення на 0,3 °С відповідно від середньої багаторічної суми (табл. 6.36).

Таблиця 6.36 – Агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	І період сходи – колосіння						ІІ період колосіння – воскова стиглість						Вегетаційний період	
	серед- ня темпе- ра- тура, °С	сума опа- дів, мм	сумар- не випаро- вуван- ня, мм	сумар- на випаро- -вуван- ність, мм	дефіцит воло- гості грунту, мм	волого з волого- забезпе- ченність, відн.од	серед- ня темпе- ратура, °С	сума опа- дів, мм	сумар не випа- ро- вуван ня, мм	сумар на випар ову- ванні сть, мм	дефіци т воло- гості грунту, мм	воло- гоза- безпе- чен- ність, відн. од	сума опа- дів, мм	волого- забезпе- ченність , відн.од
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Полісся														
1986 – 2005	13,9	95	90	216	126	0,56	18,3	116	83	187	103	0,60	211	0,58
2011 – 2030	12,1	118	108	256	148	0,56	17,4	151	99	211	112	0,64	269	0,60
Різниця	-1,8	+24%	+20%	+19%	+17%	-	-0,9	+30%	+19%	+13%	+9%	+7%	+27%	+3%
2031 – 2050	13,5	165	159	338	180	0,62	18,6	122	65	124	60	0,70	287	0,64
Різниця	-0,4	73%	76%	56%	43%	11%	+0,3	5%	-21%	-34%	-42%	16%	36%	10%
Західна Лісостеп														
1986 – 2005	14,4	100	127	264	137	0,64	18,9	120	83	170	88	0,66	220	0,65
2011 – 2030	12,2	106	116	214	125	0,73	17,5	141	121	233	112	0,70	247	0,71
Різниця	-2,2	+6%	-9%	-19%	-9%	+14%	-1,4	+18%	+46%	+37%	+27%	+6%	+12%	+9%
2031 – 2050	13,3	148	158	303	146	0,70	18,2	102	76	146	69	0,71	250	0,70
Різниця	-1,1	48%	24%	15%	6%	9%	-0,7	-15%	-8%	-14%	-21%	7%	13%	8%

Продовження таблиці 6.36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Східна Лісостеп														
1986 – 2005	14,1	85	98	223	126	0,59	18,9	103	81	191	110	0,57	188	0,58
2011 – 2030	11,3	158	133	283	150	0,62	17,6	141	101	190	89	0,72	295	0,67
Різниця	-2,8	+86%	+36%	+27%	+19%	+5%	-1,3	+37%	+25%	-0,5%	-19%	+26%	59%	+16%
2031 – 2050	13,8	130	128	285	157	0,60	18,4	115	93	207	114	0,60	245	0,60
Різниця	-0,3	53%	30%	28%	24%	2%	-0,5	11%	15%	8%	3%	5%	30%	3%
Степ														
1986 – 2005	14,2	60	75	216	141	0,47	19,4	98	80	220	140	0,48	158	0,47
2011 – 2030	14,3	112	103	260	157	0,53	19,1	84	70	177	106	0,54	196	0,53
Різниця	+0,1	+87%	+37%	+20%	+11%	+13%	-0,3	-14%	-13%	-20%	-24%	+13%	+24%	+13%
2031 – 2050	14,1	125	120	294	175	0,54	19,2	73	57	140	83	0,54	198	0,54
Різниця	-0,1	108%	60%	36%	24%	15%	-0,2	-25%	29%	-36%	-41%	12%	25%	15%

Кількість опадів у період сходи – колосіння збільшилася в Поліссі та Західному Лісостепу відповідно на 73 % та 48 %, а в Східному Лісостепу на 53 % та Степу на 108 % (табл. 6.36). Для періоду колосіння – воскова стиглість за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за період 2031 – 2050 рр. кількість опадів в Поліссі та Східному Лісостепу збільшиться відповідно на 5 % та 11 %, а в Західному Лісостепу та Степу зменшиться відповідно на 15 % та 25 %.

А кількість опадів за період сходи – воскова стиглість ярого ячменю при зміні клімату А2 за період 2031 – 2050 рр. в Західному Лісостепу та в Поліссі збільшиться відповідно на 13 % та 36 %.

Сумарне випарування в період сходи – колосіння зросте в Поліссі в порівнянні з базовим (90 мм) до 159 мм, в Західному Лісостепу з базовим (127 мм) до 158 мм (табл. 6.36), в Східному Лісостепу в порівнянні з базовим (98 мм) до 128 мм, в Степу порівнянні з базовим (75 мм) до 120 мм. В період колосіння – воскова стиглість сумарне випарування за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за період 2031 – 2050 рр. зменшиться в Поліссі на 21%, в Західному Лісостепу на 8 %, в Східному Лісостепу та в Степу зросте відповідно на 15 % та 29 %.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за період 2031 – 2050 рр. зросте сумарна випаровуваність періоду сходи – колосіння в Поліссі, в Західному Лісостепу, в Східному Лісостепу та Степу в порівнянні з базовим від 15 до 56%. Сумарна випаровуваність в період колосіння – воскова стиглість зменшиться в Поліссі на 34%, в Західному Лісостепу на 14% та Степу на 36%. В Східному Лісостепу сумарна випаровуваність за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за період 2031 – 2050 рр. зросте на 8% в порівнянні з базовим (табл. 6.36).

Вологозабезпеченість за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за період 2011 – 2030 рр. за вегетаційний період в порівнянні з базовим збільшиться в Поліссі (0,58 відн.одн.) до 0,64 відн.одн., в Західному Лісостепу (0,65 відн.одн.) до 0,70 відн.одн., в Східному Лісостепу (0,58 відн.одн.) до 0,60 відн.одн., в Степу (0,47 відн.одн.) до 0,54 відн.одн.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за період 2011 – 2030 рр. період сходи – колосіння буде проходити при збільшених температурах: в Поліссі на 0,8°C, в Східному Лісостепу та Степу на 0,4°C в порівнянні з базовим, а в Західному Лісостепу середня температура зменшиться на 0,6°C в порівнянні з базовим (табл. 6.37). відповідно від середньої багаторічної суми (табл. 6.36). В період колосіння – воскова стиглість середня температура за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за період 2011 – 2030 рр. збільшиться від 0,6°C в Поліссі до 1,1°C в порівнянні з базовим. В Західному Лісостепу середня температура повітря буде однаковою в порівнянні з базовим (табл. 6.37).

Таблиця 6.37 – Агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	І період сходи – колосіння						ІІ період колосіння – воскова стиглість						Вегетаційний період	
	серед- ня темпе- ра- тура, °C	сума опа- дів, мм	сумарн е випаро- вуванн ямм	сумар- на випаро- вуван- ність, мм	дефіцит воло- гості грунту, мм	волого з волого- забезпе- ченність, відн.од	серед- ня темпе- ратура, °C	сума опадів, мм	сума рне випа- ро- вува нням м	сумар на випар ову- ванні сть, мм	дефіци т воло- гості грунту, мм	воло- гоза- безпе- чен- ність, відн. од	сума опа- дів, мм	волого- забезпе- ченність , відн.од
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Полісся														
1986 – 2005	13,9	95	90	216	126	0,56	18,3	116	83	187	103	0,60	211	0,58
2011 – 2030	14,7	150	142	334	192	0,56	18,9	89	59	130	71	0,61	239	0,57
Різниця	+0,8	58%	58%	54%	52%	-	+0,6	-23%	-29%	-30%	-31%	2%	13%	-2%
2031 – 2050	13,6	110	116	291	175	0,54	19,5	117	72	167	96	0,58	227	0,55
Різниця	-0,3	16%	29%	35%	39%	-3,6%	+1,2	0,8%	-13%	-10%	-7%	-3%	-7%	-5%
Західна Лісостеп														
1986 – 2005	14,4	100	127	264	137	0,64	18,9	120	83	170	88	0,66	220	0,65
2011 – 2030	13,8	132	159	319	160	0,67	18,9	84	78	164	87	0,63	216	0,65
Різниця	-0,6	32%	25%	21%	17%	+4,7%	-	-30%	-6%	-3%	-1%	-4%	-2%	-
2031 – 2050	13,9	118	146	310	164	0,63	19,3	72	66	141	75	0,62	190	0,63
Різниця	-0,5	18%	15%	17%	20%	-1,5%	+0,6	-40%	-20%	-17%	-15%	-6%	-13%	-3%

Продовження табл. 6.37

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Східна Лісостеп														
1986 – 2005	14,1	85	98	223	126	0,59	18,9	103	81	191	110	0,57	188	0,58
2011 – 2030	14,5	99	113	268	155	0,56	19,6	108	88	207	119	0,57	207	0,57
Різниця	+0,4	16%	15%	20%	23%	-5%	+0,7	5%	8%	8%	8%	-	10%	-2%
2031 – 2050	13,6	125	130	293	163	0,60	19,6	45	88	197	109	0,60	240	0,60
Різниця	-0,5	47%	32%	31%	29%	+2%	+0,7	-56%	8%	31%	-1%	5%	27%	3%
Степ														
1986 – 2005	14,2	60	75	216	141	0,47	19,4	98	80	220	140	0,48	158	0,47
2011 – 2030	14,6	63	128	292	183	0,49	20,5	63	51	138	87	0,49	126	0,49
Різниця	+0,4	5%	70%	35%	30%	+4%	+1,1	6%	-35%	-36%	-37%	-38%	+2%	+4%
2031 – 2050	14,1	69	91	259	168	0,47	20,1	75	58	182	124	0,43	144	0,45
Різниця	-0,1	15%	21%	20%	19%	-	+0,7	-23%	-27%	-17%	-11%	-10%	-9%	-4%



Кількість опадів за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2011 – 2030 рр. у період сходи – колосіння збільшилася в Поліссі та Західному Лісостепу відповідно на 58% та 32%, а в Східному Лісостепу та Степу на 16% та 5 % (табл. 6.37). Для періоду колосіння – воскова стиглість сума опадів зменшиться в Поліссі на 23 %, в Західному Лісостепу на 30%. А в Східному Лісостепу та Степу у період колосіння – воскова стиглість кількість опадів збільшиться на 5-6 %, в порівнянні з базовим. Кількість опадів за період сходи – воскова стиглість ярого ячменю при зміні клімату збільшиться в Поліссі на 13 %, в Східному Лісостепу на 10% та в Степу на 2 % в порівнянні з базовим. В Західному Лісостепу кількість опадів зменшиться на 2% від середньої багаторічної.

Сумарне випарування в період сходи – колосіння зросте в Поліссі в порівнянні з базовим (90 мм) до 142 мм, в Західному Лісостепу з базовим (127 мм) до 159 мм (табл. 6.37), в Східному Лісостепу в порівнянні з базовим (98 мм) до 113 мм, в Степу порівнянні з базовим (75 мм) до 128 мм. В період колосіння – воскова стиглість сумарне випарування за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2011 – 2030 рр. зменшиться в Поліссі на 29 %, в Західному Лісостепу на 6 %, в Степу на 35 %, в Східному Лісостепу зросте на 8 % в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Зросте сумарна випаровуваність періоду сходи – колосіння за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2011 – 2030 рр. в Поліссі на 54 %, в Західному Лісостепу на 21 %, в Східному Лісостепу на 20 % та в Степу на 35% в порівнянні з базовим. Сумарна випаровуваність в період колосіння – воскова стиглість в Поліссі та Степу зменшиться відповідно на 30 % та 36 %, в Східному Лісостепу зросте на 8 % в порівнянні з базовим (табл. 6.37).

За умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2011 – 2030 рр. вологозабезпеченість за вегетаційний період в порівнянні з базовим зменшиться в Поліссі та Східному Лісостепу на 2%. В Степу вологозабезпеченість за вегетаційний період в порівнянні з базовим збільшиться на 4 %, а в Західному Лісостепу буде однаковою (табл. 6.37).

В період з 2031 по 2050 рр. за сценарієм зміни клімату A1B період сходи – колосіння буде проходити при знижених температурах: від 0,1 °C у Степу до 0,5°C в Західному Лісостепу та Східному Лісостепу, в порівнянні з базовим періодом (табл. 6.37). Температурний режим в період колосіння – воскова стиглість за сценарієм зміни клімату A1B періоду з 2031 – 2050 рр. зросте в Поліссі на 1,2°C, в Західному Лісостепу на 0,6°C, в Східному Лісостепу та в Степу до 0,7°C в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2031 – 2050 рр. кількість опадів у період сходи – колосіння збільшилася в Поліссі та Західному Лісостепу відповідно на 16 % та 18 %, а в Східному Лісостепу на

47 % та Степу на 15 % (табл. 6.37). Для періоду колосіння – воскова стиглість за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2031 – 2050 рр. кількість опадів в Поліссі збільшиться на 0,8 %, в Східному Лісостепу зменшиться на 56 %, в Західному Лісостепу та Степу зменшиться відповідно на 40 % та 23 % в порівнянні з базовим.

А кількість опадів за період сходи – воскова стиглість ярого ячменю при зміні клімату A1B за період 2031 – 2050 рр. в Східному Лісостепу збільшиться на 27 %. В Поліссі очікуватиметься зменшення суми опадів на 7 %, в Західному Лісостепу на 13 %, в Степу на 9 % від середньої багаторічної.

Сумарне випарування в період сходи – колосіння зросте в Поліссі в порівнянні з базовим (90 мм) до 116 мм, в Західному Лісостепу з базовим (127 мм) до 159 мм (табл. 6.37), в Східному Лісостепу в порівнянні з базовим (98 мм) до 130 мм, в Степу порівнянні з базовим (75 мм) до 91 мм. В період колосіння – воскова стиглість сумарне випарування за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2031 – 2050 рр. зменшиться в Поліссі на 13 %, в Західному Лісостепу на 20 %, в Степу на 27 %, в Східному Лісостепу зросте 31 % в порівнянні з базовим.

За умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2031 – 2050 рр. зросте сумарна випаровуваність періоду сходи – колосіння в Поліссі, в Західному Лісостепу, в Східному Лісостепу та Степу в порівнянні з базовим від 17 до 35 %. Сумарна випаровуваність в період колосіння – воскова стиглість зменшиться в Поліссі на 10 %, в Західному Лісостепу та Степу на 17 %. В Східному Лісостепу сумарна випаровуваність за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2031 – 2050 рр. зросте на 31 % в порівнянні з базовим (табл. 6.37).

Вологозабезпеченість за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за період 2031 – 2050 рр. за вегетаційний період в порівнянні з базовим збільшиться в Східному Лісостепу (0,58 відн.одн.) до 0,60 відн.одн. Зменшиться вологозабезпеченість в порівнянні з середньою багаторічною в Поліссі на 5 %, в Західному Лісостепу на 3 %, в Степу на 4 %. Таким чином, вологозабезпеченість за вегетаційний період в усіх зонах збільшиться до 5 % крім Східного Лісостепу.

Площа листя ярого ячменю в період максимального розвитку за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться в Поліссі на  $0,35 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в Західному Лісостепу на  $1,62 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в Східному Лісостепу на  $1,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та в Степу на  $0,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (табл. 6.38).

В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  площа листя ярого ячменю зросла в порівнянні з базовим в Поліссі на 30 %, в Західному Лісостепу на 106 %, в Східному Лісостепу на 89 %, в Степу на 68 %.

Таблиця 6.38 – Порівняння показників фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	Варіант	Площа листя в період максимального розвитку, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Чиста продуктивність фотосинтезу в період максимального розвитку, г/м <sup>2</sup> дек	Приріст маси в період максимального розвитку, г/м <sup>2</sup> дек	Суха біомаса цілої рослини, г/м <sup>2</sup>	Фотосинтетичний потенціал, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Урожай, ц/га
Полісся							
1986-2005	Базовий	1,87	71	128	451	87	25
2011-2030	Клімат	2,22	69	146	576	112	31
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,43	71	165	644	121	35
2031-2050	Клімат	2,71	74	184	734	133	40
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,97	76	208	822	145	45
Західна Лісостеп							
1986-2005	Базовий	1,87	76	132	490	86	27
2011-2030	Клімат	3,49	71	240	910	173	50
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,85	72	270	1018	189	56
2031-2050	Клімат	2,79	74	188	728	132	38
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,06	76	212	813	144	43
Східна Лісостеп							
1986-2005	Базовий	1,95	67	125	455	91	25
2011-2030	Клімат	3,35	66	203	851	172	45
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,69	68	229	953	187	51
2031-2050	Клімат	2,08	72	147	549	100	31
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,26	75	164	610	107	34
Степ							
1986-2005	Базовий	1,7	80	122	434	74	25
2011-2030	Клімат	2,63	83	212	741	122	42
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,86	85	237	824	131	46
2031-2050	Клімат	3,17	81	242	843	140	47
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,48	83	272	941	152	53

Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Поліссі складатиме  $112 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що на  $25 \text{ м}^2/\text{м}^2$  більше порівняно з базовим періодом. Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Західному та Східному Лісостепу складатиме 173 та  $172 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що на 87 та  $81 \text{ м}^2/\text{м}^2$  більше порівняно з базовим періодом відповідно. Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Степу складатиме  $122 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що на  $48 \text{ м}^2/\text{м}^2$  більше порівняно з базовим періодом.

В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  фотосинтетичний потенціал ярого ячменю зросте в порівнянні з базовим в Поліссі та Степу на 39 % та 77% відповідно, в Західному та Східному Лісостепу на 120 % та 105 % відповідно.

Приріст маси ярого ячменю в період максимального розвитку за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться в Поліссі на  $18 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Західному Лісостепу на  $108 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Східному Лісостепу на  $78 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Степу на  $90 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ .

Підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері з 380 до 470 ppm обумовить збільшення приросту маси ярого ячменю в період максимального розвитку в Поліссі на  $37 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Західному Лісостепу на  $138 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Східному Лісостепу на  $104 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Степу на  $115 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$  (табл. 6.38).

Таким чином, в залежності від цього і суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться в Поліссі на 28 % від середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.), а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  на 43 % за середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.).

В Західному Лісостепу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.) складає  $490 \text{ г}/\text{м}^2$ . За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $910 \text{ г}/\text{м}^2$ , що на 86 % більше порівняно з базовим періодом. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Західному Лісостепу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $1018 \text{ г}/\text{м}^2$ , що на 108 % більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.38).

Суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться в Східному Лісостепу на 87 % від середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.), а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  на 109 % за середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.).

В Степу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.) складає  $434 \text{ г}/\text{м}^2$ . За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $741 \text{ г}/\text{м}^2$ , що на 71 % більше порівняно з базовим періодом. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Степу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $824 \text{ г}/\text{м}^2$ , що на 90 % більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.38).

В Поліссі урожай ярого ячменю за сценарієм зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) складатиме 31 ц/га, що на 6 ц/га більше, чим в Поліссі за середньо

багаторічними даними (1986-2005 рр.). Урожай ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Західному Лісостепу буде складати 50 ц/га, що на 23 ц/га більше ніж в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005). Урожай ярого ячменю в Степу за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) складатиме 42 ц/га, в Східному Лісостепу 45 ц/га, що на 17 – 20 ц/га більше, чим урожай ярого ячменю в Степу та в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері з 380 до 470 ppm суттєво підвищить рівень показників фотосинтетичної діяльності посівів і як результат збільшення показників фотосинтетичної продуктивності. Очікуваний урожай ярого ячменю становитиме в Поліссі 35 ц/га, а в Західному Лісостепу 56 ц/га, що в 10 ц/га та 29 ц/га більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.38).

В період максимального розвитку площа листя ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Поліссі на  $0,88 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в Західному Лісостепу на  $0,92 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в Східному Лісостепу на  $0,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та в Степу на  $1,47 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (табл. 6.38).

В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  площа листя ярого ячменю зросла в порівнянні з базовим в Поліссі на 59 %, в Західному Лісостепу на 64 %, в Східному Лісостепу на 16 %, в Степу на 105 %.

Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Поліссі складатиме  $133 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що на  $46 \text{ м}^2/\text{м}^2$  більше порівняно з базовим періодом. Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Західному та Східному Лісостепу складатиме 132 та  $100 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що на 46 та  $9 \text{ м}^2/\text{м}^2$  більше порівняно з базовим періодом відповідно. Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Степу складатиме  $140 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що на  $66 \text{ м}^2/\text{м}^2$  більше порівняно з базовим періодом.

В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  фотосинтетичний потенціал ярого ячменю зросте в порівнянні з базовим в Поліссі та Західному Лісостепу на 67 %, в Степу та Східному Лісостепу на 105 % та 18 % відповідно.

Приріст маси ярого ячменю в період максимального розвитку за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Поліссі на  $56 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Західному Лісостепу на  $56 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Східному Лісостепу на  $22 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Степу на  $120 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ .

Підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері з 380 до 470 ppm обумовить збільшення приросту маси ярого ячменю в період максимального розвитку в Поліссі на  $80 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Західному Лісостепу на  $80 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Східному Лісостепу на  $39 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Степу на  $150 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$  (табл. 6.38).

Таким чином, в залежності від цього і суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Поліссі на 28 % від середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.), а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  на 43 % в порівнянні з базовим.

В Західному Лісостепу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.) складає  $490 \text{ г/м}^2$ . За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $728 \text{ г/м}^2$ , що на 86 % більше порівняно з базовим періодом. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Західному Лісостепу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $813 \text{ г/м}^2$ , що на 66 % більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.38).

Суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Східному Лісостепу на 21 % від середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.), а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  на 34 % в порівнянні з базовим періодом.

В Степу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.) складає  $434 \text{ г/м}^2$ . За сценарієм зміни клімату А2 в період 2031-2050 рр. суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $843 \text{ г/м}^2$ , що на 94 % більше порівняно з базовим періодом. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Степу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $941 \text{ г/м}^2$ , що на 117 % більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.38).

В Поліссі урожай ярого ячменю за сценаріями зміни клімату А2 (2031-2050 рр.) складатиме 40 ц/га, що на 15 ц/га більше, чим в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Урожай ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Західному Лісостепу буде складати 38 ц/га, що на 11 ц/га більше ніж в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005). Урожай ярого ячменю в Степу за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) складатиме 47 ц/га, в Східному Лісостепу 31 ц/га, що на 6 та 22 ц/га більше, чим урожай ярого ячменю в Степу та в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері з 380 до 470 ppm суттєво підвищить рівень показників фотосинтетичної діяльності посівів і як результат збільшення показників фотосинтетичної продуктивності. Очікуваний урожай ярого ячменю становитиме в Поліссі 45 ц/га, а в Західному Лісостепу 43 ц/га, що на 20 ц/га та 16 ц/га більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.38).

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за період 2011 – 2030 рр. площа листя ярого ячменю в період максимального розвитку збільшиться в Західному Лісостепу та в Степу на  $1,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$  на  $0,94 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно, в Поліссі та в Східному Лісостепу відбудеться зменшення на  $0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та на  $1,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно в порівнянні з базовим періодом (табл. 6.39).

В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  площа листя ярого ячменю зростає в порівнянні з базовим в Поліссі на 5 %, в Західному Лісостепу на 68 %, в Східному Лісостепу на 3 %, в Степу на 69 %.

Таблиця 6.39 – Порівняння показників фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	Варіант	Площа листя в період максимального розвитку, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Чиста продуктивність фотосинтезу в період максимального розвитку, г/м <sup>2</sup> дек	Приріст маси в період максимального розвитку, г/м <sup>2</sup> дек	Суха біомаса цілої рослини, г/м <sup>2</sup>	Фотосинтетичний потенціал, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Урожай, ц/га
Полісся							
1986-2005	Базовий	1,87	71	128	451	87	25
2011-2030	Клімат	1,82	73	128	465	83	26
	Клімат + CO <sub>2</sub>	1,97	75	144	516	90	29
2031-2050	Клімат	2,02	69	126	508	95	27
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,21	71	141	566	103	30
Західна Лісостеп							
1986-2005	Базовий	1,87	76	132	490	86	27
2011-2030	Клімат	2,87	80	213	745	127	42
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,14	85	239	832	137	46
2031-2050	Клімат	2,23	73	156	564	105	31
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,43	76	175	629	113	34
Східна Лісостеп							
1986-2005	Базовий	1,95	67	125	455	91	25
2011-2030	Клімат	1,85	76	138	482	85	27
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,00	78	155	535	92	30
2031-2050	Клімат	2,83	70	188	719	131	39
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,10	72	212	805	143	44
Степ							
1986-2005	Базовий	1,7	80	122	434	74	25
2011-2030	Клімат	2,64	81	197	676	113	37
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,88	83	221	754	123	41
2031-2050	Клімат	1,91	71	116	450	91	24
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,07	74	130	501	98	27

Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату A1B (2011-2030 pp.) в Поліссі та Східному Лісостепу складатиме  $83 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $85 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що на  $4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $6 \text{ м}^2/\text{м}^2$  менше порівняно з базовим періодом. Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) в Західному Лісостепу та Степу складатиме  $127 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $113 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що на  $41 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $39 \text{ м}^2/\text{м}^2$  більше порівняно з базовим періодом відповідно.

В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  фотосинтетичний потенціал ярого ячменю в порівнянні з базовим в Поліссі та в Східному Лісостепу не відбудеться, в Степу та в Західному Лісостепу фотосинтетичний потенціал ярого ячменю зросте на 66 % та на 59 % відповідно.

Приріст маси ярого ячменю в період максимального розвитку за сценарієм зміни клімату A1B (2011-2030 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на  $61 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Східному Лісостепу на  $10 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Степу на  $61 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ . В Поліссі приріст маси ярого ячменю в період максимального розвитку за сценарієм зміни клімату A1B (2011-2030 pp.) в порівнянні з базовим не змінився. Підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері з 380 до 470 ppm обумовить збільшення приросту маси ярого ячменю в період максимального розвитку в Поліссі на  $16 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Західному Лісостепу на  $107 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Східному Лісостепу на  $30 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$ , в Степу на  $99 \text{ г}/\text{м}^2\text{дек}$  (табл. 6.39).

Таким чином, в залежності від цього і суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) збільшиться в Поліссі на 3 % від середньо багаторічних даних (1986-2005 pp.), а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  на 14 % за середньо багаторічних даних (1986-2005 pp.).

В Західному Лісостепу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічних даних (1986-2005 pp.) складає  $490 \text{ г}/\text{м}^2$ . За сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $745 \text{ г}/\text{м}^2$ , що на 52 % більше порівняно з базовим періодом. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Західному Лісостепу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $832 \text{ г}/\text{м}^2$ , що на 70 % більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.39).

Суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) збільшиться в Східному Лісостепу на 6 % від середньо багаторічних даних (1986-2005 pp.), а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  на 18 % за середньо багаторічних даних (1986-2005 pp.).

В Степу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічних даних (1986-2005 pp.) складає  $434 \text{ г}/\text{м}^2$ . За сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $676 \text{ г}/\text{м}^2$ , що на 56 % більше порівняно з базовим періодом. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Степу суха біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $754 \text{ г}/\text{м}^2$ , що на 74 % більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.39).



Урожай ярого ячменю за сценарієм зміни клімату A1B (2011-2030 pp.) в Поліссі складатиме 26 ц/га, що на 1 ц/га більше, чим в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.). Урожай ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) в Західному Лісостепу буде складати 42 ц/га, що на 15 ц/га більше ніж в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005). Урожай ярого ячменю в Степу за сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) складатиме 37 ц/га, в Східному Лісостепу 27 ц/га, що на 2 – 12 ц/га більше, чим урожай ярого ячменю в Степу та в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

Збільшення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері з 380 до 470 ppm суттєво підвищить рівень показників фотосинтетичної діяльності посівів і як результат збільшення показників фотосинтетичної продуктивності. Очікуваний урожай ярого ячменю становитиме в Поліссі 29 ц/га, а в Західному Лісостепу 42 ц/га, що в 15 ц/га та 19 ц/га більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.39).

В період максимального розвитку площа листя ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 pp.) збільшиться в Поліссі на 0,15 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, в Західному Лісостепу на 0,36 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, в Східному Лісостепу на 0,88 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> та в Степу на 0,21 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (табл. 6.39).

В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя ярого ячменю зросла в порівнянні з базовим в Поліссі на 8 %, в Західному Лісостепу на 19 %, в Східному Лісостепу на 45 %, в Степу на 12 %.

Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату A1B (2031-2050 pp.) в Поліссі складатиме 95 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, що на 8 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> більше порівняно з базовим періодом. Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 pp.) в Західному та Східному Лісостепу складатиме 105 та 131 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, що на 19 та 40 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> більше порівняно з базовим періодом відповідно. Фотосинтетичний потенціал ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 pp.) в Степу складатиме 91 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, що на 17 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> більше порівняно з базовим періодом.

В умовах збільшення CO<sub>2</sub> фотосинтетичний потенціал ярого ячменю зросте в порівнянні з базовим в Поліссі на 18%, в Західному Лісостепу на 31 %, в Степу та Східному Лісостепу на 32 % та 57 % відповідно.

Приріст маси ярого ячменю в період максимального розвитку за сценарієм зміни клімату A1B (2031-2050 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на 24 г/м<sup>2</sup>дек, в Східному Лісостепу на 63 г/м<sup>2</sup>дек. В Поліссі та в Степу приріст маси ярого ячменю в період максимального розвитку за сценарієм зміни клімату A1B (2031-2050 pp.) в порівнянні з базовим зменшиться на 2 % та на 6 г/м<sup>2</sup>дек.

Підвищення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері з 380 до 470 ppm обумовить збільшення приросту маси ярого ячменю в період максимального розвитку в Поліссі на 13 г/м<sup>2</sup>дек, в Західному Лісостепу на 43 г/м<sup>2</sup>дек, в Східному Лісостепу на 87 г/м<sup>2</sup>дек, в Степу на 8 г/м<sup>2</sup>дек (табл. 6.39).

Суша біомаса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Поліссі на 13 % від середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.), а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  на 25 % в порівнянні з базовим.

В Західному Лісостепу суша біомаса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.) складає  $490 \text{ г/м}^2$ . За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) суша біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $564 \text{ г/м}^2$ , що на 15 % більше порівняно з базовим періодом. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Західному Лісостепу суша біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $629 \text{ г/м}^2$ , що на 28 % більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.39).

Суша біомаса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Східному Лісостепу на 58 % від середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.), а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  на 77 % в порівнянні з базовим періодом.

В Степу суша біомаса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.) складає  $434 \text{ г/м}^2$ . За сценарієм зміни клімату А1В в період 2031-2050 рр. суша біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $450 \text{ г/м}^2$ , що на 4 % більше порівняно з базовим періодом. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Степу суша біомаса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $501 \text{ г/м}^2$ , що на 15 % більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.39).

В Поліссі урожай ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) складатиме 27 ц/га, що на 2 ц/га більше, чим в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Урожай ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Західному Лісостепу буде складати 31 ц/га, що на 4 ц/га більше ніж в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005). Урожай ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Східному Лісостепу складатиме 39 ц/га, що на 14 ц/га більше, чим урожай ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). В Степу урожай ярого ячменю за умовами зміни клімату зменшиться 4 % в порівнянні з базовим періодом.

Збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері з 380 до 470 ppm суттєво підвищить рівень показників фотосинтетичної діяльності посівів і як результат збільшення показників фотосинтетичної продуктивності. Очікуваний урожай ярого ячменю становитиме в Поліссі 30 ц/га, а в Західному Лісостепу 34 ц/га, що на 7 ц/га більше порівняно з базовим періодом (табл. 6.39). А в Східному Лісостепу та в Степу урожайність зросте на 76 % та 8 % відповідно в порівнянні з базовим періодом.

В Поліссі площа листя ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031 – 2050 рр.) збільшувалась до шостої декади вегетації і набула максимального значення у шосту декаду вегетації і складатиме  $1,87 - 2,71 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Площа листя

ярого ячменю в Поліссі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату A2 в періоди 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. збільшиться на  $0,35 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $0,56 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$ , в Поліссі площа листя ярого ячменю зростала до шостої декади вегетації і максимальне значення площі листя ярого ячменю в 2011 – 2030 рр. складатиме  $2,43 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що на 30 % більше в порівнянні з базовим періодом. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  площа листя ярого ячменю в період 2031 – 2050 рр. збільшиться на  $1,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в порівнянні з площею листя ярого ячменю базового періоду (рис. 6.56).

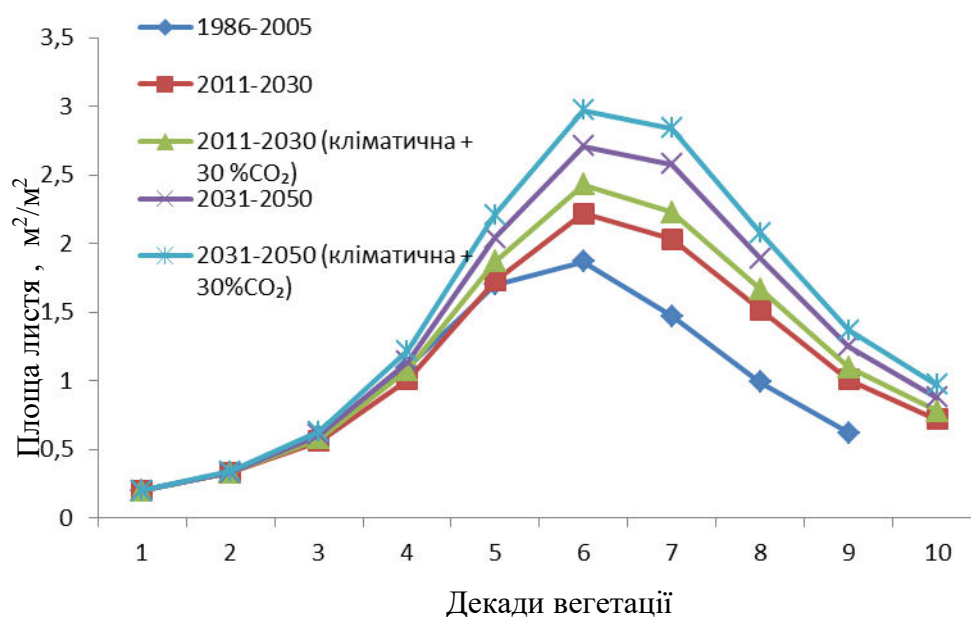


Рисунок 6.56 – Динаміка площі листя ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Максимальна площа листя ярого ячменю в Західному Лісостепу спостерігалась у п'яту декаду вегетації за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) і зросла до  $1,87 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальна площа листя ярого ячменю в Західному Лісостепу зростала до сьомої декади за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та умов збільшення  $\text{CO}_2$  та складатиме  $3,49 - 3,85 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно (рис. 6.57). Максимальна площа листя ярого ячменю в Західному Лісостепу за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) та умов збільшення  $\text{CO}_2$  зростатиме до шостої декади складатиме  $2,79 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $3,06 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно, що на 49 % та 64 % більше в порівнянні з базовим періодом (рис. 6.57).

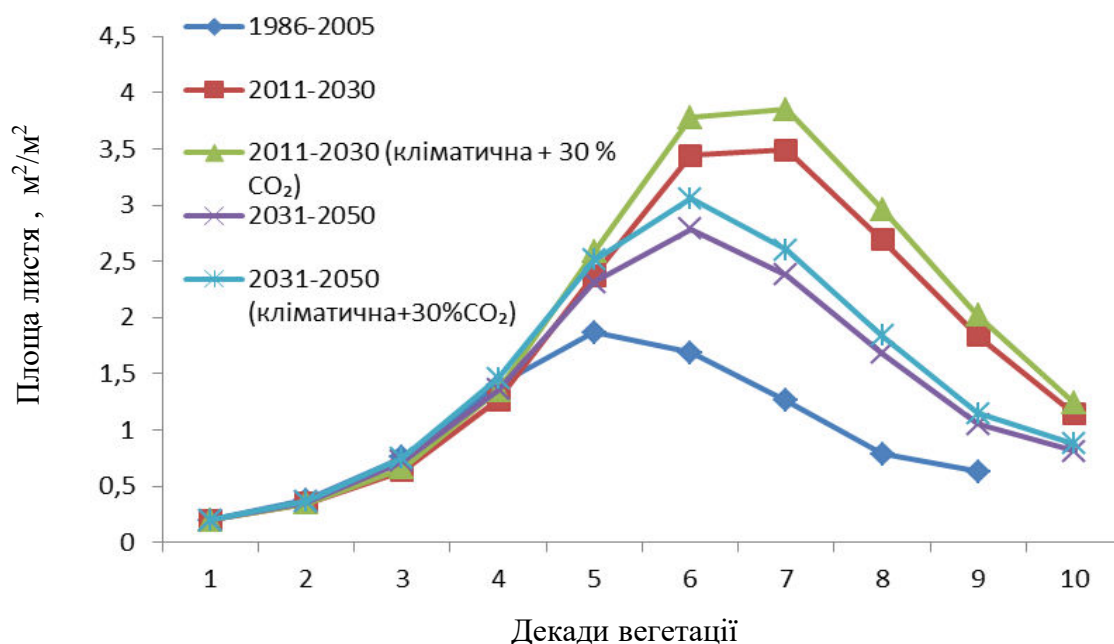


Рисунок 6.57 – Динаміка площі листя ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Динаміка наростання площі листкової поверхні в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними наведена на рис. 6.58. Максимальна площа листя ярого ячменю в Східному Лісостепу спостерігається у шосту декаду вегетації і складає  $1,95 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Збільшення максимальної площі листя ярого ячменю спостерігається в сьомій декаді, як і за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), так і в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  складатиме  $3,35 - 3,69 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) максимальна площа листя ярого ячменю в Східному Лісостепу спостерігається також в шосту декаду вегетації і складатиме  $2,08 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  зросте до  $2,26 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

В Степу максимальна площа листя ярого ячменю базового періоду спостерігається в п'яту декаду і зросла до  $1,87 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальна площа листя ярого ячменю за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) та (2031 – 2050 рр.) спостерігається в шостій декаді та зросте на  $0,93 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $1,47 \text{ м}^2/\text{м}^2$  порівняно з базовим. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$ , в Степу площа листя ярого ячменю зростала до шостої декади вегетації і максимальне значення площі листя ярого ячменю за умов збільшення  $\text{CO}_2$  складатиме  $2,86 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в період 2011 – 2030 рр. та  $3,48 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в період 2013 – 2050 рр. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  площа листя ярого ячменю збільшилась на  $1,16 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в період 2011 – 2030 рр. та  $1,78 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в період 2013 – 2050 рр. в порівнянні з площею листя ярого ячменю за базовий період (рис. 6.59).

В Поліссі чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась з першої по п'яту декади вегетації, потім почала знижуватися за середньо багаторічними

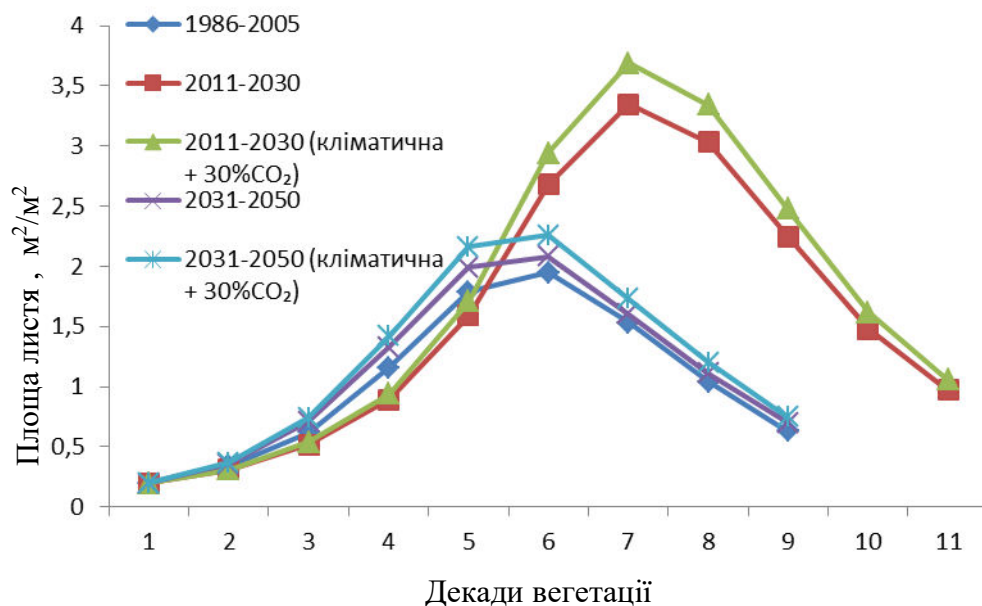


Рисунок 6.58 – Динаміка площі листя ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

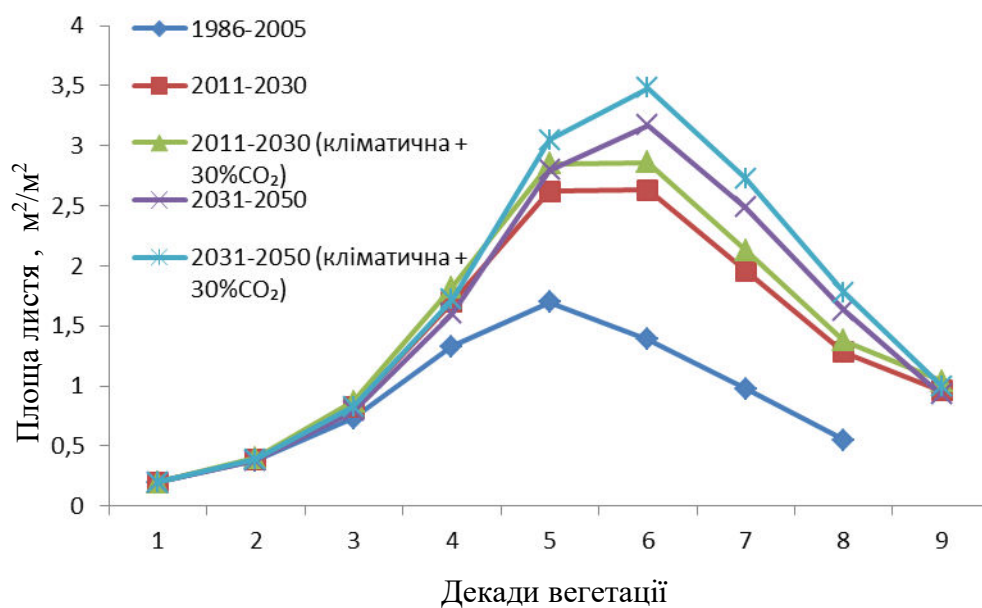


Рисунок 6.59 – Динаміка площі листя ярого ячменю в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

даними (1986-2005 рр.). За середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) максимум чистої продуктивності фотосинтезу складає  $71 \text{ г/м}^2$ . Чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) та (2031 – 2050 рр.) набула максимального значення у шосту декаду вегетації і становитиме  $69 \text{ г/м}^2$  та  $74 \text{ г/м}^2$  відповідно. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  чиста продуктивність фотосинтезу повторює хід сценаріїв зміни клімату (2011-2030 рр.) та (2031 – 2050 рр.). Максимум чистої продуктивності фотосинтезу в Поліссі за умов збільшення  $\text{CO}_2$  досягає в шосту декаду і складатиме  $71 \text{ г/м}^2$  та  $76 \text{ г/м}^2$  (рис. 6.60).

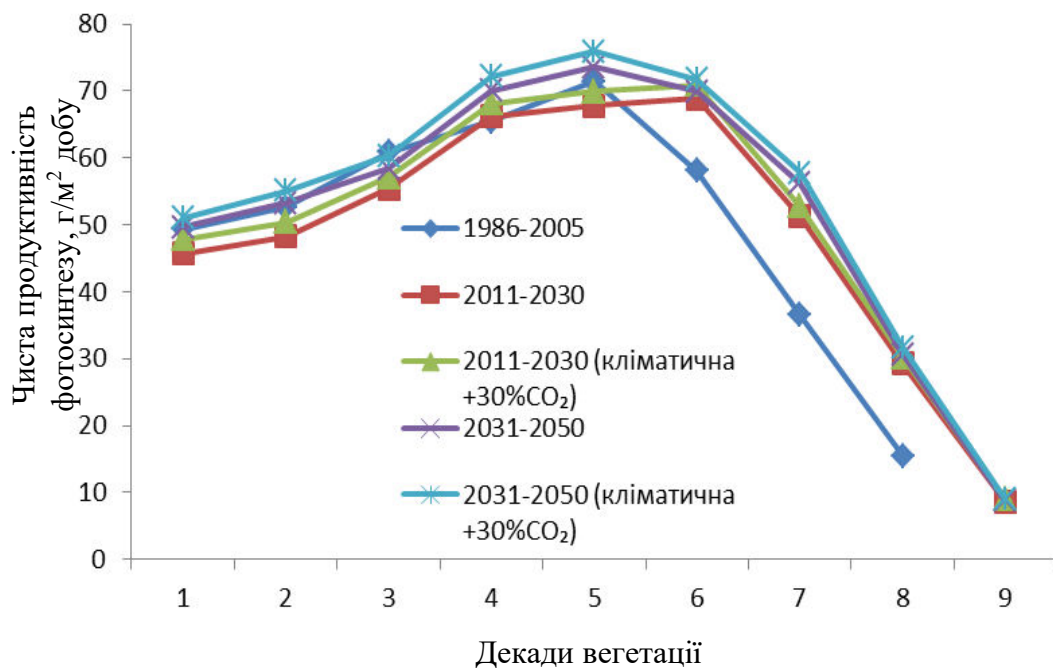


Рисунок 6.60 – Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) збільшувалась з першої по п'яту декаду вегетації і складає  $76 \text{ г/м}^2$ , потім почала знижуватися. Чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась до п'ятої декади вегетації за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  та складатиме  $71 \text{ г/м}^2$  та  $72 \text{ г/м}^2$  відповідно (рис. 6.61). За сценарієм зміни клімату (2031 – 2050 рр.) чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю збільшиться до п'ятої декади становитиме  $74 \text{ г/м}^2$ , що на  $2 \text{ г/м}^2$  менше в порівнянні з базовим періодом (рис. 6.61).



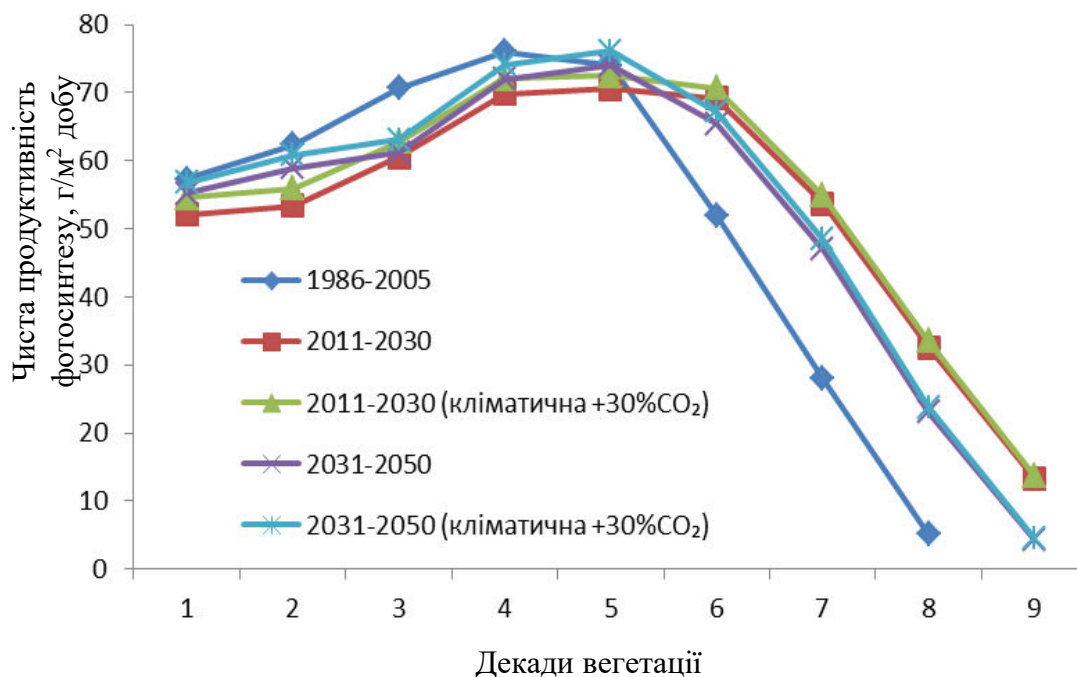


Рисунок 6.61 – Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Східному Лісостепу чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась до п'ятої декади вегетації за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення CO<sub>2</sub>. Але в перші п'ять декад вегетації чиста продуктивність за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) набувала більш вищий темп порівняно з сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення CO<sub>2</sub> і складає 67 г/м<sup>2</sup>·декаду. За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення CO<sub>2</sub> чиста продуктивність фотосинтезу набула максимального значення у п'яту декаду вегетації і становитиме 66 г/м<sup>2</sup>·дек. та 68 г/м<sup>2</sup>·дек. відповідно (рис. 6.62). Чиста продуктивність фотосинтезу сценарію зміни клімату (2031-2050 рр.) повторює хід кривої середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.) і складатиме 72 г/м<sup>2</sup>·дек.

Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Степу збільшувалась до четвертої декади вегетації, за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) і склала 80 г/м<sup>2</sup>·дек. Максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу за сценаріями зміни клімату А2 в періоди (2011-2030 рр.) і (2031 – 2050 рр.) та і в умовах збільшення CO<sub>2</sub> зростатимуть до четвертої декади вегетації і складатимуть 83 – 85 г/м<sup>2</sup>·дек. (рис. 6.63).

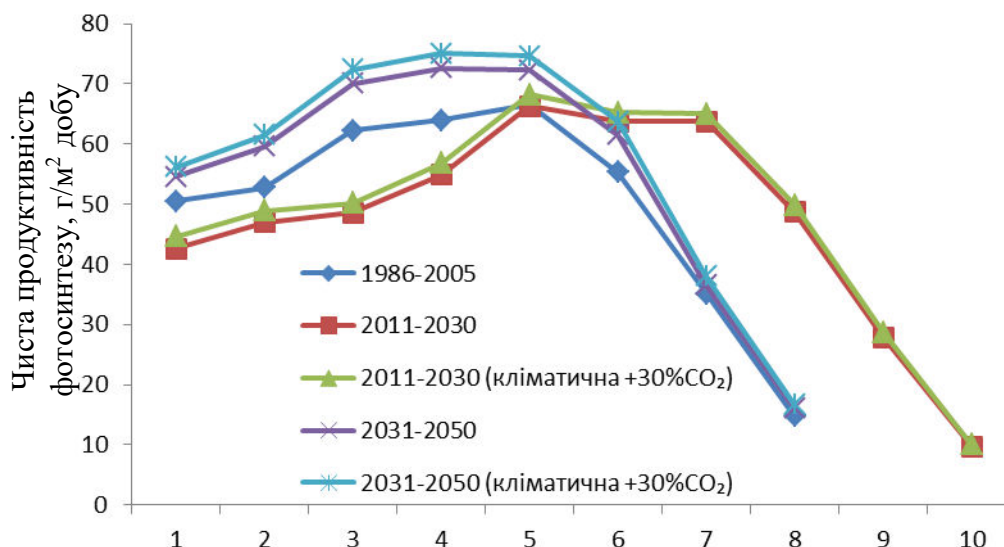


Рисунок 6.62 – Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньобаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

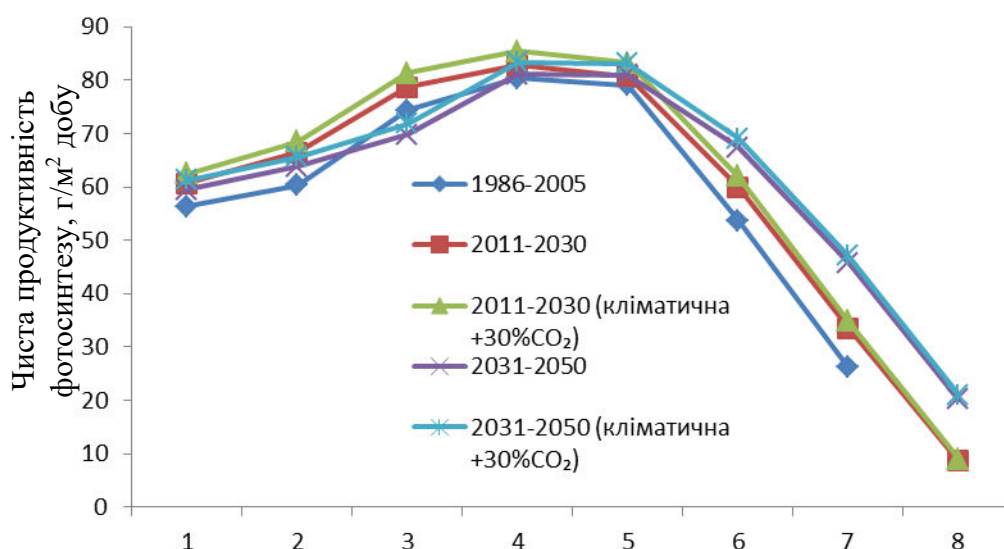


Рисунок 6.63 – Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Степу за середньобаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Суша маса ярого ячменю в Поліссі за середньобаторічними даними (1986-2005 рр.) почала набирати масу з п'ятої до дев'ятої декади вегетації і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю в Поліссі склала 288 г/м² (рис. 6.39). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Поліссі, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої до десятої декади вегетації, і в десяту декаду вегетації суха маса ярого ячменю склала 368 г/м². Суша маса ярого ячменю в Поліссі в період максимального розвитку в умовах збільшення CO₂ досягла десятої декади і складатиме 414 г/м² (рис. 6.64). За



сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Поліссі, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої до десятої декади вегетації, і в десяту декаду вегетації суха маса ярого ячменю становитиме 471 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Поліссі в період максимального розвитку в умовах збільшення CO<sub>2</sub> досягла десятої декади і складатиме 531 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.64).

В Західному Лісостепу суха маса ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почала набирати масу з четвертої до дев'ятої декади вегетації, і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю в Західному Лісостепу склала 311 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.65). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Західному Лісостепу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої декади вегетації і до десятої декади вегетації, і в десяту декаду вегетації суха маса ярого ячменю складатиме 580 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Західному Лісостепу в період умов збільшення CO<sub>2</sub> збільшилась до 651 г/м<sup>2</sup> в десятій декаді. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Західному Лісостепу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої до десятої декади вегетації, і в десяту декаду вегетації суха маса ярого ячменю складатиме 448 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Західному Лісостепу в період умов збільшення CO<sub>2</sub> збільшиться до 503 г/м<sup>2</sup> в десятій декаді.

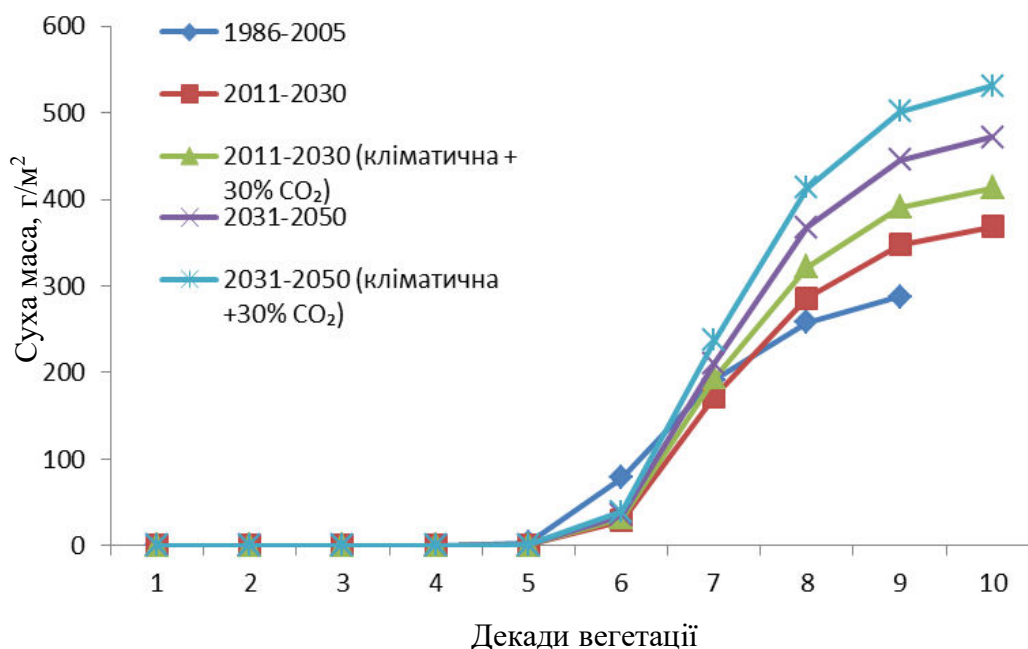


Рисунок 6.64 – Суха маса ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

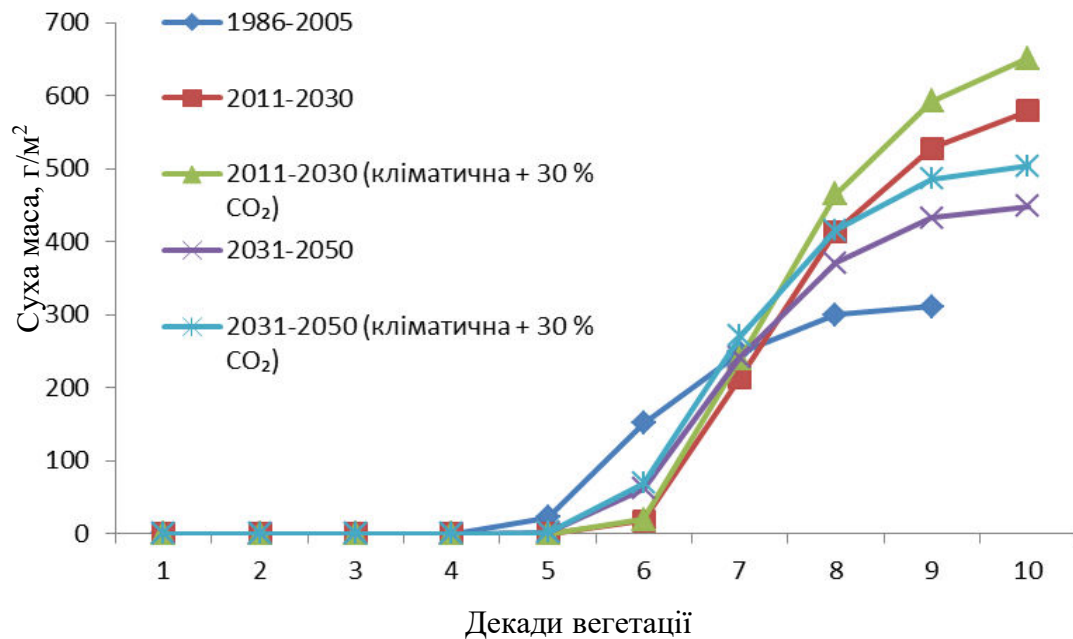


Рисунок 6.65 – Суха маса ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почала набирати масу з п'ятої до дев'ятої декади вегетації, і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу склала 287 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.66). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Східному Лісостепу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з шостої декади вегетації і до одинадцятої декади вегетації, і в одинадцяту декаду вегетації суха маса ярого ячменю становитиме 532 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з шостої декади вегетації і досягла одинадцятої декади і складатиме 597 г/м<sup>2</sup>. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Східному Лісостепу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з шостої декади вегетації і до дев'ятої декади вегетації, і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю становитиме 357 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з шостої декади вегетації і досягла дев'ятої декади і складатиме 400 г/м<sup>2</sup>.

В Степу суха маса ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почала набирати масу з четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації, і в восьму декаду вегетації суха маса ярого ячменю в Степу склала 292 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.67). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Степу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з четвертої

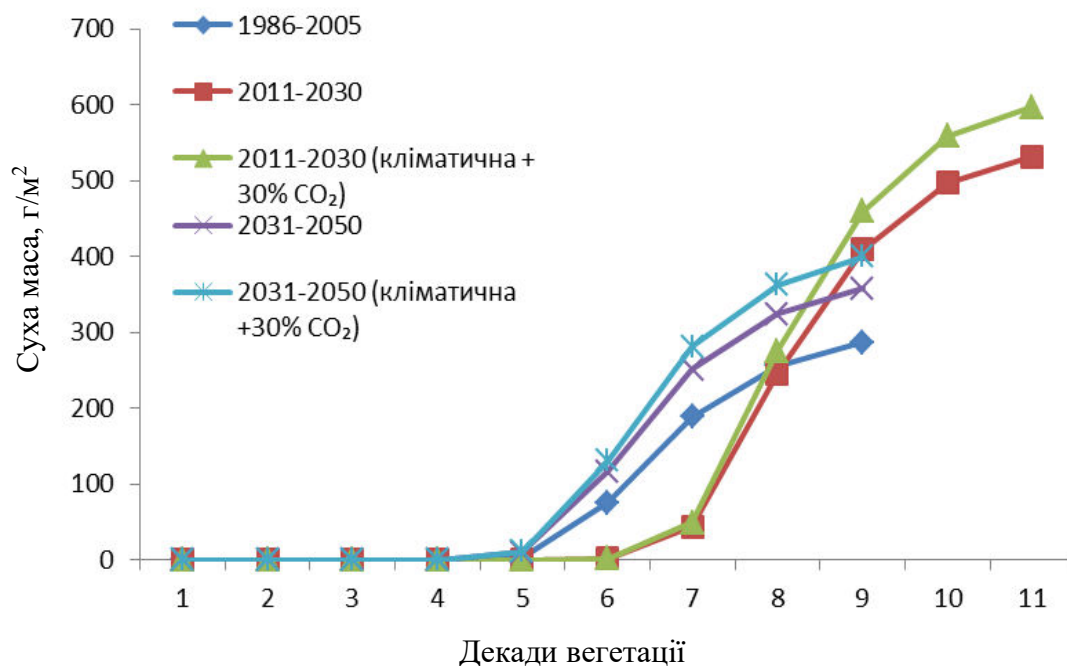


Рисунок 6.66 – Суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

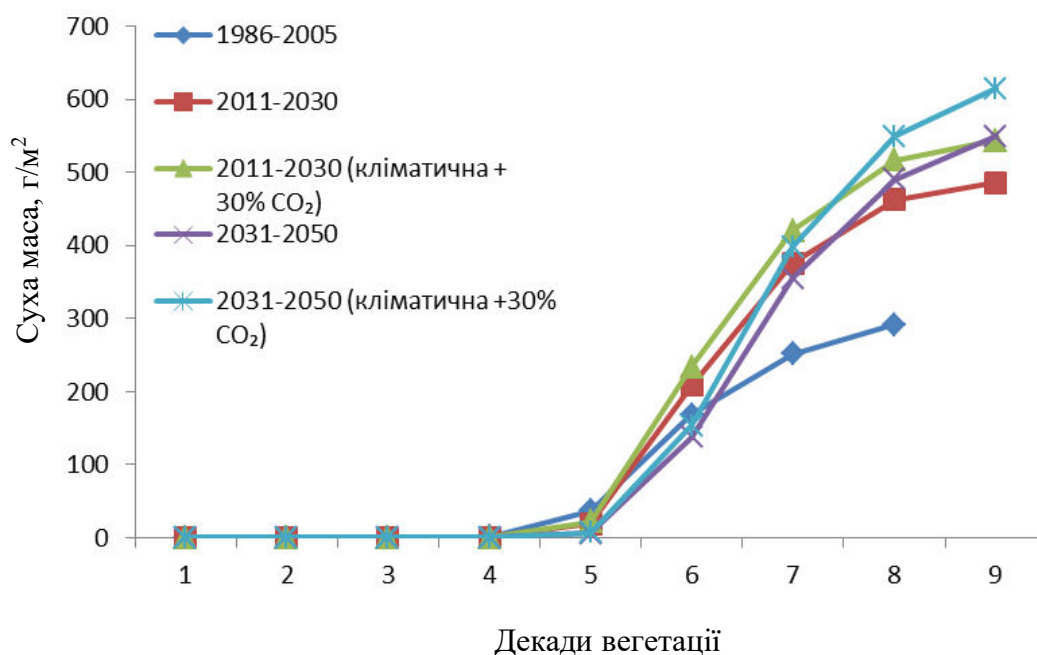


Рисунок 6.67 – Суха маса ярого ячменю в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

декади вегетації і до дев'ятої декади вегетації і складатиме 486 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Степу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з четвертої декади вегетації і досягла дев'ятої декади, і складатиме 544 г/м<sup>2</sup>. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 pp.) в Степу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з четвертої декади вегетації до дев'ятої декади вегетації, і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю становитиме 549 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Степу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з четвертої декади вегетації і досягла дев'ятої декади і складатиме 615 г/м<sup>2</sup>.

Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) збільшувалась з першої по дев'яту декади вегетації. Накопичення біомаси з першої по п'яту декаду вегетації йде досить повільно, потім поступово зростає і в кінці дев'ятої декади становитиме 451 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.68). За сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) в Поліссі, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася з першої по десятую декаду вегетації і складатиме 576 г/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> суха маса цілої рослини ярого ячменю в Поліссі зростатиме на 43 % в порівнянні з базовим періодом. За сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) в Поліссі, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася з першої по десятую декаду вегетації і складатиме 734 г/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> суха маса цілої рослини ярого ячменю в Поліссі зростає на 82 % в порівнянні з базовим періодом.

В Західному Лісостепу суха маса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) збільшувалась з першої по десятую декади вегетації і склала 490 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.69). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) та в умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Західному Лісостепу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася з першої по десятую декаду вегетації. За сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) та в умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Західному Лісостепу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася на 86 % та на 108 % в порівнянні з базовим періодом відповідно. Суха маса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 pp.) та в умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Західному Лісостепу, збільшувалася на 48 % та на 66 % в порівнянні з базовим періодом відповідно.

Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) збільшувалась з першої по дев'яту декади вегетації і склала 455 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.70). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) в Східному Лісостепу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася з першої по десятую декаду вегетації і становитиме 851 г/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> суха маса цілої рослини ярого ячменю

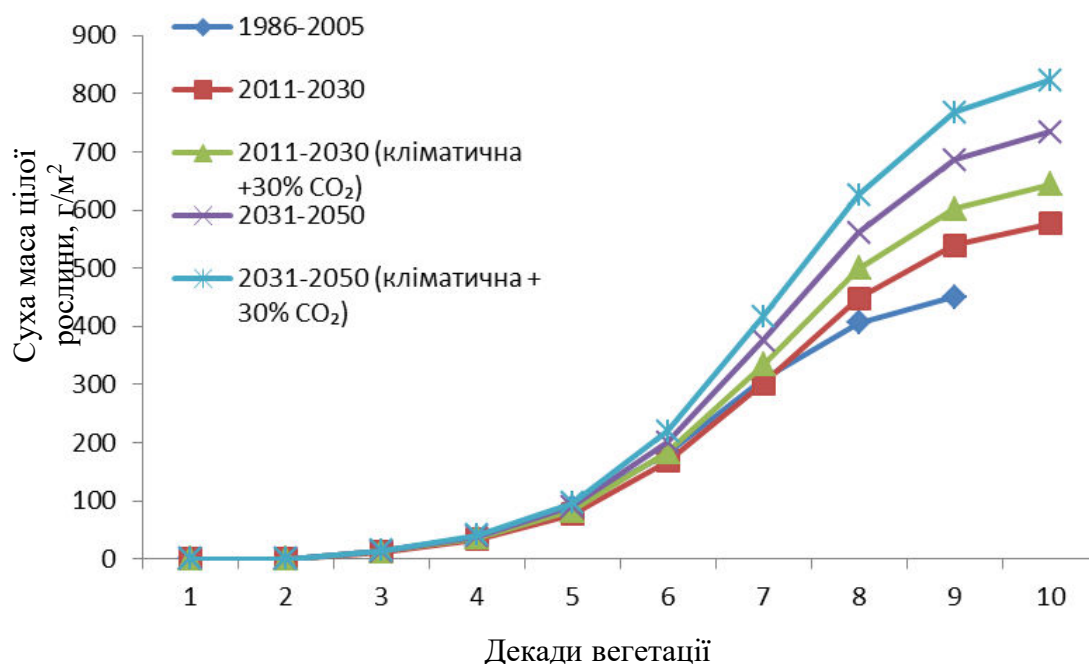


Рисунок 6.68 – Суша маса цілої рослини ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр. ) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

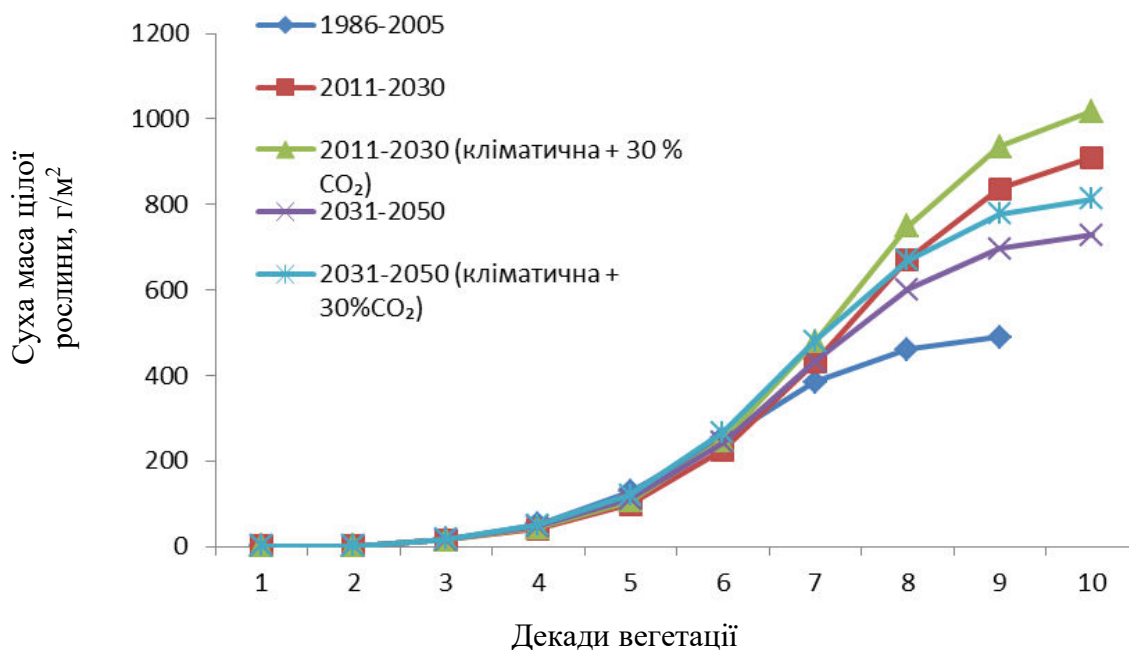


Рисунок 6.69 – Суша маса цілої рослини ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр. ) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

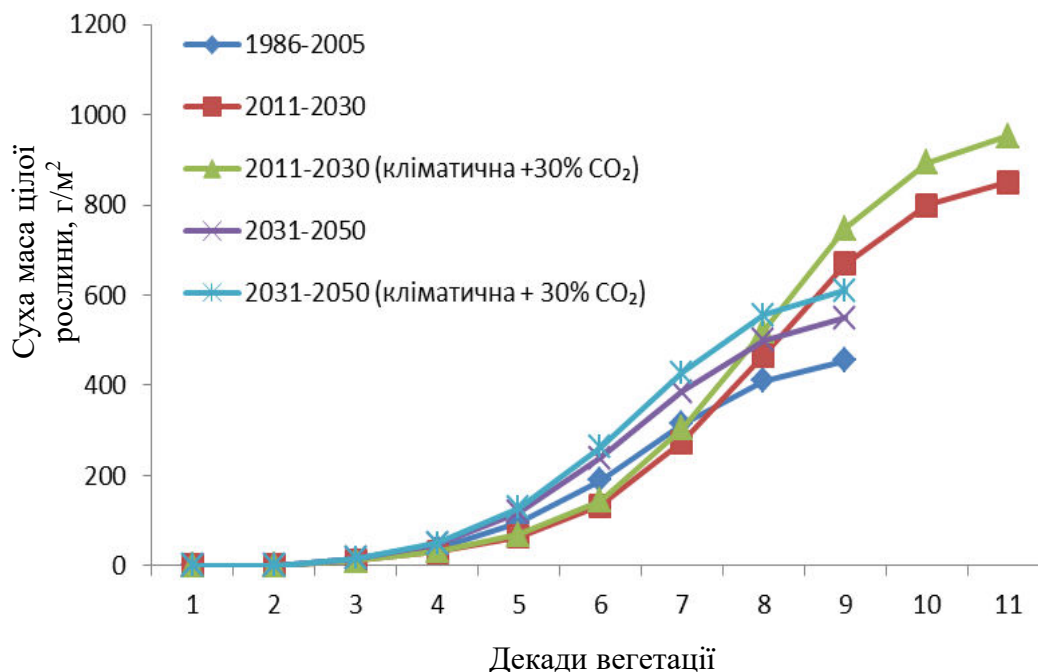


Рисунок 6.70 – Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр. ) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

становитиме 851 г/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> суха маса цілої рослини ярого ячменю складатиме 953 г/м<sup>2</sup>, що на 109 % більше порівняно з базовим періодом. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Східному Лісостепу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася с першої по десятку декаду вегетації і складатиме 549 г/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> суха маса цілої рослини ярого ячменю складатиме 610 г/м<sup>2</sup>, що на 34 % більше порівняно з базовим періодом.

В Степу суха маса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) збільшувалась с першої по восьму декаду вегетації і склала 434 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.71). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Степу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася с першої по одинадцятку декаду вегетації і складатиме 741 г/м<sup>2</sup>. Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Степу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> зросте до 824 г/м<sup>2</sup>, що на 90 % більше порівняно з базовим періодом. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Степу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася с першої по дев'яту декаду вегетації і становитиме 843 г/м<sup>2</sup>.

Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Степу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> зростає до 941 г/м<sup>2</sup>, що на 117 % більше порівняно з базовим періодом.



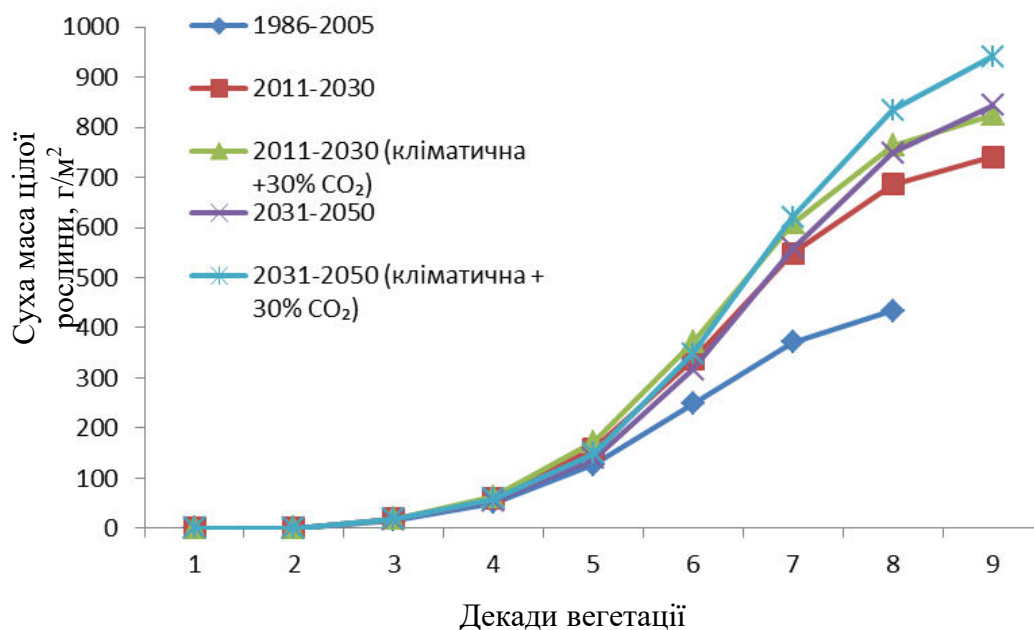


Рисунок 6.71 – Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Поліссі площа листя ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031 – 2050 рр.) збільшувалась до шостої декади вегетації і набула максимального значення у шосту декаду вегетації і складатиме 1,87 - 2,21 м²/м². Площа листя ярого ячменю в Поліссі в період максимального розвитку за сценарієм зміни клімату A1B в періоди 2011 – 2030 рр. зменшиться на 3 % в порівнянні з базовим періодом. За сценарієм зміни клімату в період 2031 – 2050 рр. площа листя ярого ячменю збільшиться на 0,15 м²/м². В умовах збільшення CO<sub>2</sub>, в Поліссі площа листя ярого ячменю зростала до шостої декади вегетації і максимальне значення площі листя ярого ячменю в 2011 – 2030 рр. складатиме 1,82 м²/м². В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя ярого ячменю в період 2031 – 2050 рр. збільшиться на 0,34 м²/м² в порівнянні з площею листя ярого ячменю базового періоду (рис. 6.72).

Максимальна площа листя ярого ячменю в Західному Лісостепу спостерігалась у шосту декаду вегетації за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) і зроста до 1,87 м²/м². Максимальна площа листя ярого ячменю в Західному Лісостепу зростатиме до п'ятої декади за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та умов збільшення CO<sub>2</sub> та склала 2,87 – 3,14 м²/м² відповідно (рис. 6.73). Максимальна площа листя ярого ячменю в Західному Лісостепу за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) та умов збільшення CO<sub>2</sub> зростатиме до шостої декади складатиме 2,23 м²/м² та

2,43 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> відповідно, що на 19 % та 30 % більше в порівнянні з базовим періодом (рис. 6.73).

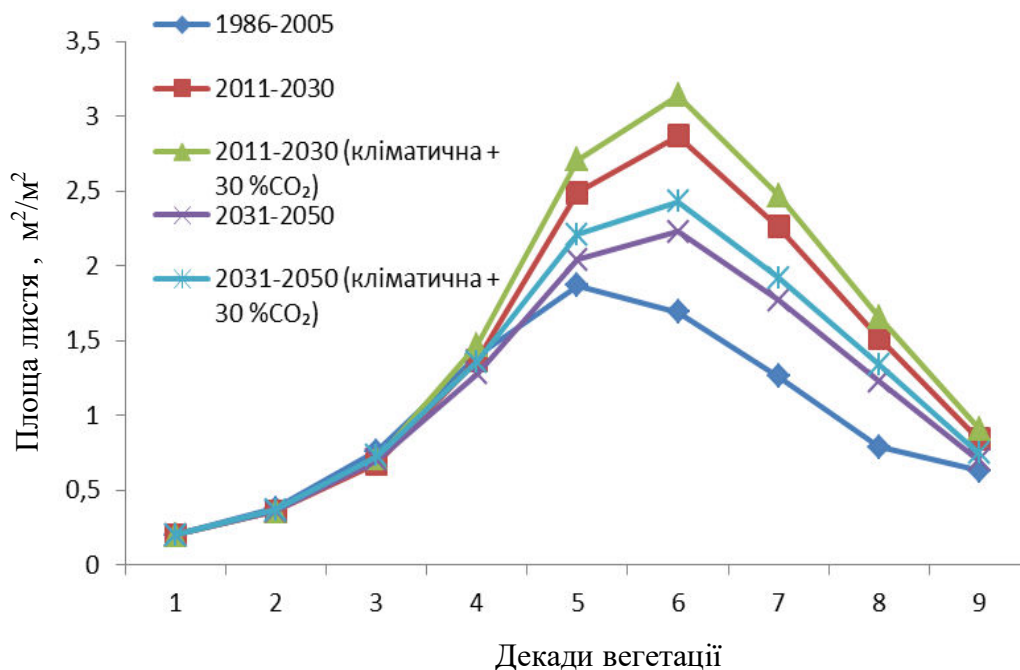


Рисунок 6.72 – Динаміка площі листя ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

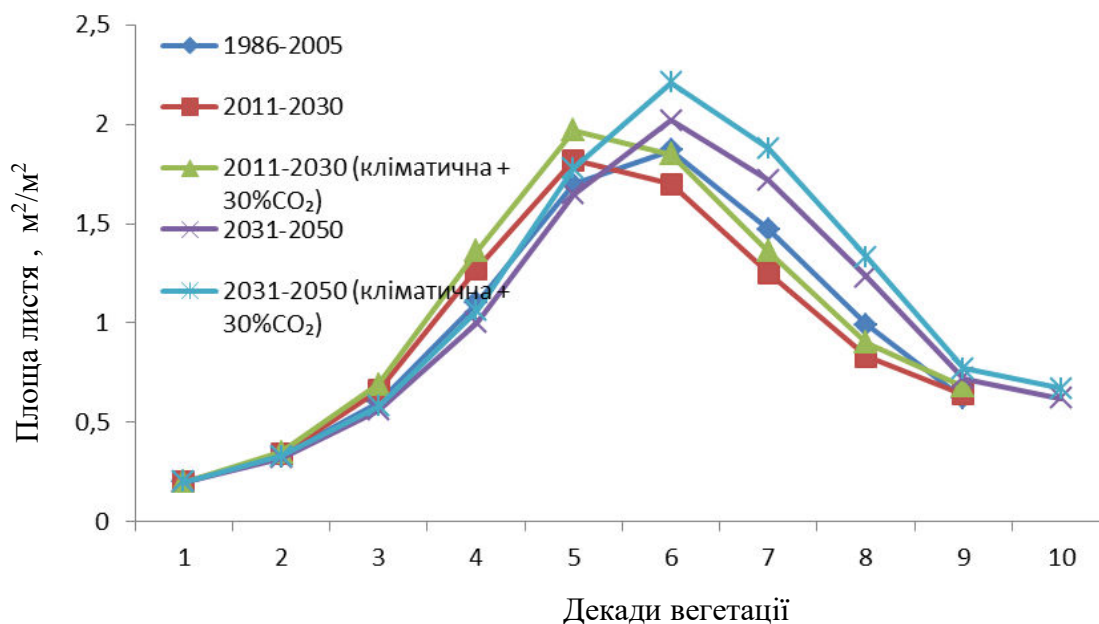


Рисунок 6.73 – Динаміка площі листя ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).



Динаміка наростання площі листової поверхні в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними наведена на рис. 6.74. Максимальна площа листя ярого ячменю в Східному Лісостепу спостерігається у шосту декаду вегетації і складає  $1,95 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Збільшення максимальної площі листя ярого ячменю спостерігається в п'ятій декаді за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) і в умовах збільшення  $\text{CO}_2$ , і складатиме  $1,85 - 2,00 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) максимальна площа листя ярого ячменю в Східному Лісостепу спостерігається в шосту декаду вегетації і складатиме  $2,83 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  становитиме  $3,10 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

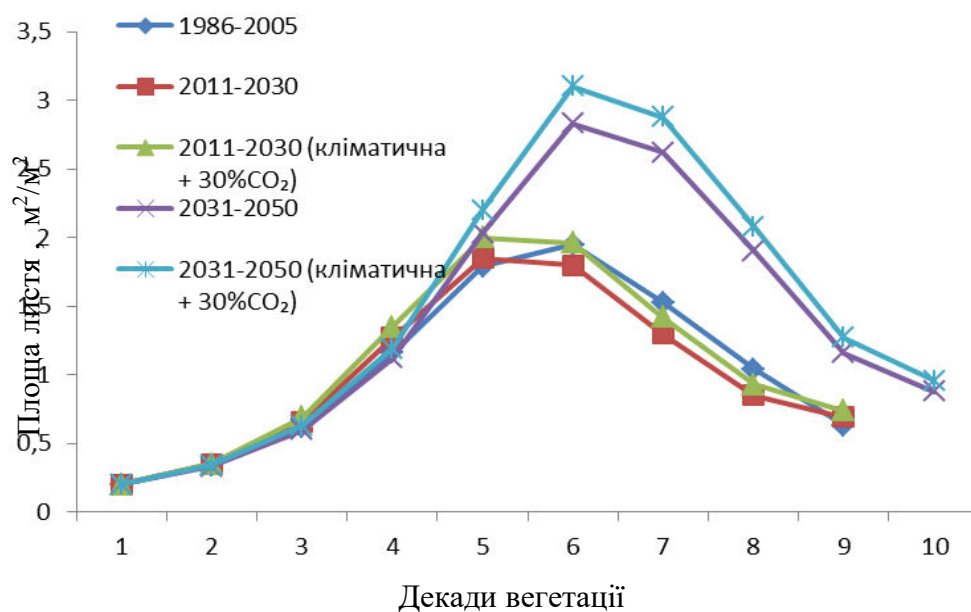


Рисунок 6.74 – Динаміка площі листя ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Степу максимальна площа листя ярого ячменю базового періоду спостерігається в п'яту декаду і зросла до  $1,87 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Максимальна площа листя ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) спостерігатиметься в шостій декаді та зростатиме до  $2,64 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . За сценарієм зміни клімату (2031 – 2050 рр.) максимальна площа листя ярого ячменю спостерігатиметься в п'ятій – шостій декадах  $1,97 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . В умовах збільшення  $\text{CO}_2$ , в Степу площа листя ярого ячменю зростала до шостої декади вегетації і максимальне значення площі листя ярого ячменю за умов збільшення  $\text{CO}_2$  складатиме  $2,88 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в період 2011 – 2030 рр. та  $2,07 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в період 2013 – 2050 рр. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  площа листя ярого ячменю збільшилась на  $1,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в період 2011 – 2030 рр. та  $0,37 \text{ м}^2/\text{м}^2$  в період 2013

– 2050 рр. в порівнянні з площею листа ярого ячменю за базовий період (рис. 6.75).

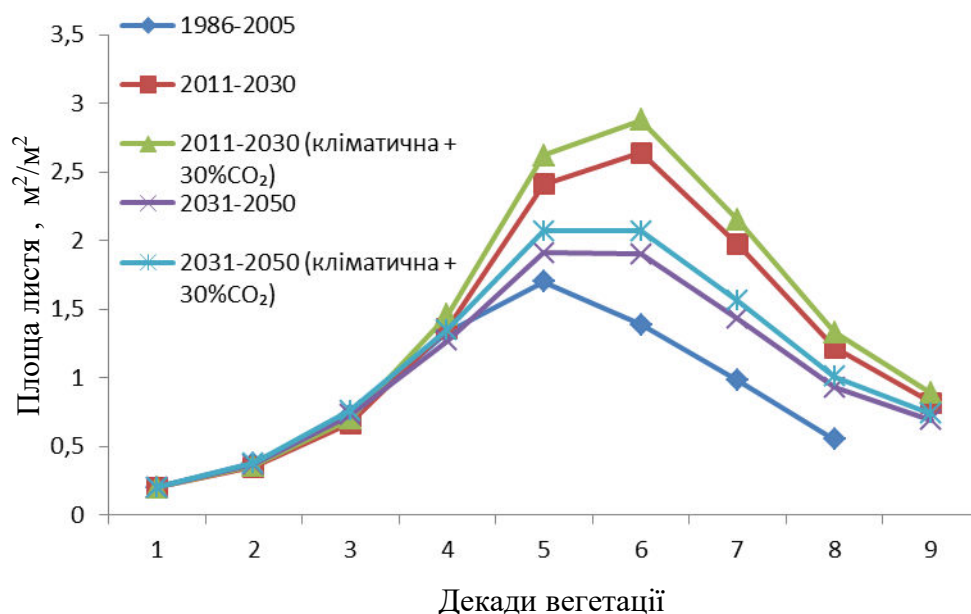


Рисунок 6.75 – Динаміка площі листа ярого ячменю в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Поліссі чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась з першої по п'яту декаду вегетації, потім почала знижуватися за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). За середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) максимум чистої продуктивності фотосинтезу складає  $71 \text{ г/м}^2$ . Чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) та (2031 – 2050 рр.) набула максимального значення у п'яту декаду вегетації і складатиме  $73 \text{ г/м}^2$  та  $69 \text{ г/м}^2$  відповідно. В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  чиста продуктивність фотосинтезу повторює хід сценаріїв зміни клімату (2011-2030 рр.) та (2031 – 2050 рр.). Максимум чистої продуктивності фотосинтезу в Поліссі за умов збільшення  $\text{CO}_2$  досягає в п'яту декаду і становитиме  $75 \text{ г/м}^2$  та  $71 \text{ г/м}^2$  (рис. 6.76).

Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) збільшувалась з першої по четверту декаду вегетації і складає  $76 \text{ г/м}^2$ , потім почала знижуватися. Чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась до четвертої декади вегетації за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  та складатиме  $80 \text{ г/м}^2$  та  $85 \text{ г/м}^2$  відповідно (рис. 6.77). За сценарієм зміни клімату (2031 – 2050 рр.) чиста продуктивність фотосинтезу

ярого ячменю збільшиться до четвертої декади становитиме  $73 \text{ г/м}^2$ , що на  $3 \text{ г/м}^2$  менше в порівнянні з базовим періодом (рис. 6.77).

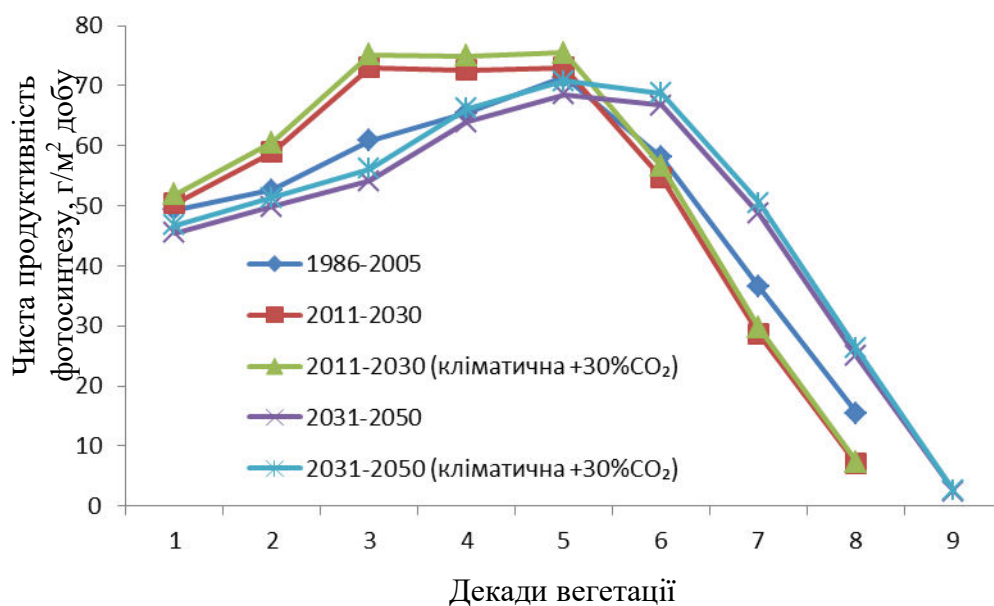


Рисунок 6.76 – Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

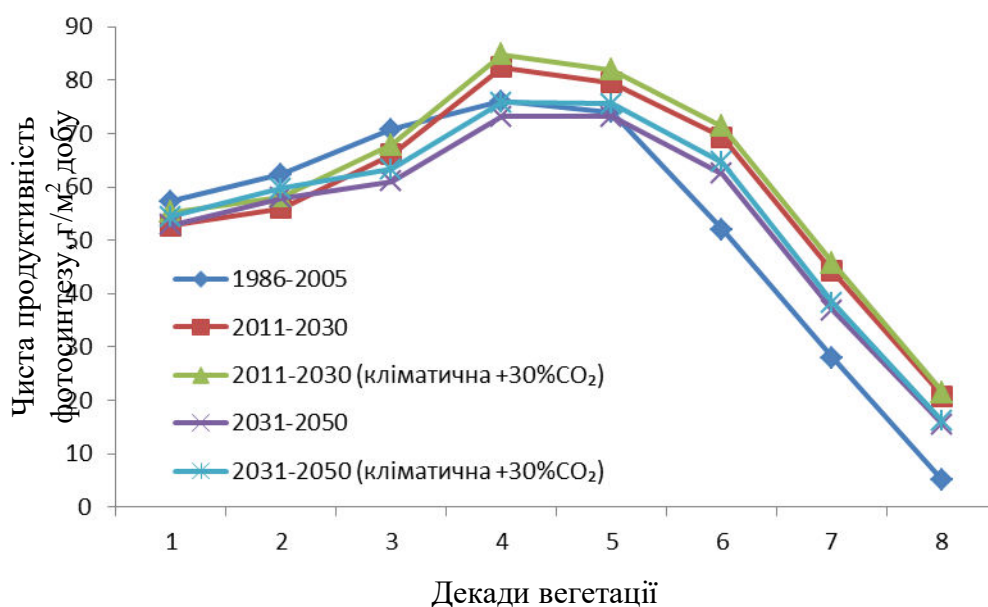


Рисунок 6.77 – Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Східному Лісостепу чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась до п'ятої декади вегетації за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення  $\text{CO}_2$ . Але в перші п'ять декад вегетації чиста продуктивність за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) набувала більш нижчий темп порівняно з сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  і складатиме  $67 \text{ г/м}^2 \cdot \text{декаду}$ . За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  чиста продуктивність фотосинтезу набула максимального значення у п'яту декаду вегетації і становитиме  $76 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$  та  $78 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$  відповідно (рис. 6.78). Чиста продуктивність фотосинтезу сценарію зміни клімату (2031-2050 рр.) повторює хід кривої середньо багаторічних даних (1986-2005 рр.) і складатиме  $70 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$

Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Степу збільшувалась до четвертої декади вегетації, за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) і складала  $80 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$  Максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу за сценаріями зміни клімату A1B в періоди (2011-2030 рр.) і (2031 – 2050 рр.) та в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  зростатимуть до четвертої декади вегетації і складатимуть  $71 - 81 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек.}$  (рис. 6.79).

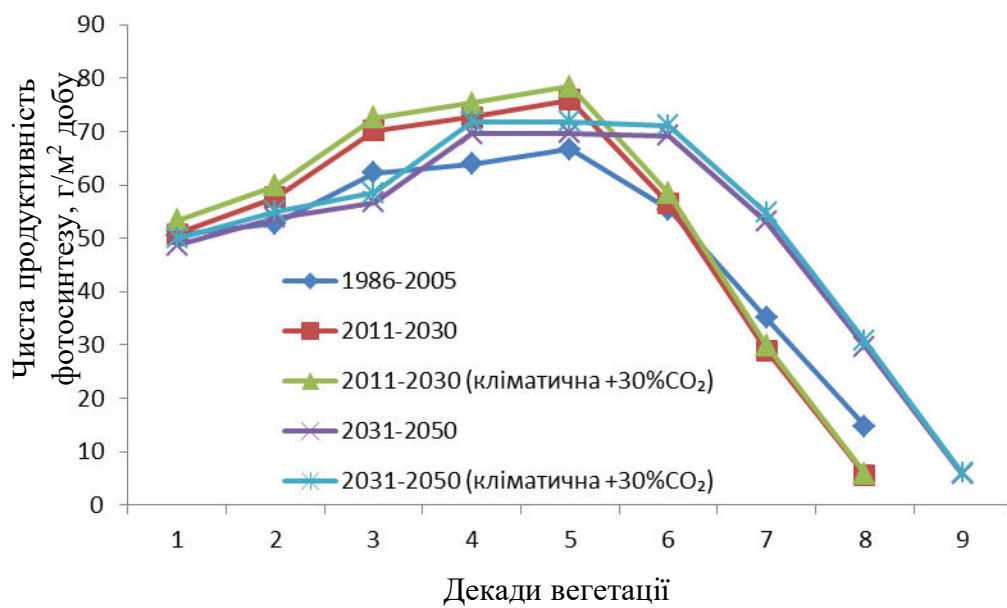


Рисунок 6.78 – Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

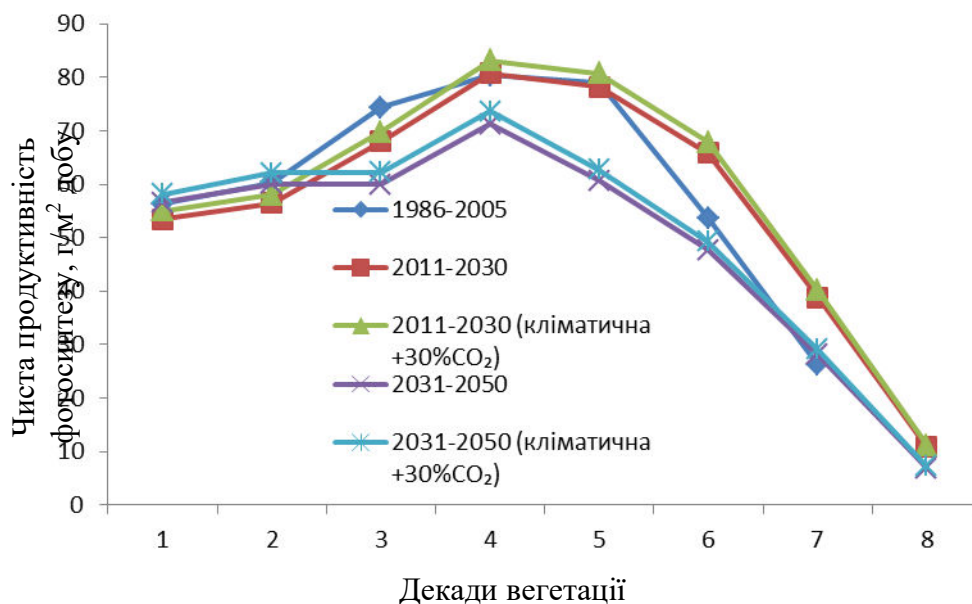


Рисунок 6.79 – Чиста продуктивність фотосинтезу ярого ячменю в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Суша маса ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почала набирати масу з п'ятої декади вегетації і до дев'яту декади вегетації і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю в Поліссі склала 288 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.80). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Поліссі, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої до дев'ятої декади вегетації і складатиме 301 г/м<sup>2</sup>. Суша маса ярого ячменю в Поліссі в період максимального розвитку в умовах збільшення CO<sub>2</sub> досягла дев'ятої декади і складатиме 336 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.80). За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Поліссі, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої декади вегетації до десятої декади вегетації, і в десятю декаду вегетації суха маса ярого ячменю становитиме 317 г/м<sup>2</sup>. Суша маса ярого ячменю в Поліссі в період максимального розвитку в умовах збільшення CO<sub>2</sub> досягла десятої декади і складатиме 356 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.80).

В Західному Лісостепу суха маса ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почала набирати масу з четвертої до дев'ятої декади вегетації. Суша маса ярого ячменю в Західному Лісостепу в дев'яту декаду вегетації склала 311 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.81). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Західному Лісостепу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої до дев'ятої декади вегетації, і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю становитиме 481 г/м<sup>2</sup>. Суша маса ярого ячменю в Західному Лісостепу в період умов збільшення CO<sub>2</sub> збільшиться до 540 г/м<sup>2</sup> в дев'ятій декаді. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Західному Лісостепу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої



до дев'ятої декади вегетації, і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю складатиме 317 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Західному Лісостепу в період умов збільшення CO<sub>2</sub> збільшиться до 336 г/м<sup>2</sup> в десятій декаді.

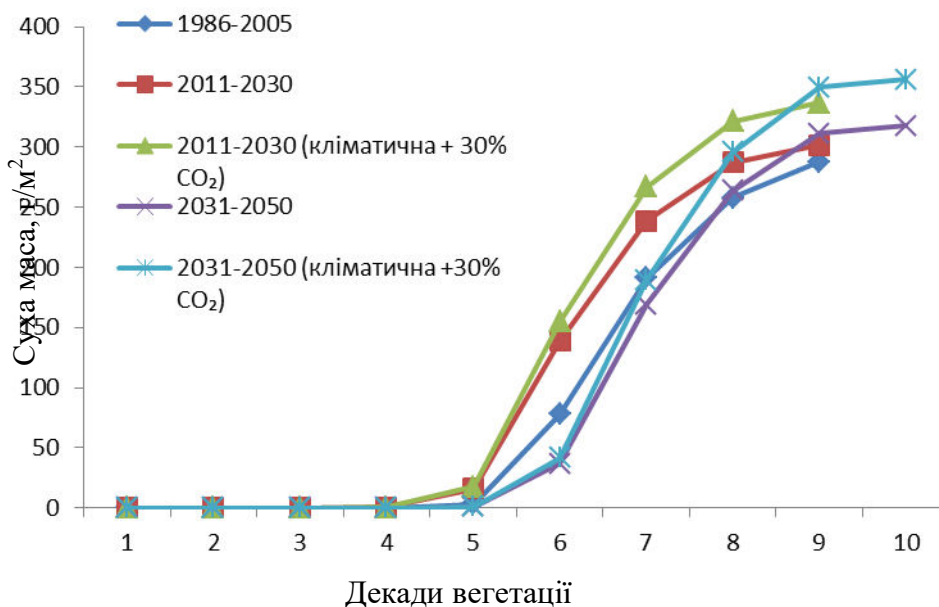


Рисунок 6.80 – Суха маса ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почала набирати масу з п'ятої декади вегетації і до дев'ятої декади вегетації, і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу склала 287 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.82). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Східному Лісостепу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої декади вегетації і до дев'ятої декади вегетації і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю складатиме 312 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з п'ятої декади вегетації і досягла дев'ятої декади і складатиме 349 г/м<sup>2</sup>. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Східному Лісостепу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з шостої до десятої декади вегетації і в десятю декаду вегетації суха маса ярого ячменю складатиме 454 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з шостої декади вегетації і досягла десятої декади і становитиме 511 г/м<sup>2</sup>.

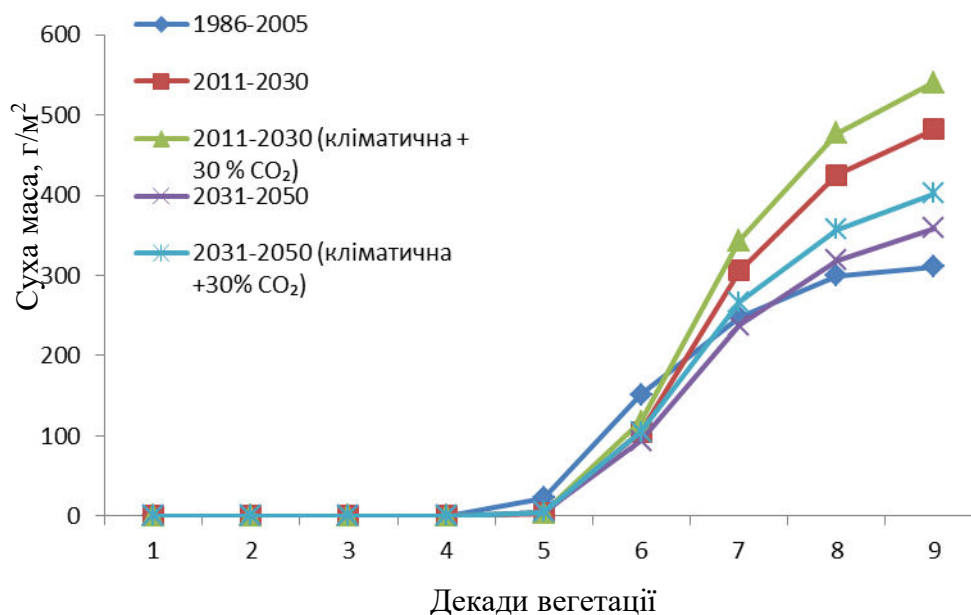


Рисунок 6.81 – Суха маса ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

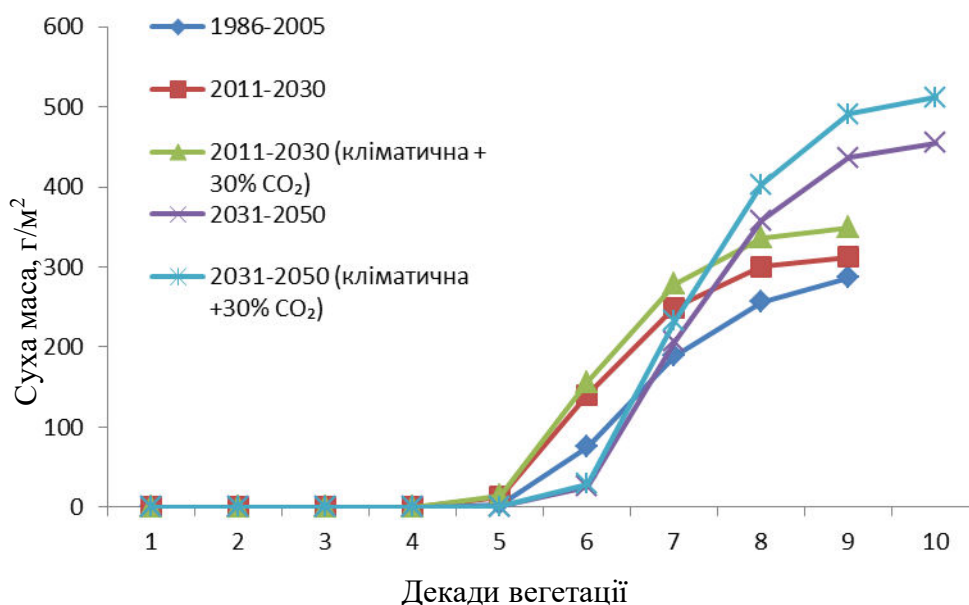


Рисунок 6.82 – Суха маса ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Степу суха маса ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почала набирати масу з четвертої до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха маса ярого ячменю в Степу склала 292 г/м² (рис. 6.83). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Степу, суха маса

ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої декади вегетації і до дев'ятої декади вегетації і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю складатиме 430 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Степу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з четвертої декади вегетації і досягла дев'ятої декади і складатиме 481 г/м<sup>2</sup>. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 pp.) в Степу, суха маса ярого ячменю почала набирати масу з п'ятої декади вегетації і до дев'ятої декади вегетації і в дев'яту декаду вегетації суха маса ярого ячменю складатиме 281 г/м<sup>2</sup>. Суха маса ярого ячменю в Степу в умовах збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з четвертої декади вегетації і досягла дев'ятої декади і становитиме 314 г/м<sup>2</sup>.

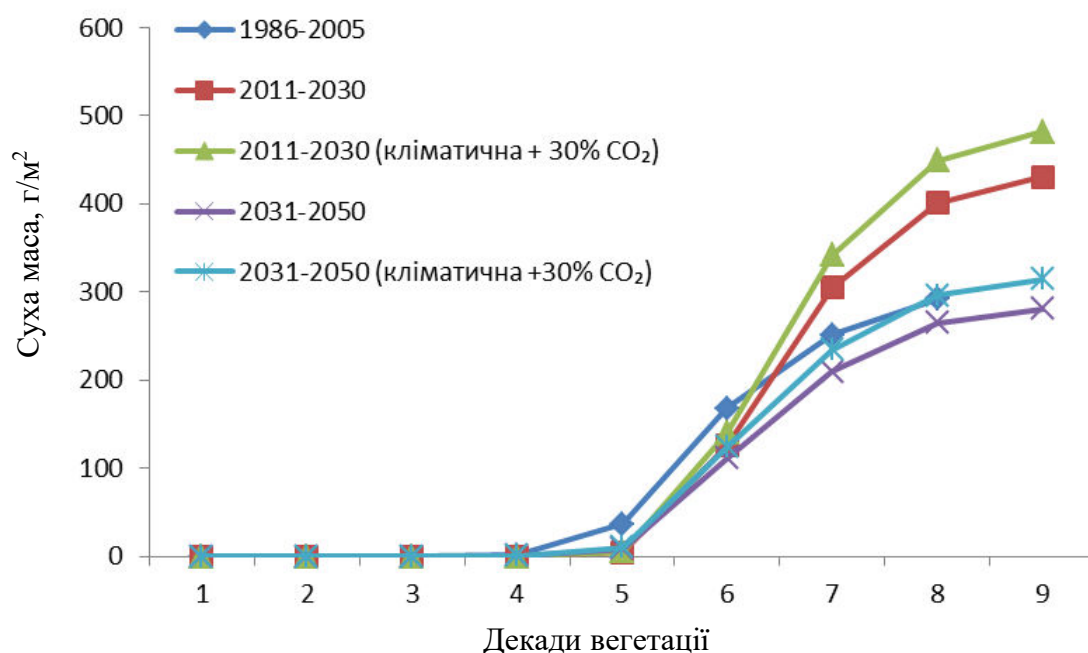


Рисунок 6.83 – Суха маса ярого ячменю в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 pp.) і (2031-2050 pp.).

Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) збільшувалась з першої по дев'яту декаду вегетації. Накопичення біомаси з першої по п'яту декаду вегетації йде досить повільно, потім поступово зростає і в кінці дев'ятої декади складатиме 451 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.84). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 pp.) в Поліссі, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася з першої по дев'яту декаду вегетації і складатиме 465 г/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> суха маса цілої рослини ярого ячменю в Поліссі зростатиме на 14 % в порівнянні з базовим періодом. За сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) в Поліссі, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася з першої по десятую декаду вегетації і складатиме 508 г/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> суха маса



цілої рослини ярого ячменю в Поліссі зростає на 25 % в порівнянні з базовим періодом.

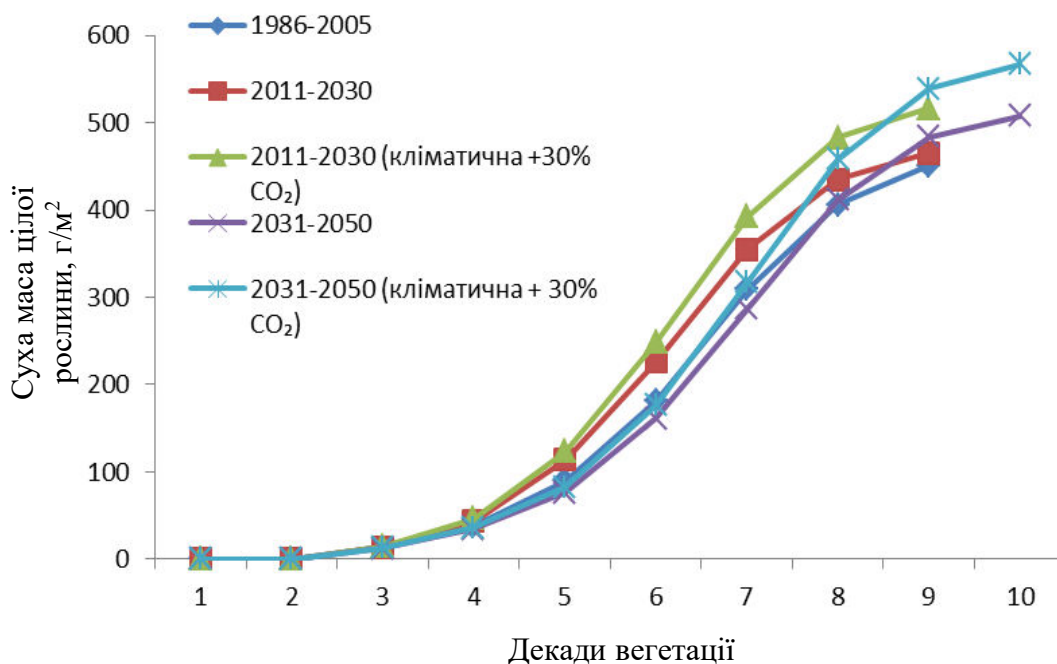


Рисунок 6.84 – Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Західному Лісостепу суха маса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) збільшувалась з першої по дев'яту декади вегетації і склала 490 г/м² (рис. 6.85). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення CO₂ в Західному Лісостепу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася з першої по дев'яту декаду вегетації. За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) та в умовах збільшення CO₂ в Західному Лісостепу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася на 52 % та на 70 % в порівнянні з базовим періодом відповідно. Суха маса цілої рослини ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) та в умовах збільшення CO₂ в Західному Лісостепу, збільшувалася на 22 % та на 31 % в порівнянні з базовим періодом відповідно.

Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) збільшувалась з першої по дев'яту декади вегетації і склала 455 г/м² (рис. 6.86). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Східному Лісостепу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася з першої по дев'яту декаду вегетації і складатиме 482 г/м². В умовах збільшення CO₂ суха маса цілої рослини ярого ячменю складатиме 535 г/м², що на 18 % більше порівняно з базовим періодом.

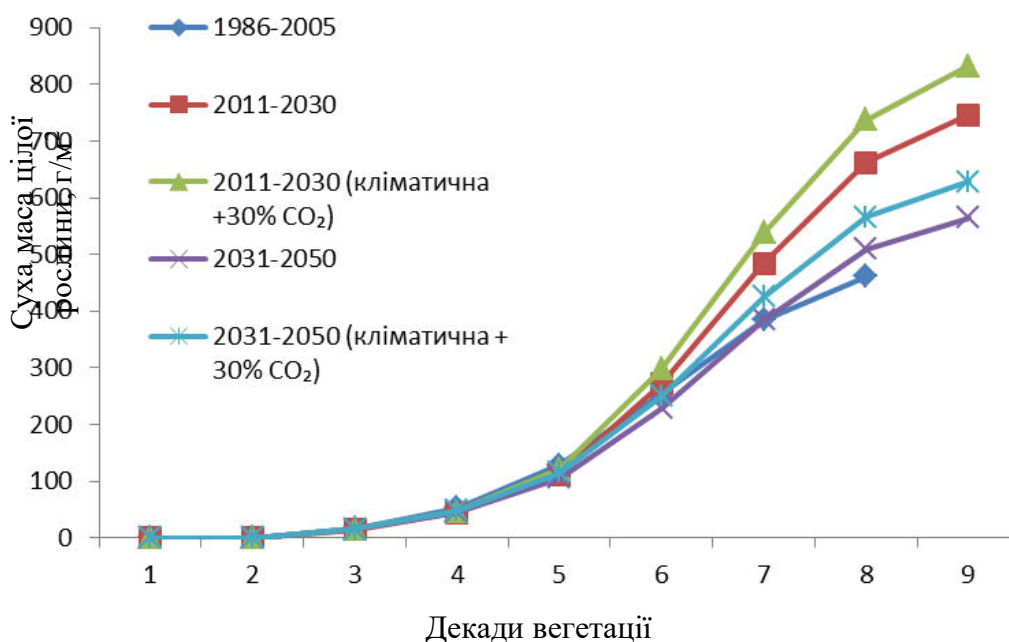


Рисунок 6.85 – Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр. ) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

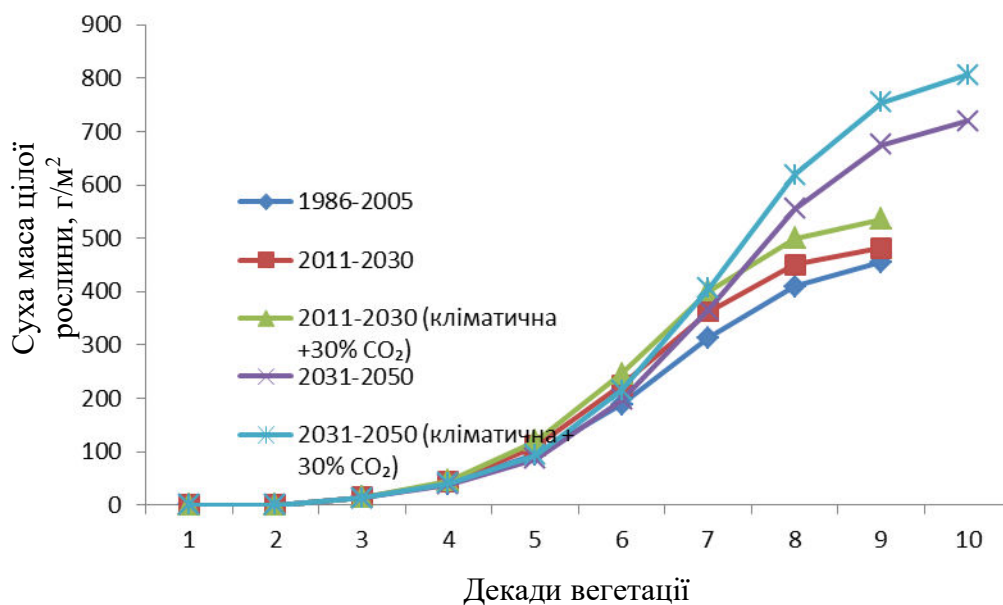


Рисунок 6.86 – Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр. ) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Східному Лісостепу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася с першої по десяту декаду

вегетації і складатиме  $719 \text{ г/м}^2$ . В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса цілої рослини ярого ячменю складатиме  $805 \text{ г/м}^2$ , що на 77 % більше порівняно з базовим періодом.

В Степу суха маса цілої рослини ярого ячменю за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) збільшувалась с першої по дев'яту декади вегетації і склала  $434 \text{ г/м}^2$  (рис. 6.87). За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) в Степу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася с першої по дев'яту декаду вегетації і складатиме  $676 \text{ г/м}^2$ . Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Степу в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  зростає до  $754 \text{ г/м}^2$ , що на 74 % більше порівняно з базовим періодом. За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) в Степу, суха маса цілої рослини ярого ячменю збільшувалася с першої по дев'яту декаду вегетації і складатиме  $450 \text{ г/м}^2$ . Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Степу в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  зросла до  $501 \text{ г/м}^2$ , що на 15 % більше порівняно з базовим періодом.

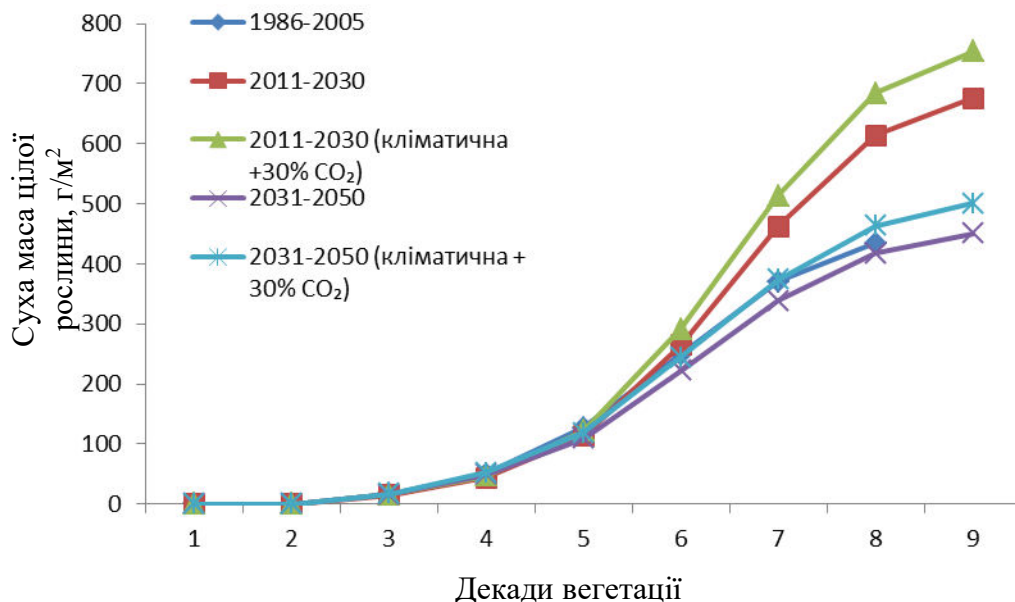


Рисунок 6.87 – Суха маса цілої рослини ярого ячменю в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр. ) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату A2 аналіз врожайності ярого ячменю показав, що найбільшу повторюваність врожаїв у Поліссі складатимуть врожаї 20 - 25 ц/га, на Західному Лісостепу - 24 - 28 ц/га, в Східному Лісостепу – 16 - 26 ц/га, у Степу – 23 – 30 ц/га за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) (табл. 6.40).

На території Полісся високі врожаї ярого ячменю до 44 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценарієм

зміни клімату (2011-2030 рр.), можна очікувати отримання урожаїв ярого ячменю не менше 25 ц/га.

Таблиця 6.40 – Забезпеченість ймовірних врожаїв ярого ячменю (ц/га) за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 (2011-2030 рр.)

Природна зона	$\bar{Y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Полісся	36	47	44	42	40	38	37	36	33	31	25	20
Західний Лісостеп	44	62	60	54	50	48	45	41	39	35	28	24
Східний Лісостеп	39	52	50	47	46	45	43	38	34	33	26	16
Степ	43	61	55	52	50	48	46	44	34	32	30	23

Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), на території Степу ймовірність отримання високих врожаїв до 61 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років. Високі врожаї до 30 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), можна очікувати отримання урожаїв ярого ячменю не менше 23-32 ц/га (табл. 40).

Як видно, з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв ярого ячменю у Західному Лісостепу за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) ймовірність отримання високих врожаїв до 62 ц/га не перевищує 5 %, тобто один раз на 20 років, і, навпаки, ймовірність отримання урожаїв до 28 ц/га становить 90% (табл. 6.40).

На території Східного Лісостепу за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) один раз на 20 років можна чекати отримання урожаїв на досить високому рівні - до 39 ц/га (табл. 6.40), а практично кожен рік можна очікувати отримання урожаїв 16 - 26 ц/га.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 аналіз врожайності ярого ячменю показав, що найбільшу повторюваність врожаїв у Поліссі складатимуть 14 - 25 ц/га, на Західному Лісостепу - 10 - 28 ц/га, в Східному Лісостепу - 17 - 24 ц/га, у Степу – 11 – 24 ц/га за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) (табл. 6.41).

Як видно, з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв ярого ячменю у Західному Лісостепу за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) ймовірність отримання високих врожаїв до 55 ц/га не перевищує 5 %, тобто один раз на 20 років, і, навпаки, ймовірність отримання урожаїв до 21 ц/га становитиме 90%. На території Полісся високі врожаї ярого ячменю, до 62 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років.

Таблиця 6.41 – Забезпеченість ймовірних врожаїв ярого ячменю (ц/га) за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 (2031-2050 рр.)

Природна зона	$\bar{y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Полісся	33	62	51	42	41	35	31	28	26	24	21	14
Західний Лісостеп	38	55	48	46	45	43	40	37	34	28	21	10
Східний Лісостеп	33	50	46	41	38	36	34	31	26	24	19	17
Степ	50	96	91	87	70	56	50	33	27	24	13	11

Щорічно за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), територія Полісся буде забезпечена врожаєм ярого ячменю не менше 21 ц/га.

Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), на території Степу ймовірність отримання високих врожаїв до 96 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років. Високі врожаї, до 91 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років.

Щорічно за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), можна очікувати отримання урожаїв ярого ячменю не менше 13 ц/га. На території Східного Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) один раз в 10 років можна чекати отримання урожаїв на досить високому рівні - до 46 ц/га а практично кожен рік можна очікувати отримання урожаїв 17-24 ц/га. (табл. 6.41),

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В аналіз врожайності ярого ячменю показав, що найбільшу повторюваність врожаїв у Поліссі складатимуть 9 - 18 ц/га, на Західному Лісостепу - 13 - 23 ц/га, в Східному Лісостепу - 10 - 18 ц/га, у Степу – 5 – 17 ц/га за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) (табл. 6.42).

Таблиця 6.42 – Забезпеченість ймовірних врожаїв ярого ячменю (ц/га) за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В (2011-2030 рр.)

Природна зона	$\bar{y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Полісся	24	38	37	36	32	28	23	20	18	15	11	9
Західний Лісостеп	33	58	49	43	38	36	33	29	27	23	19	13
Східний Лісостеп	23	42	35	30	28	25	23	20	18	15	12	10
Степ	29	77	54	40	36	32	29	22	17	15	6	5

Як видно, з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв ярого ячменю у Західному Лісостепу за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.) ймовірність отримання високих врожаїв до 58 ц/га не перевищує

5 %, тобто один раз на 20 років, і, навпаки, ймовірність отримання урожаїв до 19 ц/га становить 90 % (табл. 6.42).

На території Полісся високі врожаї, до 38 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), можна очікувати отримання урожаїв ярого ячменю не менше 11 ц/га. Як видно, з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), на території Степу високі врожаї, до 54 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), можна очікувати отримання урожаїв ярого ячменю не менше 6 ц/га. На території Східного Лісостепу за сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), ймовірність отримання високих врожаїв до 42 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років. Один раз в 10 років можна чекати отримання урожаїв на досить високому рівні - до 35 ц/га (табл. 6.42), а практично кожен рік можна очікувати отримання урожаїв 10-15 ц/га.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В аналіз врожайності ярого ячменю показав, що найбільшу повторюваність врожаїв у Західному Лісостепу складатимуть врожаї 19 - 28 ц/га, в Поліссі - 12 - 22 ц/га, у Степу - 14 - 26 ц/га, в Східному Лісостепу – 17 – 28 ц/га за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.) (табл. 6.43).

Таблиця 6.43 – Забезпеченість ймовірних врожаїв ярого ячменю (ц/га) за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В (2031-2050 рр.)

Природна зона	$\bar{Y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Полісся	22	41	31	28	26	24	22	20	17	14	12	10
Західний Лісостеп	28	50	40	36	30	28	26	25	23	21	19	15
Східний Лісостеп	28	45	40	36	32	30	28	26	21	18	17	14
Степ	37	75	74	40	31	29	26	24	20	17	14	9

Як видно, з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв ярого ячменю у Західному Лісостепу за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), ймовірність отримання високих врожаїв до 50 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років, і, навпаки, ймовірність отримання урожаїв до 19 ц/га становитиме 90% (табл. 6.43).

На території Полісся високі врожаї, до 41 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), можна очікувати отримання урожаїв ярого ячменю не менше 12 ц/га. Як видно, з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв ярого ячменю за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), на території Степу високі врожаї, до 74 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на

10 років. Щорічно за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), можна очікувати отримання урожаїв ярого ячменю не менше 14 ц/га. На території Східного Лісостепу за сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), ймовірність отримання високих врожаїв до 45 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років. На досить високому рівні - до 40 ц/га можна чекати отримання урожаїв один раз в 10 років (табл. 6.43), а практично кожен рік можна очікувати отримання урожаїв 17-21 ц/га.

Значні зміни агрокліматичних умов вирощування ярої ячменю викличуть значну зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів ярої пшениці: різко зміниться динаміка формування площі листової поверхні та величини фотосинтетичного потенціалу, чистої продуктивності фотосинтезу та приростів біомаси посівів. Зміна цих складових формування урожаю призведе до значної зміни рівнів очікуваних за сценаріями урожаїв ярого ячменю як по абсолютній величині, так і по відношенню до сучасного рівня урожайності.

Характер розподілу урожаю ярого ячменю на території України неоднорідний. За умов реалізації сценарію зміни клімату А2, урожай ярого ячменю коливатиметься в межах 23-63 ц/га. За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), найбільші значення урожаю ярого ячменю спостерігатимуться в Центральному та в Східному районах Лісостепу 50-63 ц/га (рис. 6.88). В порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), урожайність ярого ячменю в Центральному та в Східному районах Лісостепу збільшиться на 190-300 %. За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), дещо нижчий рівень урожайності буде в Степу, в Західній частині Лісостепу та в Західному Поліссі і складатиме 28 – 37 ц/га.

За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), урожай ярого ячменю коливатиметься в межах 11-54 ц/га, найбільші значення урожаю ярого ячменю спостерігатимуться в Південному районі Лісостепу 50 – 55 ц/га (рис. 6.89). В порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), урожайність ярого ячменю в Південному районі Лісостепу збільшиться на 200 %.

Трохи нижчі значення урожаю ярого ячменю спостерігатимуться в Центральному та Східному районах Лісостепу, в Центральному та Східному районах Полісся становитиме 141-180 % в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Урожайність в АР Крим становитиме 60–100 % від сучасного рівня й досягатиме 21 – 25 ц/га.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В, урожай ярого ячменю коливатиметься в межах 10 - 40 ц/га. За сценарієм зміни клімату (2011-2030 рр.), найбільші значення урожаю ярого ячменю спостерігатимуться в Центральних областях Лісостепу – 35-40 ц/га і збільшаться на 130 – 160 % в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) (рис. 6.90).



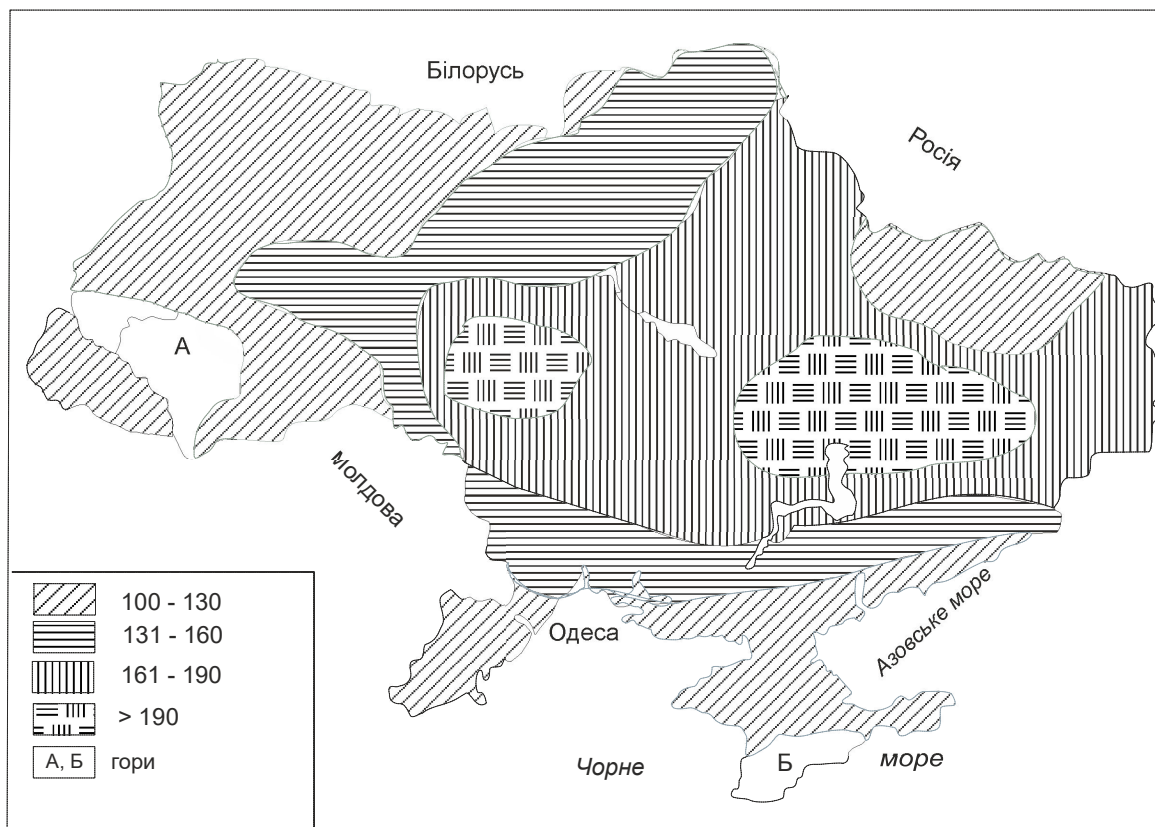


Рисунок 6.88— Очікуваний урожай ярого ячменю (відсоток від середнього багаторічного) за кліматичним сценарієм А2 2011 – 2030 р.р.

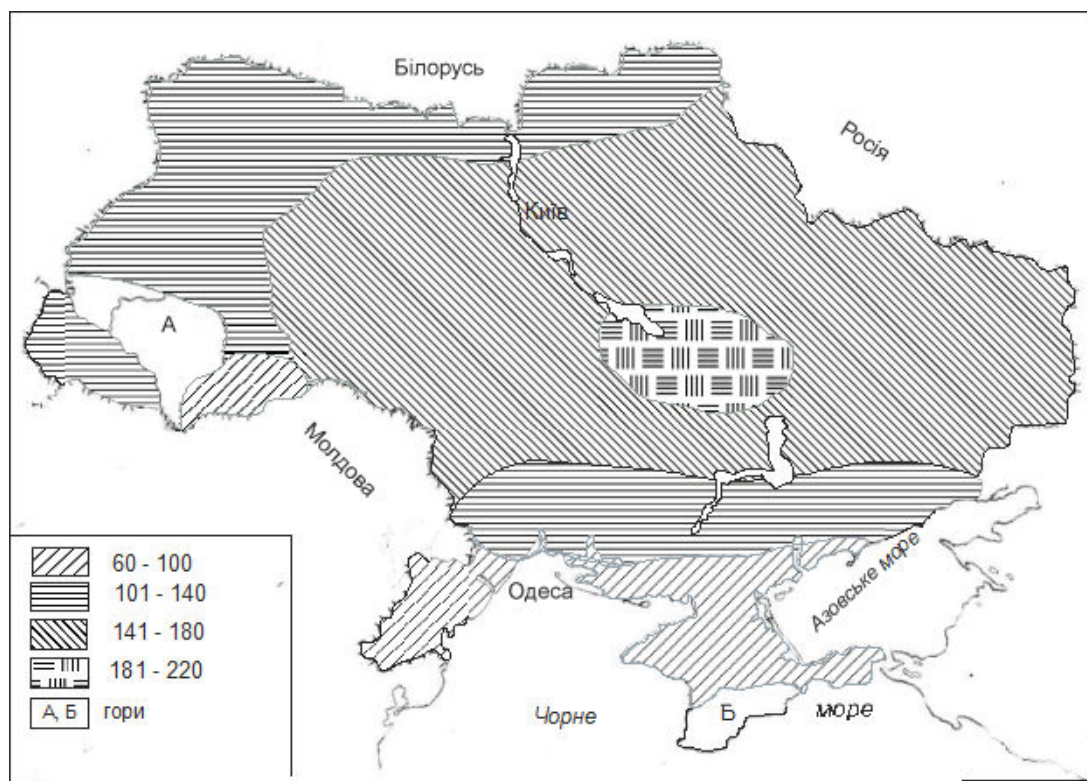


Рисунок 6.89— Очікуваний урожай ярого ячменю (відсоток від середнього багаторічного) за кліматичним сценарієм А2 ( 2031 – 2050 р.р.).



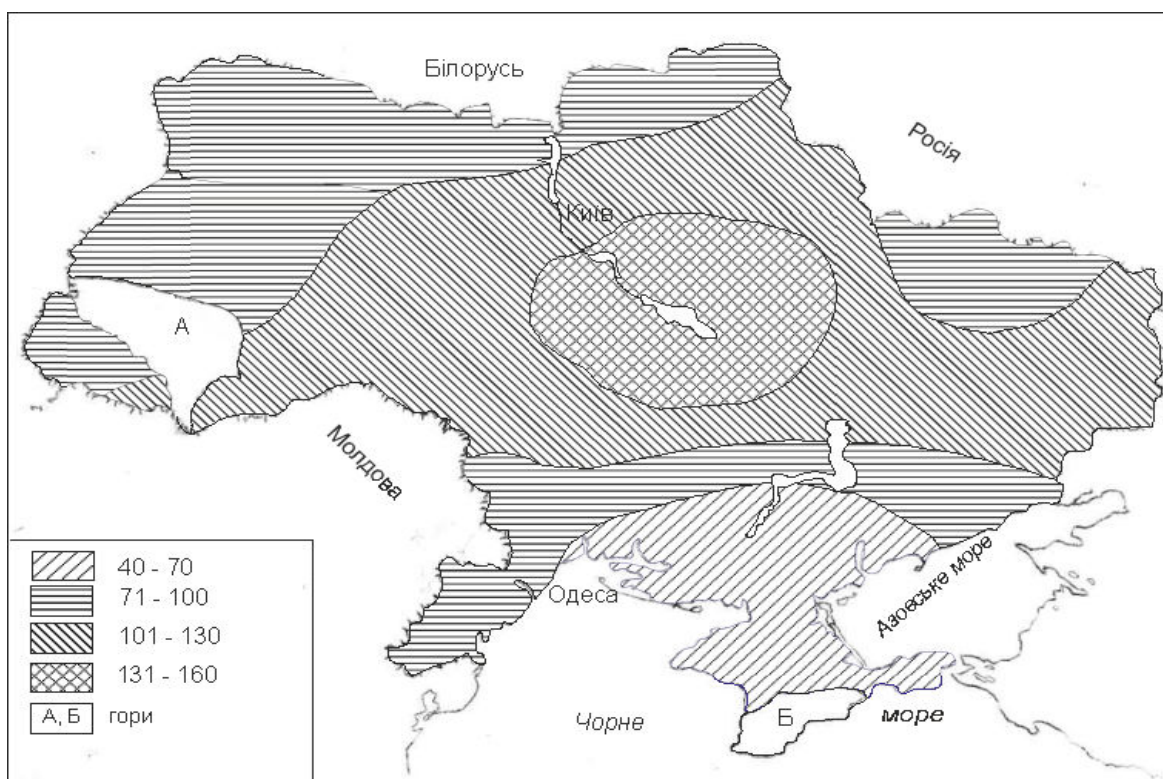


Рисунок 6.90 – Очікуваний урожай ярого ячменю (відсоток від середнього багаторічного) за кліматичним сценарієм А1В 2011 – 2030 р.р.

В Західних і Східних областях Лісостепу урожайність ярого ячменю збільшиться на 100 - 130 %, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Трохи нижчі значення урожаю ярого ячменю спостерігатимуться в Закарпатті, в Прикарпатті, в Західному Поліссі, Західному Степу та в Північних районах Степу 20-30 ц/га. В Південних областях Степу та АР Криму урожайність ярого ячменю збільшиться на 40-70 %, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), урожай ярого ячменю коливається в межах 14 - 40 ц/га, найбільші значення урожаю ярого ячменю спостерігатимуться в Центральних та Східних районах Лісостепу 30 – 40 ц/га (рис. 6.91).

В порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), урожайність ярого ячменю в Центральних та Східних районах Лісостепу збільшиться на 155 %.

Трохи нижчі значення урожаю ярого ячменю спостерігатимуться в Західних районах Лісостепу, в Північно-Західних районах Полісся та в Західному Степу 25-30 ц/га. В порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), урожайність ярого ячменю в Західних районах Лісостепу, в Північно-Західних районах Полісся та в Західному Степу збільшиться на 100 – 125 %.

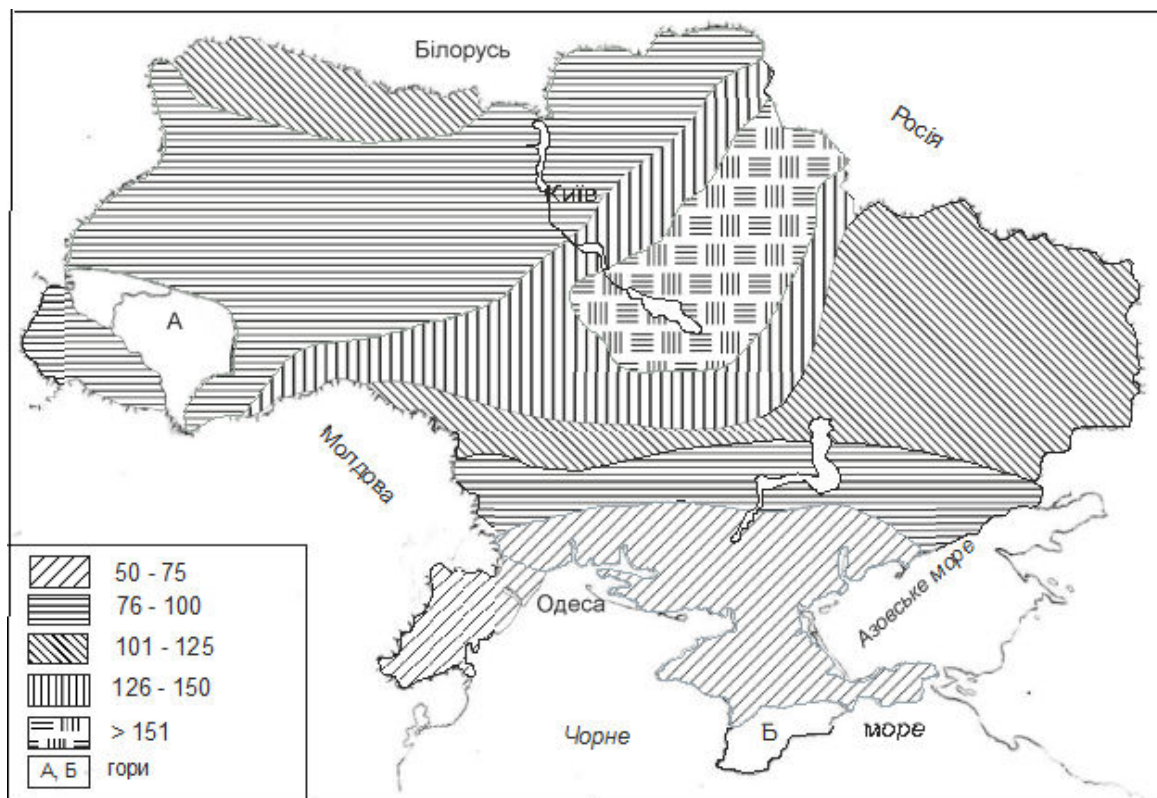


Рисунок 6.91 – Очікуваний урожай ярого ячменю (відсоток від середнього багаторічного) за кліматичним сценарієм А1В (2031 – 2050 р.р.).

За сценарієм зміни клімату (2031-2050 рр.), низькі врожаї будуть спостерігатися в Південних областях Степу та АР Криму і складатимуть 10 – 20 ц/га.

Таким чином, за умов реалізації сценаріїв зміни клімату А2 і А1В виконана оцінка впливу зміни клімату на продуктивність ярого ячменю. Встановлені оптимальні агрометеорологічні та агрокліматичні умови, при яких спостерігається максимальна продуктивність посіву ярого ячменю. Проведено порівняння показників фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю, за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.).

Отримані кількісні характеристики показників фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю, за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.).

Оцінено відсоток розподілу урожайності ярого ячменю на території України за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Виконана оцінка ймовірних врожаїв ярого ячменю, за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.).

## 6.5 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування соняшнику в зв'язку зі зміною клімату

Факт глобального потепління клімату в Північній півкулі в XX столітті фіксується з 70-х років [58]. Динаміка зміни клімату в Україні значною мірою повторює динаміку зміни глобального клімату.

Дані спостережень метеорологічної мережі України свідчать про те, що зміна клімату в регіонах країни, в особливості підвищення температури, вже вплинуло на ряд метеорологічних характеристик. Підвищилася середньорічна температура повітря, змінилися терміни утворення і тривалість залягання стійкого снігового покриву, змінилися тривалість сезонів і характер перезимівлі зимуючих культур, поступово зростає теплозабезпечення вегетаційного періоду, збільшилася кількість та інтенсивність несприятливих метеорологічних явищ.

В Україні помітне потепління клімату чітко простежується з 1988-89 рр., найбільш помітно в зимові місяці. В порівнянні з нормою середня місячна температура січня зросла в середньому на 1,5-2,5 °С, лютого - на 1-2 °С. Поступово підвищується температура літніх місяців, в багаторічному розрізі стали прохолодніше листопад і грудень. Сучасний клімат України можна охарактеризувати як потепління, яке супроводжується деяким зменшенням кількості опадів у холодний період [59].

За останні 10 років підвищилася середньорічна температура повітря на 0,3-0,6 °С, тобто майже досягнута величина перевищення, як за минулі 100 років (вона становила 0,7 °С).

В режимі зволоження території України в останнє десятиліття відзначено зниження кількості опадів у зимові місяці - до 30%. Найбільш помітно воно в грудні, січні і лютому, і суттєве збільшення кількості опадів у вересні та жовтні. Відбулося деяке зменшення кількості опадів у зоні Степу та Лісостепу в липні - до 10-20 %.

Крізь призму досліджуваної зміни клімату цікаво простежити його вплив на умови вирощування олійних культур.

В Україні одною з найпопулярніших олійних культур є соняшник. Високий рівень рентабельності і попит на насіння спричинили значне розширення його посівних площ. Соняшник - основна олійна культура країни. За народногосподарської цінності і значенням він не поступається таким широко розповсюдженим культурам, як пшениця, кукурудза, соя. У порівнянні з іншими олійними культурами соняшник дає найбільший вихід олії з одиниці площі (750 кг / га в середньому по Україні). На соняшникову олію припадає 98% загального виробництва олії в Україні.

У 2005 році під посівами соняшнику в Україні було зайнято 2,9 млн га, у 2010 році було засіяно 4,5 млн га, що становить 14,6 % ріллі. У 2014 р. площа сільськогосподарських угідь під соняшником (рис. 6.92) збільшилася.



Рисунок 6.92 – Посівні площі соняшнику в Україні у 2014 році.

до 5,15 млн га, що на 8% більше, ніж у 2013 році. Їх збільшення викликано високим рівнем прибутковості виробництва соняшнику та значним попитом у світі на рослинні жири. Середня врожайність соняшнику в Україні складає 15 ц/га. Згідно з даними міністерства, закупівельна ціна соняшнику без ПДВ становить 4141 грн / т [60].

#### 6.5.1 Біологічні особливості соняшнику (*Helianthus annuus* L.)

**Соняшник** – однолітня рослина, найважливіша олійна культура. Урожайність насіння сучасних сортів досягає в середньому 1,6–1,7 т/га, а в передових господарствах 2,0–2,5 т/га [61].

Активний розвиток олійно-жирової промисловості вимагає відповідного рівня забезпеченості олійною сировиною. При цьому лідерами виробництва та основними виробниками насіння соняшнику є Росія, Україна, країни ЄС-27 та Аргентина, де він використовується для виготовлення харчової олії та маргарину, також застосовується у тваринництві соняшникова макуха та шрот, які багаті на білок та інтенсивно використовуються на кормові цілі [60].

Зростання площ посіву під соняшником та стабільна урожайність забезпечили Україні високі валові збори. Серед світових виробників Україна посідає провідне місце за валовим збором насіння цієї культури. Упродовж останніх трьох років у країні виробляється 6,36–6,77 млн т насіння. Зростання світового попиту на олію постійно нарощує і стимулює виробництво олійних культур, зокрема соняшнику. Так, в Україні за період 2005–2010 років виробництво соняшнику зросло на 42,5 %. За питомою вагою виробництва у світі Україна поступається лише Росії та ЄС-27. Значно зросли й переробні потужності олійних культур у нашій країні. За даними «Укроліяпром», потужності переробки соняшнику підвищилися до 10 млн т, при цьому понад 65% загального виробництва олії припадає на 10 олійно-жирових комбінатів. В Україні торік вироблено більш ніж 2,6 млн т соняшникової олії, що вшестеро більше за потребу країни. Тому, на сьогодні Україна є найбільшим експортером соняшникової олії у світі.

Соняшник як високоенергетична продовольча культура відіграє провідну роль у виробництві продуктів харчування та кормів. Проте, як відомо, для прибуткового ведення господарювання необхідна стабільна та обґрунтована цінова політика на продукцію сільськогосподарського виробництва. Інтенсивне виробництво насіння соняшнику дає змогу Україні виступати повноправним гравцем на ринку цієї продукції у світі, оскільки за останні десятиріччя частка виробництва соняшнику в Україні відносно до світового зростала від 11,3 % (1990 рік) до 22,2 % (2010 рік).

Україна є не лише одним із лідерів виробництва товарного насіння соняшнику, а й займає провідне місце серед експортерів олії цієї культури. За



останні маркетингові роки сільськогосподарськими підприємствами України вирощувалося від 6,3 до 6,7 млн т товарного насіння, що становило 21,0-22,2 % від світового валового виробництва. Близький за кількістю до українського валовий збір насіння отримували аграрії Росії та країн ЄС-27, дещо більше - інші разом взяті країни. Проте олії найбільше виробляла саме Україна, тобто її олійно-екстракційні комбінати - 21,9-23,5 % світового виробництва.

Серед значних гравців на ринку соняшникової олії найбільшими імпортерами є країни ЄС-27, а також Туреччина. Найбільшим експортером соняшникового насіння у 2008 році була Україна, проте розвиток потужностей з переробки насіння забезпечив зменшення вивозу сировини з 0,767 млн т (2008 рік) до 0,400 млн т (2010 рік), а найбільшими експортерами насіння стали країни ЄС-27. Зростання потужностей переробки насіння соняшнику в Україні забезпечили лідерство з експорту олії саме нашій державі, відсоток участі якої в світовому ринку соняшникової олії у 2008 році становив 45,9 %, а у 2009-2010 роках підвищився до 56,9-57,7 % [60].

#### 6.5.1.1 Вимоги соняшнику до факторів навколишнього середовища

Посушливі умови завжди були проблемою для ефективного землеробства України, більша частина території якої належить до зони нестійкого та недостатнього зволоження. У середньому в Україні кількість бездошових періодів може сягати 50-90 днів. У більшості випадків вони супроводжуються підвищеною температурою повітря, що призводить до атмосферної та ґрунтової посухи [60].

Отже, при розміщенні посівів сільськогосподарських культур слід враховувати їх біологічні особливості. Для нормального росту і розвитку соняшник потребує відповідного температурного режиму і вологозабезпеченості. Температурні умови в зоні Лісостепу і Степу України є сприятливими для вирощування соняшнику, дещо ризикованими в цьому відношенні є північні лісостепові райони. Несприятливою для вирощування соняшнику є зона Полісся Соняшник, завдяки підвищеній стійкості до ґрунтової і повітряної посухи, вважається посухостійкою культурою. В цьому відношенні зони Лісостепу і Степу України відповідають біологічним потребам культури. Виключенням є посушливі райони південного Степу України, які вважаються менш задовільними для вирощування, а урожайність взагалі знаходиться на межі збитковості.

Але саме у таких регіонах концентруються значні площі вирощування соняшнику. У південних областях завдяки соняшнику, який забезпечував в останні роки найбільшу рентабельність, та озимим зерновим культурам утримувалося прибуткове ведення господарювання. Площі стрімко збільшувалися, і це нестримне розширення сприяло знищенню агрономічно-

обґрунтованої структури посівних площ. Північні регіони, спостерігаючи за аграріями з півдня та отримуючи стабільні врожаї насіння соняшнику, який приносив їм суттєві прибутки, почали розширювати площі, і соняшник (південну культуру) стали культивувати на півночі України - в Чернігівській області (торік - 39 тис./га), Київській області (66,2 тис./га), де, до речі, урожайність цієї культури становить 1,57 т/га та 1,83 т/га, що вище, ніж у лідерів його виробництва.

**Вимоги соняшника до світла.** По відношенню до світла рослини поділяються на три групи:

- Світлові (світлолюбні) рослини – геліофіти. Життєдіяльність спостерігається в умовах повного сонячного освітлення. Типові геліофіти – степові та лучні злаки, більшість культурних рослин відкритого ґрунту.
- Тіньовитривалі рослини. Ці рослини краще ростуть при повній освітленості, однак здатні розвиватися в умовах затінення. До них відносяться більшість чагарників і трав'янистих рослин лісової зони.
- Тіньові рослини - сціофіти. Рослини цієї групи виростають тільки в затінених місцях і в умовах сильної освітленості ніколи не ростуть. Це представники тропічних вологих лісів.

Регулярність і незмінність дня і ночі з року в рік дозволили організмам в процесі еволюції виробити ритмічні зміни життєвих процесів і властивостей їх організму - так званий фотоперіодизм. Фотоперіодичний ефект у рослин проявляється в узгодженні періодів цвітіння і дозрівання плодів з періодом активного фотосинтезу.

Залежно від фотоперіодичної реакції, рослини діляться на:

- рослини короткого дня, тривалість дня менш 12 годин;
- рослини довгого дня, тривалість дня більше 12 годин;
- фотоперіодично нейтральні рослини.

Соняшник - світлолюбна культура. Затінення його іншими рослинами особливо в ранньому віці, а також тривала похмура погода послаблюють його ріст і розвиток. Соняшник – рослина короткого дня. При просуванні на північ його вегетаційний період подовжується [59].

**Вимоги соняшника до тепла.** До умов вирощування соняшник пред'являє досить високі вимоги [61].

Насіння у вологому ґрунті починають проростати при 4 ... 6 °С тепла. При температурі 8 - 10 °С насіння проростає швидше і сходи з'являються через 15-20 днів після посіву. При 15 - 16 °С сходи відзначаються вже через 9-10 днів, а при 20 °С на 6 - 8 -й день. Сходи соняшнику легко переносять короточасні заморозки до 5 ... 6 °С. Вимоги рослин до тепла зростають від появи сходів до цвітіння. У фазі цвітіння і в наступний час для росту і розвитку соняшнику найбільш сприятлива температура 25 - 27 °С. Але температура понад 30 °С спричиняє на соняшник гальмівну дію. У фазі цвітіння соняшник чутливий до низьких температур.

Заморозки  $-1 -2^{\circ}\text{C}$  викликають в цей час сильні пошкодження, а потім і повну загибель квіток.

**Вимоги соняшника до вологи.** Соняшник споживає досить багато води, хоча і вважається посухостійкою рослиною [ 62, 63].

Протягом вегетації соняшник споживає вологу нерівномірно. Найбільш інтенсивно вона надходить в рослину в період від утворення кошиків до кінця цвітіння - 60 % всієї необхідної йому вологи. Нестача її в цей час – одна з причин появи пустозерності в центральній частині кошиків. Транспіраційний коефіцієнт соняшнику 470-570 .

Посухостійкість соняшнику пов'язана з глибоко проникаючою кореневою системою – більше трьох метрів. Він здатний використовувати воду з глибоких шарів, недоступну для багатьох інших однорічних рослин.

За даними НДІСГ Південно-сходу, соняшник витрачає вологу (% від загальної витрати за вегетацію) нерівномірно: за період сходи - утворення кошиків – 23 %, утворення кошиків – цвітіння – 60 % і цвітіння – дозрівання – 17 % від загальних витрат вологи за вегетацію. На початку вегетації соняшник використовує вологу з верхніх шарів ґрунту, а після утворення кошиків переважно з глибини більше 50 см.

За сильної посухи на початку цвітіння велике число закладених квіток соняшнику, особливо в центральній частині кошиків, що не розквітає. Одночасно відбувається значне зниження маси окремого насіння і загальної маси насіння з однієї рослини, що негативно позначається на врожаї соняшнику. Тому при вирощуванні соняшнику в посушливих районах велике значення має накопичення в ґрунті вологи шляхом затримання снігу і талих вод, зрошення та інших прийомів, що поліпшують водний режим.

**Вимоги соняшника до ґрунтів та поживних речовин.** Майже всі посіви соняшнику розміщені в нашій країні на вилужених, потужних і звичайних південних чорноземах, а також на каштанових ґрунтах. Сприятливий для росту рослин інтервал рН 6,0-6,8. Соняшник не вдається вирощувати на важких глинистих, піщаних, а також на кислих і сильно засолених ґрунтах [61].

Найкращими для соняшнику вважаються чорноземи і каштанові ґрунти. Малопридатні для нього піщані, заболочені і солонцюваті ґрунти.

На утворення 1 ц насіння соняшник споживає значно більше поживних речовин, ніж зернові культури: в середньому, за численними дослідними даними, азоту – 6 кг, фосфору – 2 кг і калію – 10 кг. Співвідношення  $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$  як 3:1:5. Кількість споживаних соняшником поживних речовин визначається умовами його вирощування і рівнем врожаю.

Надходження поживних речовин у рослини соняшнику проходить нерівномірно. Найбільша кількість азоту споживається від початку утворення кошиків до кінця цвітіння, фосфору – від сходів до цвітіння і



калію – від утворення кошиків до дозрівання. Початковий період розвитку соняшнику є критичним у споживанні фосфору.

Під час дозрівання в насінні накопичується основна маса спожитого азоту і фосфору, в той час як калію – тільки близько 10 %, він майже на 90% накопичується у вегетативних органах.

**Характеристика росту та розвитку соняшнику протягом вегетації.** У розвитку соняшнику відзначають за морфологічними ознаками наступні основні фази: сходи, початок утворення суцвіть (корзинок), цвітіння і дозрівання [62].

Також в разі необхідності визначають за морфологічними ознаками такі фази розвитку: сходи ; листоутворення (від сходів до 4-5 пар справжніх листків); диференціація (від 4-5 пар до 9-10 пар листків); активне зростання (від 9-10 пар листків до цвітіння); цвітіння (початок – закінчення); формування і налив насіння; дозрівання.

Тривалість міжфазних періодів для найбільш розповсюджених середньостиглої групи сортів соняшнику становить: від посіву до сходів 14-16 днів, від сходів до початку утворення кошиків 37-43, від початку утворення кошиків до цвітіння 27-30, а від цвітіння до дозрівання 44-50 днів. Загальна тривалість періоду вегетації у цієї групи сортів 120-140 днів .

У перший період розвитку (2-3 пари листя) соняшник росте порівняно повільно. У цей час його легко можуть заглушити бур'яни. Але потім приріст збільшується і досягає максимуму (3-5 см на добу) в період від утворення кошиків до цвітіння. У фазу цвітіння зростання у висоту йде повільно і до кінця цвітіння знижується.

Початок утворення кошиків відзначається у скоростиглих сортів соняшнику (на південному сході) при 2 парах , а у середньостиглих – при 3-5 парах листя. Закладання кошиків у середньостиглого соняшника починається (в Краснодарському краї ) при 5-ти парах листя.

Цвітіння одного кошика триває 8-10 днів , а зростання – до його пожовтіння. Найбільш інтенсивно він росте протягом 8-10 днів після закінчення цвітіння. Налив сім'янок відбувається протягом 32-42 днів з часу запліднення.

Одночасно із зростанням соняшнику у висоту і формуванням його кошиків в рослині йде накопичення сухих речовин. У цей період воно йде повільно, і до початку освіти кошики соняшник накопичує їх близько 15 %. До початку цвітіння кількість сухої речовини в рослині досягає вже 50 %, і вона продовжує інтенсивно зростати до початку наливу, але витрачається вже головним чином на формування кошики.

**Сорти і гібриди.** В Україні поширені високоврожайні селекційні сорти й гібриди соняшнику із значним вмістом олії в насінні, низькою лузжистістю (22 — 27 %) та високою стійкістю проти найбільш відомих рас вовчка, шкідників і хвороб [64].

За тривалістю вегетаційного періоду сорти (гібриди) соняшнику поділяють на середньостиглі (вегетаційний період 120 — 140 днів), середньоранні (110-130), ранньостиглі (100-120) і скоростиглі (80 - 100 днів). В Україні районоване понад 70 сортів і гібридів соняшнику.

Майже всі площі його засівають сортами й гібридами олійної групи. До районованих сортів і гібридів соняшнику, поширених у Степу, Лісостепу України, належать: середньостиглі — Запорізький кондитерський, Краснодарський 885, СПК, Харківський 3 та ін.; середньоранні — Казіо, Одеський 123, Одеський 504, Оріон, Харківський 58 та ін.; ранньостиглі — Одеський 122, Одеський 249, та ін.; скоростиглі — Одеський 149 та Харківський 49.

Скоростиглі сорти й гібриди поступаються ранньостиглим і середньостиглим за урожайністю та олійністю насіння. Проте короткий вегетаційний період скоростиглих типів дає змогу вирощувати їх на півдні України в повторних посівах при зрошенні. Високою врожайністю з високим вмістом олії в насінні відзначаються середньостиглі й середньоранні сорти та гібриди соняшнику.

У господарствах слід вирощувати не один, а два-три сорти чи гібриди соняшнику. Це дає змогу ефективніше використовувати екологічний потенціал регіону та збиральну техніку і транспортні засоби.

#### 6.5.2 Технологія вирощування соняшнику

Сучасна екологічно безпечна, ресурсо-та енергозберігаюча технологія вирощування соняшнику передбачає комплексне й поточне проведення належних механізованих операцій в установлені строки для створення оптимальних умов розвитку й росту рослин протягом вегетації [65].

**Місце в сівозміні.** Чергування культур у сівозміні спрямоване на підвищення родючості ґрунту, знищення бур'янів, шкідників і хвороб без використання хімічних засобів і одержання високих урожаїв. Установлено, що при розміщенні посівів соняшнику на тому самому полі через 8–10 років можливість ураження хворобами і шкідниками майже повністю зникає, а через 4 – 5 років — призводить до значного ураження рослин шкідниками і хворобами (вовчок, гниль біла й сіра, несправжня борошниста роса та ін.), що зменшує врожайність і погіршує якість насіння. Через 8–10 років насіння вовчка втрачає схожість, а зачатки інфекції у ґрунті гинуть і рослини соняшнику наступного посіву не уражуються.

Кращі попередники для соняшнику ті, після яких у ґрунті залишається більше води і поживних речовин. У Степу найефективніші ланки сівозміни, де соняшник висівають після кукурудзи чи озимої пшениці, в Лісостепу — де опадів буває більше і в сівозміні вносять достатньо добрив, високі врожаї

одержують при розміщенні соняшнику не тільки після озимої пшениці, а й після ячменю. Недоцільно висівати соняшник після суданської трави, цукрових буряків, а в Степу також після ячменю та вівса.

**Удобрення.** Наявність елементів мінерального живлення в ґрунті в оптимальних співвідношеннях сприяє підвищенню продуктивності рослин, поліпшенню якості насіння.

Соняшник дуже вибагливий до поживного режиму ґрунтів порівняно з іншими польовими культурами. Особливо багато він вбирає з ґрунту калію.

Для формування 1 ц врожаю насіння соняшник виносить з ґрунту 6,5 кг азоту, 2,7 фосфору і 15,5 кг калію. Проте незважаючи на високий винос калію з ґрунту, соняшник на чорноземних ґрунтах більшою мірою потребує азотних і фосфорних добрив.

У південному Степу найбільший ефект дає внесення фосфорних добрив разом з азотними ( $N_{30-45}P_{60}$ ), які забезпечують приріст урожаю насіння до 6 ц/га. У східних районах північного Степу внесення фосфорних добрив під соняшник високоефективне лише при поєднанні з азотними чи азотно-калійними добривами ( $N_{60-90}P_{60-90}K_{60}$ ).

Враховуючи, що значна частина фосфору, внесеного в ґрунт з добривами, стає недоступною для рослин, а частину елементів живлення, особливо калію, рослини поглинають безпосередньо з ґрунту, норму добрив і співвідношення елементів для кожного поля уточнюють. Залежно від забезпеченості рослин поживними речовинами ґрунту (згідно з агрохімічними картографіями, які є в кожному господарстві), використовують такі поправочні коефіцієнти:

Забезпеченість рослин поживними речовинами ґрунту	Поправочний коефіцієнт
Дуже низька	1,5
Низька	1,3
Середня	1,0
Підвищена	0,7
Висока	0,5

Крім встановлення норм добрив за рекомендаціями науково-дослідних установ, можна визначати їх розрахунковими методами, з яких найбільш поширеним є розрахунок за вмістом поживних речовин у ґрунті (на заплановану врожайність).

Органічні добрива вносять під попередню культуру, а мінеральні – під основний обробіток розкидачами РУМ-5, 1РМГ-4, РУМ-8, РУП-8 в агрегаті з тракторами МТЗ-80 і Т-150К. На полях, де восени не вносили повних норм основного добрива, мінеральне добриво вносять локально-стрічковим

способом одночасно із сівбою на відстані 6 – 10 см від рядка і на глибину 10 – 12 см.

Важливою умовою підвищення ефективності внесення добрив під гібридний соняшник є рівномірний розподіл їх по площі. Недотримання цієї вимоги призводить до великого недобору врожаю. Нерівномірність розподілу добрив по площі не повинна перевищувати 20 %.

**Обробіток ґрунту.** Основним в усіх зонах вирощування соняшнику в Україні є поліпшений зяблевий обробіток. На полях, засмічених осотом та іншими коренепаростковими бур'янами, прийоми обробітку в системі поліпшеного зябу рекомендується чергувати так, щоб домогтися повного знищення бур'янів. Перше луцення проводять після збирання попередника дисковими знаряддями (ЛДГ-10, ЛДГ-15, БД-10, БДТ-7) на глибину 6-8 см, друге й третє – в міру відростання бур'янів багатолемішними плугами (ППЛ-10-25), важкими дисковими боролами (БД-10, БДТ-7), паровими культиваторами (КПС-4) чи культиваторами-плоскорізами (КПШ-5, КПШ-9) на глибину 8 – 10 і 10–12 см. Інтервали між луценнями та останнім луценням і оранкою мають бути такими, щоб бур'яни встигли дати пагони (досягається найповніше їх знищення).

Для боротьби з осотом найефективніше поєднувати передоранкові розпушування з використанням гербіцидів. Після відростання багаторічних бур'янів (не менш як 5 – 6 листків) посіви обприскують розчином гербіциду амінна сіль 2,4-Д (1,5 -2,0 кг/га д. р.). Поєднання обробітку ґрунту за системою поліпшеного зябу із застосуванням гербіцидів забезпечує загибель 94 % осоту рожевого і 96 % березки польової.

При розміщенні соняшнику після зернових догляд за посівами значно ускладнюють однорічні бур'яни, особливо пізні ярі (курай, просо куряче, щириця, мишії та ін.). Ці бур'яни найнебезпечніші, бо масові сходи їх з'являються в посівах переважно після закінчення обробітку ґрунту в міжряддях. Для знищення пізніх бур'янів застосовують переважно ґрунтові гербіциди (трефлан, гезагарт 50 та ін.). Проте слід мати на увазі, що в посушливих умовах застосування тріфлану недоцільне. Неодноразові неглибокі обробітки до оранки провокують проростання минулорічного насіння бур'янів. При утриманні поля більше двох місяців у злуценому стані і наступній оранці проростає і знищується бур'янів у 10 разів більше, ніж по ранньому зябу після одноразового луцення.

Поліпшений зяб ефективний майже в усіх зонах, де вирощують соняшник. При цьому оранку доцільно проводити в південному Степу у жовтні, в північному – наприкінці вересня – початку жовтня.

При розміщенні соняшнику після просапних культур, зокрема після кукурудзи, зяблевий обробіток полягає у дворазовому дискуванні після збирання попередників. Кращі результати дає обробіток ярусним плугом ПНЯ-4-40, який загортає всі післяжнивні рештки. У південному Степу, де снігу на полях практично не буває і з гребенистої ріллі випаровується багато

води, поверхню поля вирівнюють водночас з оранкою. У районах недостатнього зволоження Лісостепу застосовують таку саму схему зяблевого обробітку, як і в північному Степу, але поле орють не пізніше другої половини вересня – початку жовтня.

У зоні достатнього зволоження наприкінці липня – на початку серпня після лушення дисковими лушильниками поле орють плугами з передплужниками в агрегаті з котками і боровами, щоб вирівняти поверхню ґрунту. Надалі, в міру зволоження опадами та проростання бур'янів, проводять культивуацію з одночасним боронуванням. Додатковий обробіток зябу восени сприяє очищенню ґрунту від однорічних бур'янів і вирівнюванню поверхні ріллі.

На схилах (до 2°) для накопичення вологи в ґрунті і боротьби з водною ерозією орати слід тільки впоперек схилу, а при складному рельєфі – контурним способом з лункуванням і валкуванням. На ерозійно небезпечних землях доцільно застосовувати оранку плугами з ґрунтопоглиблювачами, щоб запобігти стоку води і забезпечити накопичення її в ґрунті.

Проти вітрової ерозії, особливо в південних і південно-східних районах степової зони України, де часто бувають пилові бурі, рекомендується плоскорізний обробіток. Однак після такого обробітку більшість насіння бур'янів залишається у верхньому шарі ґрунту, через що у весняно-літній період різко збільшується забур'яненість посівів. Тому при плоскорізному обробітку треба під передпосівну культивуацію вносити гербіциди.

Український інститут захисту ґрунтів від ерозії пропонує на ерозійно небезпечних полях замість післяжнивного лушення проводити обробіток голчастою бороною БІГ-3 на глибину 6 – 8 см, а при появі бур'янів – культиватором КПП-2,2 на глибину 10 – 12 см. Після повторного відростання бур'янів замість оранки треба розпушувати ґрунт плоскорізом КПП-250 на глибину 25 - 27 см.

Передпосівний обробіток ґрунту полягає у ранньому закритті вологи й наступних культивуаціях (1 – 2). При правильному застосуванні поліпшеного зяблевого обробітку до весни ґрунт не запливає, залишається розпушеним, а поверхня його – вирівняною. В цьому випадку відпадає потреба у двох весняних передпосівних культивуаціях. У посушливу весну зменшують кількість розпушувань, що сприяє меншому висиханню посівного шару ґрунту. Передпосівну культивуацію доцільно поєднувати із сівбою.

На чорноземах звичайних, важкосуглинкових, безструктурних і солонцюватих ґрунтах, схильних до ущільнення і утворення товстої кірки, а також на полях, дуже засмічених коренепаростковими бур'янами і післяжнивними рештками, слід застосовувати інтенсивний передпосівний обробіток зябу (ранньовесняне боронування і дві культивуації).

Для передпосівної культивуації культиватори комплектують універсальними стрічастими лапами з шириною захвату 270 і 330 мм або

розпушувальними лапами з пружинними стояками. Середня глибина обробітку ґрунту не повинна відхилятися від заданої більш як на 1 см.

Якщо поля очищені від бур'янів недостатньо, застосовують гербіциди трефлан (нітран, олітреф), прометрин (селектин, гезагард-50), дуал. Трефлан знищує проростки однорічних злакових бур'янів (мишію сизого та зеленого, проса курячого) і двосім'ядольних (лободи білої, щиріці білої, щиріці відігнутої, кураю та ін.). Під дією сонячного випромінювання трефлан швидко розкладається, тому його треба одразу ж загортати в ґрунт. Норма трефлану на легких ґрунтах становить 1,25 кг/га д. р., або 5 кг/га за препаратом, а на середніх і важких – відповідно 1,5 і 6 кг/га. Такі бур'яни, як гірчиця польова, амброзія, нетреба, паслін, редька дика й канатник, відносно стійкі проти трефлану. Вони є ще й резерватарами гнилей білої та сірої. Для знищення цих бур'янів застосовують гербіцид прометрин за нормою 2 - 2,5 кг/га д. р., або 4-5 кг/га за препаратом. Прометрин ефективний проти бур'янів у роки, коли достатньо зволожений верхній шар ґрунту. Стійкі проти трефлану бур'яни можна знищувати внесенням у ґрунт суміші з 4 кг прометрину і 6 кг/га трефлану, розчинених у 300 л води.

Засмічені поля суцільно обприскують розчинами гербіцидів і негайно загортають їх культиватором. Високої ефективності трефлану досягають тільки при ретельному перемішуванні його з ґрунтом у посівному шарі на глибині 6 – 8 см. Доцільно внесення гербіциду поєднувати з передпосівною культивацією.

На окультурених полях краще вносити розчин гербіцидів смугами 30 – 35 см завширшки з відстанню між їх серединами 70 см. Загортати гербіциди треба за один прохід агрегату.

**Сівба.** При вирощуванні сортів соняшнику використовують кондиційне насіння (рН 1 – 3), схожість якого не менша 87 %, чистота 98 % (із вмістом облушеного насіння – не більше 2 %); гібридів (F1) – відповідно 85 та 98 % (із вмістом облушеного насіння не більше 3 %). Проти хвороб (іржі, несправжньої борошнистої роси, гнилей, фомозу та ін.) насіння протруюють, використовуючи поширений протруювач ТМТД (3 кг препарату на 1 т насіння). Високоолійні сорти соняшнику в усіх зонах України висівати дуже рано не слід. У південному і північному Степу, а також у східній частині Лісостепу при сівбі в середні строки, коли ґрунт на глибині 10 см прогрівається до 8 - 12 °С, одержують найбільші врожаї насіння.

У північному Лісостепу перевагу віддають раннім строкам сівби (одночасно з ранніми ярими культурами). При цьому одержують більші урожаї насіння і вихід олії.

У районах Степу та східному Лісостепу середні строки сівби рекомендується диференціювати залежно від засміченості поля. На відносно чистих від бур'янів полях кращими є строки сівби соняшнику при прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння до 8–10 °С. Закінчують висівання при температурі не вище за 12 – 14 °С. На дуже засмічених полях

висівати соняшник слід трохи пізніше, при прогріванні ґрунту до 10 – 12 °С, і знищувати основну масу бур'янів, які проросли, передпосівною культивуацією.

Глибина загортання насіння соняшнику становить 6 – 8 см.

Умовою одержання високого врожаю насіння є дотримання рекомендованої густоти посіву і рівномірне розміщення рослин на площі. При інтенсивній технології, коли густоту рослин регулюють не прориванням, а нормою висіву, треба висівати тільки висококондиційне насіння.

При регулюванні сівалки на норму висіву треба враховувати, що польова схожість насіння буває меншою за лабораторну на 20 – 25 %, а під час боронування по сходах гине до 10 % рослин. Тому страхова надбавка до норми висіву має становити 30 - 35 %.

Висівають насіння соняшнику пунктирним способом з міжряддями 70 см пневматичними сівалками.

Догляд за посівами. Слідом за посівом ґрунт необхідно прикоткувати. Важливим прийомом догляду за посівами соняшнику є боронування до і після появи сходів. Досходове боронування проводять середніми боронами через 5 - 6 днів після сівби, коли проростки соняшнику знаходяться на глибині, при якій зуби борони їх не пошкоджують, а бур'яни у фазі «білої ниточки».

При похолоданні після сівби з'явлення сходів соняшнику затримується. В такі роки для повнішого знищення бур'янів і запобігання утворенню ґрунтової кірки проводять дворазове боронування: перше - через 5 - 6 днів після сівби, друге - за 3 - 4 дні до появи сходів. Друге досходове боронування (ЗОР-07) можна здійснювати, тільки коли проростки соняшнику не пошкоджуються зубами борони. Щоб запобігти їх пошкодженню, заглиблення зубів борони має бути меншим за середню глибину залягання проростків на 0,5 - 0,9 см.

Післясходове боронування соняшнику проводять у фазі 2 - 3 пар справжніх листків. Якщо боронують посіви у фазі сім'ядоль, то пошкоджується і загортається землею близько 17,5, а у фазі утворення 2 - 3 пар листків - 11 % рослин. Боронувати поле після появи сходів треба в день, коли зменшується відносна вологість повітря і молоді рослини стають не такими ламкими. Боронувати посіви соняшнику доцільно широкозахватними агрегатами при спілому ґрунті, щоб не допустити зайвого його ущільнення та руйнування структури. Швидкість руху агрегату під час досходового боронування 6 - 7 км/год, післясходового - не більше 4 км/год. У багаторічних виробничих дослідках ВНДІК встановлено високу ефективність при догляді за соняшником боронування разом з коткуванням, розпушуванням міжрядь і використанням прополювальних борінок. У Степу доцільно розпушувати ґрунт у міжряддях на глибину 6 - 8 см культиваторами КРН-4,2, КРН-5,6, КРН-8,4. Глибоке розпушування (12 - 14 см) призводить до деякого зменшення врожаю. Тому на відносно чистих посівах доцільно

проводити неглибокі обробітки, а на засмічених - починати культивуацію міжрядь на більшій глибині, поступово зменшуючи її. На полях, де бур'яни знищували восени за системою поліпшеного зябу, достатньо одного-двох розпушувань міжрядь.

**Десикація.** У посівах соняшнику рослини досягають нерівномірно. Через 20 - 25 днів після цвітіння вміст олії в насінні досягає максимуму, але накопичення масла триває у міру збільшення маси насіння, яке закінчується на 35-40-й день після цвітіння (фаза фізіологічної стиглості). Далі відбувається фізичне випаровування води із сім'янки і настає фаза повної (господарської) стиглості. Для прискорення збирання і одержання сухого насіння посіви обробляють десикантами при середній вологості насіння на пні не більше 30 %. Обприскування рослин десикантами при більш високій вологості насіння погіршує його якості - зменшується маса ядра і врожаю в цілому внаслідок гальмування фізіологічних процесів.

Десикацію проводять через 35- 40 днів після повного цвітіння хлоратом магнію (20 кг/га) або реглоном (2 л/га). У вологу осінь, а також у роки епіфітотійного розвитку кошикових форм гнилі збільшують норми хлорату магнію до 25 - 30 кг/га, або реглону - до 2,5-3 л/га.

Для кращого прилипання десикантів на гектарну норму препарату додають 50 - 70 мл агралу-90. При авіаобробці посівів препарат розчиняють у 100 л води на 1 га або в 300 л/га при обприскуванні тракторними обприскувачами ОВТ-1В, ОВС-А. Проте норму дефіцитних препаратів можна наполовину зменшити в суміші з аміачною селітрою. Десикація дає змогу прискорити початок збирання соняшнику на 7 - 8 днів, не зменшуючи врожаю насіння та виходу олії.

Через 10 днів після десикації на насінні вже немає залишків хлорату магнію і воно придатне для переробки.

Аналогічні результати одержано при використанні реглону в суміші з аміачною селітрою. Після десикації вологість кошиків зменшувалася більш як утричі.

Десиканти діють швидше при середньодобовій температурі понад 13 - 14 °С. Обробляти посіви ними треба в нежаркий час доби до 9 - 10 і після 15 - 16 год. З екологічної точки зору захід небажаний.

**Збирання врожаю.** Урожайність соняшнику залежить від строку збирання, який визначають за ступенем стиглості та вологістю насіння. Залежно від погодних умов урожай починають збирати через 7-10 днів після обробки посівів хлоратом магнію і через 5 - 6 днів - реглоном. За цей час на оброблених полях вологість насіння знижується до 12 - 15 %. Збирають соняшник у фазі господарської стиглості, коли рослин з жовтими і жовто-бурими кошиками в посівах 12 - 16 %, а з бурими й сухими - 85 - 88 %. У Степу починають збирати соняшник при середній вологості насіння 12 - 14 %, у Лісостепу - 16 - 18 %.



Гібриди досягають дружно, особливо після обробки рослин десикантами. Тому збирання їх починають при вологості насіння 17 - 19 %, а у вологу осінь - 20 - 22 %.

За 2 - 3 дні до початку збиральних робіт поле обкошують і розбивають на загінки, прокладають транспортні й розвантажувальні магістралі.

Для збирання використовують зернозбиральні комбайни СК-5 «Нива» із спеціальними пристроями ПСП-1,5М чи 34-ЮЗА та універсальними ПУН-5 для подрібнення і розкидання стебел по полю. Комбайни ДОН-1200 і ДОН-1500 обладнують пристроями ПСП-8 і ПСП-10. Щоб насіння менше обрушувалось і подрібнювалось, частоту обертання барабана на комбайнах СН-5 «Нива» встановлюють на рівні близько 300 об./хв.

Після первинного очищення на агрегаті ЗАВ-20 чи інших комплексах треба додатково обробити на машинах вторинного й остаточного очищення - СВУ-5, СМ-4, а також на пневмосортувальних столах ПСС-2,5, БПСУ-3.

Сухе й очищене насіння калібрують, що забезпечує висівання заданої кількості насінин у рядки і позбавляє від необхідності проривати рослини. Для тривалого зберігання посівного насіння соняшнику його вологість має бути не більшою 7 - 8 %.

**Зрошення.** В посушливих умовах України жоден захід не впливає так на підвищення врожайності соняшнику, як зрошення. В Україні основні площі зрошуваних посівів соняшнику розміщені в АР Крим, Одеській, Харківській, Миколаївській, Херсонській, Запорізькій, Дніпропетровській та Донецькій областях.

Для формування врожаю 26 - 30 ц/га соняшник використовує 4500 - 5000 м<sup>3</sup>/га води, в тому числі в період сходи - формування кошика 20 - 30 %, формування кошика - цвітіння 40 - 50 і цвітіння - досягання 30 - 40 %. У роки із середньою забезпеченістю вологою достатньо провести 2 - 3, а в посушливі 3 - 4, іноді 5 вегетаційних поливів. На кожний полив дощуванням витрати води становлять відповідно 500 - 600 і 500 м<sup>3</sup>/га, по борознах - 600 - 700 м<sup>3</sup>/га. Час проведення вегетаційних поливів визначають за вмістом вологи в ґрунті з тим, щоб підтримувати вологість на постійному рівні - 60 - 70 % НВ до цвітіння і 75 - 80 % від цвітіння до початку досягання.

Ефективніше поливати посіви по попередньо нарізаних у міжряддях щілинах. Для їх нарізання використовують культиватор КРН-4,2, обладнаний долотоподібними робочими органами. Поливають дощувальними агрегатами ДДА-100М, ДДА-100МА і широкозахватними «Фрегат», «Днепр» (ДФ-120).

При поливі дощуванням треба враховувати, що краплі води, які залишаються на листках, під прямими сонячними променями діють подібно до лінзи, тому в цих місцях листки обпалюються і тканина їх гине, зменшується площа асиміляції. Тому не варто поливати соняшник дощуванням у сонячні дні.

При вирощуванні соняшнику на зрошуваних землях збільшують норми добрив. Кращі результати дає норма  $N_{60}P_{120}K_{60}$ , а на темно-каштанових ґрунтах півдня -  $N_{60}P_{120}$ .

Густота посіву на час збирання урожаю має становити 55 - 60 тис./га рослин.

Весняний передпосівний обробіток ґрунту, строки й способи сівби, прийоми догляду за посівами соняшнику такі самі, як і без зрошування. Тільки більшу увагу треба приділяти знищенню бур'янів.

За даними наукових установ, зрошування в Україні сприяє підвищенню врожаю насіння соняшнику на 10,1 - 12,6 ц/га.

Оранка на глибину 30 - 32 см із щільуванням, внесення гною 20 т/га і  $N_{120}P_{120}K_{60}$ , густота посівів 60 тис./га рослин і чотири вегетаційні поливи по нарізаних у міжряддях щілинах при зрошувальній нормі 2100 м<sup>3</sup>/га забезпечили на Миколаївській сільськогосподарській дослідній станції врожай 42,1 ц/га насіння.

У південному Степу в умовах зрошення ефективно вирощування соняшнику в поукісних посівах після озимої пшениці, жита на зелений корм, ріпаку та інших культур.

**Біоенергетична ефективність вирощування соняшнику.** Практика господарств Степу і Лісостепу України свідчить про високу ефективність механічного догляду за посівами і боротьби з бур'янами. Якщо на посівах не застосовувати пестициди й ретарданти, врожайність соняшнику може знижуватись на 5-7 %. Однак при цьому значно знижуються затрати сукупної енергії на вирощування і зростають показники біоенергетичної ефективності культури, а також забезпечується одержання екологічно чистої продукції [66].

### 6.5.3 Аналіз сучасного стану моделювання формування продуктивності соняшнику.

Метод моделювання традиційно властивий науковому пізнанню, і зачатки його простежуються на всіх стадіях розвитку науки. Важливою передумовою розвитку моделювання послугувала тенденція переходу від вивчення речей до вивчення процесів, характерна для другої половини ХІХ століття. За своєю суттю моделювання зводиться до побудови та аналізу моделей предметів, явищ, процесів і об'єктів. Воно служить універсальною методологією наукового пізнання і вирішення практичних завдань. Необхідна умова моделювання - вимоги, згідно з якими будь-яка модель повинна бути спрощеною копією свого оригіналу [66].

За допомогою математичної моделі можна виразити точно встановлені фундаментальні закономірності або обмежитися описом деяких зовнішніх характеристик об'єкта. Математичним моделям притаманна така примітна

властивість, як універсальність. Накопичений при дослідженні одного кола завдань потенціал математичного моделювання можна швидко і гнучко застосувати до вирішення зовсім інших завдань. Звичайно ж будь-яка модель може бути всеосяжною. Вона повинна бути спрямована на вирішення певної задачі.

У певному сенсі будь-яке застосування математичних методів являє собою математичне моделювання [66].

Моделі соняшнику повинні достатньо точно описувати реакцію культури на навколишнє середовище, передбачати широкий діапазон умов в яких вирощується врожай. Проте більшість моделей росту та урожайності соняшнику є простими та описують лише деякі процеси.

У роботі [67] були отримані регресійні залежності урожайності соняшнику від варіації погодних умов. Моделювання соняшнику виконувалося двома тісно пов'язаними моделями - EPIC і ALMANAC. Фенологія була передбачена з накопиченням температур починаючи з 6 °C (біологічний нуль) і проведені від посіву до збирання, припускаючи, що цвітіння відбувається при досягненні 62 % від загального вегетаційного періоду. Моделювання росту листової поверхні вироблялося в залежності від індексу перехоплення радіації, та ефективності використання радіації. Підхід модифікації індексу врожайності був використаний для моделювання врожайності насіння. Моделі EPIC і ALMANAC дозволили адекватно моделювати врожайність в широкому діапазоні варіантів екологічних факторів.

В моделі Ногіє Т. [68] швидкість накопичення сухої біомаси вважається пропорційною різниці швидкостей фотосинтезу та дихання підтримки. Коефіцієнт пропорційності визначається фактором дихання росту, що пов'язано з перетворенням вуглеводів в суху біомасу. Загальна швидкість фотосинтезу розраховується в залежності від інтенсивності сонячної радіації, початкового кута нахилу світлової кривої та швидкості фотосинтезу при насиченні світлом. Дихання розраховується за рівнянням Маккрі; розподіл асимілятів емпіричне. Фотосинтез, дихання та розподіл асимілятів моделюється у зв'язку з віком рослин.

В кліматичній моделі Sridhara, S., Prasad, T.G. A [69] врожайності соняшнику залежність параметрів росту і врожайності *Helianthus Annus L.* від зміни ґрунтово-кліматичних умов середовища були досліджені у вологій зоні південної частини Нігерії. Було вивчено вплив погодних факторів на фенологію, зростання, формування біомаси та урожаю насіння соняшнику. Рослини взаємодіяли з ґрунтом і повітряним середовищем, що визначило зміни в накопиченні біомаси і врожайності насіння. Вивчалися різні строки сівби. Для порівняння, у соняшнику висадженого пізніше у вологий дощовий період цвітіння і дозрівання спостерігалось пізніше, і сформувався більший урожай насіння. Наприкінці вегетації урожай залежав виключно від запасів води в ґрунті для задоволення своїх потреб у воді. Низькі значення

відносного використання вологи соняшником ( $ETA / E_o$ ) показали, що рослини випробували високий ступінь дефіциту ґрунтової вологи під час росту. Зниження деяких параметрів росту соняшнику в зв'язку з конкретними погодними умовами були досить значними. За допомогою моделі можливо прогнозувати накопичення біомаси і врожаю насіння соняшнику залежно від переважаючих погодних умов вегетації.

У моделі Agele S.O. [70] використовується кілька стандартних залежностей для визначення розвитку листкової поверхні в залежності від площі листа. Площа листа в свою чергу залежить від суми температур. Накопичення біомаси моделюється як функція залежності від частини поглиненої ФАР і ефективності використання випромінювання. Зростання маси насіння моделюється як лінійне збільшення маси врожаю з часом. Ця модель адаптована для прогнозу росту та врожайності соняшнику як на зрошенні, так і в умовах нестачі вологи.

Структура моделі соняшнику [71] зазвичай складається з набору математичних співвідношень, які описують роботу динамічної агросистеми, найчастіше з розрахунковим кроком один день. Вони включають в себе набір вхідних змінних (щоденні кліматичні характеристики, культуру землеробства, початковий стан системи на початку моделювання), параметри (постійні математичні рівняння), змінні стану системи (змінні, що описують систему кожен день, наприклад, біомаси культури) і вихідні змінні (кінець ланцюгу моделювання) такі як урожайність, вміст олії тощо.

В моделі Slafer G. A. [72], крім розрахунків залежностей рослин соняшнику в загалі від факторів навколишнього середовища, моделюється вплив різних факторів (тепла, вологи та ін.) на різні його генотипи (IGE). Одним із прикладів таких моделей [73] є вплив умов зволоження на сортові особливості культури соняшнику, що може пояснити відмінності в поведінці одного і того самого сорту на зміни умов навколишнього середовища.

Динамічні імітаційні моделі соняшнику були розроблені в 1980-х роках [74 -79]. Моделювання врожаю соняшнику передбачає системний підхід, а саме, опис росту, розвитку та продуктивності соняшнику під впливом навколишнього середовища (світла, тепла, вологи і мінерального живлення) в системі «ґрунт – рослина – атмосфера». В моделях враховується вплив основних абіотичних факторів (температури, радіації, вологи, азоту) на основні фізіологічні процеси культури. До основних фізіологічних процесів відносять фотосинтез, дихання, ріст, розподіл асимілятів. Моделі дозволяють зрозуміти і передбачити реакцію рослини на вплив навколишнього середовища.

Для олійних культур вже є кілька імітаційних моделей, що ураховують генетичну мінливість. Деякі з них притаманні соняшнику [70,80,81], інші представляють олійні культури загалом [82,83,84]. Ці моделі дозволяють отримати показники продуктивності олійних культур і зокрема соняшнику визначених сортів. Імітаційна модель SUNFLO [85,86,87] дозволяє

розглянути динаміку продуктивності та якості (урожайність та вміст олії) сортів соняшнику в залежності від основних абіотичних факторів і особливостей культури. В моделі ураховується рівень землеробства та технологій. Модель має розширені можливості адаптації новостворених сортів.

#### 6.5.4 Оцінка агрокліматичних умов вирощування соняшнику в зв'язку зі зміною клімату

Крізь призму досліджуваної зміни клімату цікаво простежити його вплив на умови вирощування соняшнику.

За умов реалізації сценарію А2 зміни клімату (табл. 6.44) тривалість вегетаційного періоду соняшнику збільшиться у Поліссі на 12 днів, у центральній частині Лісостепової зони за першим кліматичним періодом на 19 днів (2011-2030 рр.) і на 15 днів за другим (2031-2050 рр.), у східній частині на 15 днів і 10 днів, відповідно, у північній частині Степу на 16 і 11 днів, у південній на 4 і 1 день.

Строки посіву змістяться згідно з сценарієм на 15 – 18 днів раніше базових термінів посіву в досліджуваних географічних зонах країни. Відповідно змістяться і строки появи сходів на 5 и 8 днів раніше за базовий період у Поліссі, в центральній частині Лісостепової зони на 6 і 8 днів на сході на 5 і 4 днів, в північній частині Степу на 6 и 7 днів, а у південній на 7 і 10 днів. Зміщення термінів цвітіння буде не таким істотним, так в Поліссі за першим сценарним періодом цвітіння настане в ті самі строки, що й в базовий період, а за другим сценарним періодом – на 6 днів раніше. В лісостеповій зоні у центральній частині у першому випадку цвітіння настане на 3 дні пізніше, а у другому співпадає з базовими, на сході тенденція зберігається. В північній частині степової зони в першому випадку спостерігається зміщення термінів цвітіння – таке саме, що і в центральній частині Лісостепу, а в другому випадку на шість днів раніше – таке саме, як у Поліссі. Не зміняться строки цвітіння і в південній частині Степу в першому випадку, а в другому будуть на 5 днів раніше. Достигання в період 2011-2030рр. по всій території України буде пізніше на 7...12 днів, лише у південній частині досягання буде на 3 дня раніше. В період 2031-2050 рр. в Поліссі досягання співпадає з базовим, в лісостеповій зоні та північній частині Степу настане на 4...7 днів пізніше, а на півдні степової зони на 9 днів раніше.

За сценарієм А1В (табл. 6.45) тривалість вегетаційного періоду в Поліссі більш значно збільшиться у другому випадку (на 11 днів), на 6 днів зменшиться на заході Лісостепу у першому випадку. Помітно зменшиться (на 4...5 днів) на півдні степової зони. В інших випадках зміни не відбудуться або будуть незначними. Сходи з'являться в Поліссі на 21 и 18 днів раніше, в

центральної частині Лісостепу на 7 і 11 днів, у східній частині на 4 і 8 днів раніше. Раніше вони з'являться і в Степу, на півночі на 7 і 10 днів, на півдні на 11 і 17 днів. За даним сценарієм цвітіння буде спостерігатися раніше на 7...12 днів в порівнянні з базовими строками, а в Поліссі за першим періодом цвітіння буде спостерігатися на 17 днів раніше. Раніше за базовий період буде наставати й досягання по всім районам країни. За першим кліматичним періодом в Поліссі на 20 днів раніше, в центральній частині Лісостепу на 7 днів, а в західній на 14 днів раніше базового. На півночі степової зони на 9, на півдні на 16 днів раніше. За другим кліматичним періодом досягання

Таблиця 6.44– Фази розвитку соняшнику. Сценарій А2

Період	Сходи	Цвітіння	Досягання	Тривалість вегетаційного періоду, дні
УКРАЇНСЬКЕ ПОЛІССЯ				
1986 – 2005	15.05	21.07	30.08	107
2011 – 2030	10.05	21.07	06.09	119
Різниця	-5	0	+7	+12
2031 – 2050	07.05	15.07	30.08	119
Різниця	-8	-6	0	+12
ЛІСОСТЕПОВА ЗОНА (Центральна частина України)				
1986 – 2005	15.05	17.07	27.08	104
2011 – 2030	09.05	20.07	08.09	123
Різниця	-6	+3	+12	+19
2031 – 2050	07.05	17.07	03.09	119
Різниця	-8	0	+7	+15
ЛІСОСТЕПОВА ЗОНА (Східна частина України)				
1986 – 2005	15.05	18.05	24.08	101
2011 – 2030	10.05	20.07	03.09	116
Різниця	-5	+2	+9	+15
2031 – 2050	11.05	18.05	29.08	111
Різниця	-4	0	+5	+10
СТЕПОВА ЗОНА (Північно-степова підзона України)				
1986 – 2005	11.05	15.07	23.08	104
2011 – 2030	05.05	18.07	02.09	120
Різниця	-6	+3	+9	+16
2031 – 2050	04.05	09.07	27.08	115
Різниця	-7	-6	+4	+11
СТЕПОВА ЗОНА (Південно-степова підзона України)				
1986 – 2005	06.05	02.07	14.08	100
2011 – 2030	29.04	02.07	11.08	104
Різниця	-7	0	-3	+4
2031 – 2050	26.04	27.06	05.08	101
Різниця	-10	-5	-9	+1

буде в Поліссі на 7 днів, в Лісостепу та на півночі Степу на 12 днів, а на півдні степової зони на 22 дня раніше базового.

Порівняння динаміки середньої за декаду температури повітря при зміні кліматичних умов за сценарієм А2 та базового періоду за період вегетації соняшнику показує, що зміщення строків посіву в сторону більш ранніх термінів призведе до того, що за весь період вегетації соняшника ріст і розвиток будуть проходити на фоні знижених температур (табл. 6.46).

Таблиця 6.45– Фази розвитку соняшнику. Сценарій А1В

Період	Сходи	Цвітіння	Достигання	Тривалість вегетаційного періоду, дні
УКРАЇНСЬКЕ ПОЛІССЯ				
1986 – 2005	15.05	21.07	30.08	107
2011 – 2030	24.04	04.07	10.08	108
Різниця	-21	-17	-20	+1
2031 – 2050	27.04	12.07	23.08	118
Різниця	-18	-9	-7	+11
ЛІСОСТЕПОВА ЗОНА (Центральна частина України)				
1986 – 2005	15.05	17.07	27.08	104
2011 – 2030	08.05	12.07	20.08	104
Різниця	-7	-5	-7	0
2031 – 2050	04.05	10.07	15.08	103
Різниця	-11	-7	-12	-1
ЛІСОСТЕПОВА ЗОНА (Східна частина України)				
1986 – 2005	15.05	18.05	24.08	101
2011 – 2030	11.05	10.07	13.08	95
Різниця	-4	-7	-14	-6
2031 – 2050	07.05	11.07	12.08	101
Різниця	-8	-7	-12	0
СТЕПОВА ЗОНА (Північно-степова підзона України)				
1986 – 2005	11.05	15.07	23.08	104
2011 – 2030	04.05	06.07	14.08	102
Різниця	-7	-9	-9	-2
2031 – 2050	01.05	03.07	11.08	102
Різниця	-10	-12	-12	-2
СТЕПОВА ЗОНА (Південно-степова підзона України)				
1986 – 2005	06.05	02.07	14.08	100
2011 – 2030	25.04	25.06	30.07	96
Різниця	-11	-7	-16	-4
2031 – 2050	19.04	20.06	23.07	95
Різниця	-17	-12	-22	-5

Лише за другим кліматичним періодом у західному лісостепу буде спостерігатися зростання температури на 0,8 °С. Ще більш зниженим буде

температурний режим в період цвітіння – досягання (у Поліссі на  $1,5^{\circ}\text{C}$  і  $1,0^{\circ}\text{C}$ , у Лісостепу на  $2,2^{\circ}\text{C}$  і  $1,9^{\circ}\text{C}$  – у центрі, на  $0,9^{\circ}\text{C}$  на сході; у Степу на  $1,9^{\circ}\text{C}$  і  $1,2^{\circ}\text{C}$ ). За другим кліматичним періодом спостерігається зростання температури на  $1,4^{\circ}\text{C}$ .

Кількість опадів у період сходи – цвітіння збільшиться у Поліссі на 17% і 18%, у Лісостепу в центральній частині на 22 і 18 %; на сході на 22%; у Степовій зоні на 10 % і 15% (табл. 6.46). Для періоду цвітіння – досягання в Поліссі спостерігається зростання кількості опадів в першому випадку на 14 %, у другому на 33%. У центральній частині Лісостепу в першому випадку кількість опадів зменшиться на 6 %, а в другому – на 20 %, в західній частині кількість опадів зростає на 12% і 64 %, відповідно. В степовій зоні також спостерігається зростання, значніше в першому випадку (на 13%) і незначно у другому (на 2%). В цілому за вегетацію в порівнянні з базовим спостерігається зростання опадів і в першому і в другому кліматичних періодах по всіх кліматичних зонах країни.

Зростає, в порівнянні з базовим, сумарне випаровування. Для періоду сходи – цвітіння в Поліссі на 9 % і 8%, у центральній частині Лісостепу в порівнянні з базовим на 28% і 35%, на сході в першому випадку незначне зменшення (4%), у другому зростання на 10%. В степовій зоні сумарне випаровування зростає, значніше в другому випадку. Для періоду цвітіння – досягання в Поліссі спостерігається зростання на 9 % і 23 %, в Лісостепу у центрі в порівнянні з базовим спостерігається зменшення сумарного випаровування на 11 % і 24 %, а на сході збільшення на 10% і 29 %, в Степу практично не поміняється (на 1%). В цілому за вегетацію спостерігається зростання сумарного випаровування у всіх зонах країни, лише на сході лісостепової зони у другому випадку залишається без змін.

Зростає вологозабезпеченість: для періоду сходи – цвітіння у Поліссі на 3 % і 6%, у центральній частині Лісостепу на 5% і 2 %, на сході на 2 % і 4 %; у північному степу на 10% і 4 %. Для періоду цвітіння – досягання це збільшення у порівнянні з базовим в Поліссі на 8% і 10%, в Лісостепу у центрі на 5% і 4 % та на сході 4 % і 25 %, в Степу на 12 % в обох випадках.

Таким чином, вологозабезпеченість всього періоду від сходів до досягання соняшнику збільшується в порівнянні з базовим періодом (табл.6.46). Це пояснюється збільшенням періоду вегетації, посів припадає на більш ранні терміни, коли після зимових опадів у ґрунті знаходиться достатня кількість вологи, а вегетація проходить при пониженому температурному режимі, а також із збільшенням кількості опадів за період вегетації, та зменшенням дефіциту вологи. Тому вологозабезпеченість посівів соняшнику при зміні клімату буде краща в порівнянні з базовим як у Поліссі, Лісостепу, так і в Степовій зонах України.



Таблиця 6.46 – Агрокліматичні умови вирощування соняшнику за сценарієм А2

Період	І період сходи – цвітіння					ІІ період цвітіння – досягання					Вегетаційний період				
	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	сумарна випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	сумарна випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	сумарна випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од
УКРАЇНСЬКЕ ПОЛІССЯ															
1986 – 2005	17,0	180	196	309	0,63	18,5	111	108	183	0,59	17,5	291	304	491	0,60
2011 – 2030	16,5	212	214	330	0,65	17,0	127	118	185	0,64	16,7	339	332	516	0,64
Різниця	-0,5	+17%	+9%	+6%	+3%	-1,5	+14%	+9%	+1%	+8%	-0,8	+16%	+9%	+5%	+7%
2031 – 2050	15,9	214	212	315	0,67	17,5	148	133	205	0,65	16,6	362	344	520	0,66
Різниця	-1,1	+18%	+8%	+2%	+6%	-1,0	+33%	+23%	+12%	+10%	-0,9	+24%	+13%	+6%	+10%
ЛІСОСТЕПОВА ЗОНА (Центральна частина України)															
1986 – 2005	17,3	160	154	257	0,60	19,4	131	130	230	0,57	18,2	291	294	487	0,58
2011 – 2030	16,0	195	210	330	0,63	17,2	123	116	194	0,60	16,5	318	326	524	0,62
Різниця	-1,3	+22%	+36%	+28%	+5%	-2,2	-6%	-11%	-16%	+5%	-1,7	+9%	+15%	+8%	+7%
2031 – 2050	16,4	189	208	341	0,61	17,5	105	99	179	0,55	16,8	294	307	520	0,59
Різниця	-0,9	+18%	+35%	+33%	+2%	-1,9	-20%	-24%	-22%	-4%	-1,4	+1%	+8%	+7%	+2%

Продовження табл. 6.46

ЛІСОСТЕПОВА ЗОНА (Східна частина України)															
1986 – 2005	17,5	158	172	315	0,54	18,9	76	80	165	0,48	18,0	234	252	480	0,52
2011 – 2030	18,0	154	163	296	0,55	20,3	85	88	174	0,50	18,9	239	251	471	0,53
Різниця	+0,8	-3%	-4%	-6%	+2%	+1,4	+12%	+10%	+5%	+4%	+0,9	+2%	0%	-8%	+2%
2031 – 2050	17,0	193	190	338	0,56	18,0	125	100	167	0,60	17,4	318	290	504	0,58
Різниця	-0,5	+22%	+10%	+7%	+4%	-0,9	+64%	+29%	+1%	+25%	-0,6	+36%	+15%	+5%	+12%
СТЕПОВА ЗОНА (Північно-степова підзона України)															
1986 – 2005	18,2	136	139	290	0,48	20,7	94	95	221	0,43	19,3	230	234	511	0,46
2011 – 2030	16,6	150	145	276	0,53	18,8	106	96	200	0,48	17,6	256	241	476	0,51
Різниця	-1,6	+10%	+4%	+5%	+10%	-1,9	+13%	+1%	-10%	+12%	-1,7	+11%	+3%	-7%	+11%
2031 – 2050	17,1	157	154	311	0,50	19,5	96	94	197	0,48	18,1	253	248	508	0,49
Різниця	-1,5	+15%	+11%	+7%	+4%	-1,2	+2%	-1%	-9%	+12%	-1,2	+10%	+6%	-1%	+7%

Порівняння динаміки середньої за декаду температури повітря при зміні кліматичних умов за сценарієм A1B та базового періоду за період вегетації соняшнику показує, що зміщення строків посіву в сторону більш ранніх термінів призведе до того, що період сходи – цвітіння буде проходити на фоні знижених температур, а період цвітіння – досягання на фоні підвищених температур (табл. 6.47).

Період сходи – цвітіння буде проходити при знижених температурах: у Поліссі на  $0,8^{\circ}\text{C}$  і  $1,2^{\circ}\text{C}$ , у Лісостеповій зоні на  $0,5^{\circ}\text{C}$  і  $0,3^{\circ}\text{C}$  у центральній частині та на  $0,7^{\circ}\text{C}$  у східній; у Степовій зоні на  $0,6^{\circ}\text{C}$  і  $0,7^{\circ}\text{C}$ . Лише за першим кліматичним періодом у західному лісостепу буде спостерігатися зростання температури на  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Температурний режим в період цвітіння – досягання буде підвищеним в порівнянні з базовим: у Поліссі на  $1,5^{\circ}\text{C}$ , у Лісостепу на  $0,6^{\circ}\text{C}$  і  $1,6^{\circ}\text{C}$  – у центрі, на  $1,4^{\circ}\text{C}$  і  $2,0^{\circ}\text{C}$  на сході; у Степу на  $1,0^{\circ}\text{C}$  і  $2,1^{\circ}\text{C}$ . За другим кліматичним періодом у Поліссі спостерігається зменшення температури на  $0,8^{\circ}\text{C}$ .

Кількість опадів у період сходи – цвітіння буде розподілятися так: у Поліссі на 2% і 7% більше за базовий, у Лісостепу в центральній частині на 9 % більше у першому випадку і практично не змінюється (1 %) у другому; на сході зменшується у першому випадку (на 3%) і зростає на 16 % у другому; у Степовій зоні зменшується у першому випадку (на 7%) і не змінюється в другому (табл. 6.47). Для періоду цвітіння – досягання в Поліссі спостерігається зростання кількості опадів в першому випадку на 20 %, у другому на 14%. У центральній частині Лісостепу в першому випадку кількість опадів зменшиться на 21%, а в другому на 18 %, в західній частині кількість опадів зростає на 12% і 34%, відповідно. В степовій зоні спостерігається зменшення опадів, у першому випадку на 3% і значніше у другому (на 25%). В цілому за вегетацію в порівнянні з базовим спостерігається зростання опадів в Поліссі та західній частині лісостепової зони, в центральній частині лісостепової зони та в Степу спостерігається зниження кількості опадів.

Сумарне випаровування по території і по періодам розвитку змінюється так: для періоду сходи – цвітіння в Поліссі зростає на 1 % і 7%, у центральній частині Лісостепу на 21% і 12%, на сході в першому випадку зменшується (на 5%), у другому спостерігається зростання на 7%. В степовій зоні у першому випадку зменшується на 4%, у другому випадку залишається без змін. Для періоду цвітіння – досягання в Поліссі спостерігається зростання на 15 % і 2 %, в Лісостепу у центрі в порівнянні з базовим спостерігається зменшення сумарного випаровування на 15 % і 33 %, а на сході збільшення на 10% і 12 %, в Степу у першому випадку практично не змінюється, у другому зростає на 4%. В цілому за вегетацію спостерігається зростання сумарного випаровування у всіх зонах країни, лише в центральній частині лісостепової зони у другому випадку на 8% та в степовій зоні

Таблиця 6.47– Агрокліматичні умови вирощування соняшнику за сценарієм A1B

Період	I період сходи – цвітіння					II період цвітіння – досягання					Вегетаційний період				
	середня температура, °C	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	сумарна випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од	середня температура, °C	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	сумарна випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од	середня температура, °C	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	сумарна випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од
УКРАЇНСЬКЕ ПОЛІССЯ															
1986 – 2005	17,0	180	196	309	0,63	18,5	111	108	183	0,59	17,5	291	304	491	0,60
2011 – 2030	16,2	183	194	304	0,64	20,0	133	124	208	0,60	17,6	316	318	512	0,62
2031 – 2050	15,8	193	209	340	0,61	17,7	126	110	188	0,59	16,5	319	319	530	0,60
ЛІСОСТЕПОВА ЗОНА (Центральна частина України)															
1986 – 2005	17,3	160	154	257	0,60	19,4	131	130	230	0,57	18,2	291	284	487	0,58
2011 – 2030	16,8	168	187	300	0,62	20,0	103	111	200	0,56	18,0	271	298	496	0,60
Різниця	-0,5	+9%	+21%	17%	+3%	+0,6	-21%	-15%	-13%	-2%	-0,2	-7%	+5%	+2%	+3%
2031 – 2050	17,0	162	173	312	0,55	21,0	108	87	164	0,53	18,5	270	260	476	0,54
Різниця	-0,3	+1%	+12%	21%	-8%	+1,6	-18%	-33%	-29%	-7%	+0,3	-7%	-8%	-2%	-7%

Продовження табл. 6.47

ЛІСОСТЕПОВА ЗОНА (Східна частина України)															
1986 – 2005	17,5	158	172	315	0,54	189	76	80	165	0,48	18,0	234	252	480	0,52
2011 – 2030	18,0	154	163	296	0,55	20,3	85	88	176	0,50	18,9	239	251	472	0,53
Різниця	+0,5	-3%	-5%	-6%	+2%	+1,4	+12%	+10%	+7%	+4%	+0,9	+2%	-0,5%	-2%	+2%
2031 – 2050	16,8	184	184	329	0,56	20,9	102	90	168	0,54	18,3	286	274	497	0,55
Різниця	-0,7	+16%	+7%	+4%	+4%	+2,0	+34%	+13%	+2%	+13%	+0,3	+22%	+9%	+4%	+6%
СТЕПОВА ЗОНА (Північно-степова підзона України)															
1986 – 2005	18,2	136	139	290	0,48	20,7	94	95	221	0,43	19,3	230	234	511	0,46
2011 – 2030	17,6	126	134	278	0,48	21,7	91	95	209	0,45	19,5	217	229	492	0,47
Різниця	-0,6	-7%	-4%	-4%	0%	+1,0	-3%	0%	-6%	+5%	+0,2	-6%	-2%	-4%	+2%
2031 – 2050	17,5	136	139	283	0,49	22,8	71	99	236	0,42	19,9	207	238	519	0,46
Різниця	-0,7	0%	0%	-2%	+2%	+2,1	-25%	+4%	+7%	-2%	+0,4	-10%	+2%	+2%	0%

у першому випадку на 2% спостерігається зменшення.

Вологозабезпеченість по всій території країни практично не змінюється в порівнянні з базовим періодом: для періоду сходи – цвітіння у Поліссі зростає на 2 % і 3%, у центральній частині Лісостепу на 3% , на сході на 2 %; у північному степу на 4 %. Слід зазначити, що у лісостеповій зоні в центральній частині у другому випадку спостерігається зниження вологозабезпеченості на 8%., а в степовій зоні у першому випадку вологозабезпеченість залишається на рівні базового періоду. Для періоду цвітіння – досягання вологозабезпеченість в Поліссі практично не змінюється (2% і 0%), в центральній частині зменшується на 2% і 7%, на сході збільшується на 4 % і 13 %, в Степу у першому випадку зростає на 5%, у другому знижується на 2 %..

Отже вологозабезпеченість всього періоду від сходів до досягання соняшнику незначно збільшується 2 ...3 %, але залишається без змін (табл.6.47) . Це пояснюється збільшенням температурного режиму в період цвітіння – досягання незначним зростання кількості опадів. Тому вологозабезпеченість посівів соняшнику при зміні клімату буде залишатися на рівні базового як у Поліссі, Лісостепу, так і в Степовій зонах України.

#### 6.5.5 Оцінка за допомогою моделі продукційного процесу рослин фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності соняшнику в зв'язку зі зміною клімату

У всіх досліджуваних районах України для культури соняшник були розраховані показники фотосинтетичної продуктивності посівів соняшнику в умовах зміни клімату за сценаріями А2 (табл. 6.48) і А1В (табл. 6.49): . Динаміка наростання площі листкової поверхні наведена для :

- I-го досліджуваного району (Українське Полісся ) на рис. 6.93А,Б;
- II-го досліджуваного району (Лісостепова зона, центральна частина) на рис. 6.94 А,Б ;
- III-го досліджуваного району (Лісостепова зона, східна частина) на рис.6.95 А,Б.
- IV-го досліджуваного району (Степова зона, північна частина) на рис. 6.96 А,Б;
- V-го досліджуваного району (Степова зона, північна частина) на рис.6.97 А,Б.

Вплив зміни кліматичних умов в різних фізико-географічних зонах країни на фотосинтетичну діяльність соняшнику буде неоднаковим. При реалізації першого кліматичного періоду сценарію А2 прирости площі листя в *Поліссі* будуть йти практично збігаючись з приростами базового періоду. При зміні кліматичних умов площа листкової поверхні в період її максимального розвитку (утворення суцвіть – цвітіння) буде практично на

рівні базової(табл. 6.48). Підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері з 380 до 470 ppm обумовить збільшення площі листя з  $2,20 \text{ м}^2/\text{м}^2$  до  $2,38 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

За рахунок кліматичних умов другого періоду терміни сівби будуть раніше, отже й сходи настануть на декаду раніше в порівнянні з базовим періодом, прирости площі листя будуть йти значно інтенсивніше за базові (рис. 6.93А). При зміні кліматичних умов площа листової поверхні в період її максимального розвитку (період цвітіння) збільшиться з  $2,20$  до  $2,38 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері з 380 до 520 ppm обумовить збільшення площі листя з  $2,20$  до  $3,23 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (табл. 6.48).

За сценарієм А1В за рахунок більш ранніх термінів сівби в порівнянні з базовим періодом прирости площі листя і в І-й період, і в ІІ-й період будуть йти на 2 декади раніше (рис. 6.93Б). При зміні кліматичних умов площа листової поверхні в період її максимального розвитку (утворення суцвіть – цвітіння) збільшиться з  $2,20$  до  $2,43 \text{ м}^2/\text{м}^2$  і з  $2,20$  до  $2,71 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , відповідно. Порівняно з базовим періодом це становитиме 10 % і 23 % (табл. 6.49). Підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері в І-й період з 380 до 470 ppm обумовить збільшення площі листя з  $2,20$  до  $2,66 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (табл. 6.49), в ІІ-й період з 380 до 520 ppm з  $2,20$  до  $3,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Чиста продуктивність фотосинтезу має максимум на початку фази утворення суцвіть, після чого вона поступово знижується (рис. 6.94А,Б). За сценарієм А2 в І-й період кліматичні умови практично співпадають з базовим періодом (рис. 6.94А). При зміні кліматичних умов в І-й період в порівнянні з базовим періодом ЧПФ соняшнику має максимальні значення  $77 \text{ г}/\text{м}^2$ , в ІІ-й період  $70 \text{ г}/\text{м}^2$ , підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  збільшує значення ЧПФ (табл.6.48). При зміні клімату зростає фотосинтетичний потенціал посівів соняшнику. В перший період він зростає з  $128$  до  $140 \text{ м}^2/\text{доб.}$ , в другий з  $128$  до  $167 \text{ м}^2/\text{доб.}$

Кліматичні умови сценарію А1В першого періоду на початку розвитку сприяли формуванню чистої продуктивності посівів соняшнику меншою за базову, в період утворення суцвіть значення ЧПФ співпадають з базовими, максимальне значення дорівнює  $77 \text{ г}/\text{м}^2$ , підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  збільшує значення ЧПФ до  $82 \text{ г}/\text{м}^2$  (табл.6.49). За рахунок кліматичних умов другого періоду максимальна ЧПФ становить  $72 \text{ г}/\text{м}^2$ . Фотосинтетичний потенціал зростає до  $169 \text{ м}^2/\text{сут.}$

Накопичення загальної біомаси за сценарієм А2 на початку вегетації йтиме досить повільно, потім зросте до кінця липня, в подальшому сповільниться (рис. 6.95А). В І-й період зміна клімату не позначиться на приростах загальної біомаси, в ІІ-й період спостерігатиметься більш високий темп наростання загальної біомаси (рис. 6.95А).

Врахування підвищення рівня  $\text{CO}_2$  показує, що прирости біомаси зростуть, а розміри загальної біомаси зростуть у першому випадку на 12 %, у другому на 24% (табл.6.48).

Таблиця 6.48– Фотосинтетична продуктивність соняшнику в Україні. Сценарій А2

Період	Варіант	Період максимального росту			Загальна біомаса на момент дозрівання, г/м <sup>2</sup>	Фотосинтетичний потенціал посівів м <sup>2</sup> /доб. за вегетаційний період	Урожай, ц/га
		площа листкової поверхні, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	чиста продуктивність фотосинтезу г/м <sup>2</sup>	приріст загальної сухої біомаси, г/м <sup>2</sup> за день			
Українське Полісся							
1986–2005	Базовий	2,20	79	104,1	414,5	128	13,5
2011–2030	Клімат	2,19	77	99,8	422,3	140	14,0
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,38	80	111,9	467,6	151	15,6
2031–2050	Клімат	2,80	70	128,7	521,8	167	16,5
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,23	75	153,3	613,4	190	19,6
Лісостеп, центральна частина							
1986–2005	Базовий	3,12	87	154,2	587,1	173	17,1
2011–2030	Клімат	4,70	83	202,1	886,9	302	25,1
	Клімат + CO <sub>2</sub>	5,20	85	226,7	986,9	331	27,9
2031–2050	Клімат	4,20	83	169,9	782,2	263	22,2
	Клімат + CO <sub>2</sub>	4,90	87	202,7	921,2	303	26,2
Лісостеп східна частина							
1986–2005	Базовий	2,20	78	104,1	414,5	128	15,2
2011–2030	Клімат	3,67	80	159,3	703,3	218	20,3
	Клімат + CO <sub>2</sub>	4,04	84	178,7	782,1	238	22,6
2031–2050	Клімат	3,19	77	135,8	604,5	178	17,7
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,70	81	162,1	711,3	204	21,1
Степ, північна підзона							
1986–2005	Базовий	2,55	77	121,3	491,8	138	15,6
2011–2030	Клімат	4,06	75	161,4	765,4	237	23,5
	Клімат + CO <sub>2</sub>	4,48	73	181,1	851,6	260	26,2
2031–2050	Клімат	3,28	75	143,8	644,4	194	20,5
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,81	77	172,2	760,7	221	24,3
Степ, південна підзона							
1986–2005	Базовий	2,21	79	94,2	382,6	120	11,5
2011–2030	Клімат	0,98	52	29,8	115,6	63	2,6
	Клімат + CO <sub>2</sub>	1,05	54	32,7	126,3	66	2,9
2031–2050	Клімат	0,57	38	13,8	53,0	41	1,2
	Клімат + CO <sub>2</sub>	0,61	42	15,4	59,5	42	1,4



Таблиця 6.49 – Фотосинтетична продуктивність соняшнику в Україні. Сценарій А1В

Період	Варіант	Період максимального росту			Загальна біомаса на момент дозрівання, г/м <sup>2</sup>	Фотосинтетичний потенціал посівів м <sup>2</sup> /доб. За вегетаційний період	Урожай, ц/га
		площа листкової поверхні, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	чиста продуктивність фотосинтезу г/м <sup>2</sup>	приріст загальної сухої біомаси, г/м <sup>2</sup> за день			
Українське Полісся							
1986–2005	Базовий	2,20	79	104,1	414,5	128	13,5
2011–2030	Клімат	2,43	77	111,2	448,6	135	14,2
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,66	82	124,6	497,8	146	15,9
2031–2050	Клімат	2,71	72	126,0	517,3	169	16,5
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,13	76	151,2	610,3	193	19,6
Лісостеп, центральна частина							
1986–2005	Базовий	3,12	87	154,2	587,1	173	17,1
2011–2030	Клімат	3,86	87	189,5	718,5	209	20,6
	Клімат + CO <sub>2</sub>	4,26	90	212,6	798,6	228	22,9
2031–2050	Клімат	2,91	79	135,5	525,5	154	14,8
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,36	83	161,3	616,1	175	17,5
Лісостеп, східна частина							
1986–2005	Базовий	2,20	78	104,1	414,5	128	15,2
2011–2030	Клімат	2,37	79	110,9	440,6	118	12,9
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,58	78	123,5	487,7	127	14,4
2031–2050	Клімат	3,42	79	150,3	640,5	168	18,5
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,98	82	180,1	755,6	193	21,9
Степ, північна підзона							
1986–2005	Базовий	2,55	77	121,3	491,8	138	15,6
2011–2030	Клімат	2,75	78	119,5	509,9	142	15,9
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,02	79	134,0	566,9	154	17,8
2031–2050	Клімат	2,92	78	133,8	531,5	143	16,0
	Клімат + CO <sub>2</sub>	3,38	82	159,9	626,3	162	19,1
Степ, південна підзона							
1986–2005	Базовий	2,21	79	94,2	382,6	120	11,5
2011–2030	Клімат	0,79	50	24,6	82,2	47	1,7
	Клімат + CO <sub>2</sub>	0,83	52	26,6	89,1	50	1,9
2031–2050	Клімат	0,75	45	20,2	77,0	45	1,7
	Клімат + CO <sub>2</sub>	0,82	47	22,6	87,3	49	2,0

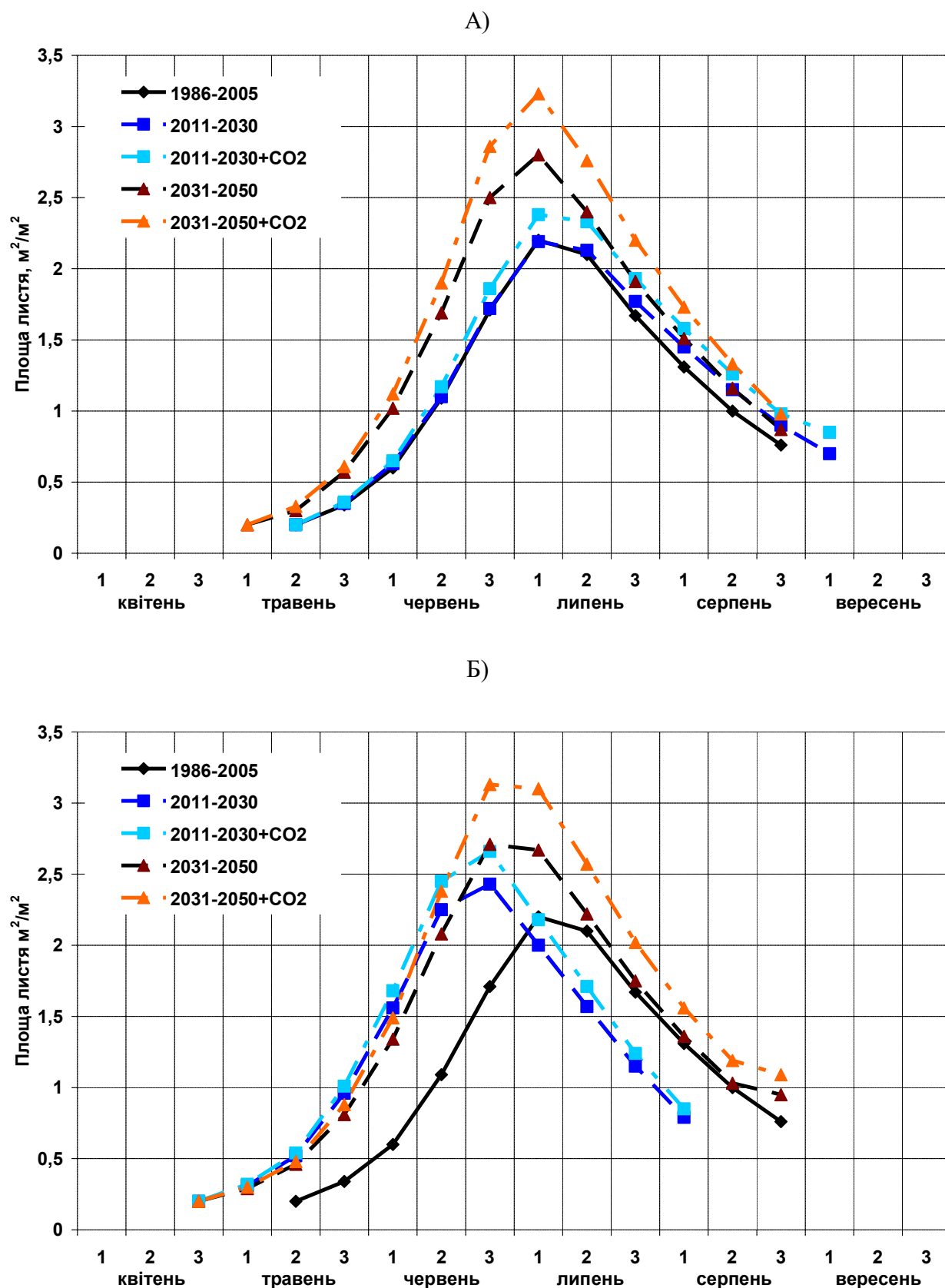


Рисунок 6.93 – Динаміка відносної площі листкової поверхні соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Українське Полісся

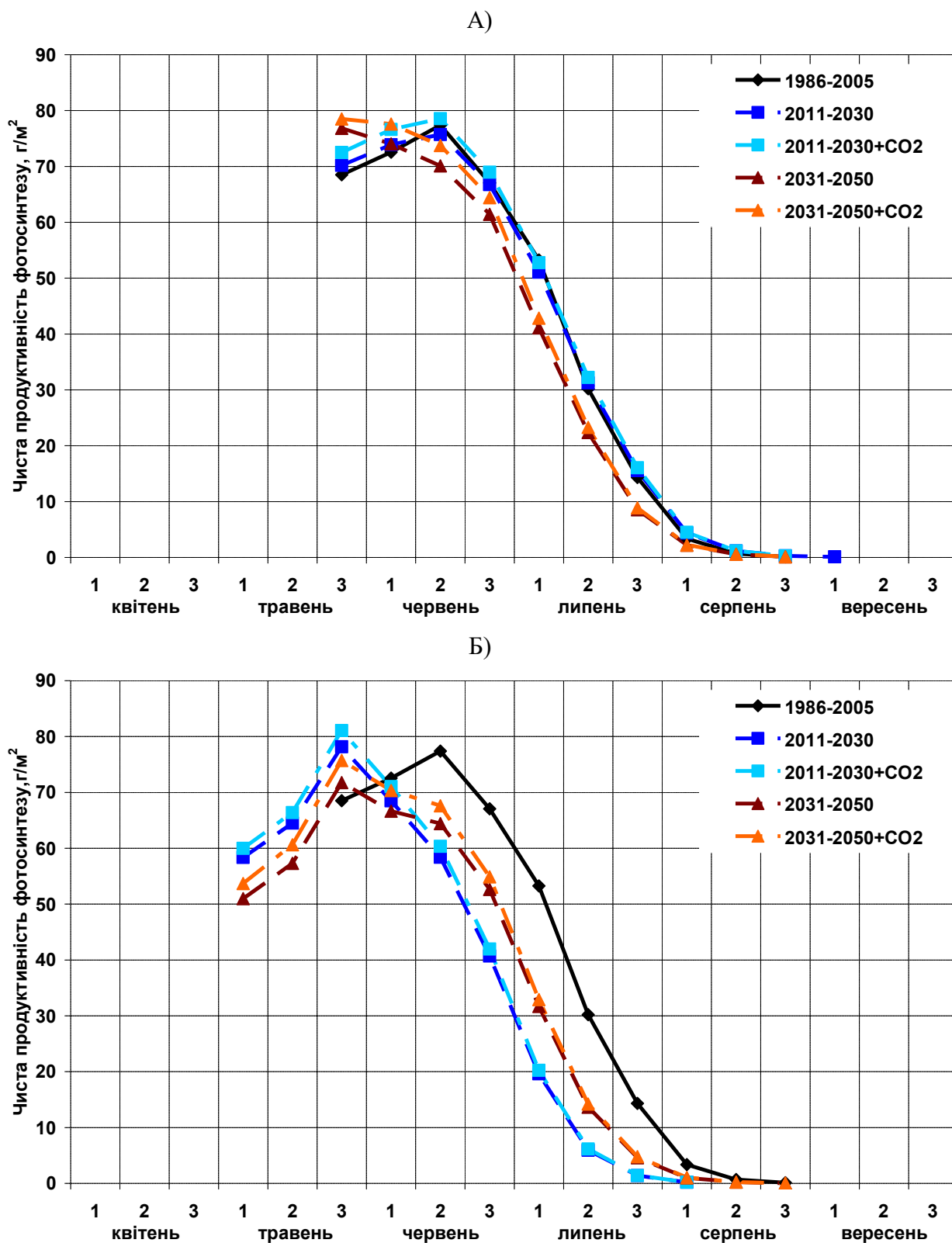


Рисунок 6.94 – Динаміка чистої фотосинтетичної продуктивності соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Українське Полісся

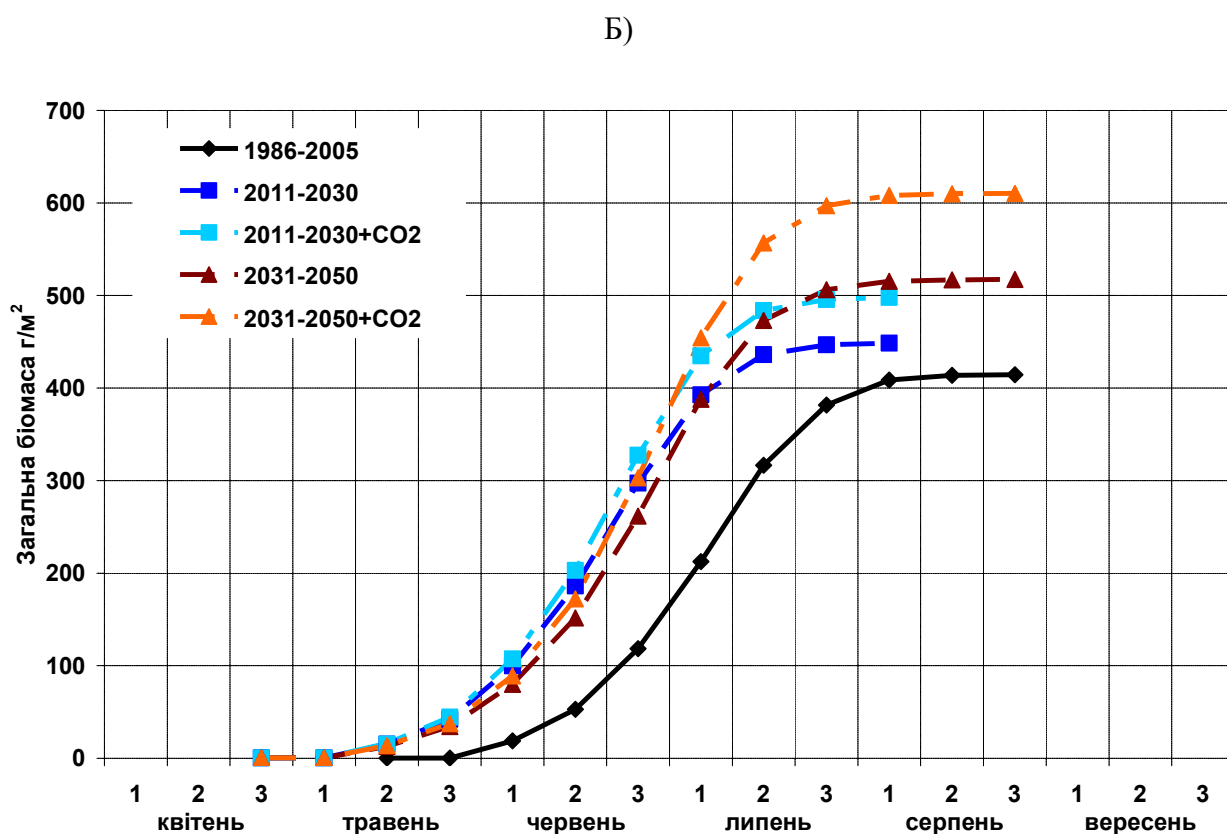
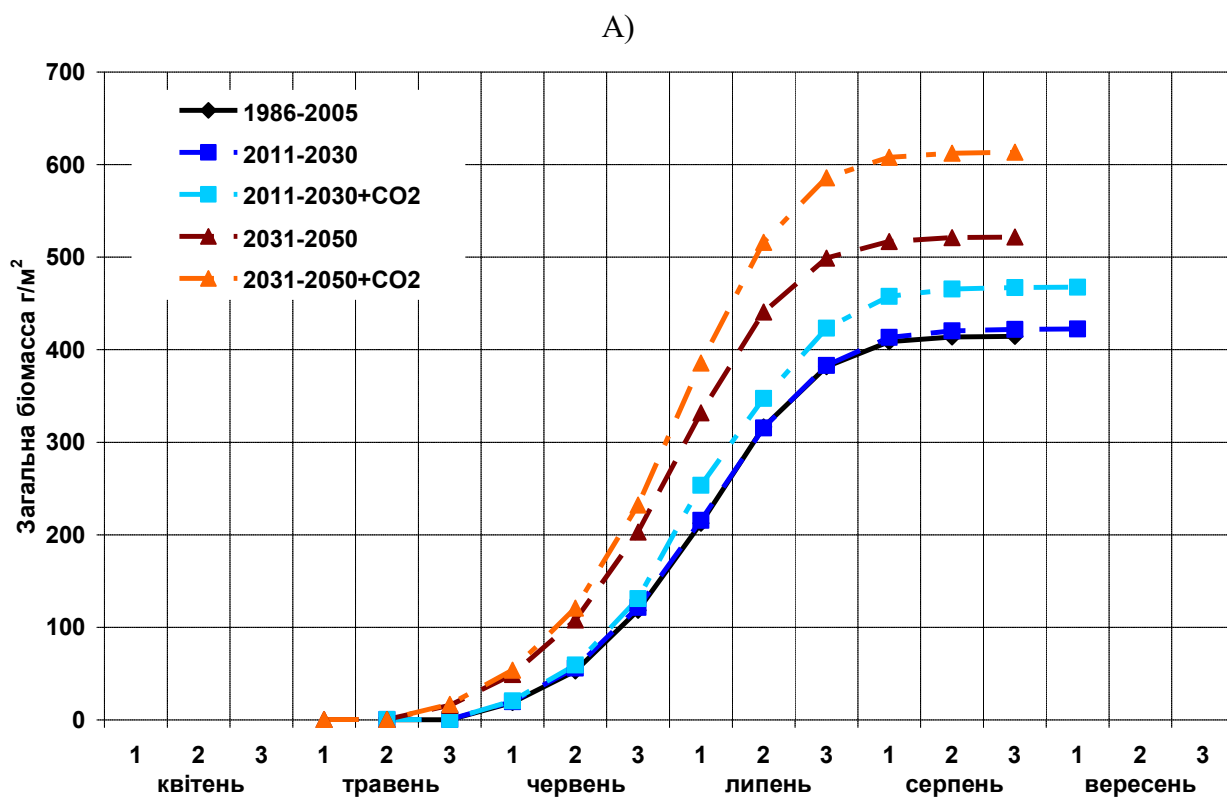


Рисунок 6.95 – Динаміка загальної сухої біомаси соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Українське Полісся

За сценарієм A1B (рис. 6.95Б) за рахунок кліматичних умов I-го періоду й II-го періоду ріст та розвиток соняшнику настане на дві декади раніше, загальна біомаса на момент досягання зростає в порівнянні з базовим, відповідно, з 414,5 до 448,6 г/м<sup>2</sup> і з 414,5 до 517,3 г/м<sup>2</sup>. При підвищенні рівня CO<sub>2</sub> розміри загальної біомаси зростають порівняно з базовим періодом у першому випадку на 19 %, у другому на 47% (табл.6.49).

За рахунок кліматичних умов сценарію A2 в *центральної частині лісостепової зони* прирости площі листя будуть значно інтенсивніше в порівнянні з базовим (рис 6.96). Площа листкової поверхні в період її максимального розвитку зростає у першому випадку з 3,12 до 4,70 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (табл. 6.48), у другому з 3,12 до 4,20 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Підвищення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері обумовить збільшення площі листя до 5,20 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в першому періоді та до 4,90 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> у другому.

За сценарієм A1B за рахунок зміни кліматичних умов в порівнянні з базовим періодом прирости площі листя і в I-й період, і в II-й період будуть йти на декаду раніше (рис. 6.96Б). При зміні кліматичних умов площа листкової поверхні в період її максимального розвитку в I-й період збільшиться з 3,12 до 3,86 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, а в II-й період зменшиться з 3,12 до 2,91 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (табл. 6.49). Підвищення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері в I-й період обумовить збільшення площі листя з 3,12 до 4,26 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (табл. 6.49), в II-й період з 3,12 до 3,36 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Чиста продуктивність фотосинтезу за сценарієм A2 в I-й період кліматичні умови практично співпадають з базовим періодом (рис. 6.97А). При зміні кліматичних умов в I-й і в II-й період в порівнянні з базовим періодом ЧПФ соняшнику має максимальне значення 83 г/м<sup>2</sup>, підвищення вмісту CO<sub>2</sub> збільшує значення ЧПФ (табл.6.48). При зміні клімату зростає фотосинтетичний потенціал посівів соняшнику. В перший період він зростає з 173 до 302 м<sup>2</sup>/доб., в другий з 173 до 263 м<sup>2</sup>/доб.

Кліматичні умови сценарію A1B першого и другого періоду прискорюють ріст та розвиток соняшнику, тому й формування ЧПФ буде проходити прискореними темпами (рис 6,97Б), максимальне значення першого періоду дорівнює 87 г/м<sup>2</sup>, а другого періоду – 79 г/м<sup>2</sup>, підвищення вмісту CO<sub>2</sub> збільшує значення ЧПФ, відповідно, до 90 і 83 г/м<sup>2</sup> (табл.6.49). Фотосинтетичний потенціал зростає з 173 до 228 м<sup>2</sup>/доб. і з 173 до 175 м<sup>2</sup>/доб.

Накопичення загальної біомаси за сценарієм A2 йде більш інтенсивно в порівнянні з базовим, в першому періоді на кінець дозрівання збільшується з 587,1 до 718,5 г/м<sup>2</sup>, а у другому зменшується до 525,5 г/м<sup>2</sup>. Підвищення рівня CO<sub>2</sub> призводить до зростання біомаси 798,6 і 616,1 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.98А).

На *сході лісостепової зони* в умовах зміни клімату за сценарієм A2 показники фотосинтетичної діяльності соняшнику (рис. 6.99А, 6.100А, 6.101А) мають в порівнянні з базовим періодом у I-у періоді значно більші значення, у II-у періоді менші. Площа листової поверхні (рис. 6.99А) зростає в першому періоді з 2,20 до 3,67, у другому до 3,19 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

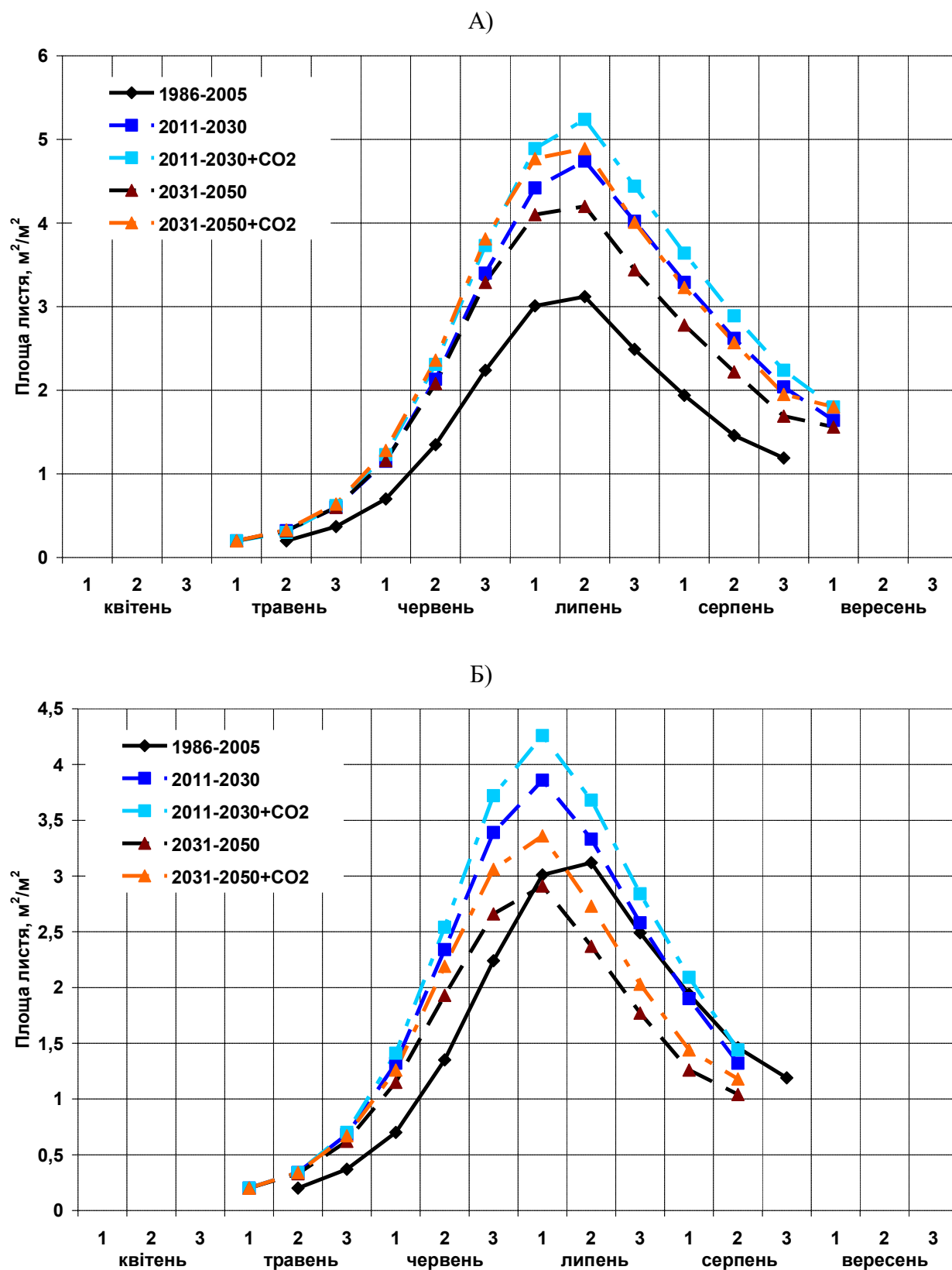


Рисунок 6.96 – Динаміка відносної площі листкової поверхні соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005рр (базовий період). Лісостеп (центральна частина)

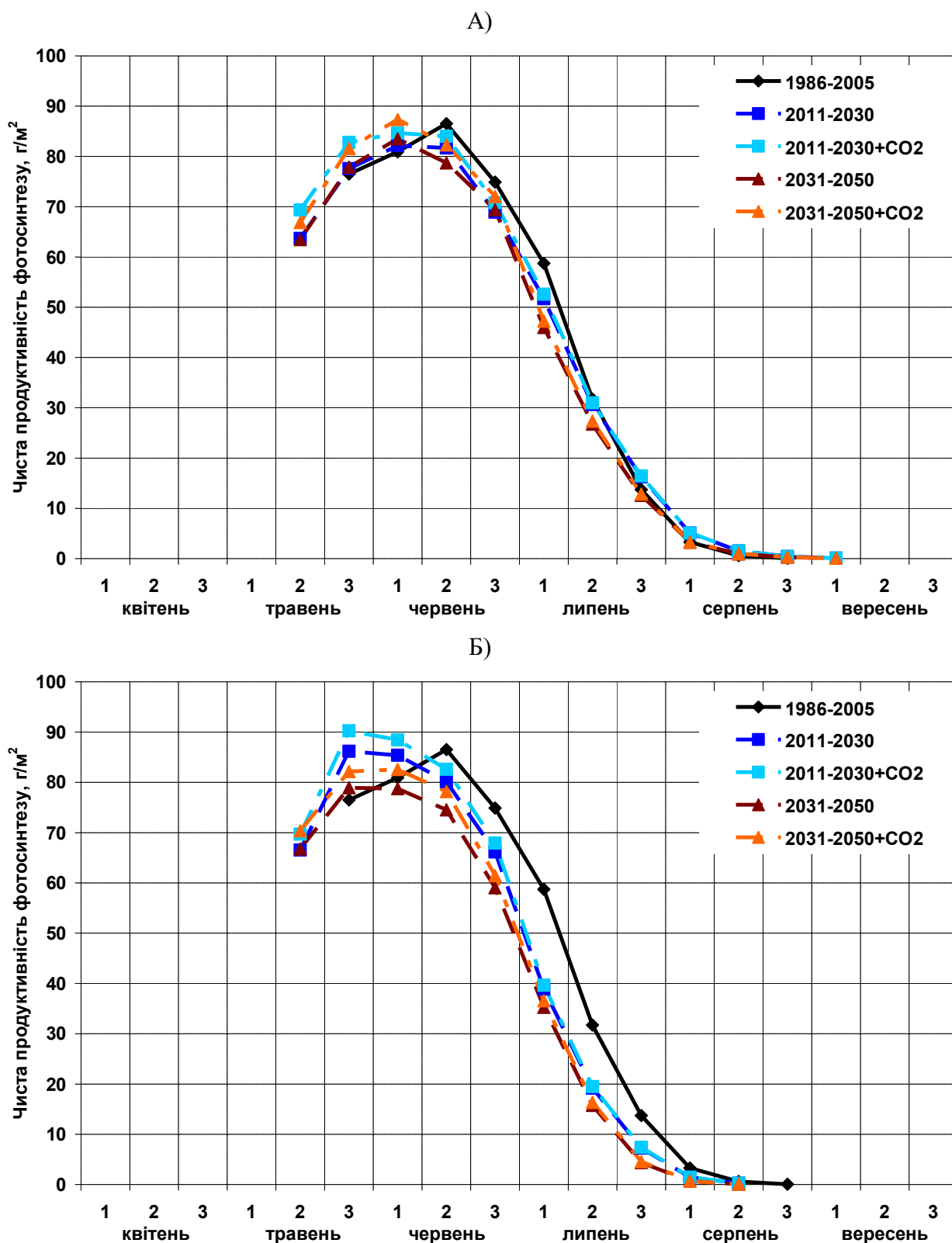


Рисунок 6.97 – Динаміка чистої фотосинтетичної продуктивності соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005рр. (базовий період). Лісостеп (центральна частина)

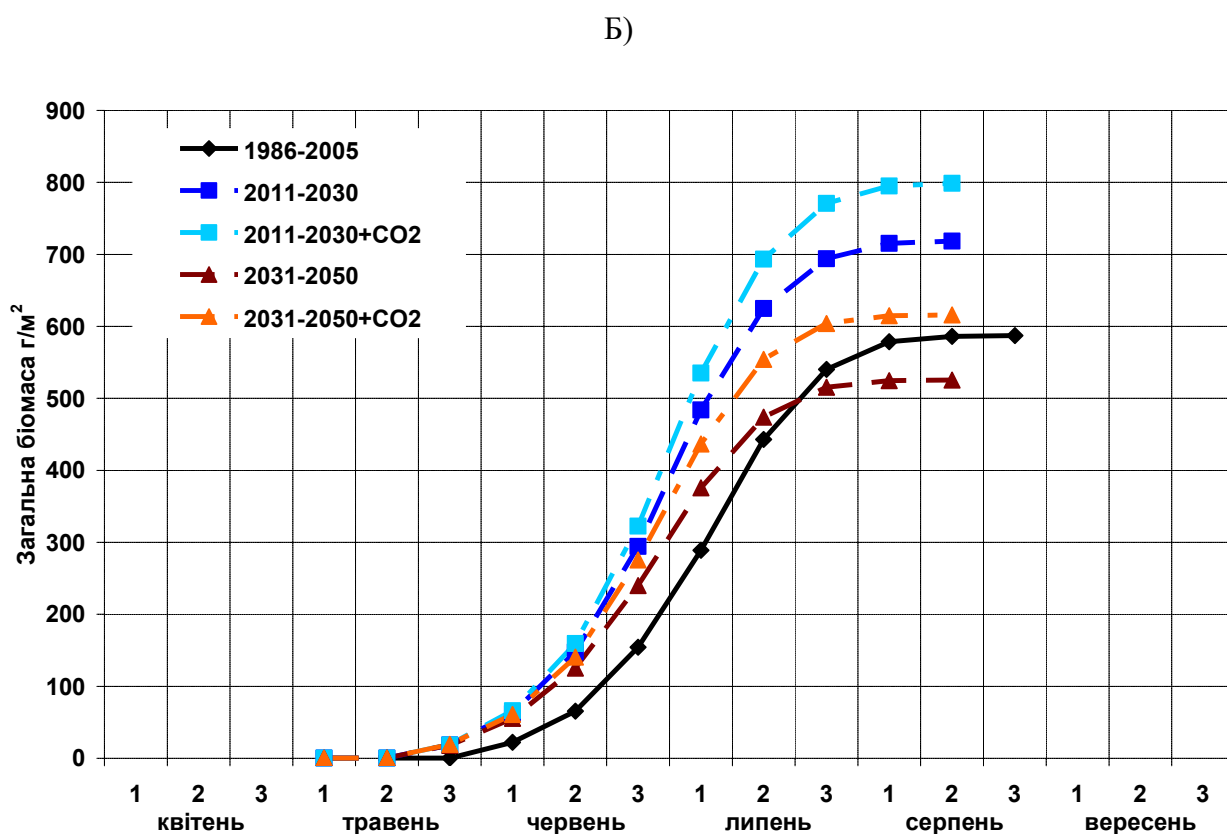
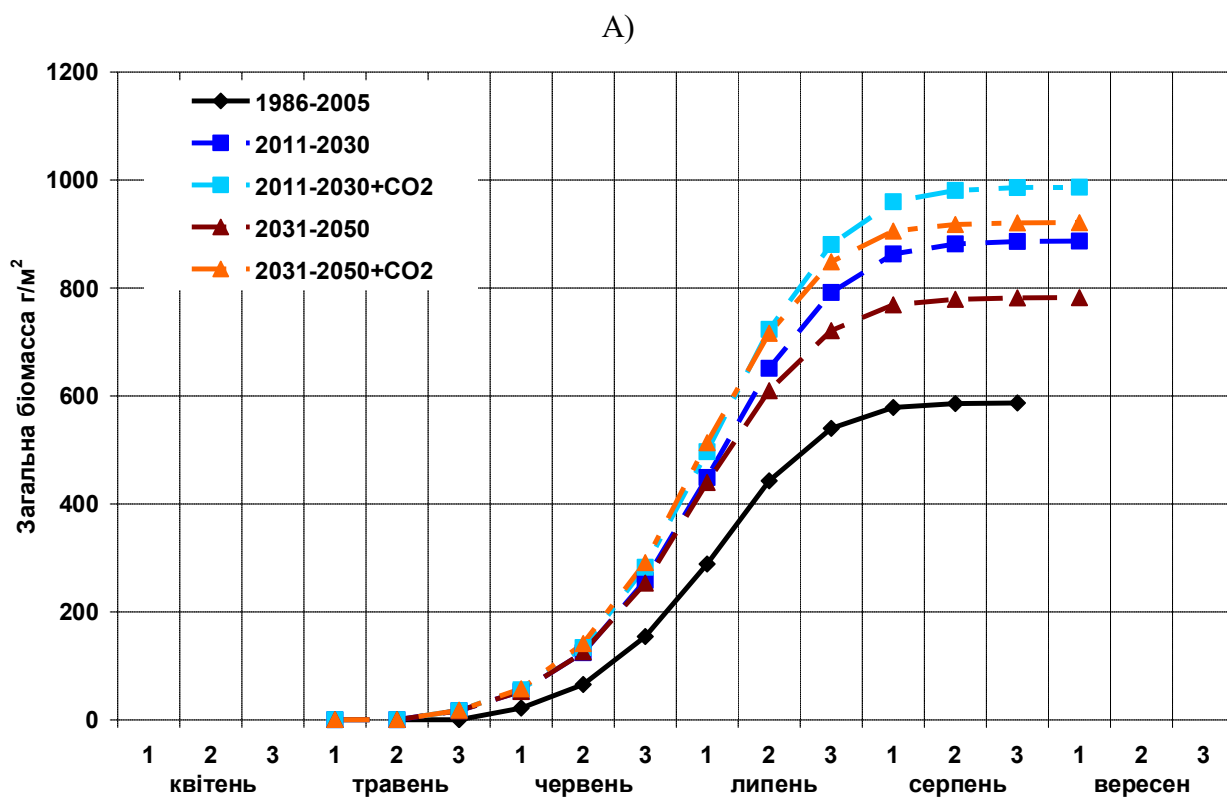


Рисунок 6.98 – Динаміка загальної сухої біомаси соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Лісостеп (центральна частина)



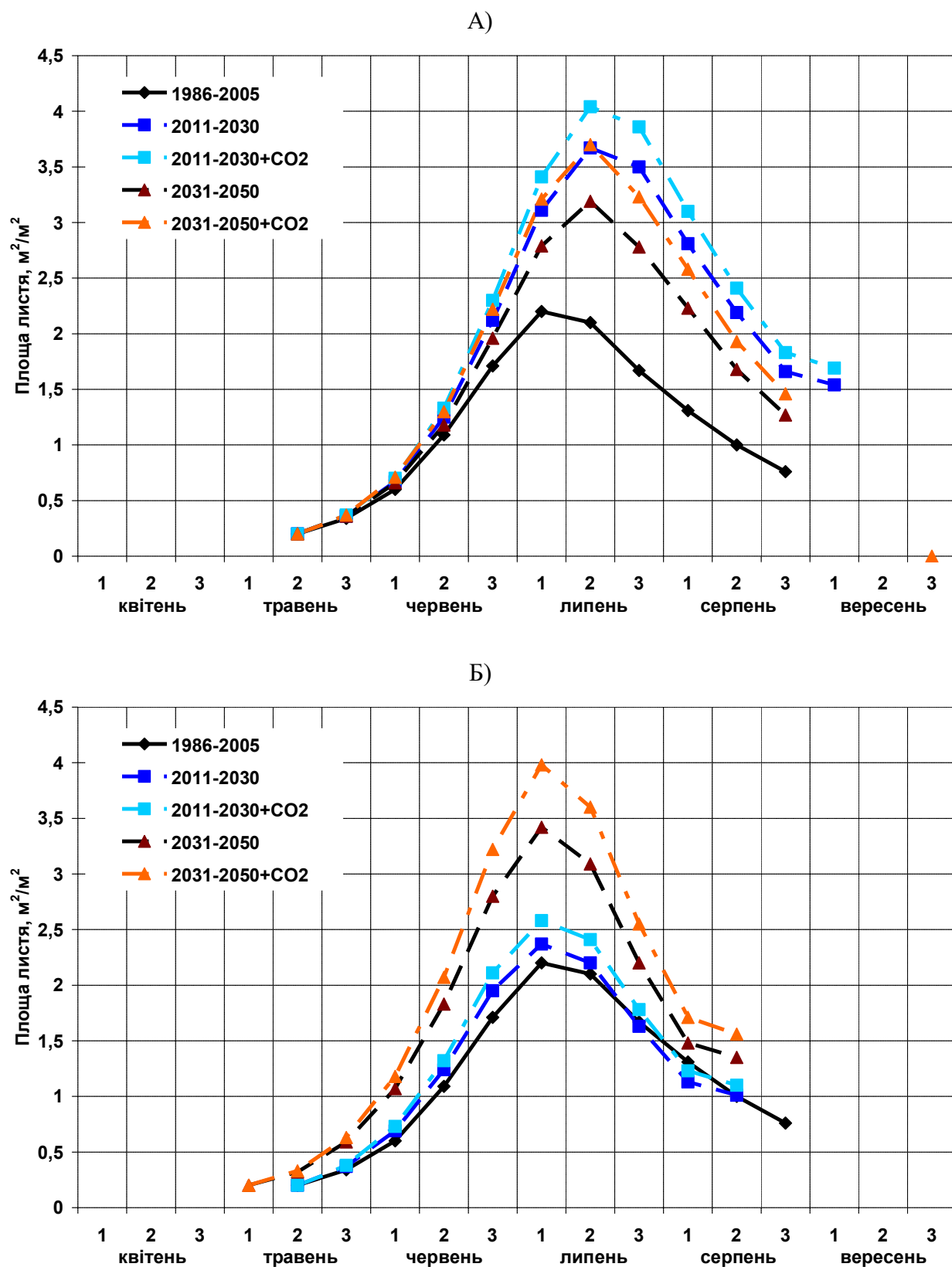


Рисунок 6.99 – Динаміка відносної площі листкової поверхні соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Лісостеп (східна частина)

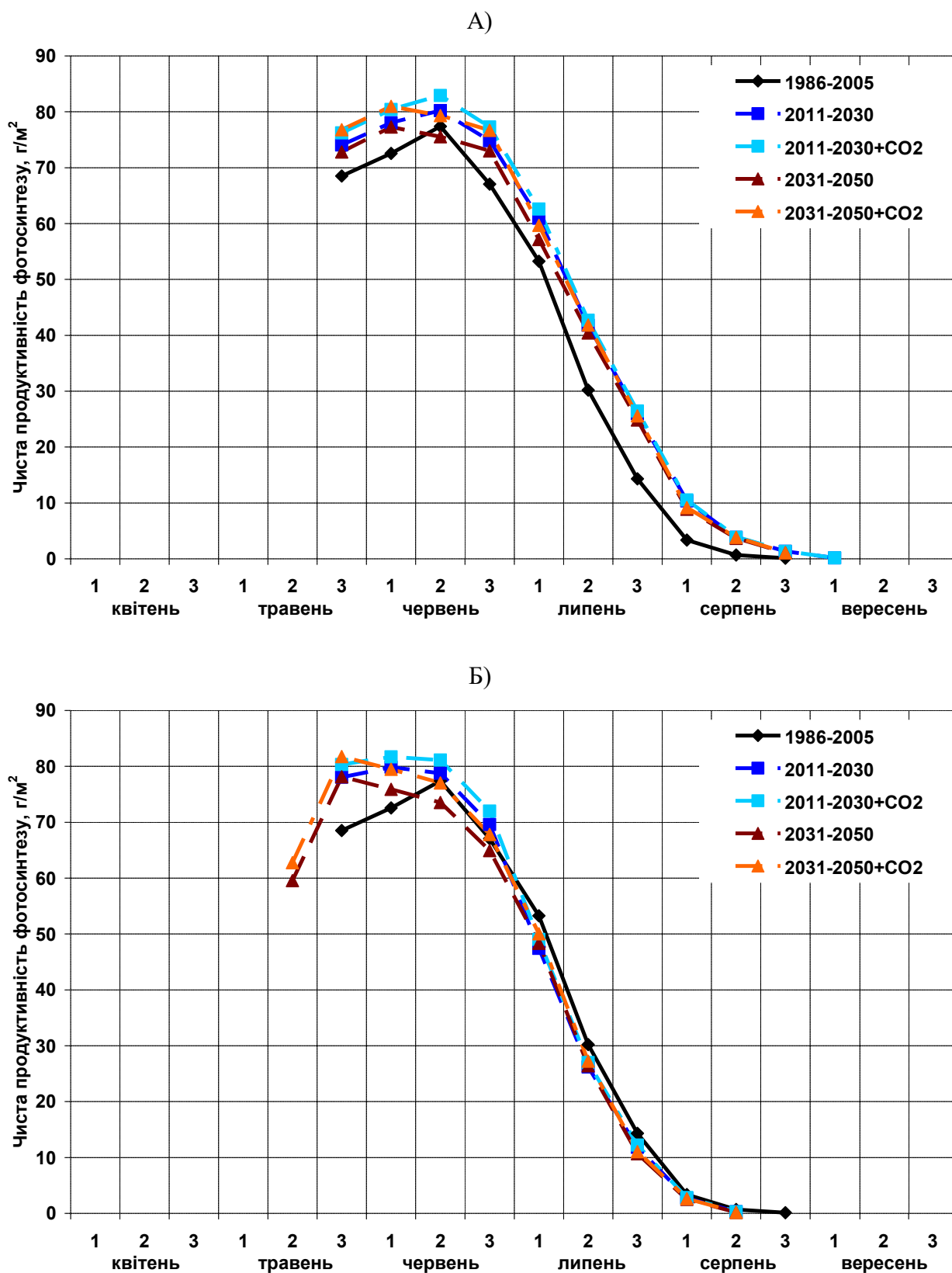
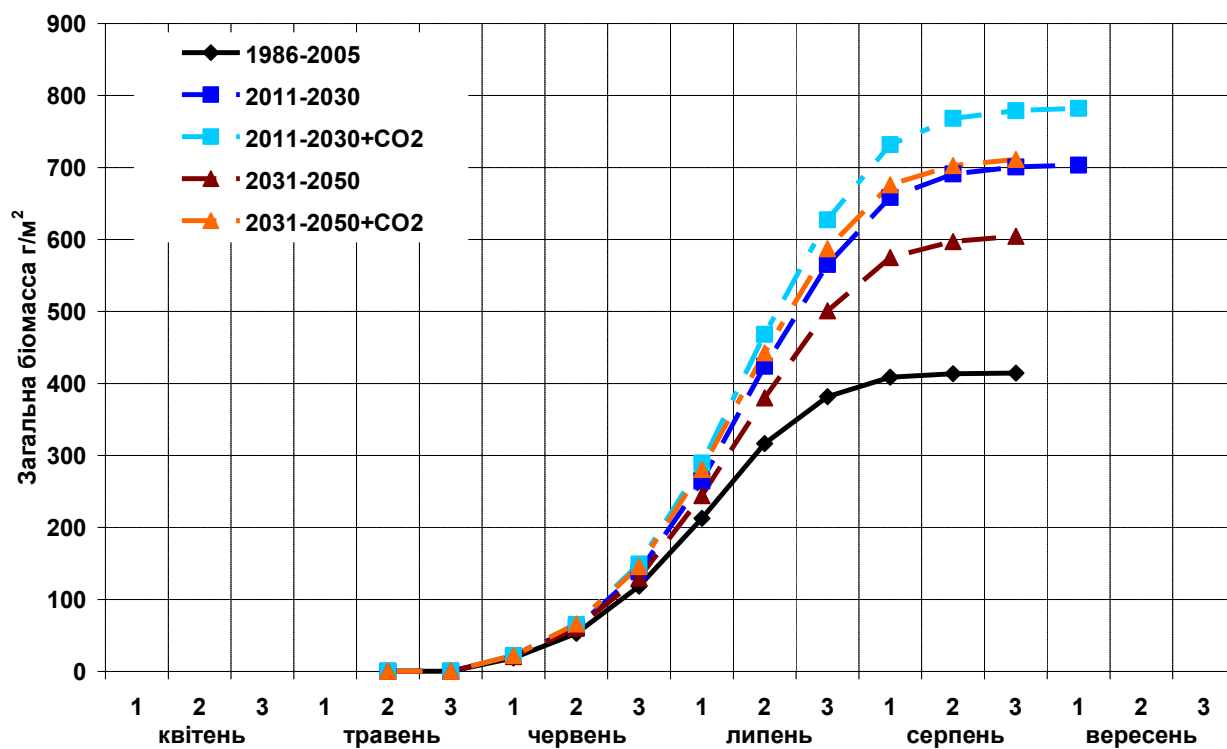


Рисунок 6.100 – Динаміка чистої фотосинтетичної продуктивності соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Лісостеп (західна частина)

А)



Б)

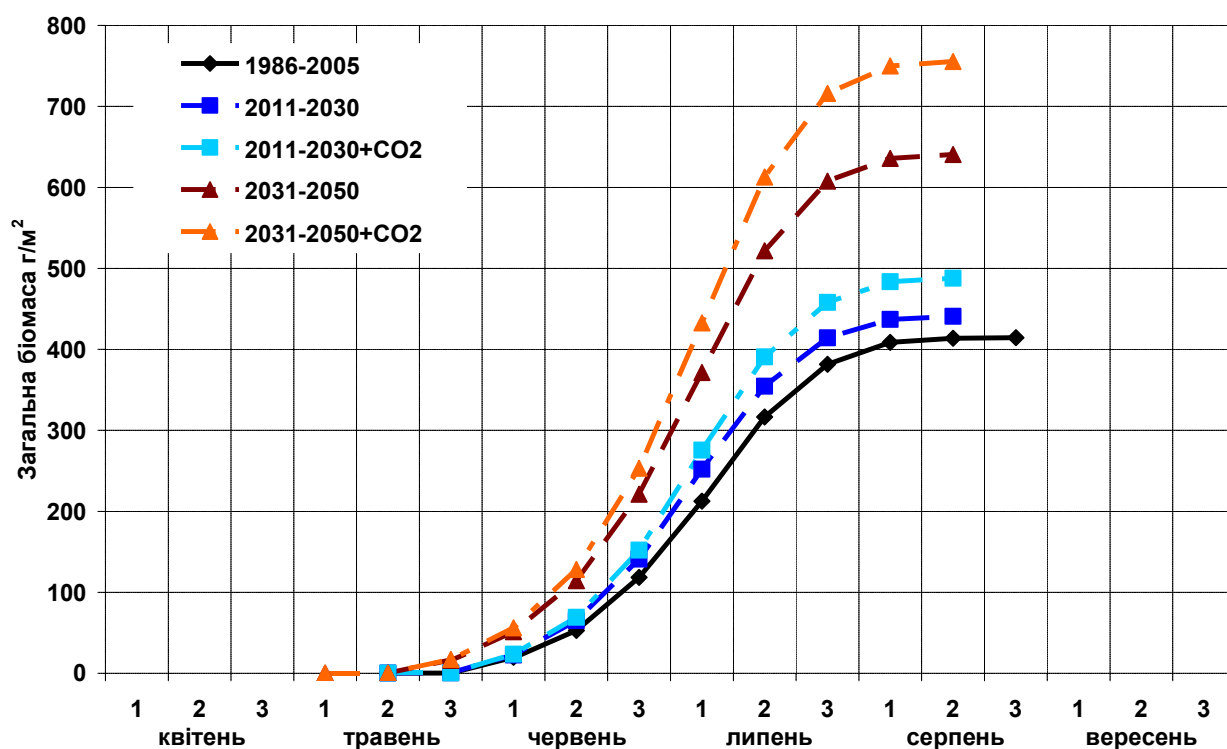


Рисунок 6.101 – Динаміка загальної сухої біомаси соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Лісостеп (східна частина)

При підвищенні вмісту  $\text{CO}_2$  максимальна площа листкової поверхні зростає, відповідно до 4,04 і 3,70  $\text{м}^2/\text{м}^2$

Чиста продуктивність фотосинтезу в I-й період зростає до 80  $\text{г}/\text{м}^2$ , в II-й період практично співпадає з базовим періодом (рис. 6.100А), підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  збільшує значення ЧПФ (табл.6.48). Кліматичні зміни призведуть до зростання фотосинтетичного потенціалу посівів соняшнику. В перший період він зростає з 128 до 218  $\text{м}^2/\text{доб.}$ , в другий з 128 до 178  $\text{м}^2/\text{доб.}$

Найбільш інтенсивний ріст біомаси соняшнику буде спостерігатися в перший період, чому сприятимуть підвищення температурного режиму, загальна біомаса на кінець вегетації збільшиться з 414,5 до 703,3, у другому періоді інтенсивність росту біомаси буде меншою за перший період, але більшою за базовий (табл.6.48). При підвищенні рівня  $\text{CO}_2$  прирости біомаси зростуть, а розміри загальної біомаси зростуть у першому випадку на 84 %, у другому на 71% (табл.6.48).

За сценарієм А1В (рис. 6.99Б, 6.100Б, 6.101Б) кліматичні умови I-го періоду будуть сприяти більш інтенсивному приросту площі листя та скороченню періоду росту та розвитку. Максимальні значення площі листя (рис. 6.99Б) будуть збільшуватися з 2,20 до 2,37  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , кліматичні умови другого періоду призведуть до ще більшого збільшення площі (3,42  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  призведе к ще більшому зростанню площі в першому випадку до 2,58  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , у другому до 3,98  $\text{м}^2/\text{м}^2$ .

Максимум чистої продуктивності по сценарію буде спостерігатися на дві декади раніше, в обох періодах він дорівнює 79  $\text{г}/\text{м}^2$  (рис. 6.100Б). При підвищенні рівня  $\text{CO}_2$  ЧПФ дорівнює 78 і 82  $\text{г}/\text{м}^2$ .

Наростання біомаси за умов першого кліматичного періоду буде інтенсивніше ніж за умов базового, на момент дозрівання зросте з 414,5 до 440,6  $\text{г}/\text{м}^2$ , за умов другого з 414,5 до 640,5  $\text{г}/\text{м}^2$ . Підвищення рівня  $\text{CO}_2$  призведе до росту загальної біомаси, порівняно з базовим періодом у першому випадку біомаса збільшиться на 18 %, у другому на 82 % (табл.6.49).

Умови зміни клімату у *північному Степу* призведуть, як і в лісостеповій зоні к зміщенню термінів сівби, тому й сходи з'являться на декаду раніше в порівнянні з базовим періодом. За сценарієм А2 прирости площі листя за умовами першого періоду будуть інтенсивнішими за базовий період (рис. 6.102А), максимальне значення зросте з 2,55 до 4,06  $\text{м}^2/\text{м}^2$  (табл. 4.48), умови другого періоду будуть сприяти більш повільному наростанню площі листя, максимальне значення зросте до 3,28  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , підвищення вмісту  $\text{CO}_2$  збільшить значення площі листя, відповідно до 4,48 і 3,81  $\text{м}^2/\text{м}^2$ .

У зв'язку з підвищеним температурним режимом в обох кліматичних періодах чиста продуктивність фотосинтезу буде складати 75  $\text{г}/\text{м}^2$  (рис. 6.103А). В менш посушливий перший кліматичний період інтенсивність приросту загальної біомаси буде більшою за базовий (рис. 6.104А) загальна біомаса соняшнику на момент дозрівання зросте з 491,8 до 765,4  $\text{г}/\text{м}^2$ , в більш

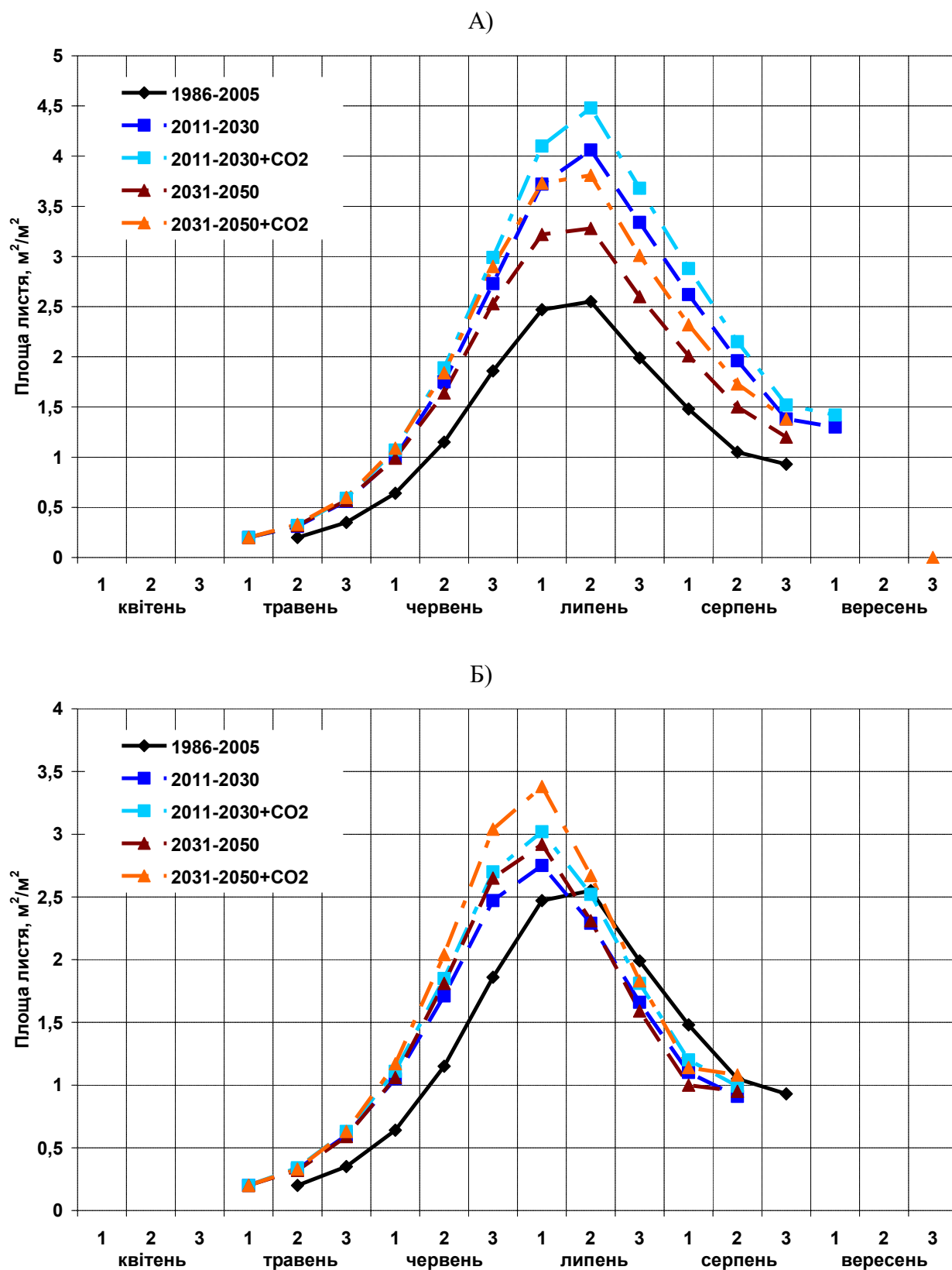


Рисунок 6.102 – Динаміка відносної площі листкової поверхні соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Північний Степ

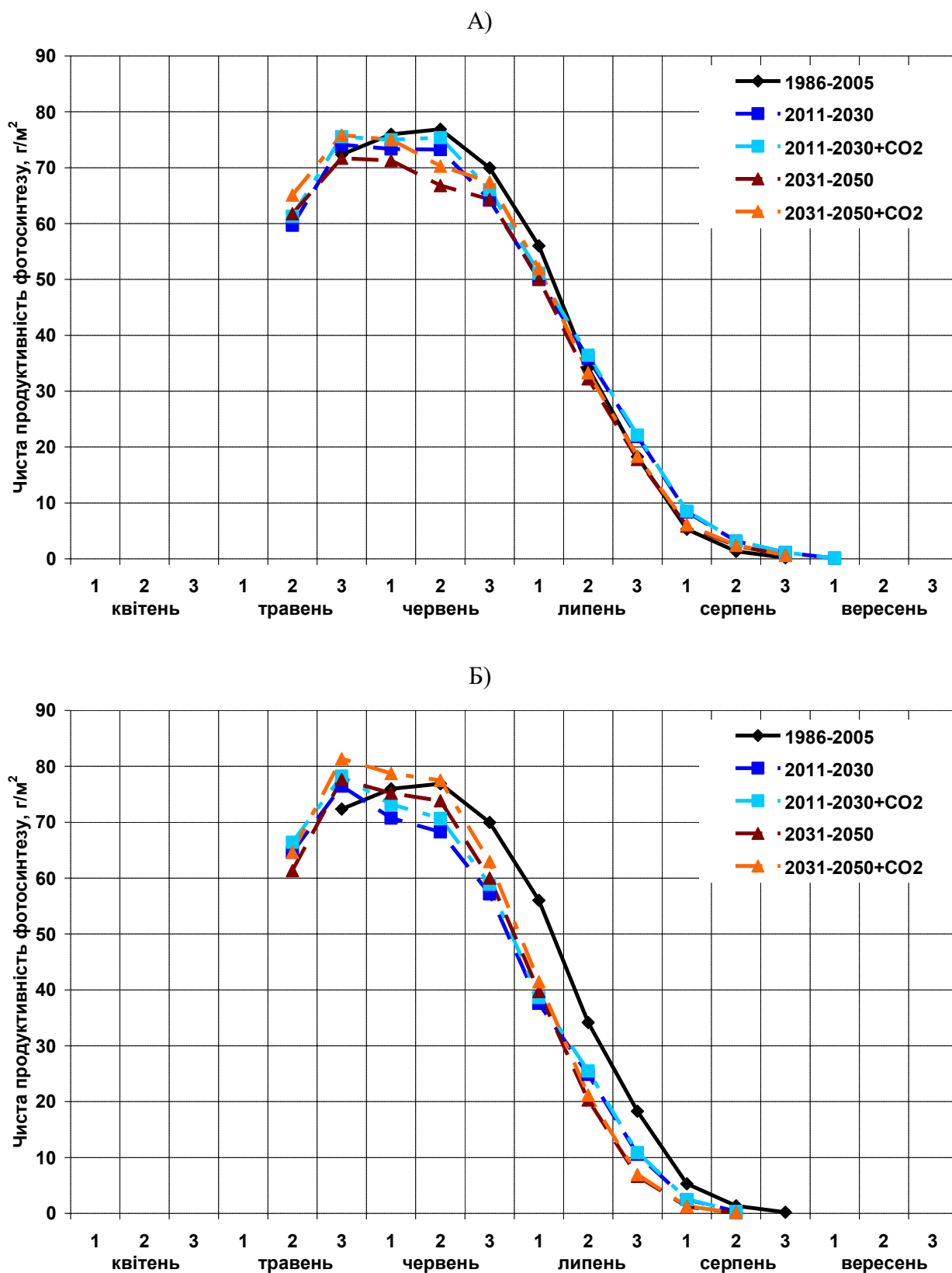
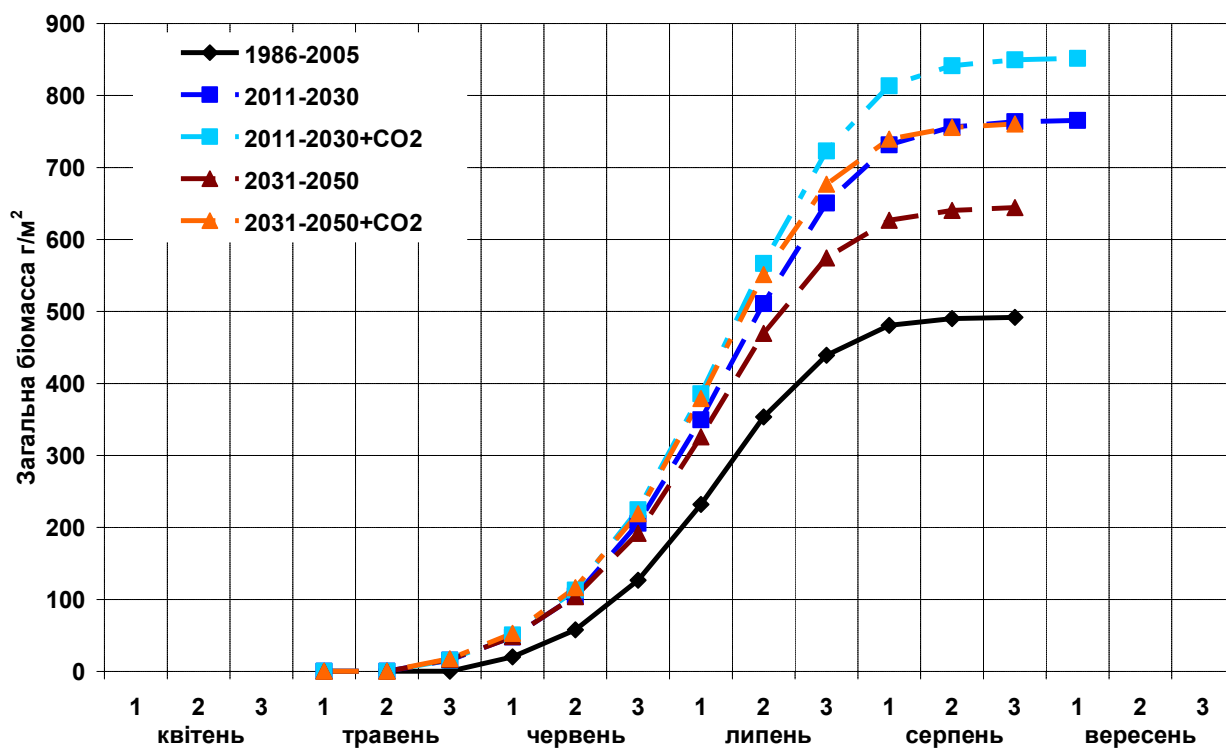


Рисунок 6.103 – Динаміка чистої фотосинтетичної продуктивності соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Північний Степ

А)



Б)

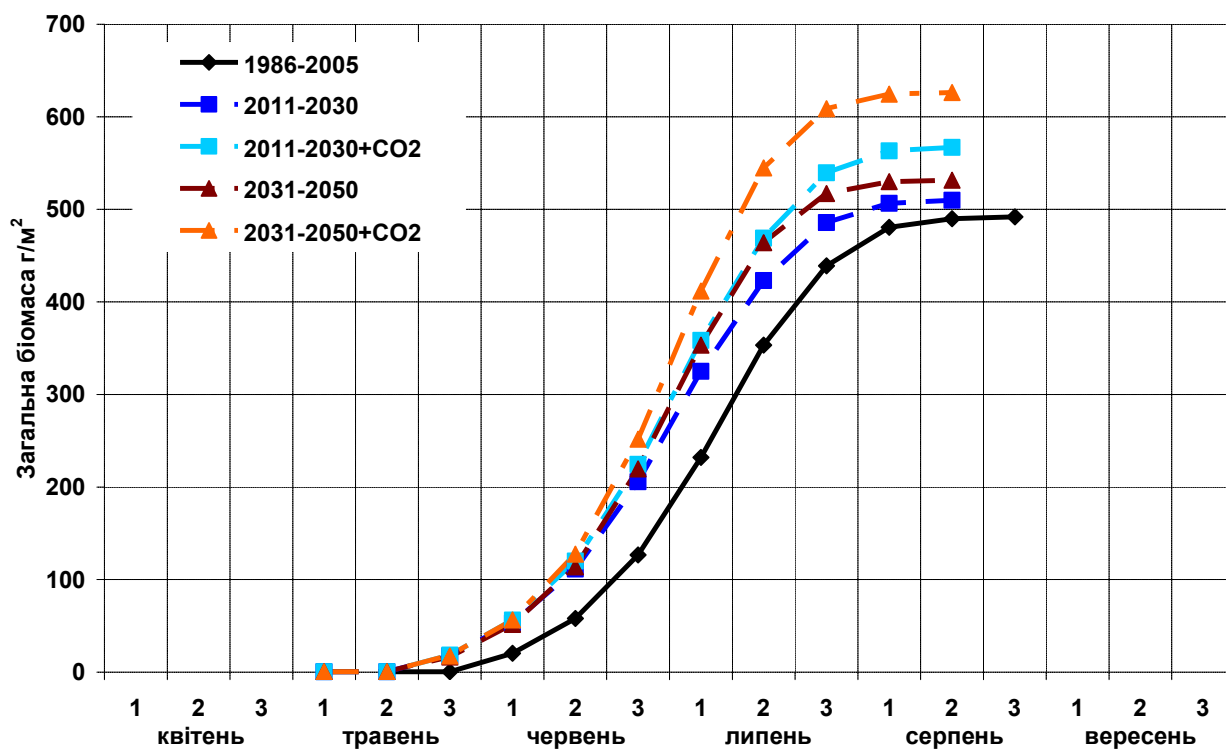


Рисунок 6.104 – Динаміка загальної сухої біомаси соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Північний Степ

посушливий другий кліматичний період темпи приростів загальної біомаси будуть більш повільними, тому в порівнянні з першим періодом загальна біомаса на момент дозрівання буде меншою, а в порівнянні з базовим періодом зросте з 491,8 до 644,4 г/м<sup>2</sup>. Підвищення вмісту CO<sub>2</sub> в обох випадках призведе до збільшення загальної біомаси, відповідно, до 851,6 і 760,7 г/м<sup>2</sup> (табл.6.48).

За сценарієм A1B інтенсивність приростів площі листя (рис 6.102Б) буде меншою за сценарієм A2, в порівнянні з базовим максимальна площа листя (табл. 6.49) збільшиться за умов першого періоду з 2,55 до 2,75 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, другого з 2,55 до 2,92 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. При підвищенні CO<sub>2</sub> в атмосфері показники максимальної площі листя зростуть на 18% і 33 %.

Максимальна чиста продуктивність залишається на рівні базової (табл. 6.49) Фотосинтетичний потенціал зростає у першому випадку з 138 до 142, у другому з 138 до 142 м<sup>2</sup>/доб, а при зростанні CO<sub>2</sub> в атмосфері зростає до 154 і 162 м<sup>2</sup>/доб.

Інтенсивність приростів загальної біомаси в умовах зміни клімату за сценарієм A1B у першому кліматичному періоді (рис 6.104) збільшиться в порівнянні з базовим з 491,8 до 509,9 г/м<sup>2</sup>, у другому до 531,5 г/м<sup>2</sup>(табл. 6.49). Підвищення CO<sub>2</sub>, підвищує швидкість приростів біомаси й на момент дозрівання зростає відповідно, до 566,9 і 626,3 г/м<sup>2</sup>.

На *півдні України* в умовах зміни клімату складатимуться дуже посушливі умови, що викликає значне зменшення продуктивності соняшнику. Інтенсивність приросту площі листя за сценарієм A2 (рис. 6.105) знизиться, максимальний приріст буде становити у першому періоді 0,98 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> і у другому 0,57 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>(табл.6.48). Підвищення вмісту CO<sub>2</sub> не дуже значно змінює інтенсивність росту соняшнику на півдні степової зони, тому й значення максимальної площі листя зростуть незначно.

Чиста продуктивність фотосинтезу (рис. 6.106) буде дуже низькою, максимальне значення в порівнянні з базовим знижується з 79 до 52 г/м<sup>2</sup> у I-у періоді та до 38 г/м<sup>2</sup> у II-у періоді. Фотосинтетичний потенціал зменшиться з 120 м<sup>2</sup>/доб. до 63 і 41 м<sup>2</sup>/доб.

Інтенсивність приростів загальної біомаси зменшиться у I-у періоді з 382,6 до 115,6 г/м<sup>2</sup>, а у II-у періоді 382,6 до 53,0 г/м<sup>2</sup>, незначно підвищиться приріст біомаси при зростанні CO<sub>2</sub> в атмосфері.

За умов зміни клімату за сценарієм A1B термін сівби буде значно раніше, тому й термін сходів буде на дві декади раніше в порівнянні з базовим періодом. Наростання площі листя і в I-у періоді, і в II-у періоді буде дуже повільне (рис. 6.105Б), максимальна площа знижується у першому випадку з 2,21 до 0,79 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, у другому до 0,75 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Підвищення CO<sub>2</sub>, як і за сценарієм A2 не дуже значно змінює інтенсивність приростів площі листя, тому й значення максимальної площі листя практично не змінюється (табл.6.49).



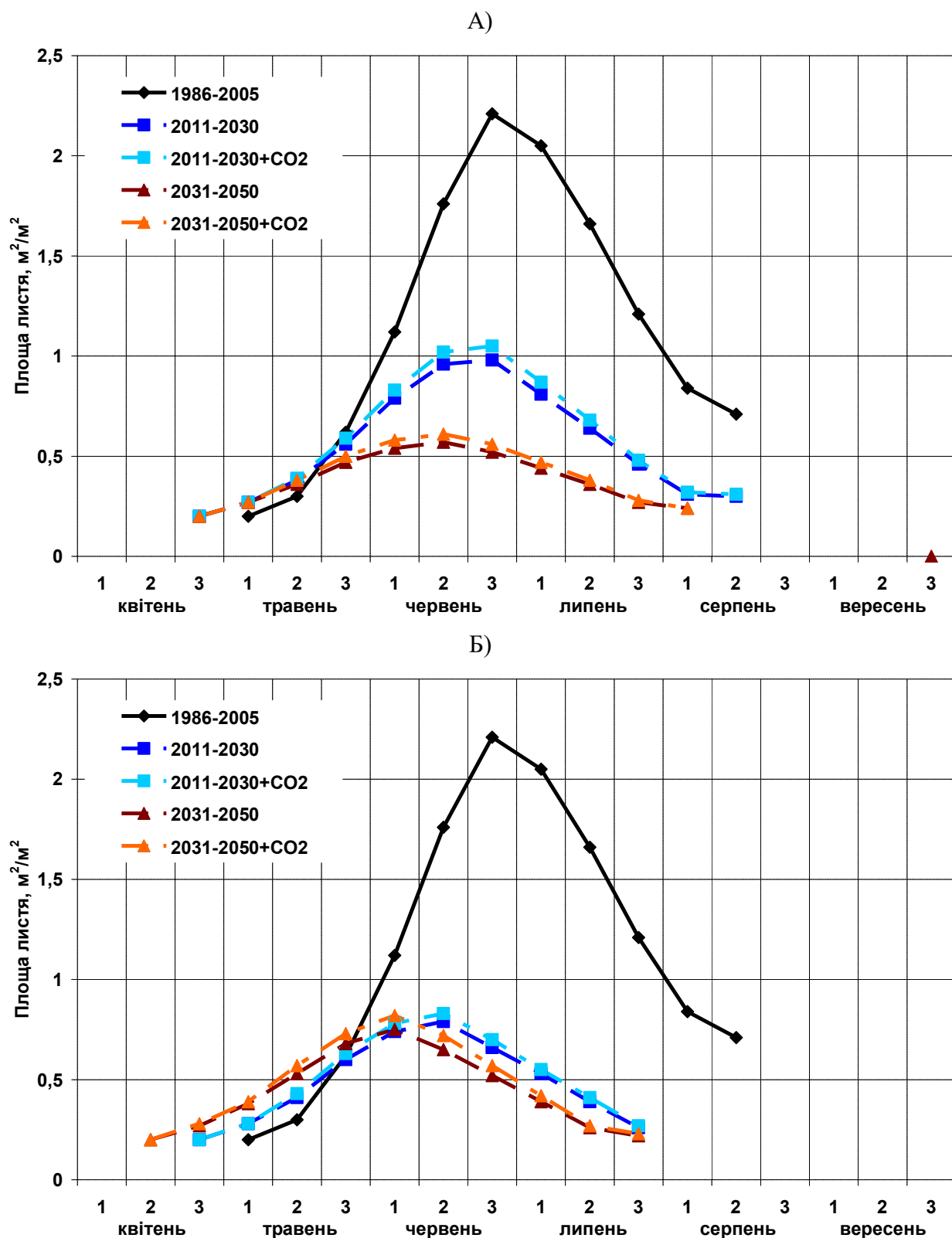


Рисунок 6.105 – Динаміка відносної площі листкової поверхні соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Південний Степ

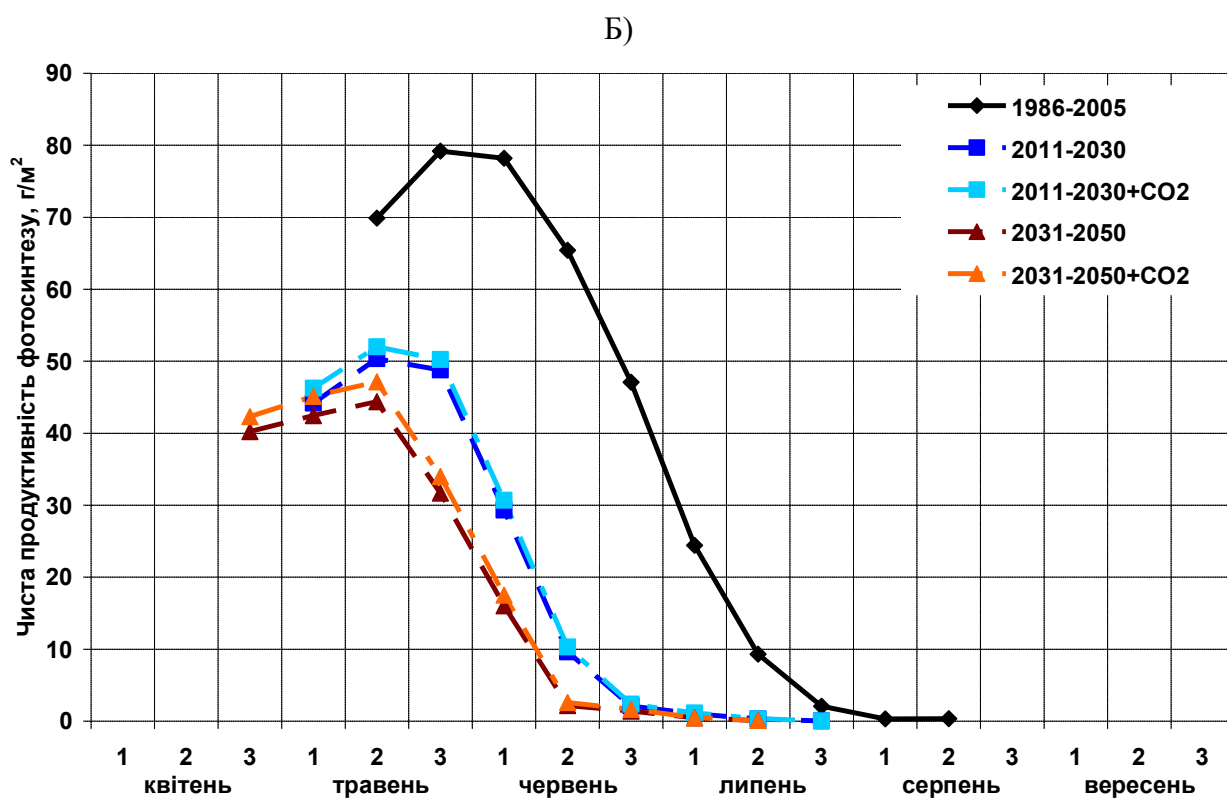
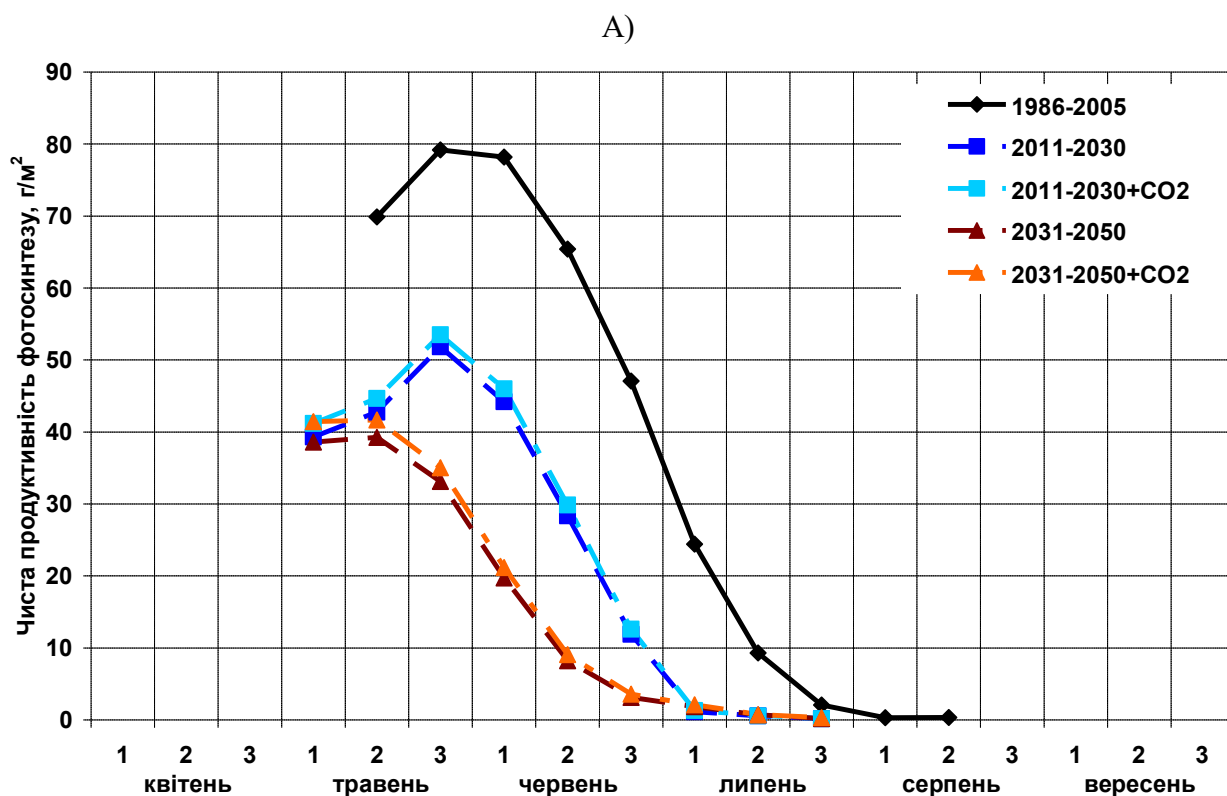


Рисунок 6.106 – Динаміка чистої фотосинтетичної продуктивності соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Південний Степ

Дуже низьким буде фотосинтетичний потенціал соняшнику, з  $120 \text{ м}^2/\text{доб.}$  за базовим він знизиться у першому періоді до  $44 \text{ м}^2/\text{доб.}$ , у другому до  $45 \text{ м}^2/\text{доб.}$  Не призведе до значних змін і підвищення  $\text{CO}_2$  в атмосфері. Чиста продуктивність фотосинтезу, також буде низькою (рис. 6.106), максимальні значення на 37 % у першому випадку й на 43 % нижче за базову.

Інтенсивність наростання загальної біомаси, також буде низькою як у I-у періоді, так і у другому (рис. 6.107). На період дозрівання загальна біомаса зменшується з  $382,6$  до  $82,2 \text{ г/м}^2$  у першому випадку і до  $77,0 \text{ г/м}^2$  у другому (табл. 6.49). Підвищення  $\text{CO}_2$  в атмосфері призведе до незначного збільшення загальної біомаси.

Дані таблиць 6.48 і 6.49 показують, що, у всіх фізико-географічних зонах, крім південного Степу буде спостерігатись збільшення рівня урожайності за рахунок зміни кліматичних умов.

За сценарієм A2:

- у I-му районі (Українському Поліссі) у I-й період на 4%, у II-й на 22 %;
- у II-му районі (Лісостепова зона, центральна частина) у I-й період на 47 %, у II-й на 30 %;
- у III-му (Лісостепова зона, східна частина) у I-й період на 30%, у II-й на 16 %;
- у IV-му районі (Степова зона, північна частина) у I-й період на 50%, у II-й на 31 %;

Зростання вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері призведе до підвищення урожайності відповідно у I-му районі на 16 та 45 %, у II-му районі на 63 та 53 %, у III-му районі на 49 та 39 %, у IV -му районі на 68 та 56 %.

У V-му районі (Степова зона, північна частина) буде спостерігатись зменшення рівня урожайності у I-й період на 77%, у II-й на 90%;

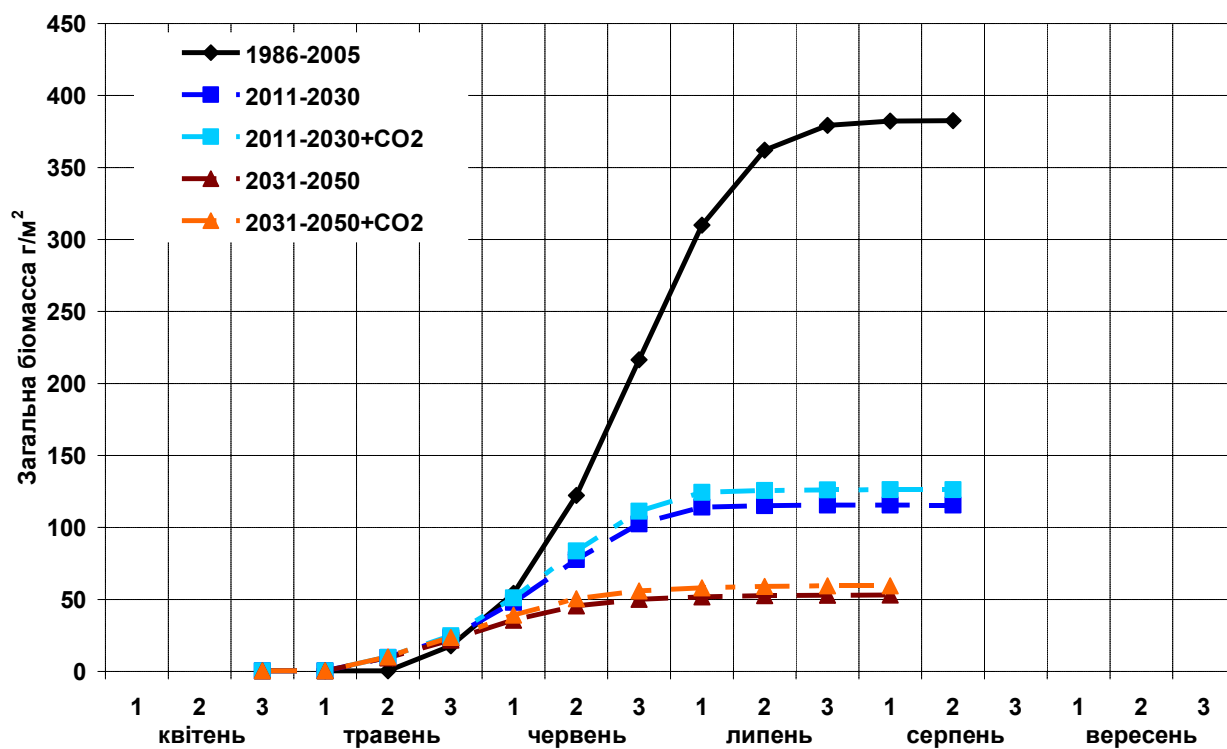
За сценарієм A1B буде спостерігатися *збільшення* :

- у I-му районі (Українському Поліссі) у I-й період на 8%, у II-й на 22 %;
- у II-му районі (Лісостепова зона, центральна частина) у I-й період на 20 %,
- у III-му (Лісостепова зона, східна частина) у II-й період на 44 %;
- у IV-му районі (Степова зона, північна частина) у I-й період на 14%, у II-й на 22 %;

*і зменшення:*

- у II-му районі (Лісостепова зона, центральна частина) на 14 %;
- у III-му (Лісостепова зона, східна частина) у I-й період на 16%;
- у V-му районі (Степова зона, північна частина) у I-й та у II-й періоди на 86%.

А)



Б)

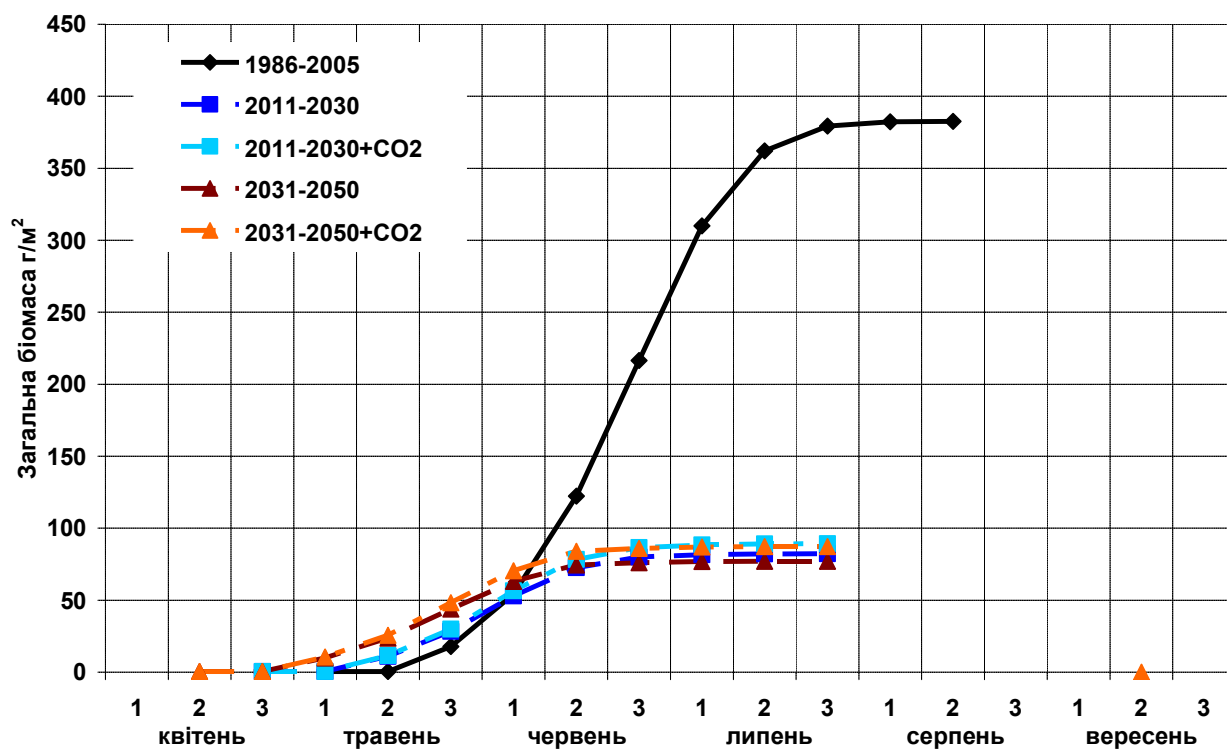


Рисунок 6.107 – Динаміка загальної сухої біомаси соняшнику в умовах зміни клімату: А) за сценарієм А2; Б) за сценарієм А1В в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Південний Степ

Зростання вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері призведе до підвищення урожайності відповідно у I-му районі на 18 та 38 %, у II-му районі на 34 та 2%, у III-му районі та 44 %. У III-му районі у I-му періоді на 6% зменшиться.

Значний інтерес представляють не тільки середні характеристики врожаїв, а й то – з яких значень вони отримані, яка міра відстані їх значень щодо середньої, яка частота повторюваності.

Для цього частіше застосовується метод побудови кривих ймовірностей досліджуваних величин, для яких використовується графоаналітичний метод Т.А. Алексєєва, що описано в розділі 6.3. За допомогою цієї формули проводять розрахунки сумарної ймовірності для елементів клімату як з нормальним так і асиметричним розподілом.

Криві забезпеченості врожаїв соняшнику в умовах зміни клімату побудовані за сценаріями зміни клімату A2 и A1B для двох кліматичних періодів: I-й період з 2011 по 2030 рр.; II-й період з 2031 по 2050 рр. для трьох фізико-географічних зон: Українського Полісся (рис. 6.108, 6.112); Лісостепу, центральної частини (рис. 6.109, 6.113) та східної частини (рис. 6.110, 6.114); Степу, північної підзони (рис. 6.111, 6.115).

За сценарієм зміни клімату A2 на території Українського Полісся високі врожаї соняшнику у I-му періоді, до 22 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 20 років, щорічно забезпечений урожай не менше 8 ц/га (рис. 6.108А), у II-му періоді (рис. 6.108Б) один раз з 20-ти років можливо одержувати врожай 23 ц/га, урожай 10 ц/га можливо одержувати кожен рік.

У Лісостепу, центральній його частині у I-му періоді один раз на 20 років ймовірність отримання високих врожаїв до 27 ц/га, ймовірність отримання урожаїв до 7 ц/га становить 90% (рис. 6.109А), у II-му періоді один раз з 10-ти років можливо одержувати врожай 26 ц/га, урожай 6 ц/га можливо одержувати кожен рік (рис. 6.109Б).

У східній частині лісостепової зони у I-му періоді один раз в 10 років можна чекати отримання урожаїв на достатньо високому рівні до 27 ц/га, практично кожен рік можна очікувати урожай 11 ц/га (рис. 6.110А), у II-му періоді ймовірність високих урожаїв дорівнює 32 ц/га, практично кожного року можливо одержувати урожай 12 ц/га (рис. 6.110Б), .

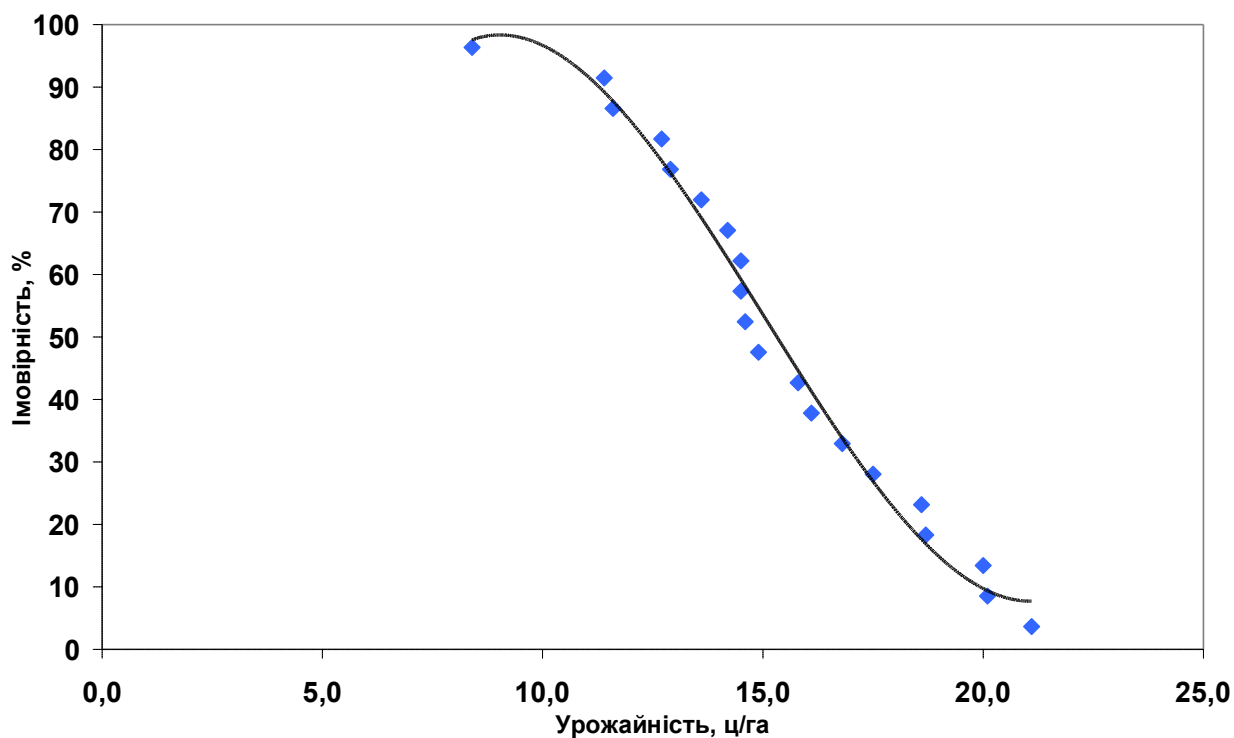
На півночі степової зони у I-му і у II-му періодах (рис. 6.111А,Б) ймовірність високого урожаю – 45 ц/га буде забезпечена на 5%, кожного року можливо одержувати врожаї до 6 ц/га.

На території Українського Полісся за сценарієм зміни клімату A1B у I-му періоді урожай соняшнику до 17 ц/га можна чекати один раз в 10 років, кожного року можливо одержувати врожай не менше 6 ц/га (рис. 6.112А), у II-му періоді (рис. 6.112Б) один раз з 20-ти років можливо чекати врожай 20 ц/га, урожай 10 ц/га ймовірність отримання урожаю до 6 ц/га дорівнює 90%.

У центральній частині лісостепової зони у I-му періоді ймовірність отримання високих врожаїв до 24 ц/га забезпечена лише на 5 %, ймовірність

отримання урожаїв до 4 ц/га становить 90% (рис. 6.113А), у II-му періоді один раз з 10-ти років можливо одержувати врожай 27 ц/га, урожай 4 ц/га можливо одержувати кожен рік (рис. 6.113Б).

А)



Б)

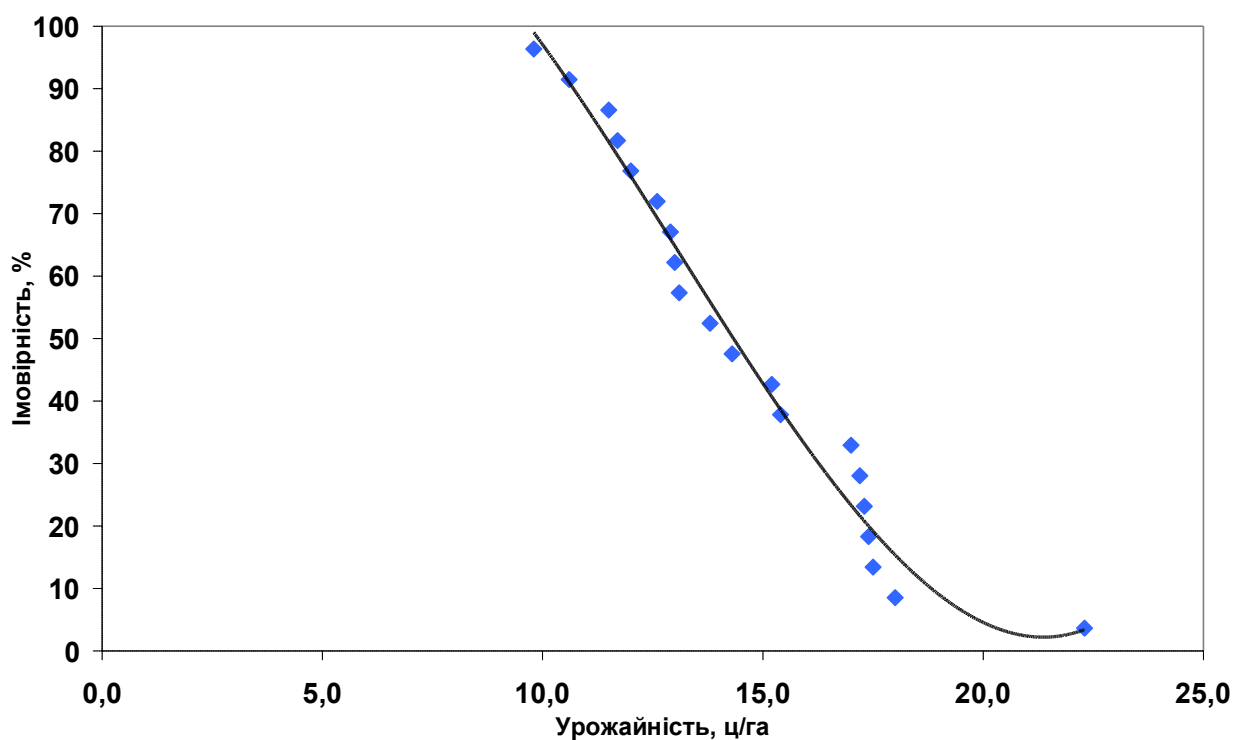


Рисунок 6.108 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм А2: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Українське Полісся

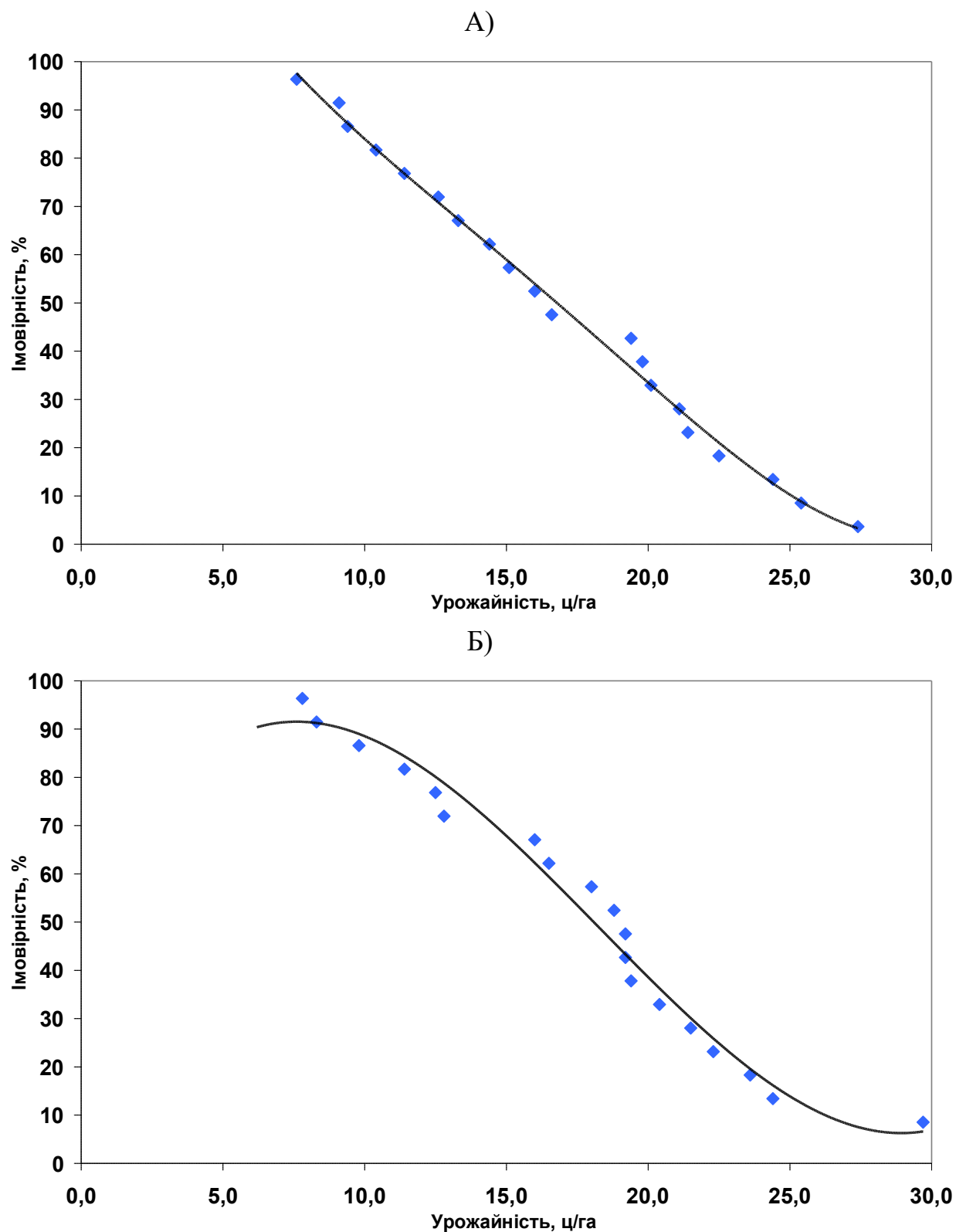


Рисунок 6.109 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм А2: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Лісостеп (центральна частина)

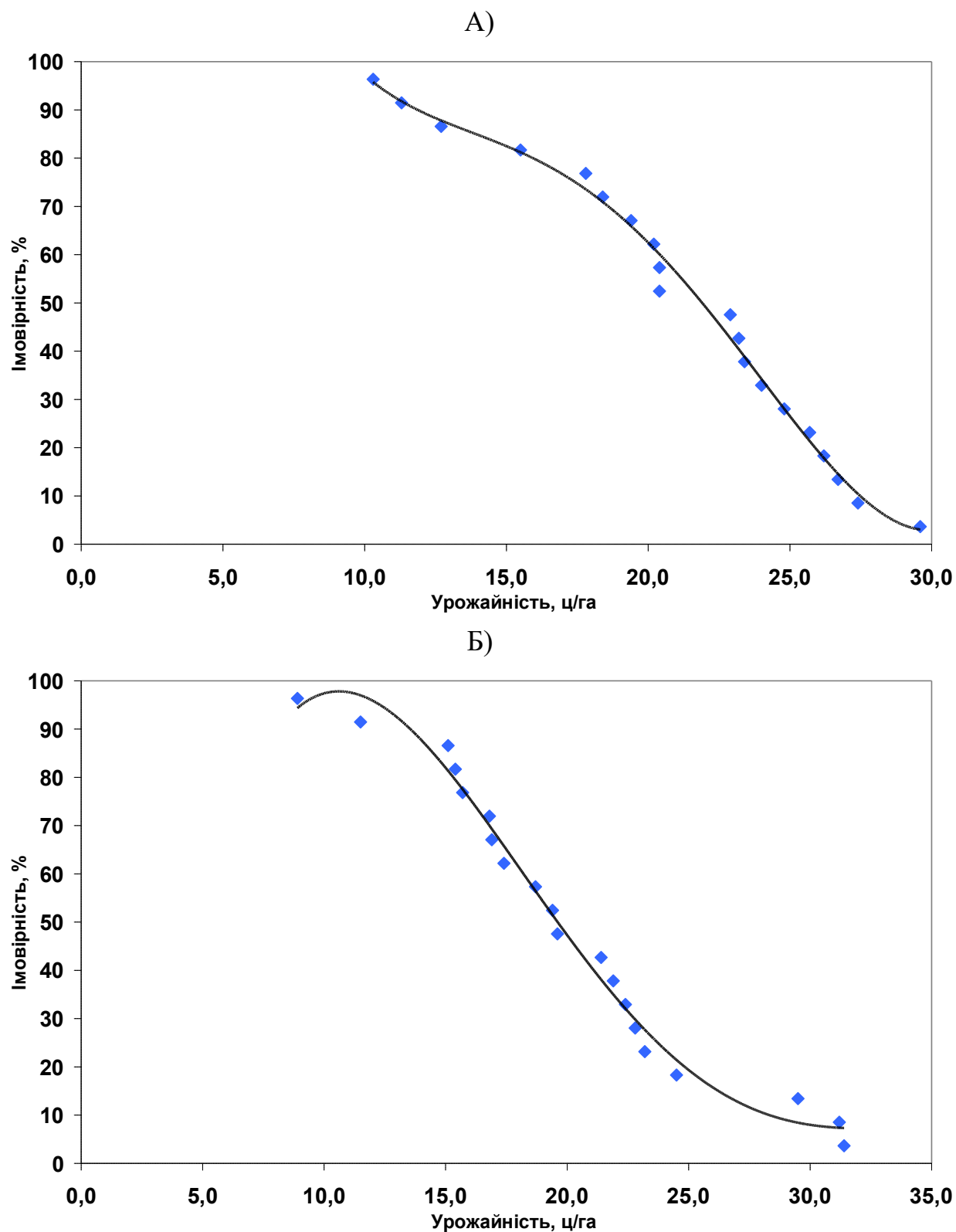


Рисунок 6.110 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм А2: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Лісостеп (східна частина)



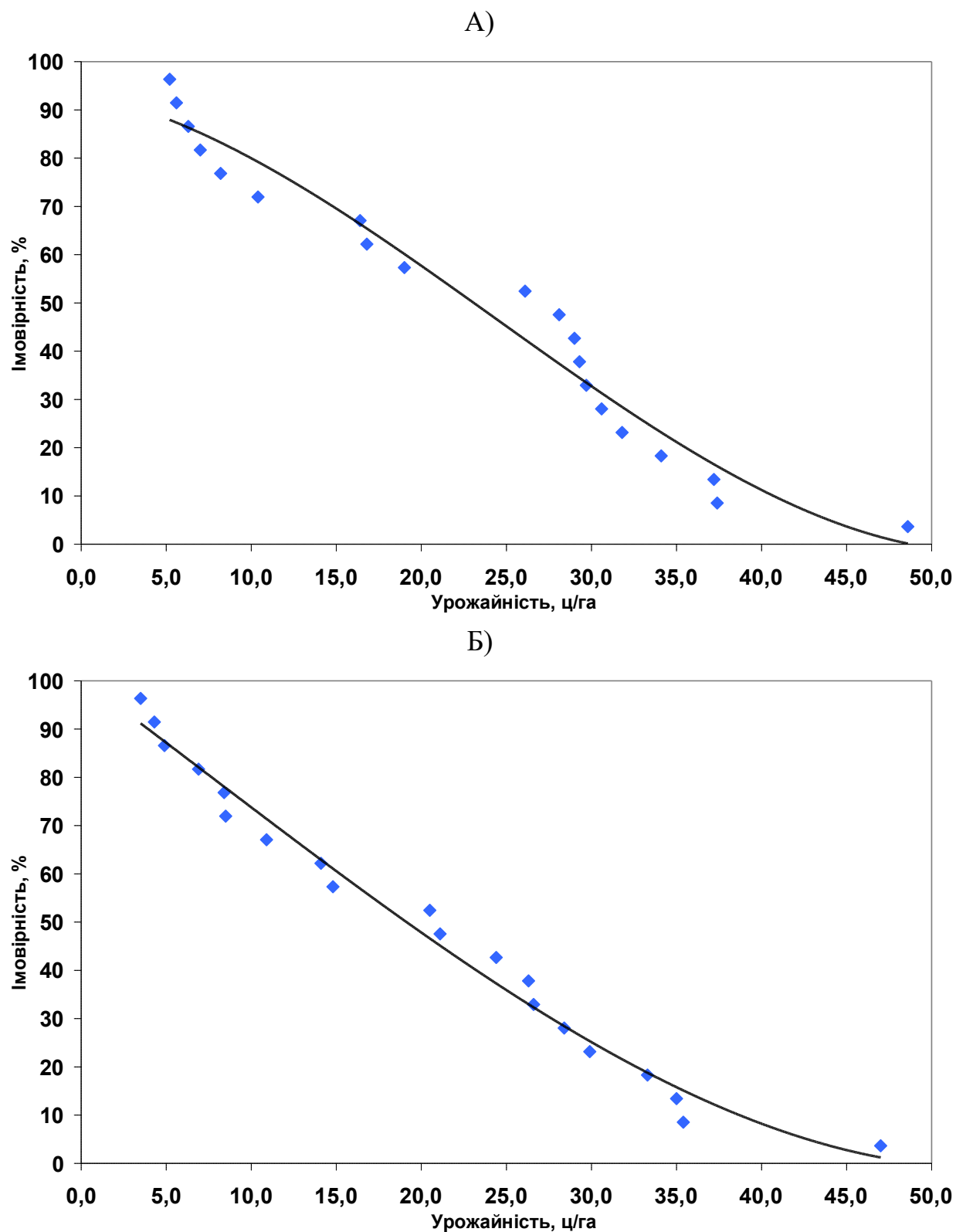


Рисунок 6.111 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм А2: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Північний Степ

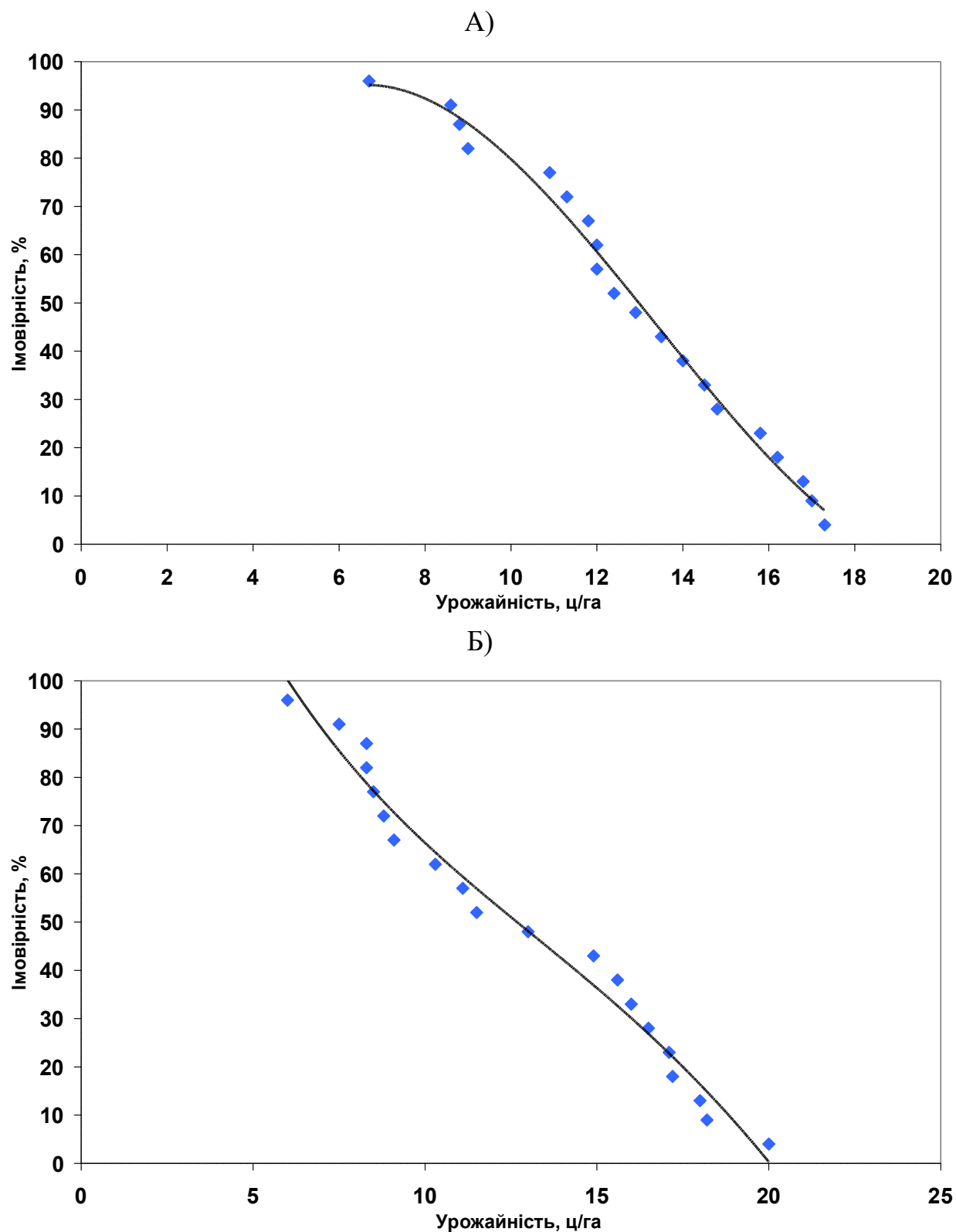


Рисунок 6.112 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм А1В: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Українське Полісся

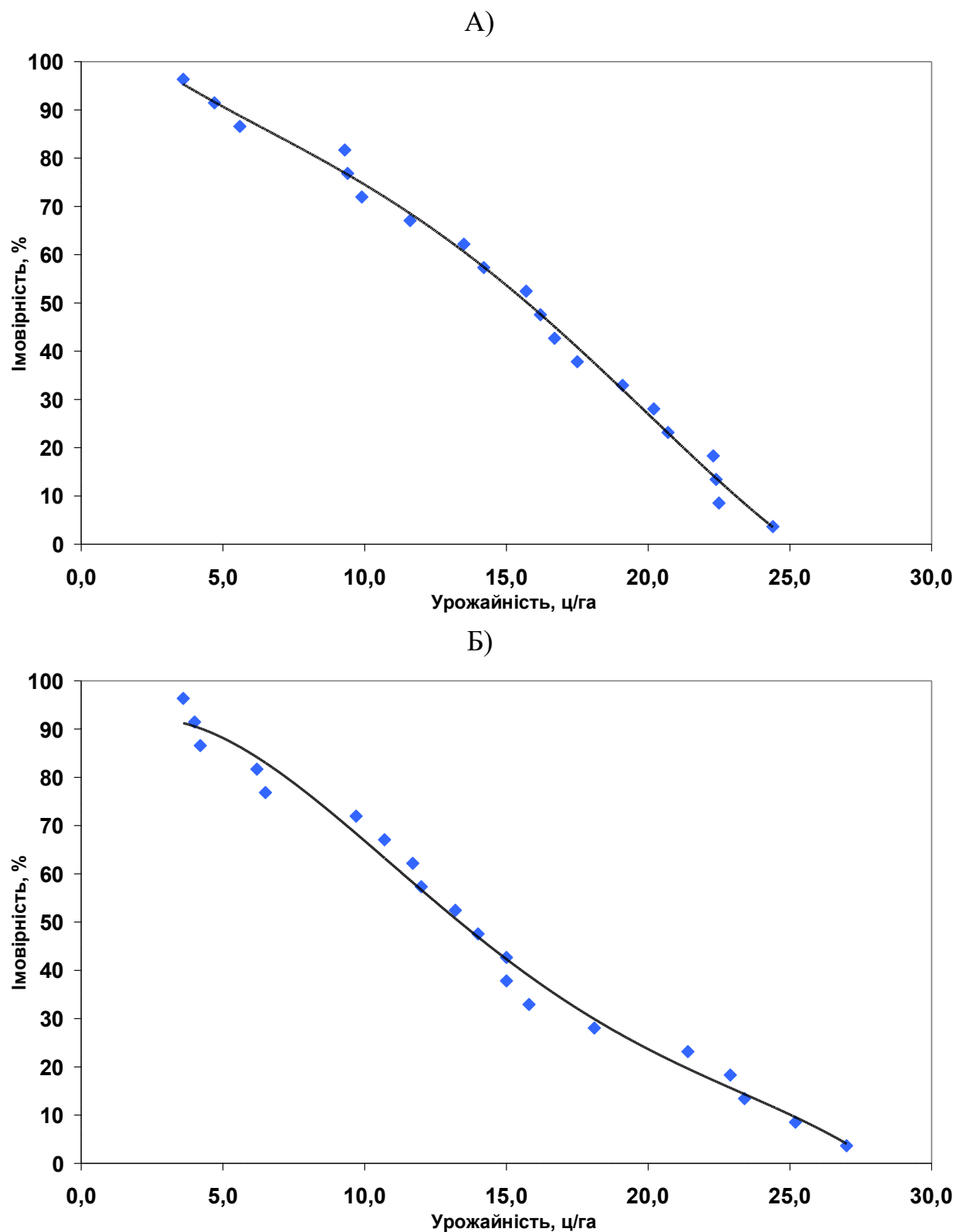


Рисунок 6.113 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм А1В: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Лісостеп (центральна частина)

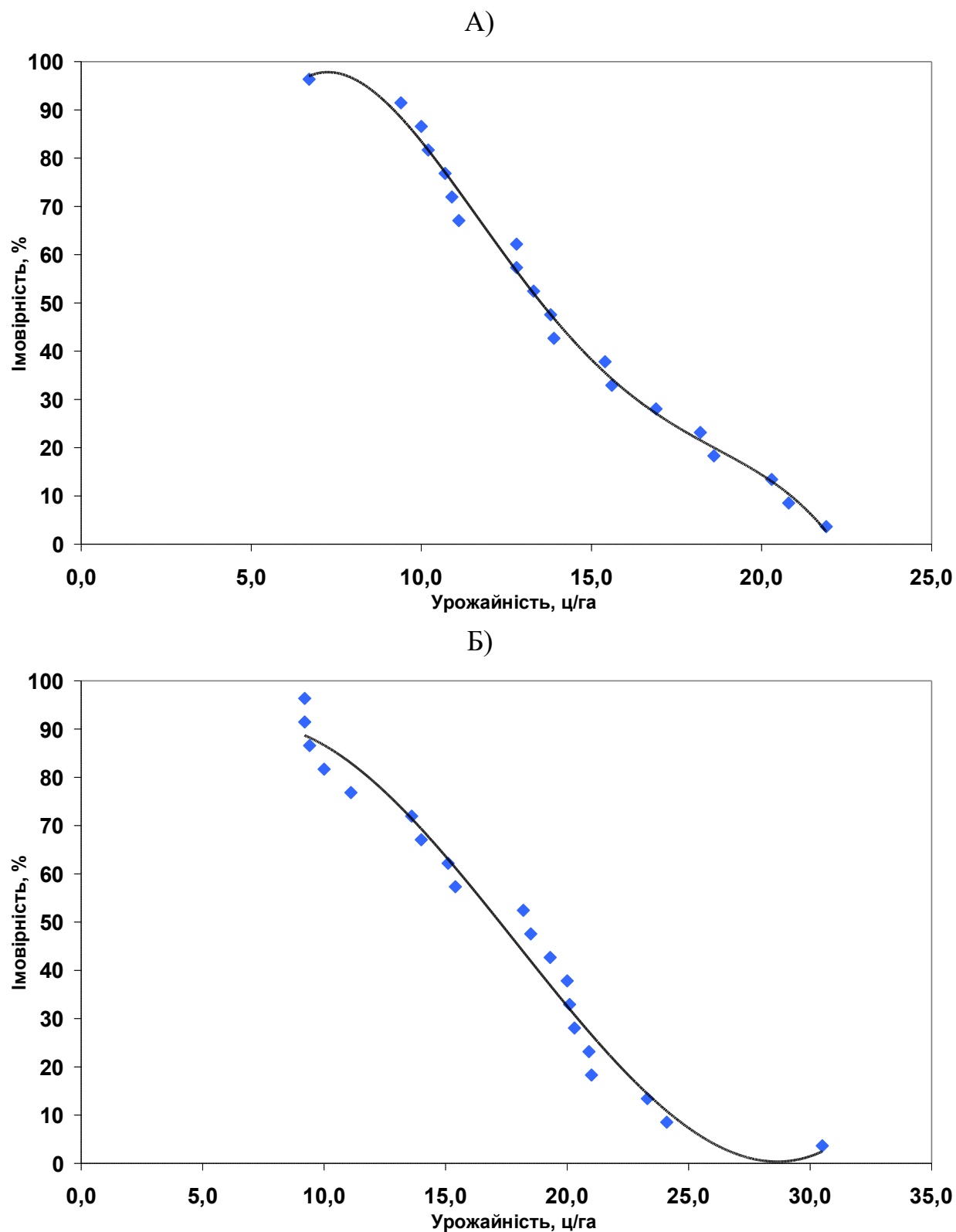


Рисунок 6.114 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм А1В: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Лісостеп (східна частина)

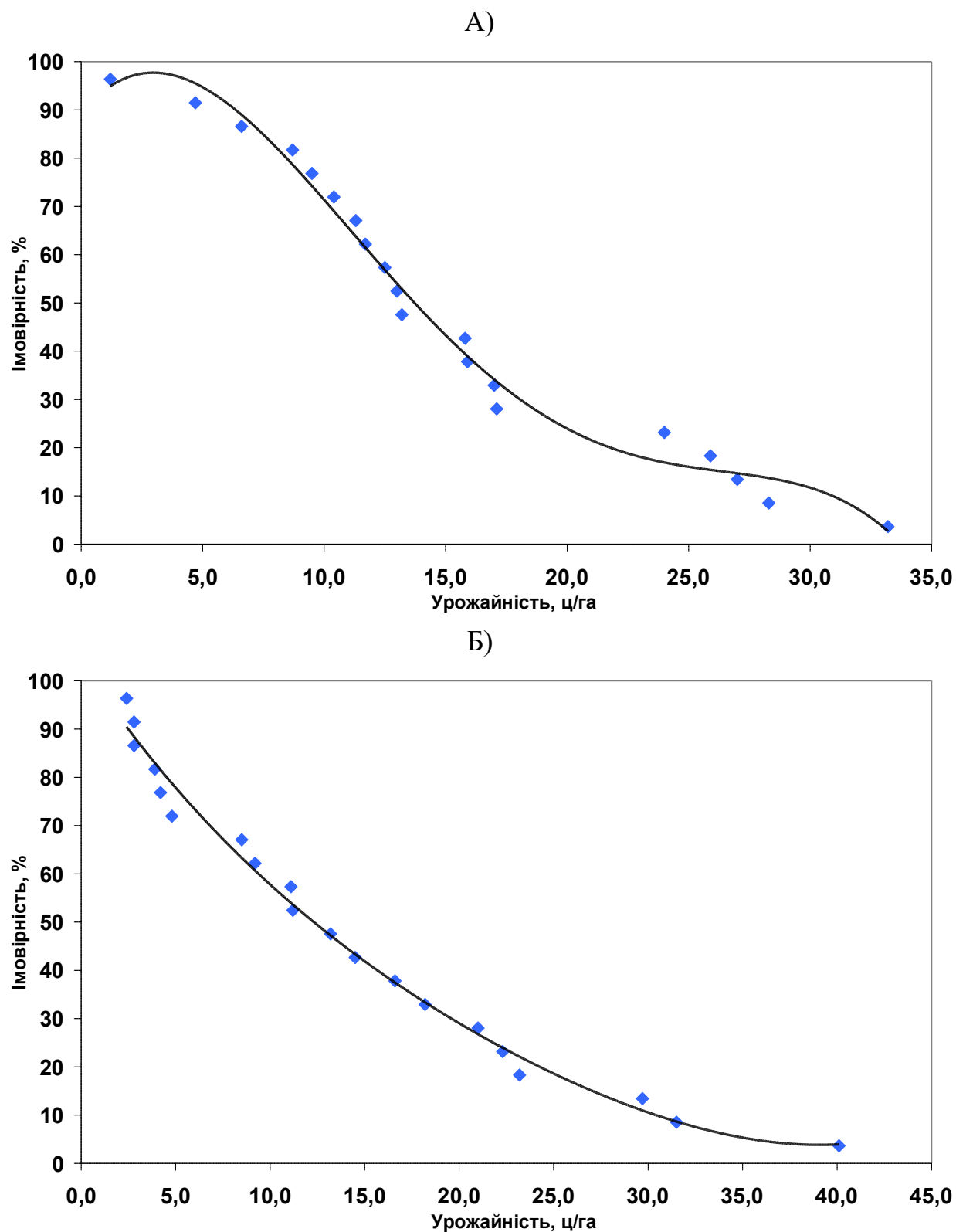


Рисунок 6.115 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм А1В: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Північний Степ

. У східній частині Лісостепу у I-му періоді один раз в 10 років можна чекати отримання урожаїв на достатньо високому рівні до 23 ц/га, практично кожен рік можна одержувати урожай 6 ц/га (рис. 6.114А), у II-му періоді імовірність високих урожаїв дорівнює 30 ц/га, практично кожного року можливо одержувати урожай 8 ц/га (рис. 6.114Б), .

На території північного Степу у I-му періоді урожай 5 ц/га забезпечений на 90% (рис.6.115А), один раз в 20 років можливо очікувати високий урожай до 37 ц/га. У II-му періоді (рис. 6.115Б) кожного року можливо одержувати врожаї до 5 ц/га, високий урожай 40 ц/га забезпечений в північностеповій зоні лише на 5%, достатньо високий урожай 32 ц/га можливо очікувати один раз в 10 років.

Були розраховані значення відносної врожайності соняшнику в умовах зміни клімату за сценарієм А2 (рис. 6.116 і 6.117) і за сценарієм А1В (рис. 6.118 і 6.119). За кліматичними умовами сценарію А2 у I-му періоді (рис. 6.116) розподіл відносної урожайності буде такий: найбільші значення, в межах 161-190% будуть спостерігатися в Західноукрїнському лісостеповому краї, в межах 131-160 % урожай соняшнику можливо очікувати на Лівобережжі Лісостепу на півдні і заході Дністровсько-Дніпровського лісостепового краю і на сході північностепової підзони степової зони. Урожайність в межах 101-130 % може бути в центральному Поліссі та в центральному Лісостепу. На останній території відносна урожайність очікується нижча за 100%. Найменшою слід очікувати урожайність у південному Степу України, менше 40% від базової урожайності. У II-му періоді (рис. 6.117) урожай в межах 131-160 % слід очікувати в західних областях країни і на півдні та лівобережжі лісостепової зони. В Поліссі, на заході Лісостепу і на сході північностепової підзони степової зони можливо чекати урожайність в межах 101-130 %. На півдні країни зберігається тенденція зниження врожаю соняшнику, слід очікувати урожай в межах 11-40% від базової урожайності.

За умов зміни клімату сценарію А1В у I-му періоді (рис. 6.118) спостерігається зростання врожаю соняшника в північнозахідній частині країни, на півдні лісостепу і на сході північностепової підзони степової зони. На останній території відносна врожайність буде нижче 100% від базової. У II-му періоді (рис. 6.119) найбільшого врожаю (131-160 %) слід очікувати в Закарпатті, та на сході, зростання врожаю очікується на півночі і у північно-західному районі і на сході північностепової підзони степової зони країни. В центральній частині урожайність буде в межах 70-100%, на сході та півдні зберігається тенденція зниження врожаю до 11-40% від базової.

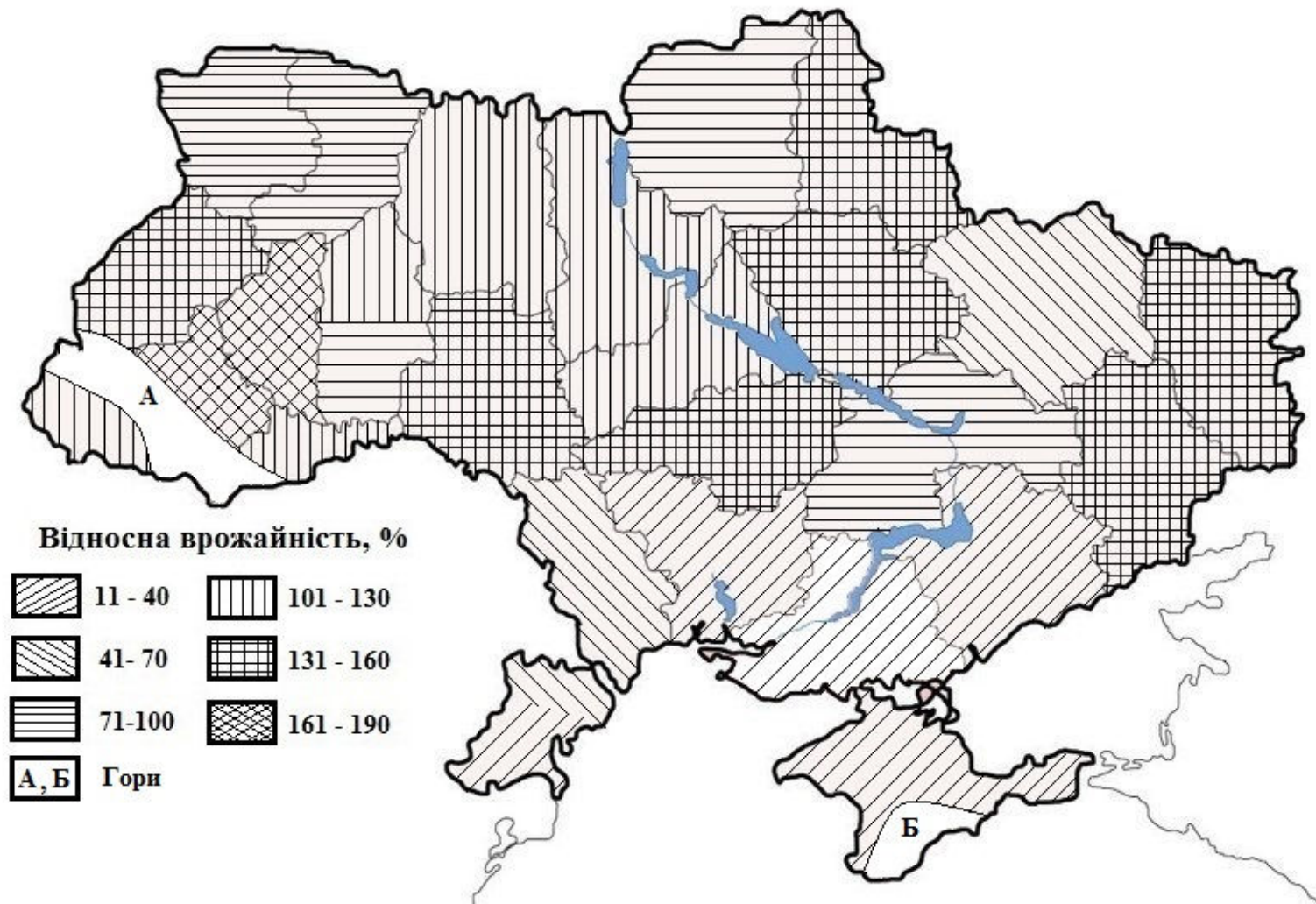


Рис. 6.116 - Урожай соняшнику в регіонах України в умовах зміни клімату. Сценарій А2. Кліматичний період 2011-2030 рр.

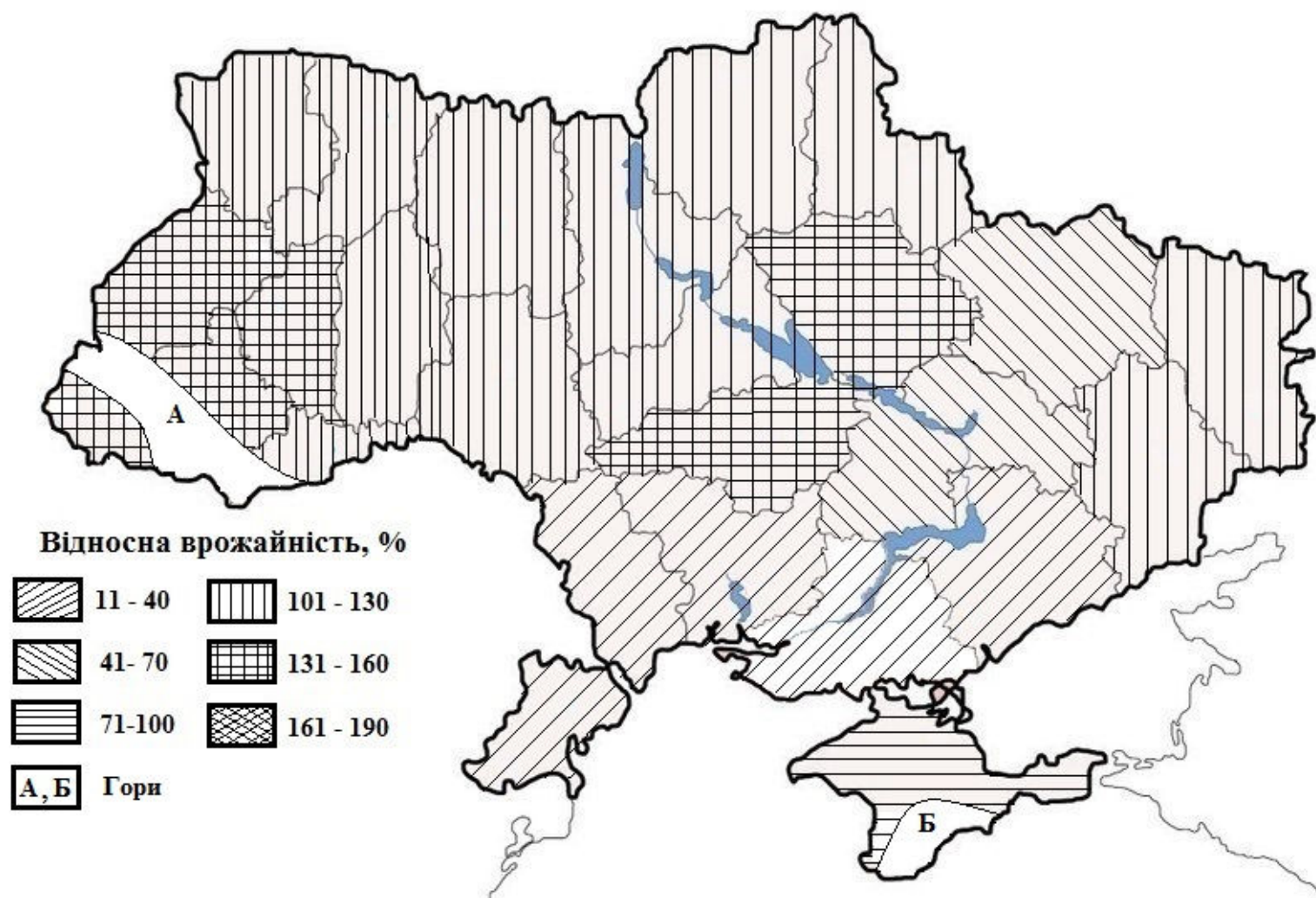


Рис. 6.117 - Урожай соняшнику в регіонах України в умовах зміни клімату. Сценарій А2. Кліматичний період 2031-2050 рр.



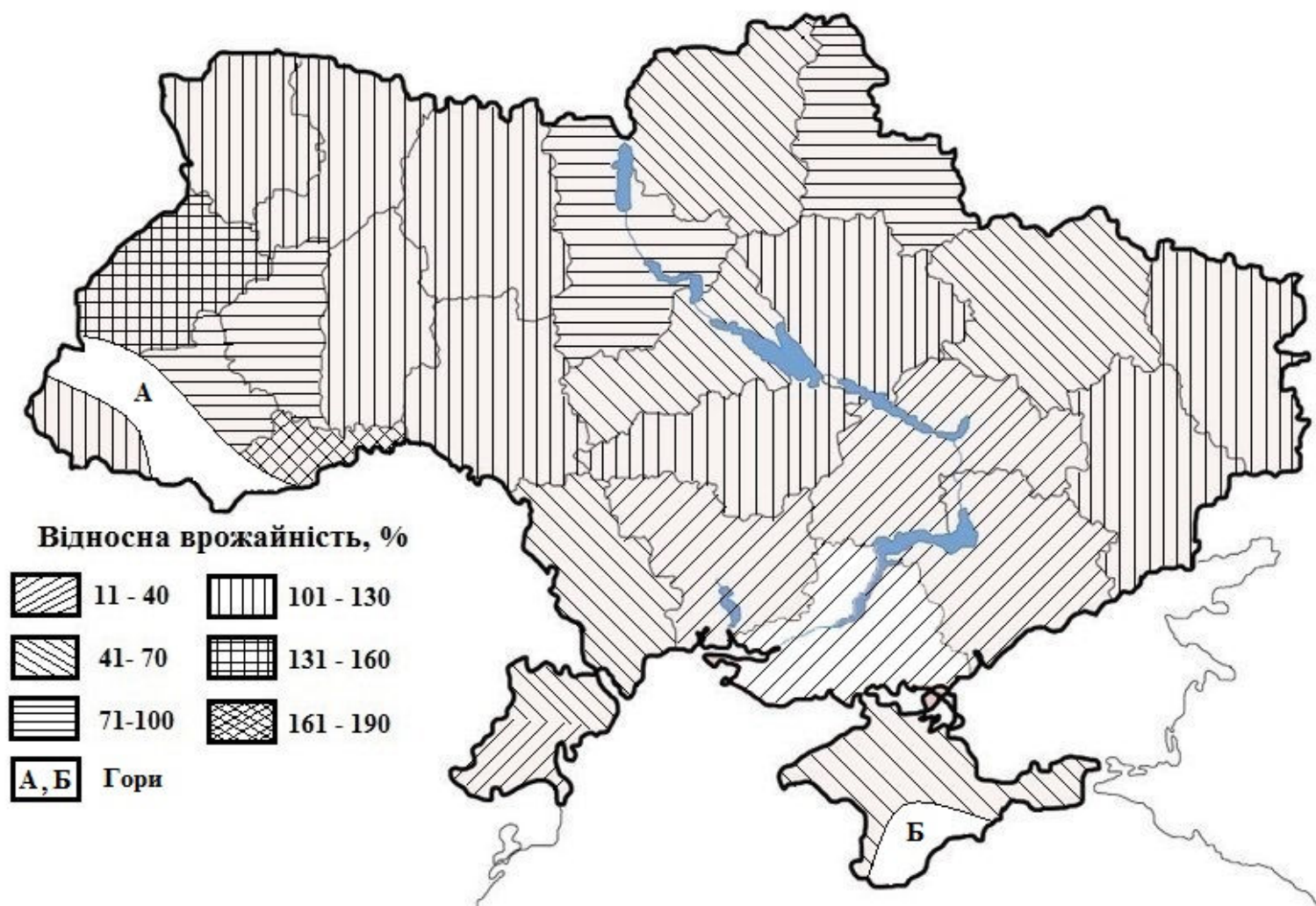


Рис. 6.118 - Урожай соняшнику в регіонах України в умовах зміни клімату. Сценарій А1В. Кліматичний період 2011-2030 рр.

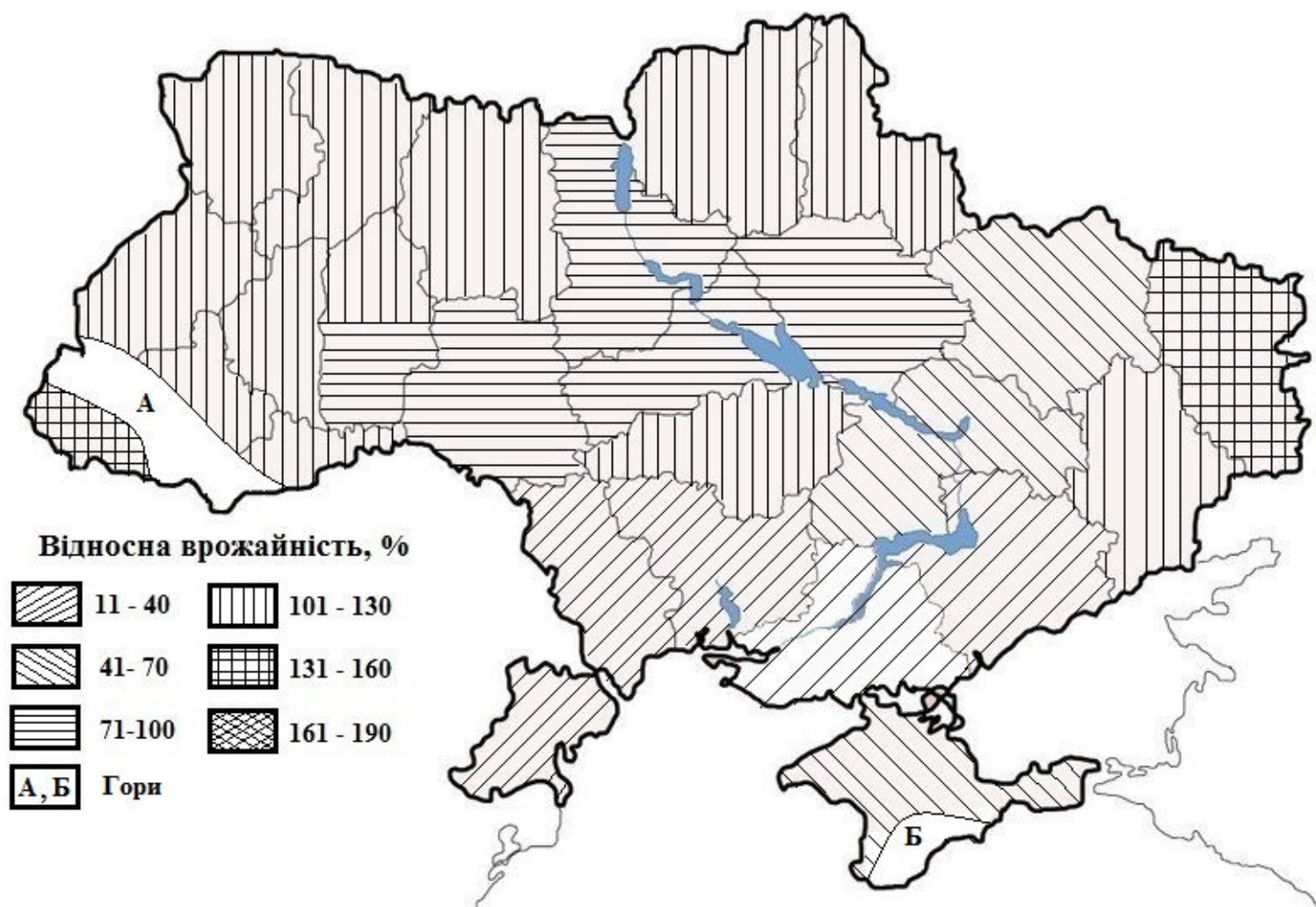


Рис. 6.119 - Урожай соняшнику в регіонах України в умовах зміни клімату. Сценарій А1В. Кліматичний період 2031-2050 рр.

Отже, за умов зміни клімату сприятливими для вирощування соняшнику стануть зона Українського Полісся, Лісостепу та Північного Степу. В зоні Південного Степу врожайність цієї культури буде перебувати в межах збитковості.

## **6.6 Оцінка продукційного процесу картоплі в умовах зміни клімату**

### **6.6.1 Біологічні особливості культури картоплі**

Картопля належить до числа найважливіших сільськогосподарських культур різнобічного використання і вирощується майже у всіх районах нашої країни. Але основні площі його зосереджені у Поліссі та Лісостепу.

Картопля – багаторічна, трав'яниста, бульбоносна рослина, але в природі обробляється як однорічна рослина, тому що життєвий цикл, починаючи з проростання бульби і кінчаючи утворенням і формуванням зрілих бульб, проходить за один вегетаційний період.

Проростання бруньок бульб картоплі у ґрунті починається при температурі 4–5 °С, але йде за таких умов украй повільно. При температурі 10–12 °С сходи картоплі з'являються на 23-й день. Підвищення температури ґрунту до 18–25 °С скорочує тривалість періоду від посадки до сходів до 12–13 днів. Подальше підвищення температури ґрунту затримує появу сходів. Яровизовані бульби можуть дати сходи на 6–8-й день.

Сходи і дорослі рослини ушкоджуються при короткочасних заморозках –2... –3 °С, однак з настанням сприятливих температур пагони утворюються зі сплячих бруньок але урожай при цьому знижується. Бульби картоплі гинуть при –2 °С і втрачають здатність до проростання.

Бадилля картоплі починає рости при температурі повітря вище 7 °С. Підвищення температури до 30 °С викликає ослаблення, а в ранньостиглих сортів майже повне припинення росту бадилля. Найбільш сприятлива температура для росту пагонів, листків і цвітіння картоплі 20–21 °С.

Для бульбоутворення оптимальна температура ґрунту 16–18 °С. В період бульбоутворення температурний оптимум для середньостиглих сортів картоплі більш високий (17–19 °С), ніж для ранньостиглих (15–17 °С). При підвищенні температури до 29 °С або її зниженні до 2 °С ріст бульб припиняється. Високі температури не тільки затримують ріст бульб, але і викликають їхнє екологічне виродження. При середній добовій температурі 24 °С виродження бульб досягає 50 % і більше. Рослини з таких бульб дають дрібні, хворі бульби, що призводить до різкого зниження урожаю. Тому у південних районах рекомендуються також літні посадки картоплі для того,

щоб період бульбоутворення приходився на вересень – жовтень, коли температура знижується.

Потреба у волозі в картоплі до появи сходів і в період після їхньої появи невелика. В міру росту пагонів і листків потреба у волозі зростає і максимум відзначається в період цвітіння і початку бульбоутворення. Найбільш сприятливі умови для формування високого урожаю картоплі створюються при вологості ґрунту 80 % найменшої вологомісткості і хорошій освітленості.

Приріст бульб картоплі незалежно від температури практично припиняється при запасах продуктивної вологи в ґрунті менше 20 мм у шарі ґрунту 0–50 см, найбільший приріст спостерігається при запасах вологи у півметровому шарі ґрунту 60–70 мм і температурі 16–18 °С. Перезволоження ґрунту призводить до швидкого загнивання бульб.

Картопля порівняно ощадливо витрачає вологу, її транспіраційний коефіцієнт у середньому складає 400–650. Вегетаційний період картоплі в залежності від скоростиглості сорту коливається від 60 до 180 днів.

Картопля - культура інтенсивна й найкраще для картопляних плантацій створювати агроземи, тобто ґрунт з потужним технологічним обрієм, властивості якого наведені до оптимальних параметрів засобами меліорації й агротехніки. Дуже добре озивається на поглиблення технологічного обрію ґрунту до 60-90 см - це істотно спрощує завдання забезпечення особливо високого врожаю належною кількістю елементів мінерального харчування, тому що при недостатньо потужному технологічному обрії концентрація ґрунтового розчину виступає обмежником. Потрібна кількість мінеральних добрив неможливо внести в тонкий технологічний обрій через те, що концентрація іонів навколо усмоктувальних коренів перевищить припустимий рівень. Крім того при підвищених концентраціях добрив у ґрунті збільшує непродуктивні втрати - вимивання, ерозію.

Картопля висуває підвищені вимоги до ґрунту. Найкраще картопля росте на пухких, добре розпушених ґрунтах. Коренева система картоплі інтенсивно дихає, поглинаючи кисню у 5-10 разів більше, порівняно з іншими рослинами.

Картопля - культура пухких, повітряно- і водопроникних, вологоємних, родючих ґрунтів (піщаних, супіщаних, легко- і середньо- суглинних). Чим менше щільність ґрунту в зоні бульбоутворення і краще постачання кореневої системи киснем, тим вище врожай. Для насичення ґрунту достатньою кількістю кисню, його потрібно утримувати в досить розпушеному стані з об'ємною масою не більше 1,0-1,2 г/см<sup>3</sup>. У перезволожених, ущільнених ґрунтах вміст кисню зменшується до 2 %, а вміст вуглекислого газу різко збільшується. За таких умов бульби задихаються і загнивають. На ущільнених ґрунтах погано розвиваються столони, картопля формує дрібні, деформовані бульби.

Менш придатні для картоплі - легкі, що швидко втрачають вологу піщані ґрунти, важкі суглинки й перезволожені торфовища.

Краще інших рослин переносить підвищену кислотність ґрунту, але найбільш придатні для нього слабокислі ґрунти.

На більше щільних ґрунтах сходи затримуються й у ряді випадків посадкові бульби загнивають. Тому важливо підтримувати ґрунт у пухкому стані протягом усього вегетаційного періоду. У пухких ґрунтах краще проходить газообмін між ґрунтовим й атмосферним повітрям.

Потреба бульб, що проростають, у кисні в багато разів більше, ніж у насінні інших рослин. Нестача кисню в ґрунті може привести до загибелі бульб, що проростають, а в більше пізній період і дорослі рослини.

Картоплю вирощують на удобрених супіщаних і суглинистих чорноземах, дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтах. Для вирощування насіння добре підходять окультурені торфовища. При внесенні високих норм органіки картопля добре родить на легких піщаних ґрунтах. Добрива не можна вносити в піщані ґрунти великими дозами - вони вимиваються. Внесення дрібними дозами не завжди є повноцінною заміною, тому що без своєчасного дощу такі дози не спрацюють і таке дроблення ускладнює технологію. Оптимальний компроміс для оброблення картоплі на легких ґрунтах - в орієнтації на порівняно менший урожай, але одержуваний з мінімальними витратами праці й засобів. Такий принцип реалізований у суспільному виробництві. Самі великі плантації картоплі розміщуються на легких ґрунтах.

Малопродатні для вирощування картоплі важкі глинисті ґрунти, особливо з близьким заляганням ґрунтових вод. Не підходять також засолені ґрунти, оскільки картопля має дуже низьку солестійкість. Найкраще росте на слабокислих і нейтральних ґрунтах. При рН нижче 5,0 і вище 8,0 вона росте погано. Добова потреба в кисні корінь становить близько 1 мг/г сухої речовини. Ще більш високу потребу в кисні потребують столони й ростучі бульби.

Вміст повітря в ґрунті залежить від її шпаруватості й пористості. На добре оброблених структурних ґрунтах шпаруватість становить до 65 % обсягу ґрунту.

Для росту й розвитку картоплі необхідно підвищена кількість поживних речовин. У складі сухої речовини картоплі налічується 26 різних хімічних елементів. Найбільше потрібні картоплі азот, фосфор, калій, кальцій й магній. Потреба в елементах харчування зростає в міру росту бадилля й досягає максимуму у фазу цвітіння. Картопля відноситься до калієлюбивої культури, на 1 тону бульб він виносить із ґрунту 5 кг азоту, 2 кг  $P_2O_5$  й 9 кг  $K_2O$ . З початком відмирання бадилля потреба в елементах харчування поступово зменшується й після її засихання припиняється.

У середньому для формування 1т бульб рослини із ґрунту виносять 5-6 кг азоту, 8-10 кг калію, 1,5 - 2 кг фосфору, близько 4 кг кальцію і 2 кг магнію.

При низькій агротехніці й невеликому врожаю картопля споживає живильних речовин на одиницю врожаю відносно більше. З поліпшенням умов росту й розвитку, а отже зі збільшенням урожаїв бульб картоплі живильні речовини використовуються ощадливіше. Найбільш інтенсивне споживання мінеральних речовин картоплею припадає на період інтенсивного наростання надземної маси й бульбоутворення.

За зовнішніми ознаками рослини можна судити про нестачу того або іншого елемента харчування.

Головними умовами оптимізації кореневого харчування картоплі є достатня насиченість ґрунту фосфатами, максимальна калієм і мінімальна азотом.

Азот для картоплі особливо важливий навесні, у літній період звичайно вистачає азоту, продукційного ґрунтом, тому мінеральні азотні добрива потрібно вносити ранньою весною, до посадки.

При нестачі в ґрунті азоту підземні органи картоплі розвиваються слабо, листя здобувають блідо-зелене забарвлення, знижується врожай і крохмальність бульб. При надлишку азоту спостерігається надмірний ріст бадилля, затримується утворення бульб і подовжується період вегетації. Для рослини шкідливі як нестача, так і надлишок азоту. При нормальному азотному харчуванні рослина краще засвоює калій і фосфор.

Достатнє харчування фосфором сприяє кращому розвитку кореневої системи, раніше настає період бульбоутворення, збільшується врожай і крохмальність бульб, поліпшуються їхня легкість і насінні якості. При нестачі фосфору затримується розвиток рослин, особливо цвітіння й дозрівання, сповільнюється ріст пагонів і корінь, листи дрібні й вузькі.

Найбільшої уваги вимагає забезпечення картоплі достатнім запасом легкозасвоюваного калію, тому що він не виносить підвищеного вмісту хлору в ґрунті, але з високим урожаєм вимагає так багато калію, що це не можна внести за один раз, обов'язково потрібні підгодівлі. З обліком викладеного під картоплю з осені необхідно вносити 2/3 загальної необхідної дози калію у вигляді хлористого калію, щоб надлишок хлору вийшов з осінньо-весняними водами, що залишилася калій дають у міжряддя після появи сходів, у безхлорній формі, у вигляді сульфату калію. Калій відіграє важливу роль у процесах фотосинтезу, білкового й вуглеводного обмінах, істотно впливає на врожайність й якість картоплі, підвищує стійкість до заморозків і хвороб. При нестачі калію листи здобувають бронзове забарвлення, стають зморшкуватими й передчасно відмирають, коренева система розвивається слабкіше, бульби набувають трохи подовжену форму, бувають дрібними.



Для нормального росту й розвитку картоплі й одержання високих урожаїв бульб, необхідні кальцій, магній, залізо, марганець, сірка, мідь, цинк.

Тільки при наявності всіх цих елементів у ґрунті для розвитку картоплі забезпечується його найвища продуктивність [88].

Оптимальна реакція середовища для картоплі - рН 5,5- 6,0, хоча вона здатна краще інших польових культур переносити слабнокислу реакцію. Картопля добре озивається на вапнування сильно- і середньокислих ґрунтів помірними нормами вапна. При вапнуванні ґрунту повною нормою - за гідролітичною кислотністю - картопля може сильно заражатися паршой, що знижує його товарні й продовольчі якості. Однак у сівозмінах нечорноземної зони поряд з картоплею вирощують культури, строго вимогливі до нейтральної реакції середовища. Без вапнування кислих ґрунтів неможливо забезпечити одержання стійких високих урожаїв таких культур, як пшениця, ячмінь, конюшина, кукурудза, коренеплоди й т.д. Тому при наявності навіть двох-трьох полів картоплі краща сумарна продуктивність сівозміни досягається при вапнуванні кислих ґрунтів по 2/3-3/4 повної норми за гідролітичною кислотністю.

Картопля споживає значно більше живильних речовин, чим зернові культури, але менше, ніж цукровий буряк і кормові коренеплоди.

При високій агротехніці в основній зоні оброблення із урожаєм картоплі на кожні 100 ц бульб і відповідна кількість бадилля виноситься 40 - 60 кг N, 15 - 20 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> й 70 - 90 кг K<sub>2</sub>O.

Картопля володіє слаборозвиненою кореневою системою і у перший період росту погано засвоює важкорозчинні живильні речовини із ґрунту. Це обумовлює підвищену чутливість картоплі на внесення добрив. Поглинання елементів харчування картоплею відбувається протягом усього вегетаційного періоду, більше швидкими темпами споживання живильних речовин мають ранні сорти. Найбільша кількість живильних речовин поглинається скоростиглими сортами картоплі під час бутонізації й цвітіння, а середньо- і пізньостиглими - у період інтенсивного зростання бадилля й початку бульбоутворення. Достатнє постачання рослин всіма основними елементами харчування в цей період має виняткове значення для формування врожаю. надлишкове, особливо однобічне, харчування азотом викликає стовбуріння в бадиллі й затримує бульбоутворення. Для утворення бульб використовуються живильні речовини, які надходять у цей період із ґрунту й добрива, так і раніше накопичені в бадиллі. Внаслідок реутилізації живильних речовин до моменту збирання картоплі в бульбах утримується близько 80 % азоту, 90 % фосфору й практично весь калій.

Ефективність добрив залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки й сорту картоплі.

Перше місце по ефективності на дерено-підзолистих ґрунтах, опідзолених і вилужених чорноземах займають азотні добрива. Фосфор на цих ґрунтах нерідко діє сильніше, ніж калій.

На звичайних і потужних чорноземах часто на першому місці по ефективності стоїть фосфор, а другому - азот. Незважаючи на велике споживання картоплею калію, ефективність калійних добрив на більшості ґрунтів слабкіше, ніж азотних, а часто й фосфорних добрив. Потреба в калії збільшується при внесенні високих норм азоту й фосфору. У той же час на заплавлених і торф'яних ґрунтах калійні добрива по ефективності займають перше, на піщаних й супіщаних дерено-підзолистих ґрунтах - друге місце після азотних. На цих ґрунтах необхідно вносити більш високі норми калійних добрив, навіть при застосуванні гною.

Картопля добре відзивається на внесення гною на всіх ґрунтах, але найбільш високого збільшення врожаю від гною одержують на дерено-підзолистих ґрунтах, особливо піщаних і супіщаних. На потужних чорноземах південних і південно-східних.

Середня норма гною під картоплю на дерено-підзолистих ґрунтах – 30 – 40 т на 1 га, на чорноземах - 15 – 20 т на 1 га. Поряд із гноєм під картоплю можна вносити торф'янонавозні, торфофекальні і інші компости.

Найбільш високі збільшення врожаю картоплі одержують при спільному внесенні гною або компостів з мінералами, насамперед з азотними й азотно-фосфорними добривами.

Ранні сорти картоплі характеризуються більше інтенсивним споживанням живильних речовин і сильніше реагують на добриво. Тому норми мінеральних добрив на тлі гною повинні бути вище під ранні, чим під пізні, сорти картоплі. При цьому особливо важливо вибрати правильне співвідношення між окремими видами добрив. Для одержання ранньої товарної продукції необхідний більше високий рівень фосфорного харчування рослин.

Гній й інші органічні добрива, фосфорні й калійні мінеральні добрива найкраще вносити з осені під зяблеву оранку. Тільки на легких ґрунтах у районах достатнього зволоження весняне внесення добрив дає кращі результати, чим осіннє, що порозумівається вимиванням калію із ґрунту.

Азотні добрива, доцільно вносити навесні під переорювання зябу або передпосівну культивуацію. Амонійні й аміачні форми добрив, можна застосовувати також з осені.

Велике значення для забезпечення більш сприятливих умов харчування, в початковий період росту, має локальне внесення добрив у лунки при посадці картоплі. При посадці в гнізда, вносять гранульований суперфосфат й аміачну селітру.

На піщаних і супіщаних ґрунтах частина азоту й калію (1/4- 1/3 загальної норми) доцільно перенести в підгодівлю. На інших ґрунтах перенесення частини добрив з основного в підгодівлю, як показують досвіди, викликає зниження ефективності. Тому вносити добрива в підгодівлю картоплі треба тільки, якщо вони не застосовувалися в достатній кількості до посіву. Для підгодівлі картоплі можна використати місцеві добрива - гнойову



рідоту (5-10 т на 1 га), пташиний послід (5-8 ц на 1 га), які вносять із негайним закладенням у ґрунт при розпушуванні міжрядь.

Під картоплю рівною мірою застосовують всі форми промислових азотних добрив. На кислих ґрунтах поряд із суперфосфатом як основне добриво можна застосовувати фосфоритне борошно (у полуторних або подвоєних дозах у порівнянні із суперфосфатом), а також інші фосфорні добрива. По своїй дії на врожай картоплі сульфатні й хлористі форми калійних добрив, як при разовому, так і тривалому застосуванні в сівоzmіні практично рівноцінні. Однак хлористі форми калійних добрив можуть знижувати відносний зміст крохмалю в бульбах картоплі. Внесення хлорвмісних калійних добрив з осені значною мірою усуває шкідливу дію хлору на картоплю (у результаті вимивання хлору із ґрунту з опадами).

Під впливом фосфорних добрив відносний вміст крохмалю в бульбах може підвищуватися, а під впливом азотних - трохи знижуватися. Однак внаслідок збільшення врожаю картоплі при застосуванні добрив валовий збір крохмалю з одиниці площі завжди зростає [89].

Обробка ґрунту під картоплю повинна починатися восени, після збирання попередника, у цей же час вносяться (закопуються) органічні добрива. Великі грудки й брили восени не роздрібнюють, набагато корисніше, якщо їх роздрібнить морозом. Свіжий гній під картоплю бажано не давати, а давати більше «перероблені» форми органічних добрив, компости, перегній, торф, листя й т.д. Основна помилка, яка робиться на городах - перекопку залишають на весну - це знижує врожай.

Навесні в першу чергу потрібно "закрити вологу" - заборонити граблями всю площу городу. Питання про те, перекопувати, або не перекопувати землю вирішується залежно від її фізичного стану. Пухку, пористу землю навесні можна не перекопувати. Ущільнену недостатньо окультурену землю необхідно перерити, але дрібніше, ніж восени й важливо відразу роздрібнювати брили й великі грудки.

Підготовка бульб до посадки. Захід дуже важливий, особливо для ранніх сортів, якість посадкового матеріалу визначає успіх усього процесу оброблення культури. Підготовка посадкового матеріалу повинна починатися восени при викопуванні врожаю картоплі. На насіння для посадки в наступному році відбирають рівні бульби, типові по зовнішніх сортових ознаках. Оптимальний розмір посадкових бульб 50-80 г. Бульби дрібніше дають ослаблені сходи й уповільнений ріст стебел, урожай сильніше залежить від погоди. Більші бульби сильно підвищують витрати посадкового матеріалу, що не завжди окупається збільшенням урожаю. Відібрані на насіння бульби бажано з осені озеленити, тоді вони краще зберігаються й менше ушкоджуються гризунами.

Навесні бульби дістаються з ями за 1-1,5 місяця до посадки й містяться на пророщення. Сенс його складається у виведенні вічок зі стану спокою й активізації ростових фізіологічних процесів. Поява сходів прискорюється на

2-3 тижні. Це важливо, після прогрівання ґрунту до 10° С не можна гаяти час, його може не вистачити для формування бульб. Технічно пророщення виконують різними способами, на світлі, у темряві, у вологому середовищі. Найбільший виграш у часі дає пророщення у вологому середовищі, тому що так проростають не тільки паростки стебел, але й корінь. Недолік у тім, що так багато не посадити, що проросли коріння вимагають дуже обережного обігу. Більше зручне пророщення на світлі - паростки утворюються товсті й досить міцні, не обламуються [90].

Посадка картоплі. Кращий час для посадки - коли ґрунт на глибині бульб, що висаджують, (близько 10 см) прогріється до 7° С. За формою поверхні, що залишається після посадки, розрізняють гребньову і гладкий варіанти. В обох є недоліки й переваги. Гребнева посадка прискорює прогрівання ґрунту за рахунок кращого засвоєння ранкового й вечірнього сонця, якщо рядки орієнтовані з півночі на південь, дозволяє проводити розпушування й прополку бур'янів до появи сходів, без ризику зашкодити паростки. При механізованій посадці гребені нарізуються підгортальником, а при посадці вручну рядки формуються лопатою або сапкою-підгортальником. Оптимальна висота гребенів близько 15 см під час утворення, потім зменшується через усадку й опадання ґрунту. Недолік гребньовій посадки в тім, що непродуктивно випаровується більше вологи, за рахунок збільшення площі випару. Гладка посадка дозволяє заощадити вологу, особливо в посушливу весну, але при ній не видні місця посадки картоплі, тому при розпушуванні (щоб зруйнувати кірку або просапати бур'яни) великий ризик зашкодити паростки, що ще не вийшли на поверхню. Схема розміщення рослин при посадці визначає площа харчування й умови висвітлення, що важливо для врожаю. Практика показує переваги загущених посадок, тому що при розрідженій посадці потрібно більше часу для формування потужного куща, а його рослинам не завжди вистачає, тому що пізньолітні й осінні похолодання й заморозки часто обмежують вегетаційний період. При механізованому обробленні на великих масивах оптимальної вважається посадка 70'20 см (71 тисяча кущів на га), що відповідає тракторній колії просапних тракторів, а в городах садити краще 60'20 см, або 83 тисячі кущів на га. Міжряддя менше 60 см не застосовуються через те, що важко забезпечити достатню висоту гребенів при підгортанні. Підгортання необхідно для посилення доступу повітря до столонів і в корінь. Глибина посадки повинна бути 10 см над верхньою частиною посадкової бульби, після усадки ґрунту [91].

Підгортання - специфічний прийом оброблення картоплі, забезпечує активізацію припливу повітря до столонів й утворення додаткових корінь і другого ярусу столонів із присипаної частини стебла. Також знищуються пророслі бур'яни. Виконується вручну, кінним, або тракторним підгортальником. За сезон проводиться 2-4 обробки підгортальником. 1 раз - після сходів, при величині паростків близько 7 см. Потім у міру необхідності

підгортання-розпушування проводиться через кожні 7-14 днів - до змикання рядків картоплі (коли стебла й листи повністю закривають поверхню ґрунту).

Добриво картоплі на окультуреному ґрунті виробляється виходячи з виконання принципу повернення. Під урожай вноситься стільки живильних елементів, скільки буде вилучено із запланованим урожаєм, з урахуванням коефіцієнта використання елементів харчування із внесених органічних і мінеральних добрив. Якщо потреба в добривах розраховується для недостатньо окультуреного ґрунту, то крім повного забезпечення врожаю повинна плануватися добавка на окультурення. Точні розрахунки роблять після проведення хімічного аналізу ґрунту.

#### 6.6.2 Сучасний стан моделювання й прогнозування врожаю картоплі

SUBSTOR, імітаційна модель картоплі, яка використовується для вирощування картоплі в Чеській Республіці. За допомогою моделі SUBSTOR були проведені дослідження, які були зосереджені на оцінці імітаційної моделі SUBSTOR, та її використанні в картоплярстві Чеської Республіці [92].

Експериментальне дослідницьке поле, яке використовувалося для оцінки моделі, було розташоване в Південній Моравії, на висоті 179 метрів над рівнем моря. Вихід бульб служив як еталон для оцінки моделей. Дев'ять років експериментальні дані (1994 - 2002) використовувалися для перевірки моделей. Ранньостиглі сорти картоплі Rosara, Карін приймали участь в експерименті. Порівняння між даними, що спостерігалися і змодельованими даними врожайності бульб картоплі представлено процесом оцінки моделі картоплі SUBSTOR. Урожайність бульб картоплі, які були змодельовані за допомогою моделі показали високу точність ( $R^2 = 0,97$ ) для сорту Rosara, але тільки для чотирьох з протестованих років (1997, 1998, 1999 і 2002). Сорту Карін відповідає менше значення ( $R^2 = 0,43$ ). Модель, як правило, недооцінює урожай бульб картоплі при несприятливих умовах (тобто сухі роки - низька кількість опадів і нерівномірний їх розподіл в період вегетації або висока середня температура повітря) і все це в моделі показало чутливість до обраних сортів. Дослідження імітаційної моделі картоплі SUBSTOR виявилися придатними для використання її при вирощуванні картоплі, однак, потенційні відмінності можна було б очікувати при використанні моделі в екстремальних погодних умовах [92].

В імітаційній моделі для росту солодкої картоплі зростання врожаю було розділено на три етапи, тобто, на першому етапі від посадки до утворювання бульб, середній етап з початку утворювання бульб до закінчення утворення бульб і заключний етап з початку утворення бульб до збору врожаю [93]. Темпи зростання були розроблені для всіх фаз. Ріст листя передбачалося, що буде пов'язаний з тривалістю життя окремих листків.

Середня площа листя була в зворотній залежності від кількості листя. Був розроблений новий алгоритм прогнозування. Сонячна радіація і фотосинтез були розраховані з використанням стандартних методів. Частина фотосинтезу, була використана для забезпечення енергією та для підтримання процесів росту. Решта була виділена на листя, стебла і бульби пропорційно їх швидкості зростання. Модель передбачає, що в більшості випадків врожаї відповідали спостережуваним значенням. Прогнозування кількості бульб було також досить точним. Проте, передбачення кількості листя значно відхиляється від спостережуваного значення.

В математичній моделі процесів росту рослин на прикладі картоплі, розглядаються основні кількісні характеристики процесів росту та підтримання стійкості врожаїв культурних рослин. Побудована математична модель росту ваги рослин картоплі та оцінки врожаїв при впливі регуляторів росту та збудників інфекційних хвороб. Модель дає можливість імітувати процес росту рослини й оцінити вплив екологічних факторів на врожай. Основними факторами, які впливають на ріст рослин картоплі, в моделі обрано наявність регуляторів росту та інфекційних агентів, які здатні вражати рослинний організм. Регулятори росту не лише підвищують урожайність рослин, а також підвищують стійкість проти хвороб. Показано, що стійкість рослин підвищується завдяки збільшенню енергії проростання бульб, наростанню площі листової поверхні, інтенсивному бульбоутворенню [94].

Великий інтерес представляють дослідження по аналізу змін серед сортів картоплі з точки зору поглинання світла та використання світла [95]. Розглядається ріст і формування урожаю п'яти сортів картоплі, за якими спостерігали два роки. Різницю в урожайності було проаналізовано з точки зору поглинання світла, ефективності використання світла та сухого розділення матерії. Ранні сорти були виділені вже на ранній стадії, вони оброблялися струмом і більшу частину струму засвоюють бульби, тобто починається ріст бульб. Однак, це викликає раннє старіння листя. В результаті ранні сорти менше поглинали світло та мали більшу масу бульб. Процедура аналізу зростання формулюється як проста модель росту сільськогосподарських культур. Щодня темпи росту розраховуються від падаючого світла та середньої ефективності використання світла.

Виснаження водних ресурсів і збільшення потреби в їжі вимагає більшої ефективності водокористування в зрошуваному землеробстві. Регульований дефіцит зрошення забезпечує засоби, які зменшують витрати води при мінімізації негативних наслідків на урожай. Моделі можуть грати корисну роль у справі розробки практичних рекомендацій щодо оптимізації виробництва сільськогосподарських культур в умовах дефіцитного водопостачання.

CROPWAT це комп'ютерна програма для планування зрошення та управління, розроблена відділом освоєння водних ресурсів FAO (FAO, 1992).

Його основні функції включають в себе розрахунок еталонної евапотранспірації, вимоги культур у воді, а також врожай і схеми зрошення. Користувач може моделювати різні умови водопостачання і оцінки скорочення врожаю, а також ефективність опадів. Типові області застосування водного балансу включають розробку зрошення для різних культур і різні методи зрошення [96].

Дослідження показали, що модель CROPWAT може адекватно передбачити наслідки нестачі води, але вимагає калібрування основних параметрів сільськогосподарських культур. Були розроблені процедури для калібрування різних параметрів культур, заснованих на результатах досліджень. Дослідження показали, що ця модель може бути корисна у вдосконаленні конструкції експериментальних методів у наукових дослідженнях і у виявленні невідповідностей в процедурах і в результатах. Крім того, модель дозволяє більш систематичний аналіз результатів, більш рівномірне подання даних, і велику сумісність результатів.

Модель CROPWAT може адекватно моделювати зниження прибутковості в результаті нав'язаного дефіциту води. Необхідно налаштувати стандартні значення, наведені в CROPWAT, щоб передбачити зниження стресу. Покрокова процедура, розроблена для калібрування і регулювання параметрів культур, дала задовільні результати в процесі моделювання.

Модель виявилася корисною у виявленні невідповідностей у розробці та можливих недоліків чи помилок у записах даних. Таким чином, модель може бути потужним інструментом, що допомагає дослідникам аналізувати результати і робити висновки. Використання моделей допоможе домогтися більш рівномірної реєстрації даних і дозволяє значущі порівняння отриманих даних у різних дослідженнях і країнах.

Важливим атрибутом моделі CROPWAT є те, що вона дозволяє розширити результати і висновки з досліджень в умовах, які не треба перевіряти у полі. Таким чином, вона може забезпечити практичні рекомендації для фермерів і співробітників в різних умовах водопостачання, ґрунту і умов обробітку культур [96].

Для аналізу наслідків зміни клімату на зростання картоплі, були розроблені дві моделі, модель POTATOS, це проста модель зростання картоплі та комплексна модель NPOTATO [97]. Обидві моделі були відкалібровані і перевірені з допомогою результатів експериментів і пройшли перевірку на різних сортах картоплі в Нідерландах. Чутливість результатів моделювання визначали при різних змінах погодних умов. Порівняння результатів обох моделей свідчить про ті умови, в яких результати моделей відрізнялись і могли стати менш надійними. Середній рівень урожаю бульб і щорічна урожайність були розраховані в чисельних експериментах для обох моделей, в моделі NPOTATO результати чисельних експериментів показали добрі результати, а в моделі POTATOS вони були занадто високі.

Змодельована врожайність для обох моделей, у різних сортів картоплі на глинистих ґрунтах була досить добра протягом останніх чотирьох років, періоду (1974 – 1988). Однак, у випробуваннях в більш ранні роки врожайність була значно нижча, ніж при розрахунках. Ця різниця може бути викликана факторами, які не були описані в моделях. Урожай бульб в обох моделях значно збільшується при зрошенні і сприятливих погодних умовах.

Вирощування картоплі дуже скоротилося у Німеччині, в останні роки врожай картоплі складає приблизно 208 – 415 га, тому тема фітофторозу картоплі залишається актуальною. Німецькими вченими SCHRUDTER та ULLRICH була розроблена модель для боротьби з фітофторозом картоплі.

Фітофтора - одна з найшкідливіших хвороб картоплі. Фітофтора широко поширена і відома там, де розводять картоплю. Особливо великої шкоди завдає хвороба в зонах з рясним випаданням опадів в другу половину літа. Збудник хвороби - гриб *Phytohthora intestans* de Bary. Фітофтора вражає листя, стебла і бульби, іноді бутони і ягоди картоплі. Перші ознаки хвороби з'являються на нижніх листках картопляного куща у вигляді темно-бурих мокрих плям. На нижній стороні листя на межі здорової та ураженої тканини утворюється білий наліт, який добре видно в дощову погоду або вранці до висихання роси. За сприятливих умов, коли часто випадають опади і помірна температура, хвороба на полі поширюється дуже швидко і протягом 7-10 днів може знищити все бадилля картоплі. За літературними даними, початок появи фітофтори на ранніх сортах, слід очікувати через 7-10 днів після того, як в кожен з цих днів, спостерігалася середня добова температура повітря, порядку 13-20 °С, при відносній вологості повітря більше 75 % і сумі опадів за декаду більше 20 мм.

В моделі для боротьби з фітофторозом картоплі, моделюється температура повітря, відносна вологість повітря та опади і вплив цих факторів на поширення захворювання. За допомогою цієї моделі, можна вичислити вплив температури повітря, відносної вологості повітря та опадів на розвиток захворювання за мінімальний період і тоді поширення епідемії захворювання можна уникнути. Модель не прогнозує чи відбудеться епідемія спалаху захворюваності, чи ні, вона тільки прогнозує, що в найкоротші терміни може початися розвиток захворювання. За допомогою моделі, користувачу не треба проводити будь-яких заходів по боротьбі з фітофторозом, до того часу коли це буде потрібно, до цього часу рекомендується проводити на полі візуальну перевірку картопляних кущів [98].

Численними авторами були проведені дослідження по впливу екстремально-високих температур повітря та попереднього проростання бульб картоплі на врожайність картоплі для північно-кліматичних умов [99]. Екстремально-високі температури і попереднє проростання бульб картоплі може збільшити початковий розвиток картоплі, що дозволяє отримати врожаї картоплі в більш ранні строки. Вирощування ранніх сортів картоплі без

попереднього проростання бульб, це не можливо в північно-кліматичних умовах. Метою цього дослідження було визначити, який буде врожай картоплі, яка буде вага бульб, якщо їх до посадки попередньо пророщують під впливом екстремально-високих температур. Основні висновки цієї роботи були такі, сходи картоплі, бульби яких оброблялися екстремально-високими температурами до посадки, появлялися на 2-5 днів раніше, сходів картоплі, бульби яких не оброблялися екстремально-високими температурами до посадки. Проростання оброблених бульб картоплі скоротилося на 7-12 днів, порівняно з необробленими бульбами картоплі. Крім того, при впливі екстремально-високих температур значно збільшується кількість бульб картоплі, хоча їх середня вага була нижча, ніж у бульб попередньо пророслих рослин, які не оброблялися екстремально-високими температурами до посадки.

LINTUL - це імітаційна модель картоплі, яка була використана для гірської місцевості і низовини невеликої держави в східній Африці Бурунді. В Бурунді, картопля культивується в нагір'ї. Більшість досліджень, які проводяться в Бурунді стосовно врожайності картоплі, були проведені в гірській місцевості, де традиційно вирощують картоплю. З 2005 по 2008 роки проводились дослідження в різних контрастних середовищах. Розрахунки цих експериментів знаходяться у базі даних, ця база даних може бути використана для проведення чисельних експериментів імітаційної моделі LINTUL, для того щоб пояснити систему і протестувати нові гіпотези. Багато моделей росту сільськогосподарських культур існують у всьому світі, модель LINTUL використовується для картоплі і була розроблена Kooman і Haverkort у 1995 році, за основу цієї моделі були взяті моделі авторів Spitters і Schapendonk, яка була розроблена у 1990 році і модель Monteith, яка вважається однією з піонерських робіт Monteith у 1977 році [100].

За допомогою моделі LINTUL розраховувалась потенційна врожайність картоплі, яку порівнювали з потенційною врожайністю отриманою в результаті експериментів, які проводили в відповідних областях з використанням СІР генотипів картоплі. СІР генотипи картоплі були адаптовані до тропічних умов. Відхилення потенційного врожаю картоплі, за якими спостерігали, варіювалися у зв'язку з генотипом і місцем розташування. Ці відхилення були використанні для характеристики поведінки СІР генотипів та їх адаптації в даному регіоні. В Бурунді спостерігаються високі температури повітря, що зменшує врожайність картоплі та вагу бульб картоплі, спостереження які проводились в даній місцевості це підтвердили. В імітаційної моделі LINTUL правильно моделюються ці процеси. Відхилення показали зміну врожайності картоплі, СІР генотипи картоплі сильно відрізнялися різною врожайністю в залежності від температури повітря, але інші фактори, такі як відмінності в чутливості до хвороб, появи шкідників і т.п., можливо також зіграли свою роль. СІР генотипи картоплі, які придатні для гірської місцевості, були також визначені

і для низовини. Вибрані генотипи для низовини, де температура повітря вище на 8°C в рівнянні з гірською місцевістю, можуть бути корисними навіть і у більш холодних районах, де температура може зростати у зв'язку з глобальним потеплінням. В імітаційній моделі LINTUL були показані масштаби подальших втрат врожаю картоплі в низинах, якщо засуха не розглядається належним чином [100].

### 6.6.3 Модель продукційного процесу рослин Сеппа-Тоомінга

#### 6.6.3.1 Принципи побудови моделі

В основу моделі продукційного процесу агроценозу рослин (на прикладі картоплі) POMOD (POtato MODeL) покладена концепція максимальної продуктивності рослин Х.Г. Тоомінга і метод еталонних урожаїв, який випливає з цієї концепції. Розглянута динамічна модель створена для розрахунку потенційної урожайності (ПУ) і метеорологічно можливої урожайності (ММУ). При цьому ПУ визначається шляхом врахування приходу фотосинтетично-активної радіації (ФАР) і біологічних особливостей культури (сорту) при оптимальному режимі метеорологічних факторів, а ММУ розглядається як найвища урожайність в існуючих метеорологічних умовах.

З фізіологічних процесів у POMOD враховуються основні процеси: фотосинтез, дихання і ріст. З зовнішніх факторів при розрахунку ПУ враховуються суми сумарної сонячної радіації, а при розрахунку ММУ додається врахування температури повітря, опадів і весняних запасів продуктивної вологи у ґрунті. Розрахунок фотосинтезу проводиться з кроком в одну годину. Приріст біомаси рослин визначається з кроком в одну добу. У моделі можна використовувати щогодинну, середню добову, а також середню декадну метеорологічну інформацію.

#### 6.6.3.2 Визначення потенційної урожайності

s

Відповідно до загальних принципів моделювання динамічних процесів усі зміни у досліджуваній системі і її параметри (перемінні стану) визначаються протягом розглянутого періоду через деякі встановлені інтервали часу. Цей інтервал називається кроком розрахунку. На кожному часовому кроці за основу розрахунку приймаються результати попереднього кроку. Так, якщо прийняти за крок розрахунку добу, то загальна біомаса рослини  $M_j$  у  $j$ -у добу вегетаційного періоду визначається як сума біомаси



$M_{j1}$ , наприкінці попередньої доби, що має номер  $j - 1$ , і приросту біомаси  $\Delta M_j$  на дану добу, тобто

$$M_j = M_{j-1} + \Delta M_j, \quad (6.17)$$

Аналогічно проводиться розрахунок біомаси й окремих органів

$$m_{i,j} = m_{i,j-1} + \Delta m_{i,j}, \quad (6.18)$$

де  $i$  – орган (1 – листя, 2 – стебла, 3 – корені, 4 – колосся, бульби);

$m_{i,j-1}$  – біомаса  $i$ -го органа наприкінці  $j-1$  або на початку  $j$ -тої доби на одиницю площі;

$\Delta m_{i,j}$  – приріст біомаси  $i$ -го органа за  $j$ -ту добу.

У розглянутій моделі при визначенні величини  $\Delta M_j$  враховується фотосинтез і дихання, які розглядаються як реалізовані в умовах зовнішнього середовища, близьких до оптимальних. Звідси  $\Delta M_j$  має сенс потенційного приросту і знаходиться за формулою

$$\Delta M_j = \int_0^t \int_0^{L_{j-1}} \varepsilon (\Phi - R_1) dL d\tau - R_2, \quad (6.19)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт ефективності газообміну, тобто коефіцієнт переходу від маси засвоєного двоокису вуглецю до сухої фітомаси (виходячи з хімічного рівняння фотосинтезу,  $\varepsilon = 0,67$ ), мг сухої речовини/мг  $\text{CO}_2$ ;

$\Phi$  – інтенсивність фотосинтезу листя, мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2\text{-год})$ ;

$R_1$  – інтенсивність дихання росту, мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2\text{-год})$ ;

$R_2$  – дихання підтримки структур, мг/дм<sup>2</sup>;

$L$  – індекс листкової поверхні, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;

$\tau$  – годинний кут.

Інтегрування газообміну проводиться за зовнішнім інтегралом в рамках часового кроку розрахунку біомаси, тобто в межах доби ( $t = 24$ ). При цьому в ході чисельного інтегрування дискретність складає одну годину. У внутрішньому інтегралі інтегрування відбувається за допомогою площі листкової поверхні, причому верхньою межею є значення індексу листкової поверхні наприкінці попереднього кроку  $L_{j-1}$ .

Розподіл загального приросту  $\Delta M_j$  між окремими органами і перерозподіл існуючих асимілятів описується за допомогою ростових функцій. Ці функції, уперше запропоновані Ю.К. Россом, представлені в сумах температур і мають у моделі наступний вигляд:

$$\begin{aligned}\Delta m_{i,j} &= A_{i,\Sigma T} \Delta M_j - B_{i,j} T_j m_{i,j} \quad \text{при } i=1, 2, 3, \\ \Delta m_{4,j} &= A_{4,\Sigma T} \Delta M_j + \sum_{j=1}^3 B_{i,j} T_j m_{i,j},\end{aligned}\quad (6.20)$$

де  $A_{i,\Sigma T}$  – вегетативні функції росту як функції сум середніх добових температур вище нуля, безрозмірні;

$B_{i,j}$  – репродуктивні функції росту, що показують, яка частка біомаси інших органів переходить у бульби,  $1/...^{\circ}\text{C}$ ;

$T_j$  – середня температура повітря  $j$ -ої доби,  $^{\circ}\text{C}$ .

Інтенсивність фотосинтезу листя визначається за відомою формулою

$$\Phi = \frac{a\Pi(L,\tau)}{1 + \frac{\sqrt{c}}{1 - \sqrt{c}} \cdot \frac{\Pi(L,\tau)}{\bar{\Pi}}}, \quad (6.21)$$

де  $\Pi(L,\tau)$  – інтенсивність поглиненої в посіві фотосинтетично активної радіації,  $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ ;

$a$  – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу,  $(\text{мг CO}_2\cdot\text{дм}^{-2}\cdot\text{год}^{-1}) / (\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2})$ ;

$\bar{\Pi}$  – інтенсивність радіації пристосування,  $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ ;

$c$  – коефіцієнт витрат на дихання при світловому насиченні, що дорівнює:

$$c = \sigma_2/\sigma_1;$$

$\sigma_1$  і  $\sigma_2$  – інтенсивність фотосинтезу і дихання при світловому насиченні, які розраховані на одиницю сухої біомаси листя,  $\text{мг CO}_2/(\text{г}\cdot\text{год})$ .

У моделі приймається, що дихання складається з двох компонентів: дихання росту  $R_1$  і дихання підтримки структур  $R_2$ . Дихання росту  $R_1$  вважається пропорційним фотосинтезу, тобто передбачається, що має місце лінійна залежність

$$R_1 = c_1 \Phi, \quad (6.22)$$

Дихання підтримки структур приймається пропорційним накопиченій біомасі і розраховується для окремих органів рослини. Розрахунок ведеться за формулою

$$R_2 = \sum_{i=1}^4 c_{2i} m_i, \quad (6.23)$$

де  $c_1$  і  $c_{2i}$  – коефіцієнти витрат на дихання, безрозмірні.

Індекс листової поверхні визначається як відношення маси листя до питомої поверхневої щільності

$$L_j = m_{1,j}/m_t, \quad (6.24)$$

При цьому згідно Х.Г. Тоомінга, питома поверхнева щільність виражається наступною залежністю

$$m_t = \frac{a}{\sigma_1} \cdot \frac{1 - \sqrt{c}}{\sqrt{c}} \bar{P}, \quad (6.25)$$

Для розрахунку фотосинтезу за формулою (6.21) проводиться визначення інтенсивності поглиненої посівом ФАР  $P(L, \tau)$  за формулою

$$P(L, \tau) = (1 - A_\phi) \left( c_S S' \frac{\partial a_S}{\partial L} - c_D D \frac{\partial a_D}{\partial L} \right), \quad (6.26)$$

де  $A_\phi$  – альbedo посіву в області ФАР, безрозмірне;

$S'$  – щільність потоку прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню, Вт/м<sup>2</sup>;

$c_S$  – коефіцієнт переходу від інтегральної прямої радіації до прямої ФАР, безрозмірний;

$D$  – щільність потоку розсіяної радіації, Вт/м<sup>2</sup>;

$c_D$  – коефіцієнт переходу від інтегральної розсіяної радіації до розсіяної ФАР, безрозмірний;

$a_D$  – коефіцієнт пропускання розсіяної радіації у посіві, безрозмірний;

$a_S$  – коефіцієнт пропускання прямої радіації у посіві, безрозмірний.

Похідні  $\partial a_S / \partial L$  і  $\partial a_D / \partial L$  залежать від геометричної структури посіву. Для картоплі функція геометричної структури  $G_L(h_o)$ , тобто проекція одиниці площі листя на поверхню, перпендикулярну сонячним променям, виражається формулою

$$G_L(h_o) = 0,85 \sin h_o, \quad (6.27)$$

де  $h_0$  – висота Сонця, град.

У такому випадку для  $\partial a_S / \partial L$  і  $\partial a_D / \partial L$  будемо мати

$$\frac{\partial a_S}{\partial L} = \frac{\partial a_D}{\partial L} = 0,85 \exp(-0,85L), \quad (6.28)$$

і рівняння (6.26) буде мати вигляд

$$П(L, \tau) = (1 - A_\phi)(c_S S' + c_D D) 0,85 \exp(-0,85L), \quad (6.29)$$

Якщо підставити цей вираз у формулу фотосинтезу (6.21) і проінтегрувати за індексом листової поверхні, отримаємо наступний вираз для розрахунку інтенсивності фотосинтезу всієї листової площі:

$$\Phi_L = \int_0^{L_{j-1}} \Phi dL = \frac{\Phi_{\max}}{0,85} \ln \left[ \left( 1 - \frac{0,85a(1 - A_\phi)}{\Phi_{\max}} Q_\phi \right) : \left( 1 + \frac{0,85a(1 - A_\phi)}{\Phi_{\max}} Q_\phi e^{-0,85L_{j-1}} \right) \right] \quad (6.30)$$

де

$$\Phi_{\max} = a\bar{П}(1 - \sqrt{c}) / \sqrt{c}, \quad (6.31)$$

виражає інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні, а щільність потоку ФАР, що падає на посів, визначається за формулою

$$Q_\phi = c_S S' + c_D D, \quad (6.32)$$

Рівняння для розрахунку приросту біомаси (3) набуває вигляду

$$\Delta M_j = \varepsilon(1 - c_1) \int_0^t \Phi_L d\tau - \sum_{i=1}^4 c_{2i} m_{i,j}, \quad (6.33)$$

Інтенсивність і сума ФАР регулярно не вимірюються. Тому при розрахунках по моделі приходиться виходити із суми сумарної радіації. Оскільки коефіцієнти переходу для прямої і розсіяної радіації розрізняються, причому перший істотно залежить від висоти Сонця, то сумарну радіацію слід, насамперед, розділити на компоненти.

Щільність розсіяної радіації може бути визначена за формулою

$$D = Q_{\max} (a_D Q_N - b_D Q_N^2), \quad (6.34)$$

де  $Q_{\max}$  – щільність потоку можливої сумарної радіації Вт/м<sup>2</sup>;  
 $Q_N$  – відношення суми сумарної радіації  $Q_c$  до можливої суми сумарної радіації  $Q_m$  за той же часовий інтервал;  
 $a$  і  $b$  – безрозмірні параметри, які залежать від висоти Сонця.  
 Щільність потоку прямої радіації виражається залежністю

$$S' = Q_{\max} Q_N - D, \quad (6.35)$$

За допомогою формул (18) і (19) можна легко конструювати добовий хід радіації, пропорційний розділенню можливої сумарної радіації протягом дня, якщо відома сумарна радіація, нормована до можливої. Нормування можна провести за годинним, добовим або відповідним якомусь іншому проміжку часу сумам сумарної радіації.

Величина  $Q_{\max}$  описується за формулою Т.Г. Берлянд:

$$Q_{\max} = \frac{S_0 \sin h_o}{1 + f / \sin h_o}, \quad (6.36)$$

де  $S_0 = 1380$  Вт/м<sup>2</sup> – сонячна постійна;  
 $f$  – безрозмірний параметр, величина якого залежить від властивостей підстильної поверхні і атмосфери;  
 $\sin h_o$  визначається за астрономічною формулою

$$\sin h_o = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau, \quad (6.37)$$

де  $\varphi$  – географічна широта;

$\delta$  – схилення Сонця;

Схилення Сонця представлено у моделі дискретно у формі табличних даних.

### 6.6.3.3 Визначення метеорологічно-можливої урожайності

Для розрахунку ММУ потенціальний фотосинтез на кожному часовому кроці розрахунку помножується на деяку нормовану функцію  $\Psi$ , яка

відображає поточний вплив метеорологічних факторів, що лімітують процес фотосинтезу

$$\Phi_{\text{ММУ}} = \Phi\Psi, \quad (6.38)$$

За фактори навколишнього середовища, які лімітують продуктивність рослин, приймаються запаси продуктивної вологи у ґрунті і температура повітря. При цьому зниження приросту сухої біомаси під впливом дії окремого фактору враховується за допомогою функції, яка має максимум в оптимальній області даного фактора. Зокрема, вплив температурного фактора, виражається залежністю

$$\Psi_T = \exp[-\alpha_T(T - T_{\text{онт}})^2], \quad (6.39)$$

де  $T$  – температура повітря;

$\alpha_T$  – емпіричний параметр, град<sup>-2</sup>;

$T_{\text{онт}}$  – оптимальна температура для фотосинтезу.

Залежним від температури вважається також коефіцієнт дихання підтримки

$$c_2 = a_o \cdot 2^{T/10}, \quad (6.40)$$

де  $a_o$  – безрозмірний емпіричний параметр.

Вплив запасів продуктивної вологи на фотосинтез також описується експоненціальною кривою з «розширеним» діапазоном оптимальних значень. При цьому оптимальними вважаються запаси вологи, що знаходяться в діапазоні від 60 до 100 % найменшої вологоємності ґрунту. Відповідна формула має вигляд

$$\Psi_W = \begin{cases} \exp\left[-b_1\left(\frac{W_{\text{онт}1} - W}{W_{\text{онт}1}}\right)^2\right] & \text{при } W < W_{\text{онт}1}, \\ 1 & \text{при } W_{\text{онт}1} \leq W \leq W_{\text{онт}2}, \\ \exp\left[-b_2\left(\frac{W - W_{\text{онт}2}}{W_{\text{max}} - W_{\text{онт}2}}\right)^2\right] & \text{при } W > W_{\text{онт}2}, \end{cases} \quad (6.41)$$

де  $W$  – запаси продуктивної вологи ґрунту, мм;  
 $W_{onm1}$  і  $W_{onm2}$  – межі оптимального діапазону запасів продуктивної вологи ґрунту, які відповідають 60 і 100 % найменшої вологостійкості; мм;  
 $b_1$  і  $b_2$  – безрозмірні емпіричні коефіцієнти.  
 Запаси продуктивної вологи ґрунту визначаються із рівняння водного балансу

$$W = W_0 + U - E - V, \quad (6.42)$$

де  $W_0$  – початкові вологозапаси, мм;

$U$  – опади, мм;

$E$  – евапотранспірація, мм;

$V$  – стік води, мм.

Для розрахунку евапотранспірації використовується формула, знайдена за даними польового експерименту, що має вигляд

$$E = Q_c (a_E + b_E \sqrt{L}) \min\{1, W / W_{onm1}\}, \quad (6.43)$$

де  $Q_c$  – сумарна енергія падаючої сонячної радіації, МДж·м<sup>-2</sup>;

$L$  – індекс листкової поверхні, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;

$a_E$ ,  $b_E$  – емпіричні коефіцієнти, мм/(МДж·м<sup>-2</sup>).

Слід зазначити, що широко розповсюджений спосіб врахування сумарного впливу метеорологічних факторів на продукційний процес у вигляді добутку коефіцієнтів відносного значення окремих впливів у динамічних моделях викликає сумнів. Така маніпуляція не узгоджується з добре відомим у землеробстві законом мінімуму і веде до збільшення сумарного впливу, який лімітує фотосинтез. Особливо сильно це виражається тоді, коли часовий крок розрахунку малий. При врахуванні спільного впливу факторів, які лімітують фотосинтез, виходимо з закону мінімуму Лібіха. Відповідно до цього закону ріст рослин обмежується фактором, що в найменшій мірі задовольняє вимогам виду рослин, тобто значення функції вплив якої найнижчий. Звідси

$$\Psi_L = \min\{\Psi_T, \Psi_W\}, \quad (6.44)$$

Звичайно, застосування цього закону обмежено. Точність його тим нижче, чим довше період, протягом якого він застосовується. Для ослаблення

надлишкової жорсткості цього принципу для коефіцієнта  $\Psi_L$  введено коригувальне виправлення, за яким дія факторів, які лімітують фотосинтез, виражається функцією

$$\Psi = \Psi_L [1 \pm (1 - \Psi_T)(1 - \Psi_W)], \quad (6.45)$$

У цій формулі знак «+», який зменшує лімітуючий вплив комплексу температури і вологи, використовується при  $T < T_{onm}$  і  $W < W_{opt1}$  (посуха і низька температура) або при  $T > T_{onm}$  і  $W > W_{onm2}$  (надлишок води і висока температура), знак «-», навпаки, підвищує спільне лімітування і застосовується при  $T < T_{onm}$  і  $W > W_{onm2}$  або при  $T > T_{onm}$  і  $W < W_{onm1}$ .

Модель ROMOD призначена для проведення розрахунків за весь період вегетації. З моменту визначення початкових весняних вологозапасів у ґрунті починається розрахунок водного балансу. Початком розрахунку динаміки біомаси рослин і їхніх органів вважається момент, з якого приріст вегетативних органів перевищує відтік речовини з материнської бульби. Цей момент визначається при позитивних температурах, підсумовування яких починається з моменту посадки. Оптимальною датою посадки картоплі вважається дата стійкого переходу температури ґрунту на глибині 10–12 см через 8 °C.

Приймається, що рослини закінчують ріст і розвиток з настанням перших осінніх заморозків, коли температура на поверхні ґрунту падає нижче -2 °C. При відсутності ранніх заморозків восени за кінець вегетаційного періоду в розрахунках ММУ приймається час, коли середня добова температура повітря опускається нижче 7 °C. Якщо температура не лімітує ріст і розвиток, то розрахунки проводяться до кінця вересня.

Оскільки визначення потенційного урожаю не встановлює умов для обмеження тривалості періоду розрахунку, то ПУ розраховується для того ж періоду, що і ММУ, причому біологічний час (сума температур) для обох варіантів розраховується однаково. Таким чином, ПУ не є повністю незалежним від температури, а залежить від термічних ресурсів посередньо. Такий шлях розрахунку ПУ з метою визначення агрометеорологічних ресурсів є доцільним.

Таким чином, створюється можливість визначення недобору урожайності за конкретний вегетаційний період через несприятливі метеорологічні умови. Величину ПУ можна розраховувати також за середніми багаторічними даним або за якимсь іншим сценарієм.



#### 6.6.3.4 Ідентифікація зв'язків і параметрів моделі

При розробці формул для розрахунку необхідних величин і ідентифікації параметрів моделі використовувалася емпірична інформація з чотирьох джерел: польових дослідів, сортодослідних ділянок, агрометеорологічних станцій і літературних даних.

Визначення функцій росту картоплі.

Функції росту визначені Ю.К. Россом, відповідно до рівняння росту

$$\frac{\Delta m_i}{\Delta t} = A_i \frac{\Delta M}{\Delta t} + MB_i, \quad (6.46)$$

де  $\Delta m_i / \Delta t$  – приріст  $i$ -го органа за інтервал часу  $\Delta t$ ;

$A_i$ , і  $B_i$  – відповідно функції вегетативного і репродуктивного росту.

Функції вегетативного росту  $A_i$  розраховуються за умови, що репродуктивний ріст дорівнює нулю, тобто  $B_i = 0$ , як

$$A_i = \frac{\Delta m_i}{\Delta M}, \quad (6.47)$$

Для періоду репродуктивного росту  $A_i = 0$  і  $B_i$ , можна визначити за формулою

$$B_i = \frac{\Delta m_i}{\Delta t} \frac{1}{M}, \quad (6.48)$$

При розробці цих формул Ю.К. Росс запропонував вважати, що обмін «старих» асимілятів пропорційний загальній сухій біомасі цілої рослини. У розрахунках по моделі POMOD загальна біомаса  $M$  в знаменнику (6.48) замінена на біомасу відповідних органів  $m_i$ , припускаючи, що відтік «старих» асимілятів в першу чергу залежить від біомаси органа, з якого відбувається відтік «старих» асимілятів. Заміна  $M$  на  $m_i$  повинна зблизити значення  $B_i$  окремих органів між собою, при цьому спрощується їхнє використання. У такому випадку функції репродуктивного росту, що враховують тільки перетікання «старих» асимілятів з інших органів у бульби, описуються формулою

$$B_i = \frac{1}{m_i} \frac{dm_i}{dt} \quad \text{при } i = 1, 2, 3. \quad (6.49)$$

Функції росту  $A_i$  і  $B_i$ , картоплі середньопізнього сорту Сулев вимірялися в польових дослідках в Естонії протягом п'яти років. Отримані результати показують, що функції росту, які є в першу чергу характеристиками виду чи сорту, до деякої міри залежать від факторів навколишнього середовища. Для зменшення цієї залежності розглянуті функції доцільно представити в шкалі так названого біологічного часу, яку можна замінити сумами температур.

Для вибору порога, вище якого підсумовуються середні добові температури, був проведений аналіз функцій росту листя за п'ять років. Функції росту листя були обрані тому, що урожай найбільш чуттєвий саме до характеру росту листкової поверхні.

Отримані результати показують, що функції росту листя в окремі роки дають найбільше гарний збіг між собою, якщо початком відліку сум температур вибрати 0 °С. Якщо початком шкали вважати температури 5, 8 чи 10 °С, то функції росту листків в окремі роки відрізняються більше. Отже, осереднені функції росту доцільно розраховувати як функції сум позитивних температур (рис. 6.120).

У розрахунках з моделлю POMOD на ПЕОМ значення функцій  $A_i$  представлені в табульованій формі з часовим кроком 10 °С.

Функції репродуктивного росту  $B_i$  приймаються до уваги, якщо  $\Delta m_{i,j} < 0$  ( $i$  дорівнює 1, 2, 3). Виходячи з цієї умови і першого рівняння (6.49), була знайдена формула для розрахунку  $B_i$ . Подібно  $A_i$  функції  $B_i$  виражаються як функції суми температур вище 0 °С і мають вигляд

$$B_{i,j} = \frac{m_{i,j-1} - m_{i,j} - v_{i,j}}{m_{i,j-1} \sum_{j=1}^j T}, \quad (6.50)$$

де  $j$  – порядковий номер вимірювання біомаси;

$v_{i,j}$  – опад біомаси  $i$ -го органа між вимірами  $j-1$  і  $j$ ;

$\sum_{j=1}^j T$  – сума середніх добових температур між вимірами  $j-1$  і  $j$ .

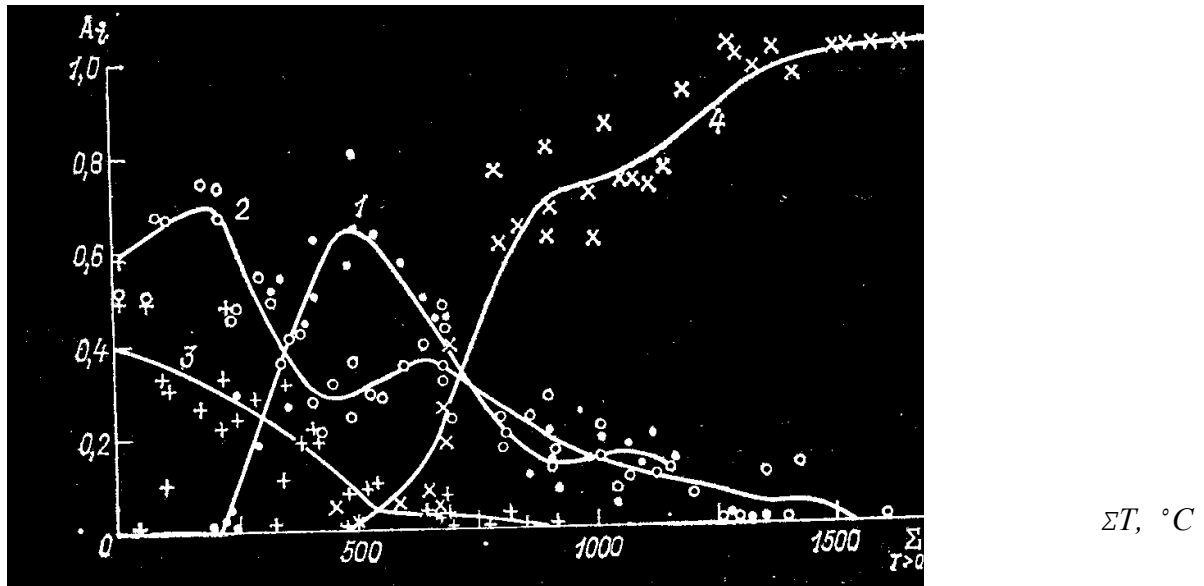


Рисунок 6.120 - Функції вегетативного росту картоплі сорту Сулев в залежності від сум позитивних температур.  
1 – листя; 2 – стебла; 3 – корені; 4 – бульби.

При проведенні польових дослідів виникають труднощі вимірювання опаду  $v_{i,j}$ , оскільки складно установити, якій рослині належали висохлі стебла і листки, а визначення опаду коренів є практично неможливим. У зв'язку з цим у дослідях опад не вимірюється, а пропонується інший спосіб визначення значення  $B_{i,j}$  – за наявними експериментальними даними.

З цією метою використовується наступна формула, яка відрізняється від (6.50) тим, що доданок  $v_{i,j}$  тут опущений

$$B_{i,j}^* = \frac{m_{i,j-1} - m_{i,j}}{m_{i,j-1} \sum_{j=1}^j T}, \quad (6.51)$$

Величину  $B_{i,j}^*$  варто розраховувати тільки в тих випадках, коли  $A_{i,j} \leq 0$  у всьому інтервалі між вимірами  $j-1$  і  $j$ . Отримані таким шляхом значення  $B_{i,j}^*$  представлені у вигляді чисельних рядів (рис. 6.121) окремо для кожного органа. Кожний з цих рядів починається сімейством точок, причому надалі частота точок у ряду зменшується. Можна прийняти, що ущільнення точок на початку рядів відповідає випадкам, коли опаду не має, і середнє значення ущільнених точок можна вважати функцією репродуктивного росту  $B_{i,j}$ . Розсіяні підвищені значення  $B_{i,j}^*$  характеризують, крім притоку речовин у бульби, і опад. Виявляється (рис. 6.121), що значення  $B_{i,j}$  можна вважати

приблизно рівними для усіх вегетативних органів:  $B_{i,j} = 0,0003 \text{ град}^{-1}$  при  $A_i = 0$ .

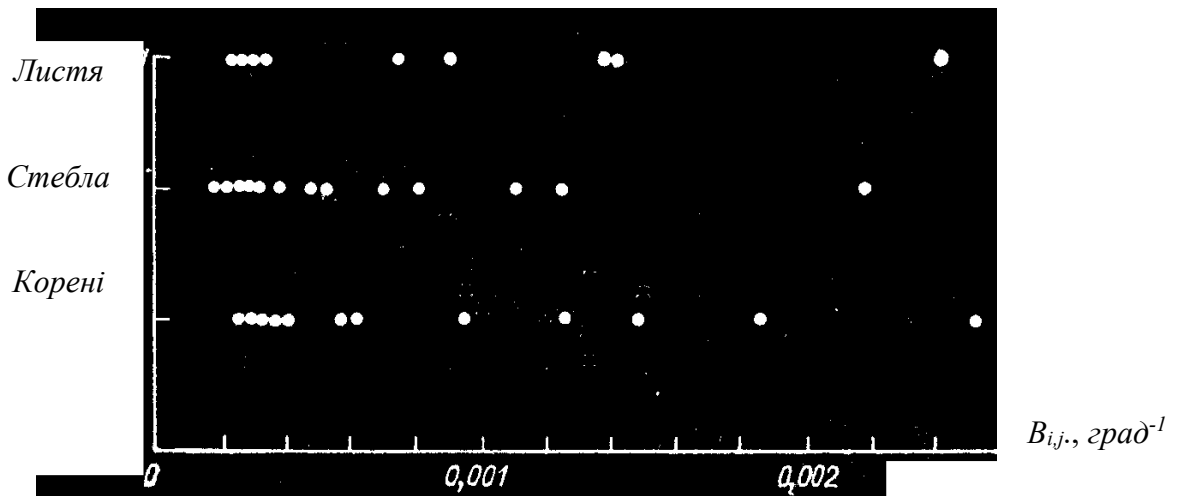


Рисунок 6.121 - Значення функцій репродуктивного росту окремих органів, які розраховані за дослідними даними без врахуванняпаду листя.

#### 6.6.3.5 Визначення коефіцієнтів у формулі температурної залежності фотосинтезу

Параметри кривої температурної залежності фотосинтезу (6.39) були визначені для картоплі на основі досліджень Е. Вунклера. Шляхом підсумовування цих даних, була отримана залежність чистого фотосинтезу від температури при різній освітленості й у різні міжфазні періоди вегетаційного циклу. Після нормування на їхні максимуми ці залежності осереднювались. Отримана таким шляхом емпірична крива характеризує середній вплив температури на фотосинтез (рис. 6.122). При цьому виявилось, що емпірична крива має максимум при температурі  $18,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , який варто вважати значенням параметра  $T_{opt}$ .

Значення емпіричного параметра  $\alpha_T$ , прийняте рівним  $0,0038 \text{ град}^{-2}$ , було визначено методом найменших квадратів. При цих значеннях параметрів у діапазоні від  $8$  до  $38 \text{ }^{\circ}\text{C}$  крива (6.39) практично точно описує емпіричні дані (рис. 6.122).

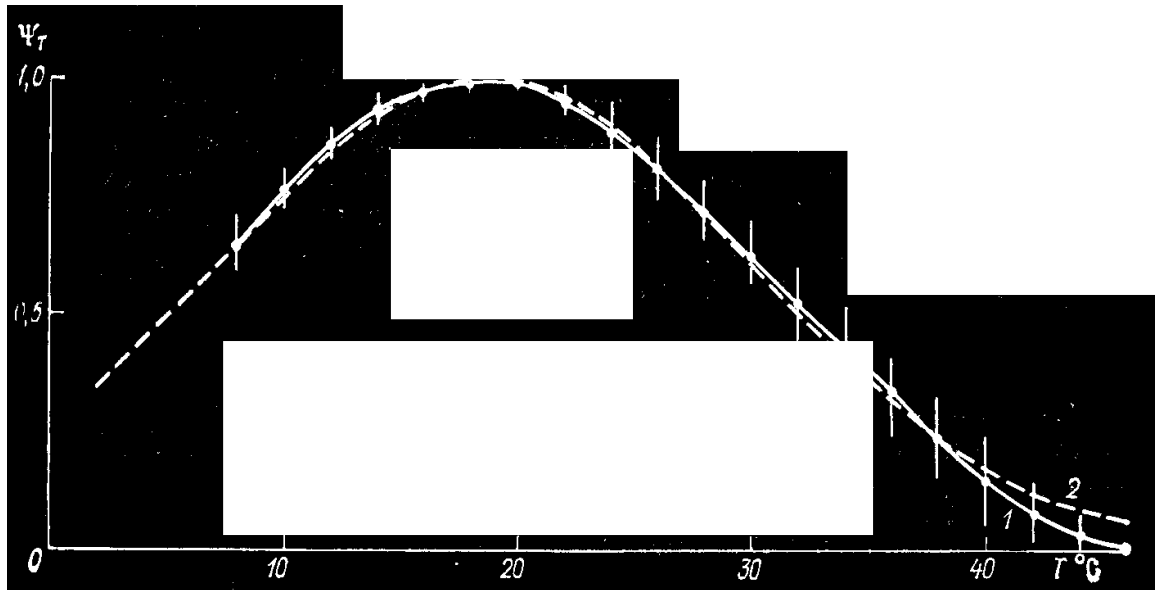


Рисунок 6.122 - Температурна залежність фотосинтезу ( $\psi_T$ ): експериментальна (1) і розрахована (2) за формулою (6.39).

Вертикальними лініями позначені середні відхилення від осереднених даних вимірювань.

#### 6.6.3.6 Визначення коефіцієнтів у формулах дихання

Коефіцієнт витрат  $c_1$  на дихання росту у формулі (6.22) вважається постійним, і як у багатьох інших моделях, він прийнятий рівним 0,25.

Коефіцієнти дихання  $c_{2i}$  підтримки структур враховані у моделі як залежні від температури. Згідно з експериментальними і літературними даними дихання підтримки структур зростає на кожні 10 °C приблизно в 2 рази.

Математично цей факт виражається формулою

$$c_{2i} = a_0 2^{T/10}, \quad (6.52)$$

де  $T$  – температура;

$a_0$  – значення  $c_{2i}$  при  $T = 0$  °C.

При розрахунку потенційного урожаю температура приймається рівній оптимальній температурі фотосинтезу  $T_{opt}$  і, крім коефіцієнта дихання підтримки структур бульб  $c_{24}$ , коефіцієнти для інших органів розглядаються

при постійній температурі, тобто вважаються незмінними протягом усього вегетаційного періоду. При температурі  $T_{opt}$  буде  $c_2 = c_{2i} = 0,015$  ( $i=1, 2, 3$ ). Підставляючи у рівняння (6.50) значення  $c_{2i}$  і  $T_{opt}$ , легко знайти, що  $a_0 = 0,0043$ . Дихання підтримки структур при  $i=1, 2, 3$  виражається в такому випадку, як

$$R_{2i} = 0,0043 m_i 2^{T/10}, \quad (6.53)$$

Що стосується коефіцієнта  $c_{24}$ , то він зменшується під час вегетації і, виходячи з даних Вінклера, відповідна залежність апроксимована виразом

$$\left. \begin{aligned} c_{24} &= (1,23 - 0,0099 j) c_2 & \text{при } j < 120, \\ c_{24} &= 0,05 c_2 & \text{при } j \geq 120, \end{aligned} \right\} \quad (6.54)$$

де  $j$  – порядковий номер доби, починаючи з 1 травня.

Відповідно дихання бульб описується такими формулами

$$\left. \begin{aligned} R_{24} &= (0,0053 - 0,000043 j) m_4 2^{T/10} & \text{при } j < 120, \\ R_{24} &= 0,00023 m_4 2^{T/10} & \text{при } j \geq 120. \end{aligned} \right\} \quad (6.55)$$

#### 6.6.3.7 Калібрування параметрів моделі

Одним з найбільш важких питань при динамічному моделюванні є визначення числових значень «відсутніх» параметрів. Виникнення подібних невідомих параметрів у моделях, які описують складні біологічні системи, може бути обумовлене, по-перше тим, що не відомо про всі процеси, які відбуваються у цих системах. Особливо гостро ця проблема встає при необхідності поєднання знань різних рівнів організації (наприклад, при переході з рівня окремих органів рослин на рівні цілих рослин або посівів в цілому). З іншого боку, існують параметри, які хоча і можуть бути експериментально визначені для деяких видів або сортів, однак повторення цих вимірювань для конкретної культури в конкретних екологічних умовах виявляється практично неможливим через велику трудомісткість чи відсутність необхідного устаткування. Нарешті, зустрічаються параметри, які «прив'язані» до структури конкретної моделі і без них не мають змістовного значення.

Дану проблему можна вирішити методом калібрування або настроювання моделі, яка базується на використанні самої розглянутої моделі. У літературі для цього методу зустрічається також термін «ідентифікація», але він часто використовується в більш широкому розумінні – як визначення структури моделі. Тому, якщо мова йде лише про визначення невідомих параметрів, то представляється більш придатним термін «калібрування». Метод калібрування полягає в тому, що розрахунки по моделі або частиною моделі проводяться для різних значень параметрів, які визначаються, розташованих у деякому діапазоні їхніх очікуваних значень. Результати розрахунків порівнюються з дослідними даними. На основі придатного критерію (середня квадратична помилка, коефіцієнт кореляції і т.д.) вибираються такі значення параметрів, при яких збіг розрахованих даних з реальними виявляється найкращим. Такий підхід, однак, пов'язаний з можливістю (особливо при великій кількості каліброваних параметрів) отримання нереальних значень, які складають якийсь локальний оптимум. Тому перед використанням результати калібрування необхідно порівняти з даними, що існують у літературних джерелах.

Стосовно до моделі POMOD невизначеними параметрами залишилися величини  $a$ ,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ , і  $\bar{P}$  у формулі фотосинтезу (6.21) і коефіцієнти  $b_1$  і  $b_2$  у формулі (6.43). Ці параметри визначалися методом калібрування за допомогою самої моделі. У процесі калібрування використовувалася метеорологічна і фенологічна інформація, а також реальні урожаї картоплі, отримані в польових дослідях. Калібрування проводилося з урахуванням зниження індексу листової поверхні у другій половині вегетації за рахунок впливу фітофтори.

Значення параметрів  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\bar{P}$ ,  $b_1$  і  $b_2$  були визначені, виходячи з умови досягнення максимального коефіцієнта кореляції між розрахунковими і фактичними урожаями. Таким чином, було отримано, що  $\sigma_1 = 100 \text{ мг CO}_2/(\text{г} \cdot \text{год.})$ ,  $\sigma_2 = 10 \text{ мг CO}_2/(\text{г} \cdot \text{год.})$ ,  $\bar{P} = 28 \text{ Вт/м}^2$ ,  $b_1 = 1,4$  і  $b_2 = 0,7$ . Параметр  $a$ , змінювання якого не впливає на коефіцієнт кореляції, визначений за умови, що розрахований урожай (ММУ) не може бути менше фактичного. Такий вимозі задовольняло значення  $a = 0,497 \text{ (мг} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{год.}^{-1})/(\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2})$ , що приблизно відповідає шістнадцятиквантовому виходу фотосинтезу.

Отримані значення параметрів фотосинтезу знаходяться в задовільній відповідності з експериментально визначеними параметрами для видів рослин, з близькими вимогами до світлових умов. Визначені за даними польових дослідів значення інтенсивності радіації пристосовані для картоплі варіюють у межах  $17\text{--}30 \text{ Вт/м}^2$ .

Ідентифікація і калібрування параметрів моделі POMOD, наведені вище, здійснені для картоплі сорту Сулев. Для використання стосовно інших сортів параметри моделі необхідно визначати заново.

#### 6.6.4 Оцінка продукційного процесу картоплі в умовах зміни клімату

##### 6.6.4.1 Оцінка агрокліматичних умов вегетації картоплі

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2, терміни садіння картоплі змістяться на більш ранні строки: в Західному Лісостепу на 6 днів, в Поліссі – на 16 днів, в Степу на 6 днів, в Східному Лісостепу на 5 днів за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), терміни садіння картоплі змістяться на більш ранні строки: в Західному Лісостепу на 1 день, в Поліссі – на 1 день, в Степу на 6 днів, в Східному Лісостепу термін садіння картоплі зміститься на 1 день пізніше за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) (табл. 6.50).

Відповідно змістяться і строки появи сходів. В Західному Лісостепу сходи картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 26.V, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 21.V, що на 5 днів раніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) 25.V, що на 1 день раніше, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), в'янення бадилля за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 08.VIII, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 12.VIII, що на 4 дні пізніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в'янення бадилля спостерігалось 13.VII, що на 25 днів раніше.

Тривалість вегетаційного періоду в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 74 дня, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 83 дня, що на 9 днів більше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) тривалість вегетаційного періоду склала 86 днів, що на 12 днів більше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). В Поліссі сходи картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 29.V, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 11.V, що на 18 днів раніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) сходи картоплі спостерігались 27.V, що на 2 дня раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), в'янення бадилля за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 10.VIII, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 25.VII, що на 16 днів раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в'янення бадилля спостерігалось 4.VIII, що на 6 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Тривалість вегетаційного періоду за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 73 дня, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 75 днів, що на 2 дня більше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) тривалість вегетаційного періоду склала 69 днів, що на 4 дня менше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.)



Таблиця 6.50 - Фази розвитку картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	Садіння	Сходи	Цвітіння	В'янення бадилля	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Західний Лісостеп					
1986-2005	30.IV	26.V	29.VI	08.VIII	74
2011-2030	24.IV	21.V	02.VII	12.VIII	83
Різниця	-6	-5	+3	+4	+9
1986-2005	30.IV	26.V	29.VI	08.VIII	74
2031-2050	29.IV	25.V	28.VI	13.VII	86
Різниця	-1	-1	-1	-25	+12
Полісся					
1986-2005	01.V	29.V	03.VII	10.VIII	73
2011-2030	15.IV	11.V	09.VII	25.VII	75
Різниця	-16	-18	+6	-16	+2
1986-2005	01.V	29.V	03.VII	10.VIII	73
2031-2050	30.IV	27.V	30.VI	4.VIII	69
Різниця	-1	-2	-3	-6	-4
Степ					
1986-2005	21.IV	22.V	26.VI	28.VII	67
2011-2030	15.IV	11.V	08.VII	26.VII	76
Різниця	-6	-11	+12	-2	+9
1986-2005	21.IV	22.V	26.VI	28.VII	67
2031-2050	15.IV	12.V	29.VI	24.VII	73
Різниця	-6	-10	+3	-4	+6
Східний Лісостеп					
1986-2005	29.IV	26.V	30.VI	09.VIII	75
2011-2030	24.IV	21.V	03.VII	26.VIII	97
Різниця	-5	-5	+3	+17	+22
1986-2005	29.IV	26.V	30.VI	09.VIII	75
2031-2050	30.IV	25.V	29.VI	13.VIII	80
Різниця	+1	-1	-1	+4	+5

В Степу сходи картоплі за середньо багаторічними даними (1986–2005 рр.) спостерігалися 22.V, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 11.V, що на 11 днів раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) сходи картоплі спостерігалися 12.V, що на 10 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), в'янення бадилля за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 28.VII, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 26.VII, що на 4 дні раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в'янення бадилля спостерігалось 24.VII, що на 4 дні раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Тривалість вегетаційного періоду за середньо багаторічними

даними (1986-2005 рр.) склала 67 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 76 днів, що на 9 днів більше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) 73 днів, що на 6 днів більше. В Східному Лісостепу сходи картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 26.V, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 21.V, що на 5 днів раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) 25.V, що на 1 день раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), в'янення бадилля за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 09.VIII, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 26.VIII, що на 17 днів пізніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в'янення бадилля спостерігалось 13. VIII, що на 4 днів пізніше, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Тривалість вегетаційного періоду за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 75 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 97 днів, що на 22 днів більше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) тривалість вегетаційного періоду склала 80 днів, що на 5 днів більше. За умов реалізації сценарію зміни клімату, сходи в Західному Лісостепу, Поліссі, Степу та Східному Лісостепу спостерігались раніше від 5 до 18 днів, тривалість вегетаційного періоду була більшою від 2 до 22 днів.

За умов реалізації сценарію зміни клімату A1B, терміни садіння картоплі змістяться на більш ранні строки: в Західному Лісостепу на 8-10 днів, в Поліссі – на 9-10 днів, в Степу на 4-16 днів, в Східному Лісостепу на 2-9 днів за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) (табл. 6.51).

Відповідно змістяться і строки появи сходів. В Західному Лісостепу сходи картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 26.V, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 15.V, що на 10 днів раніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) 18.V, що на 8 днів раніше, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), в'янення бадилля за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 08.VIII, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) 30.VII, що на 8 днів раніше.

Тривалість вегетаційного періоду в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 74 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 76 днів, що на 2 днів більше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) тривалість вегетаційного періоду склала 73 днів, що на 1 день менше. В Поліссі сходи картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 29.V, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 18.V, що на 11 днів раніше, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) сходи картоплі спостерігались 19.V, що на 10 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), в'янення бадилля за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 10.VIII, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 24.VII, що на 16 днів

Таблиця 6.51 - Фази розвитку картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А1В (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	Садіння	Сходи	Цвітіння	В'янення бадилля	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Західний Лісостеп					
1986-2005	30.IV	26.V	29.VI	08.VIII	74
2011-2030	19.IV	15.V	18.VI	30.VII	76
Різниця	-10	-10	-10	-8	+2
1986-2005	30.IV	26.V	29.VI	08.VIII	74
2031-2050	22.IV	18.V	21.VI	30.VII	73
Різниця	-8	-8	-8	-8	-1
Полісся					
1986-2005	01.V	29.V	03.VII	10.VIII	73
2011-2030	20.IV	18.V	22.VI	24.VII	67
Різниця	-10	-11	+18	-16	-6
1986-2005	01.V	29.V	03.VII	10.VIII	73
2031-2050	21.IV	19.V	17.VI	24.VII	66
Різниця	-9	-10	-15	-16	-7
Степ					
1986-2005	21.IV	22.V	26.VI	28.VII	67
2011-2030	17.IV	18.V	22.VI	22.VII	65
Різниця	-4	-4	-4	-6	-2
1986-2005	21.IV	22.V	26.VI	28.VII	67
2031-2050	4.IV	5.V	14.VI	15.VII	71
Різниця	-16	-17	-12	-13	+4
Східний Лісостеп					
1986-2005	29.IV	26.V	30.VI	09.VIII	75
2011-2030	20.IV	16.V	24.VI	30.VII	77
Різниця	-9	-9	-6	-9	+2
1986-2005	29.IV	26.V	30.VI	09.VIII	75
2031-2050	27.IV	25.V	27.VI	05.VIII	72
Різниця	-2	-1	-3	-4	-3

раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в'янення бадилля спостерігалось 24.VII, що на 16 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Тривалість вегетаційного періоду за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 73 дні, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 67 днів, що на 6 днів менше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) тривалість вегетаційного періоду склала 66 днів, що на 7 днів менше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). В Степу сходи картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 22.V, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 18.V, що на 4 дні раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-

2050 рр.) сходи картоплі спостерігалися 5.V, що на 17 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), в'янення бадилля за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 28.VII, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 22.VII, що на 4 дні раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в'янення бадилля спостерігалось 15.VII, що на 13 днів раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Тривалість вегетаційного періоду за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 67 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 65 днів, що на 2 дня менше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) 71 день, що на 4 дня більше. В Східному Лісостепу сходи картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалися 26.V, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 16.V, що на 9 днів раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) 25.V, що на 1 день раніше в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), в'янення бадилля за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) спостерігалось 09.VIII, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 30.VII, що на 9 днів раніше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в'янення бадилля спостерігалось 5. VIII, що на 4 дня раніше, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Тривалість вегетаційного періоду за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) склала 75 днів, а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) 77 днів, що на 2 дня більше, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) тривалість вегетаційного періоду склала 72 днів, що на 3 дні менше. За умов реалізації сценарію зміни клімату, сходи в Західному Лісостепу, Поліссі, Степу та Східному Лісостепу спостерігались раніше від 1 до 17 днів, тривалість вегетаційного періоду була більшою від 2 до 4 днів.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 період сходи – цвітіння буде проходити при знижених температурах: на 0,4 °С у Західному Лісостепу, на 1,3 °С у Поліссі, на 1,8 °С у Степу та 1,4 °С у Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), на 0,6 °С у Західному Лісостепу, на 0,1 °С у Поліссі, на 1,5 °С у Степу та 0,5 °С у Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) (табл. 6.52).

Зниженим буде і температурний режим в період цвітіння – в'янення бадилля на 1,7 °С у Західному Лісостепу, на 1,3 °С у Поліссі, на 1,7 °С у Степу та 1,4 °С у Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), на 1,5 °С у Західному Лісостепу, на 0,8 °С у Поліссі, на 1 °С у Степу та 1,5 °С у Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.). Таким чином, середня температура повітря за весь вегетаційний період за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) буде зниженою у Західному Лісостепу на 1,1 °С, в Поліссі на 1,2 °С, в Степу на 1,5 °С, у Східному Лісостепу на 1,6 °С, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) буде зниженою у Західному Лісостепу на 0,9 °С, в Поліссі на 0,5 °С, в Степу на 1,1 °С, у Східному Лісостепу на 0,9 °С

Таблиця 6.52 - Агрокліматичні умови вирощування картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	Період сходи – цвітіння			Період цвітіння – в’янення бадилля			Весь вегетаційний період		
	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм
Західний Лісостеп									
1986 – 2005	17,2	577	112	19,9	775	116	18,5	1352	228
2011 – 2030	16,8	677	137	18,2	733	106	17,4	1410	243
Різниця	-04	+100	+25%	-1,7	-42	-10%	-1,1	+58	+15%
1986 – 2005	17,2	577	112	19,9	775	116	18,5	1352	228
2031 - 2050	16,6	569	94	18,4	835	112	17,6	1404	206
Різниця	-0,6	-8	-18%	-1,5	+60	-4%	-0,9	+52	-22%
Полісся									
1986 – 2005	16,6	604	108	19,2	710	117	17,9	1314	225
2011 – 2030	15,3	939	115	17,9	127	135	16,7	1230	250
Різниця	-1,3	+335	+7%	-1,3	-583	+18%	-1,2	-84	+25%
1986 – 2005	16,6	604	108	19,2	710	117	17,9	1314	225
2031 – 2050	16,5	573	110	18,4	627	100	17,4	1200	210
Різниця	-0,1	-31	+2%	-0,8	-83	-17%	-0,5	-114	-15%
Степ									
1986 – 2005	18,1	618	103	21,2	669	61	19,4	1284	164
2011 – 2030	16,3	983	88%	19,5	356	82%	17,9	1340	170%
Різниця	-1,8	+365	-15	-1,7	-313	+21	-1,5	+56	+6
1986 – 2005	18,1	618	103	21,2	669	61	19,4	1284	164
2031 – 2050	16,6	815	100	20,2	505	56	18,3	1319	156
Різниця	-1,5	+197	-3%	-1	-164	-5%	- 1,1	+35	-8
Східний Лісостеп									
1986 – 2005	17,2	598	90	19,8	772	94	18,5	1370	184
2011 – 2030	15,8	714	151	18,4	953	101	16,9	1667	252
Різниця	-1,4	+116	+61	-1,4	+181	+7	-1,6	+297	+68
1986 – 2005	17,2	598	90	19,8	772	94	18,5	1370	184
2031 – 2050	16,7	592	90	18,3	816	141	17,6	1408	231
Різниця	-0,5	-6	0	-1,5	+44	+47	-0,9	+38	+47

Кількість опадів у період сходи – цвітіння збільшиться в Західному Лісостепу на 25 %, в Полісся на 7 %, в Степу зменшиться на 15 %, в Східному Лісостепу збільшиться на 61 % за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), кількість опадів у період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.), зменшиться в Західному Лісостепу на 18 %, в Поліссі збільшиться на 2 %, в Степу зменшиться на 3 %, в Східному Лісостепу кількість опадів у період сходи – цвітіння не зміниться в порівнянні з середньо багаторічними даними (табл. 6.52). Для періоду цвітіння – в'янення бадилля кількість опадів зменшиться в Західном Лісостепу на 10 % та збільшиться в Поліссі на 18 %, для Степу на 21 %, в Східном Лісостепу на 7% за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), кількість опадів для періоду цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.), зменшиться в Західному Лісостепу на 4 %, в Поліссі на 17 %, в Степу на 5 % та збільшиться у Східному Лісостепу на 47 %. Таким чином, кількість опадів за період сходи – в'янення бадилля картоплі збільшиться в Західном Лісостепу на 15 %, в Поліссі на 25 %, в Степу на 6 %, в Східному Лісостепу на 68 % за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), кількість опадів за період сходи – в'янення бадилля картоплі за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) зменшиться в Західному Лісостепу на 22 %, в Поліссі на 15 %, в Степу на 8 % та збільшиться в Східному Лісостепу на 47 %.

Сума температур за період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на 100 °С, в Поліссі на 335 °С, в Степу на 365 °С, в Східному Лісостепу на 116 °С, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) сума температур за період сходи – цвітіння зменшиться в Західному Лісостепу на 8 °С, в Поліссі на 31 °С, збільшиться в Степу на 197 °С та зменшиться в Східному Лісостепу на 6 °С (табл. 6.52). Сума температур за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) зменшиться в Західному Лісостепу на 42 °С, в Поліссі на 583 °С, в Степу на 313 °С, а в Східному Лісостепу збільшиться на 181 °С, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на 60 °С, зменшиться у Поліссі на 83 °С, у Степу на 164 °С та збільшиться в Східному Лісостепу на 44 °С. Таким чином, сума температур за весь вегетаційний період за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на 58 °С, в Поліссі зменшиться на 84 °С, в Степу збільшиться на 56 °С, в Східному Лісостепу збільшиться на 297 °С, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на 52 °С, в Поліссі зменшиться на 114 °С, в Степу збільшиться на 35 °С, в Східному Лісостепу збільшиться на 38 °С.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В період сходи – цвітіння буде проходити при знижених температурах: на 0,5 °С у Західному Лісостепу, на 0,2 °С у Поліссі, на 0,3 °С у Степу та 0,2 °С у Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), на 0,8 °С у Західному

Лісостепу, на 0,7 °С у Поліссі, на 2,0 °С у Степу та збільшиться на 0,2 °С у Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) (табл. 6.53). Температурний режим в період цвітіння – в'янення бадилля буде зниженим на 0,4 °С у Західному Лісостепу і на 0,3 °С у Поліссі, збільшиться на 0,2 °С у Степу та 0,3 °С у Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), температурний режим в період цвітіння – в'янення бадилля збільшиться на 0,7 °С у Західному Лісостепу, на 0,5 °С у Поліссі, на 0,1 °С у Степу та 1,1 °С у Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.). Таким чином, середня температура повітря за весь вегетаційний період за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) буде зниженою у Західному Лісостепу на 0,5 °С, в Поліссі на 0,2 °С, в Степу на 0,3 °С, у Східному Лісостепу на 0,2 °С, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) буде зниженою у Західному Лісостепу на 0,8 °С, в Поліссі на 0,7 °С, в Степу на 2,0 °С, а у Східному Лісостепу збільшиться на 0,2 °С.

Кількість опадів у період сходи – цвітіння зменшиться в Західному Лісостепу на 23 %, в Поліссі на 17 %, в Степу на 31 %, а в Східному Лісостепу збільшиться на 9 % за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), кількість опадів у період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), зменшиться в Західному Лісостепу на 23 %, в Поліссі на 31 %, в Степу на 24 %, в Східному Лісостепу на 20 % (табл. 6.53).

Для періоду цвітіння – в'янення бадилля кількість опадів збільшиться в Західному Лісостепу на 2 %, зменшиться в Поліссі на 18 %, в Степу збільшиться на 7 %, та зменшиться в Східному Лісостепу на 4 % за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), кількість опадів для періоду цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), зменшиться в Західному Лісостепу на 18 %, в Поліссі на 9 %, в Степу на 5 % та збільшиться у Східному Лісостепу на 13 %.

Таким чином, кількість опадів за період сходи – в'янення бадилля картоплі зменшиться в Західному Лісостепу на 21 %, в Поліссі на 35 %, в Степу на 24 %, в Східному Лісостепу збільшиться на 5 % за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), кількість опадів за період сходи – в'янення бадилля картоплі за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) зменшиться в Західному Лісостепу на 41 %, в Поліссі на 40 %, в Степу на 29 % та збільшиться в Східному Лісостепу на 11 %.

Сума температур за період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) зменшиться в Західному Лісостепу на 17 °С, в Поліссі на 24 °С, та збільшиться в Степу на 13 °С, в Східному Лісостепу на 75 °С, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) сума температур за період сходи – цвітіння зменшиться в Західному Лісостепу на 18 °С, в Поліссі на 147 °С, збільшиться в Степу на 33 °С та зменшиться в Східному Лісостепу на 36 °С (табл. 6.53). Сума температур за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 44 °С, а зменшиться в Поліссі на 105 °С, в Степу на 31 °С, та в Східному

Таблиця 6.53 - Агрокліматичні умови вирощування картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	Період сходи – цвітіння			Період цвітіння – в’янення бадилля			Весь вегетаційний період		
	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм
Західний Лісостеп									
1986 – 2005	17,2	577	112	19,9	775	116	18,5	1352	228
2011 – 2030	16,7	560	89	19,5	819	118	18,1	1379	207
Різниця	-0,5	-17	-23%	-04	+44	+2%	-0,4	+27	-21%
1986 – 2005	17,2	577	112	19,9	775	116	18,5	1352	228
2031 - 2050	16,4	559	89	20,6	806	98	18,5	1365	187
Різниця	-0,8	-18	-23%	+0,7	+31	-18%	0	+13	-41%
Полісся									
1986 – 2005	16,6	604	108	19,2	710	117	17,9	1314	225
2011 – 2030	16,4	580	91	18,9	605	99	17,6	1185	190
Різниця	-0,2	-24	-17%	-0,3	-105	-18%	-0,3	-129	-35%
1986 – 2005	16,6	604	108	19,2	710	117	17,9	1314	225
2031 – 2050	15,9	457	77	19,7	721	108	17,8	1178	185
Різниця	-0,7	-147	-31%	+0,5	+11	-9%	-0,1	-136	-40%
Степ									
1986 – 2005	18,1	618	103	21,2	669	61	19,4	1284	164
2011 – 2030	17,8	631	72	21,4	638	68	19,6	1269	140
Різниця	-0,3	+13	-31%	+0,2	-31	+7%	+0,2	-15	-24%
1986 – 2005	18,1	618	103	21,2	669	61	19,4	1284	164
2031 – 2050	16,1	651	79	21,3	661	56	18,7	1312	135
Різниця	-2	+33	-24%	+0,1	-8	-5%	-0,7	+28	-29%
Східний Лісостеп									
1986 – 2005	17,2	598	90	19,8	772	94	18,5	1370	184
2011 – 2030	17,0	673	99	20,1	723	90	18,6	1396	189
Різниця	-0,2	+75	+9%	+0,3	-49	-4%	0,1	+26	+5%
1986 – 2005	17,2	598	90	19,8	772	94	18,5	1370	184
2031 – 2050	17,4	562	88	20,9	791	107	19,1	1353	195
Різниця	+0,2	-36	-20%	+1,1	+19	+13%	+0,6	-17	+11%

Лісостепу на 49 °C, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 31 °C, у Поліссі на 11 °C, у Степу зменшиться на



8 °С та збільшиться в Східному Лісостепу на 19 °С. Таким чином, сума температур за весь вегетаційний період за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 27 °С, зменшиться в Поліссі на 129 °С, в Степу на 15 °С, та збільшиться в Східному Лісостепу на 26 °С, за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 13 °С, в Поліссі зменшиться на 136 °С, в Степу збільшиться на 28 °С, та зменшиться в Східному Лісостепу на 17 °С.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 сумарне випаровування за період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 1 мм, в Поліссі на 8 мм та в Східному Лісостепу на 5 мм, а зниження сумарного випаровування на 5 мм буде спостерігатися в Степу (табл. 6.54). Сумарна випаровуваність за період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 3 мм, в Поліссі на 9 мм, в Степу на 2 мм, в Східному Лісостепу на 4 мм.

Сумарне випаровування за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) зменшиться в Західному Лісостепу на 5 мм, а збільшиться в Поліссі на 3 мм, в Степу на 10 мм та в Східному Лісостепу на 6 мм. Сумарна випаровуваність за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) зменшиться в Західному Лісостепу на 2 мм, в Поліссі на 1 мм, в Східному Лісостепу на 3 мм, а збільшиться в Степу на 34 мм.

Дефіцит вологи у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період сходи – цвітіння склав в Західному Лісостепу 68 мм, в Поліссі 66 мм, в Степу 117 мм, в Східному Лісостепу 87 мм, за період цвітіння – в'янення бадилля склав в Західному Лісостепу 62 мм, в Поліссі 60 мм, в Степу 76 мм, в Східному Лісостепу 80 мм. Дефіцит вологи у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) за період сходи - цвітіння збільшився в Західному Лісостепу на 2 мм, в Поліссі на 1 мм, в Степу на 7 мм, а зменшився в Східному Лісостепу на 1 мм. Дефіцит вологи у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) за період цвітіння – в'янення бадилля збільшиться в Західному Лісостепу на 3 мм, в Степу на 24 мм, а зменшиться в Поліссі на 4 мм та в Східному Лісостепу на 9 мм.

Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,53 відн. од., в Східному Лісостепу 0,60 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,74 відн.од., в Степу 0,5 відн.од., в Східному Лісостепу 0,63 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період цвітіння – в'янення бадилля становить в Західному Лісостепу 0,80 відн.од., в Поліссі 0,76 відн.од., в Степу 0,57 відн. од., в Східному Лісостепу 0,65 відн.од.

Таблиця 6.54 - Порівняння показників режиму вологозабезпеченості картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2031-2050 рр.)

Період	І період Сходи - цвітіння				ІІ період цвітіння – в'янення бадилля				Вегетаційний період
	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Волого- забезпе- ченість, від.од	Сумарне випаро- вування мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Волого- забезпе- ченість, від.од	Вологозабез- печеність, від.од
	Західний Лісостеп								
1986-2005	91	159	68	0,76	93	155	62	0,80	0,78
2031-2050	92	162	70	0,76	88	153	65	0,77	0,76
Різниця	+1	+3	+2		-5	-2	+3		
	Полісся								
1986-2005	78	144	66	0,72	79	139	60	0,76	0,74
2031-2050	86	153	67	0,74	82	138	56	0,79	0,77
Різниця	+8	+9	+1		+3	-1	-4		
	Степ								
1986-2005	79	196	117	0,53	56	132	76	0,57	0,55
2031-2050	74	198	124	0,5	66	166	100	0,53	0,51
Різниця	-5	+2	+7		+10	+34	+24		
	Східний Лісостеп								
1986-2005	72	159	87	0,60	75	155	80	0,65	0,63
2031-2050	77	163	86	0,63	81	152	71	0,71	0,69
Різниця	+5	+4	-1		+6	-3	-9		

Відносна вологозабезпеченість за період цвітіння – в'янення бадилля становить в Західному Лісостепу 0,77 відн.од., в Поліссі 0,79 відн.од., в Степу 0,53 відн. од., в Східному Лісостепу 0,71 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,78 відн.од., в Поліссі 0,74 відн.од., в Степу 0,55 відн. од., в Східному Лісостепу 0,63 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,77 відн.од., в Степу 0,51 відн. од., в Східному Лісостепу 0,69

Дефіцит води у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період сходи – цвітіння склав в Західному Лісостепу 68 мм, в Поліссі 66 мм, в Степу 117 мм, в Східному Лісостепу 87 мм, за період цвітіння – в'янення бадилля склав в Західному Лісостепу 62 мм, в Поліссі 60 мм, в Степу 76 мм, в Східному Лісостепу 80 мм. Дефіцит води у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) за період сходи - цвітіння збільшився в Західному Лісостепу на 2 мм, в Поліссі на 1 мм, в Степу на 7 мм, а зменшився в Східному Лісостепу на 1 мм. Дефіцит води у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) за період цвітіння – в'янення бадилля збільшиться в Західному Лісостепу на 3 мм, в Степу на 24 мм, а зменшиться в Поліссі на 4 мм та в Східному Лісостепу на 9 мм.

Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,53 відн. од., в Східному Лісостепу 0,60 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,74 відн.од., в Степу 0,5 відн.од., в Східному Лісостепу 0,63 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період цвітіння – в'янення бадилля становить в Західному Лісостепу 0,80 відн.од., в Поліссі 0,76 відн.од., в Степу 0,57 відн. од., в Східному Лісостепу 0,65 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за період цвітіння – в'янення бадилля становить в Західному Лісостепу 0,77 відн.од., в Поліссі 0,79 відн.од., в Степу 0,53 відн. од., в Східному Лісостепу 0,71 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,78 відн.од., в Поліссі 0,74 відн.од., в Степу 0,55 відн. од., в Східному Лісостепу 0,63 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,77 відн.од., в Степу 0,51 відн. од., в Східному Лісостепу 0,69 відн.од.

За умов реалізації сценарію А1В сумарне випаровування за період сходи – цвітіння за (2011-2030 рр.) (табл. 6.55) збільшиться в

Таблиця 6.55 - Порівняння показників режиму вологозабезпеченості картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 рр.)

Період	І період Сходи - цвітіння				ІІ період цвітіння – в'янення бадилля				Вегетаційний період
	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Волого- забезпе- ченість, від.од	Сумарне випаро- вування мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Волого- забезпе- ченість, від.од	Вологозабез- печеність, від.од
	Західний Лісостеп								
1986-2005	91	159	68	0,76	93	155	62	0,80	0,78
2011-2030	97	172	75	0,75	102	183	81	0,74	0,75
Різниця	+6	+13	+7		+9	+28	+19		
	Полісся								
1986-2005	78	144	66	0,72	79	139	60	0,76	0,74
2011-2030	85	158	73	0,72	87	159	72	0,73	0,72
Різниця	+7	+14	+7		+8	+20	+12		
	Степ								
1986-2005	79	196	117	0,53	56	132	76	0,57	0,55
2011-2030	67	162	95	0,55	69	167	98	0,55	0,55
Різниця	-12	-34	-22		+13	+35	+22		
	Східний Лісостеп								
1986-2005	72	159	87	0,60	75	155	80	0,65	0,63
2011-2030	76	169	93	0,61	90	187	97	0,61	0,61
Різниця	+4	+10	+6		+15	+32	+17		

Західному Лісостепу на 6 мм, в Поліссі на 7 мм та в Східному Лісостепу на 4 мм, а зниження сумарного випаровування на 12 мм буде спостерігатися в Степу. Сумарна випаровуваність за період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 13 мм, в Поліссі на 14 мм, в Східному Лісостепу на 10 мм, а зменшиться в Степу на 34 мм.

Сумарне випаровування за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 9 мм, в Поліссі на 8 мм, в Степу на 13 мм, в Східному Лісостепу на 15 мм. Сумарна випаровуваність за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 28 мм, в Поліссі на 20 мм, в Степу на 35 мм та в Східному Лісостепу на 32 мм.

Дефіцит вологи у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період сходи – цвітіння склав в Західному Лісостепу 68 мм, в Поліссі 66 мм, в Степу 117 мм, в Східному Лісостепу 87 мм, за період цвітіння – в'янення бадилля склав в Західному Лісостепу 62 мм, в Поліссі 60 мм, в Степу 76 мм, в Східному Лісостепу 80 мм. Дефіцит вологи у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) за період сходи - цвітіння збільшився в Західному Лісостепу і в Поліссі на 7 мм, в Східному Лісостепу на 6 мм, а зменшився в Степу на 22 мм. Дефіцит вологи у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) за період цвітіння – в'янення бадилля збільшиться в Західному Лісостепу на 19 мм, в Поліссі на 12 мм, в Степу на 22 мм та в Східному Лісостепу на 17 мм.

Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,53 відн. од., в Східному Лісостепу 0,60 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,75 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,55 відн. од., в Східному Лісостепу 0,61 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період цвітіння – в'янення бадилля становить в Західному Лісостепу 0,80 відн.од., в Поліссі 0,76 відн.од., в Степу 0,57 відн. од., в Східному Лісостепу 0,65 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за період цвітіння – в'янення бадилля становить в Західному Лісостепу 0,74 відн.од., в Поліссі 0,73 відн.од., в Степу 0,55 відн.од., в Східному Лісостепу 0,61 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,78 відн.од., в Поліссі 0,74 відн.од., в Степу 0,55 відн. од., в Східному Лісостепу 0,63 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,75 відн.од.,

в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,55 відн. од., в Східному Лісостепу 0,61 відн.од.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В сумарне випаровування за період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) зменшиться в Західному Лісостепу на 1 мм і в Степу на 10 мм, а збільшиться в Поліссі на 3 мм, а в Східному Лісостепу збільшиться на 7 мм. (табл. 6.56).

Сумарна випаровуваність за період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) зменшиться в Західному Лісостепу на 1 мм і в Степу на 7 мм, збільшиться в Поліссі на 7 мм, а в Східному Лісостепу збільшиться на 6 мм.

Сумарне випаровування за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 10 мм, в Поліссі на 11 мм, в Степу на 9 мм, в Східному Лісостепу на 5 мм. Сумарна випаровуваність за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 36 мм, в Поліссі на 25 мм, в Степу на 34 мм, а в Східному Лісостепу зменшиться на 2 мм.

Дефіцит вологи у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період сходи – цвітіння склав в Західному Лісостепу 68 мм, в Поліссі 66 мм, в Степу 117 мм, в Східному Лісостепу 87 мм, за період цвітіння – в'янення бадилля склав в Західному Лісостепу 62 мм, в Поліссі 60 мм, в Степу 76 мм, в Східному Лісостепу 80 мм. Дефіцит вологи у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) за період сходи - цвітіння збільшився в Поліссі на 4 мм, а в Степу на 3 мм, зменшиться в Східному Лісостепу на 1 мм, а в Західному Лісостепу не зміниться в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Дефіцит вологи у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) за період цвітіння – в'янення бадилля збільшиться в Західному Лісостепу на 26 мм, в Поліссі на 14 мм, в Степу на 25 мм, а зменшиться в Східному Лісостепу на 7 мм.

Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,53 відн. од., в Східному Лісостепу 0,60 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,49 відн. од., в Східному Лісостепу 0,64 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період цвітіння – в'янення бадилля становить в Західному Лісостепу 0,80 відн.од., в Поліссі 0,76 відн.од., в Степу 0,57 відн. од., в Східному Лісостепу 0,65 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,72 відн.од., в Поліссі 0,73 відн.од., в Степу 0,52 відн.од., в Східному Лісостепу 0,69 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), становить в Західному

Таблиця 6.56 - Порівняння показників режиму вологозабезпеченості картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2031-2050 рр.)

Період	І період Сходи - цвітіння				ІІ період цвітіння – в'янення бадилля				Вегетаційний період
	Сумарне випаро- вування, мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Волого- забезпе- ченість, від.од	Сумарне випаро- вування мм	Сумарна випарову- ваність, мм	Дефіцит вологи у грунті, мм	Волого- забезпе- ченість, від.од	Вологозабез- печеність, від.од
	Західний Лісостеп								
1986-2005	91	159	68	0,76	93	155	62	0,80	0,78
2031-2050	90	158	68	0,76	103	191	88	0,72	0,74
Різниця	-1	-1	0		+10	+36	+26		
	Полісся								
1986-2005	78	144	66	0,72	79	139	60	0,76	0,74
2031-2050	81	151	70	0,72	90	164	74	0,73	0,72
Різниця	+3	+7	+4		+11	+25	+14		
	Степ								
1986-2005	79	196	117	0,53	56	132	76	0,57	0,55
2031-2050	69	189	120	0,49	65	166	101	0,52	0,50
Різниця	-10	-7	+3		+9	+34	+25		
	Східний Лісостеп								
1986-2005	72	159	87	0,60	75	155	80	0,65	0,63
2031-2050	79	165	86	0,64	80	153	73	0,69	0,66
Різниця	+7	+6	-1		+5	-2	-7		

Лісостепу 0,78 відн.од., в Поліссі 0,74 відн.од., в Степу 0,55 відн.од., в Східному Лісостепу 0,63 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,74 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,50 відн.од., в Східному Лісостепу 0,66 відн.од.

Сумарна випаровуваність за період сходи – цвітіння за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) зменшиться в Західному Лісостепу на 1 мм і в Степу на 7 мм, збільшиться в Поліссі на 7 мм, а в Східному Лісостепу збільшиться на 6 мм.

Сумарне випаровування за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 10 мм, в Поліссі на 11 мм, в Степу на 9 мм, в Східному Лісостепу на 5 мм. Сумарна випаровуваність за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на 36 мм, в Поліссі на 25 мм, в Степу на 34 мм, а в Східному Лісостепу зменшиться на 2 мм.

Дефіцит вологи у ґрунті за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) за період сходи – цвітіння склав в Західному Лісостепу 68 мм, в Поліссі 66 мм, в Степу 117 мм, в Східному Лісостепу 87 мм, за період цвітіння – в'янення бадилля склав в Західному Лісостепу 62 мм, в Поліссі 60 мм, в Степу 76 мм, в Східному Лісостепу 80 мм. Дефіцит вологи у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) за період сходи - цвітіння збільшився в Поліссі на 4 мм, а в Степу на 3 мм, зменшиться в Східному Лісостепу на 1 мм, а в Західному Лісостепу не зміниться в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Дефіцит вологи у ґрунті за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) за період цвітіння – в'янення бадилля збільшиться в Західному Лісостепу на 26 мм, в Поліссі на 14 мм, в Степу на 25 мм, а зменшиться в Східному Лісостепу на 7 мм.

Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,53 відн. од., в Східному Лісостепу 0,60 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), за період сходи – цвітіння становить в Західному Лісостепу 0,76 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,49 відн. од., в Східному Лісостепу 0,64 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), за період цвітіння – в'янення бадилля становить в Західному Лісостепу 0,80 відн.од., в Поліссі 0,76 відн.од., в Степу 0,57 відн. од., в Східному Лісостепу 0,65 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за період цвітіння – в'янення бадилля за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,72 відн.од., в Поліссі 0,73 відн.од., в Степу 0,52 відн.од., в Східному Лісостепу 0,69 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), становить в Західному



Лісостепу 0,78 відн.од., в Поліссі 0,74 відн.од., в Степу 0,55 відн.од., в Східному Лісостепу 0,63 відн.од. Відносна вологозабезпеченість за весь вегетаційний період за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), становить в Західному Лісостепу 0,74 відн.од., в Поліссі 0,72 відн.од., в Степу 0,50 відн.од., в Східному Лісостепу 0,66 відн.од.

#### 6.6.4.2 Порівняльна характеристика продуктивності картоплі в умовах зміни клімату

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 площа листя картоплі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) зменшиться в Західному Лісостепу на  $0,26 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в Поліссі на  $0,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , збільшиться в Степу на  $0,58 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та в Східному Лісостепу на  $1,58 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшиться в Західному Лісостепу на  $0,17 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в Степу на  $0,43 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , та в Східному Лісостепу на  $0,27 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а зменшиться в Поліссі на  $0,08 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (табл. 6.57).

Таблиця 6.57 - Фотосинтетична продуктивність картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату А2 (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.)

Період	Площа листя картоплі в період максимального розвитку, $\text{м}^2/\text{м}^2$	Чиста продуктивність фотосинтезу в період максимального розвитку, $\text{г}/\text{м}^2$ декада	Приріст маси в період максимального розвитку, $\text{г}/\text{м}^2$	Суха біомаса цілої рослини картоплі, $\text{г}/\text{м}^2$	Урожай картоплі, ц/га
Західний Лісостеп					
1986-2005	2,38	122	280	915	109
2011-2030	2,12	122	252	883	105
2031-2050	2,55	116	279	982	113
Полісся					
1986-2005	2,29	136	306	930	112
2011-2030	2,09	149	292	919	114
2031-2050	2,21	139	292	891	108
Степ					
1986-2005	1,39	146	180	559	69
2011-2030	1,97	132	250	824	102
2031-2050	1,82	131	240	758	93
Східний Лісостеп					
1986-2005	2,15	126	262	859	104
2011-2030	3,73	152	509	1927	246
2031-2050	2,42	134	288	1002	118

Приріст маси картоплі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) зменшиться в Західному Лісостепу на  $28 \text{ г/м}^2$  та в Поліссі на  $14 \text{ г/м}^2$ . Збільшиться приріст маси картоплі в Степу на  $70 \text{ г/м}^2$  та в Східному Лісостепу на  $247 \text{ г/м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) приріст маси картоплі в період максимального розвитку зменшиться в Західному Лісостепу на  $1 \text{ г/м}^2$  та в Поліссі на  $14 \text{ г/м}^2$ . Збільшиться приріст маси картоплі в Степу на  $60 \text{ г/м}^2$  та в Східному Лісостепу на  $26 \text{ г/м}^2$ . Таким чином, в залежності від цього і суха біомаса цілої рослини картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) зменшиться в Західному Лісостепу на  $32 \text{ г/м}^2$  та в Поліссі на  $11 \text{ г/м}^2$ , а збільшиться в Степу на  $265 \text{ г/м}^2$  та в Східному Лісостепу на  $1068 \text{ г/м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) суха біомаса цілої рослини картоплі збільшиться в Західному Лісостепу на  $67 \text{ г/м}^2$ , в Степу на  $199 \text{ г/м}^2$  та в Східному Лісостепу на  $143 \text{ г/м}^2$ , а зменшиться в Поліссі на  $39 \text{ г/м}^2$  в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.). Урожай картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) в Західному Лісостепу буде складати  $105 \text{ ц/га}$ , що на  $4 \text{ ц/га}$  менше ніж в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005). В Поліссі урожай картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) склав  $114 \text{ ц/га}$ , що на  $2 \text{ ц/га}$  більше, чим в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.). Урожай картоплі в Степу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) складає  $102 \text{ ц/га}$ , в Східному Лісостепу  $246 \text{ ц/га}$ , що на  $33\text{-}142 \text{ ц/га}$  більше, чим урожай картоплі в Степу та в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.). Урожай картоплі за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) в Західному Лісостепу буде складати  $113 \text{ ц/га}$ , що на  $4 \text{ ц/га}$  більше ніж в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005). В Поліссі урожай картоплі за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) склав  $108 \text{ ц/га}$ , що на  $4 \text{ ц/га}$  менше, чим в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.). Урожай картоплі в Степу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) складає  $93 \text{ ц/га}$ , в Східному Лісостепу  $118 \text{ ц/га}$ , що на  $14\text{-}24 \text{ ц/га}$  більше, чим урожай картоплі в Степу та в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату A1В площа листя картоплі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на  $0,43 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в Поліссі на  $0,27 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в Степу на  $0,96 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та в Східному Лісостепу на  $0,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на  $1,23 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в Поліссі на  $0,57 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , та в Степу на  $0,91 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а зменшиться в Східному Лісостепу на  $0,02 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (табл. 6.58).

Приріст маси картоплі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на  $60 \text{ г/м}^2$ , в Поліссі на  $54 \text{ г/м}^2$ , в Степу на  $139 \text{ г/м}^2$  та в Східному Лісостепу на  $69 \text{ г/м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) приріст маси картоплі в період

максимального розвитку збільшиться в Західному Лісостепу на 92 г/м<sup>2</sup>, в Поліссі на 79 г/м<sup>2</sup>, в Степу на 113 г/м<sup>2</sup> та в Східному Лісостепу на 20 г/м<sup>2</sup>. Таким чином, в залежності від цього і суха біомаса цілої рослини картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) збільшиться в Західному Лісостепу на 208 г/м<sup>2</sup>, в Поліссі на 162 г/м<sup>2</sup>, в Степу на 395 г/м<sup>2</sup> та в Східному Лісостепу на 207 г/м<sup>2</sup>, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) суха біомаса цілої рослини картоплі збільшиться в Західному Лісостепу на 341 г/м<sup>2</sup>, в Поліссі на 253 г/м<sup>2</sup>, в Степу на 385 г/м<sup>2</sup>, та в Східному Лісостепу на 29 г/м<sup>2</sup> в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

Урожай картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) в Західному Лісостепу буде складати 139 ц/га, що на 30 ц/га менше ніж в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005). В Поліссі урожай картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) склав 134 ц/га, що на 22 ц/га більше, чим в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.). Урожай картоплі в Степу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) складає 115 ц/га, в Східному Лісостепу 134 ц/га, що на 30-46 ц/га більше, чим урожай картоплі в Степу та в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

Таблиця 6.58 - Фотосинтетична продуктивність картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) та за сценаріями зміни клімату A1B (2011-2030 pp.) і (2031-2050 pp.)

Період	Площа листя картоплі в період максимального розвитку, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Чиста продуктивність фотосинтезу в період максимального розвитку, г/м <sup>2</sup> декада	Приріст маси в період максимального розвитку, г/м <sup>2</sup>	Суха біомаса цілої рослини картоплі, г/м <sup>2</sup>	Урожай картоплі, ц/га
Західний Лісостеп					
1986-2005	2,38	122	280	915	109
2011-2030	2,81	127	340	1123	139
2031-2050	3,61	116	372	1256	148
Полісся					
1986-2005	2,29	136	306	930	112
2011-2030	2,56	145	360	1092	134
2031-2050	2,86	139	385	1183	143
Степ					
1986-2005	1,39	146	180	559	69
2011-2030	2,35	145	319	954	115
2031-2050	2,30	131	293	944	115
Східний Лісостеп					
1986-2005	2,15	126	262	859	104
2011-2030	2,55	135	331	1066	134
2031-2050	2,13	134	282	888	108

Урожай картоплі за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в Західному Лісостепу буде складати 148 ц/га, що на 39 ц/га більше ніж в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005). В Поліссі урожай картоплі за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) склав 143 ц/га, що на 31 ц/га більше, чим в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Урожай картоплі в Степу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) складає 115 ц/га, в Східному Лісостепу 108 ц/га, що на 4-46 ц/га більше, чим урожай картоплі в Степу та в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 площа листя картоплі в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшувалась до п'ятої декади вегетації і набула максимального значення у п'яту декаду вегетації і склала 2,38 - 2,55 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, площа листя картоплі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату зменшилась на 0,17 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (рис. 6.123). В умовах збільшення CO<sub>2</sub>, в Західному Лісостепу площа листя картоплі зростала до п'ятої декади вегетації і максимальне значення площі листя картоплі за умов збільшення CO<sub>2</sub> складає 2,76 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя картоплі збільшилась на 0,21 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в порівнянні з площею листя картоплі за сценаріями зміни клімату.

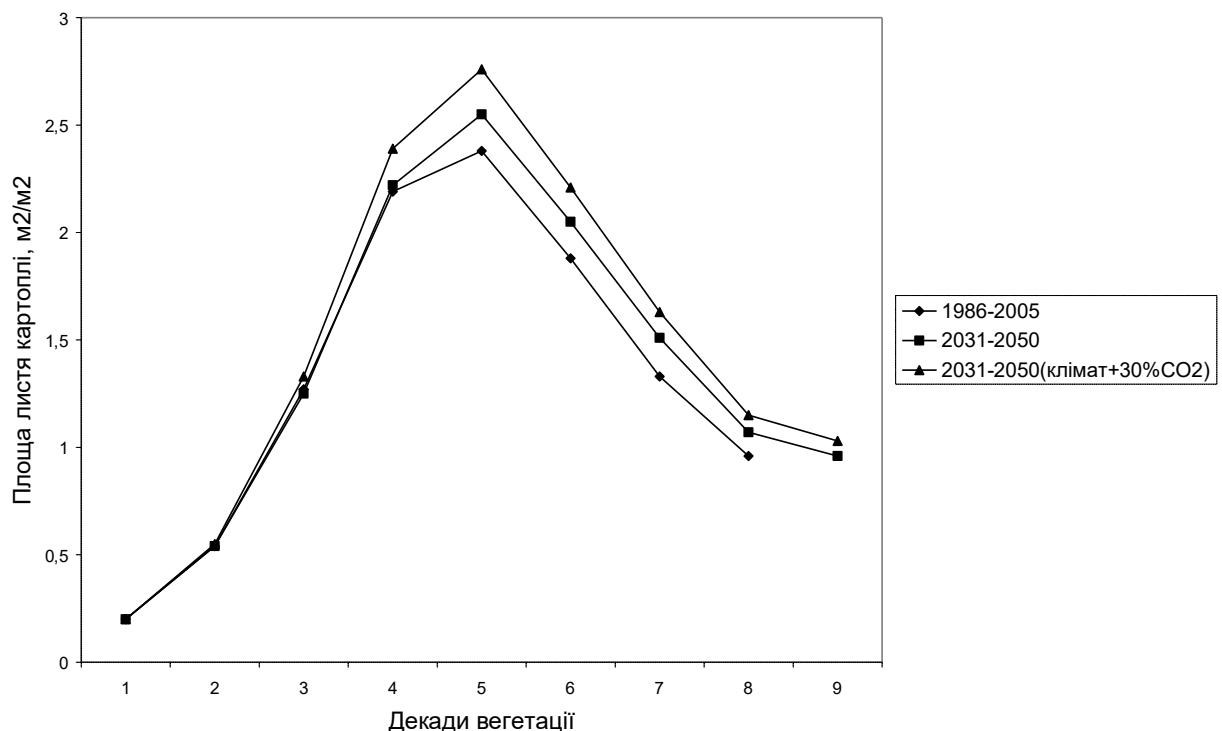


Рисунок 6.123 – Динаміка площі листя картоплі в Західному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.).

В Поліссі площа листя картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшувалась до четвертої декади вегетації і набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 2,21 - 2,29 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Площа листя картоплі в Поліссі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату зменшилась на 0,08 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub>, в Поліссі площа листя картоплі зростала до четвертої декади вегетації і максимальне значення площі листя картоплі за умов збільшення CO<sub>2</sub> складає 2,38 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя картоплі збільшилась на 0,17 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в порівнянні з площею листя картоплі за сценаріями зміни клімату (рис. 6.124). Максимальна площа листя картоплі в Степу спостерігалась у четверту декаду вегетації, як за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), так і за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) і склала 1,39-1,82 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (рис. 6.125). Максимальна площа листя картоплі в Степу за сценаріями зміни клімату збільшилась на 0,43 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub>, в Степу площа листя картоплі зростала до четвертої декади вегетації і максимальне значення площі листя картоплі за умов збільшення CO<sub>2</sub> складає 1,95 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя картоплі збільшилась на 0,13 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в порівнянні з площею листя картоплі за сценаріями зміни клімату.

Максимальна площа листя картоплі в Східному Лісостепу спостерігалась у п'яту декаду вегетації, як за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), так і за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) і склала 2,15-2,42 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (рис. 6.126).

Максимальна площа листя картоплі в Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату збільшилась на 0,27 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub>, в Східному Лісостепу площа листя картоплі зростала до п'ятої декади вегетації і максимальне значення площі листя картоплі за умов збільшення CO<sub>2</sub> складає 2,62 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя картоплі збільшилась на 0,2 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в порівнянні з площею листя картоплі за сценаріями зміни клімату.

За умов реалізації сценарію зміни клімату A1B площа листя картоплі в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.) збільшувалась до п'ятої декади вегетації і набула максимального значення у п'яту декаду вегетації і склала 2,38 - 3,61 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, площа листя картоплі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату зменшилась на 0,43-1,23 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (рис. 6.127). В умовах збільшення CO<sub>2</sub>, в Західному Лісостепу площа листя картоплі зростала до п'ятої декади вегетації і максимальне значення площі листя картоплі за умов збільшення CO<sub>2</sub> складає 3,04-3,93 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя картоплі збільшилась на 0,23-0,32 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в порівнянні з площею листя картоплі за сценаріями зміни клімату.

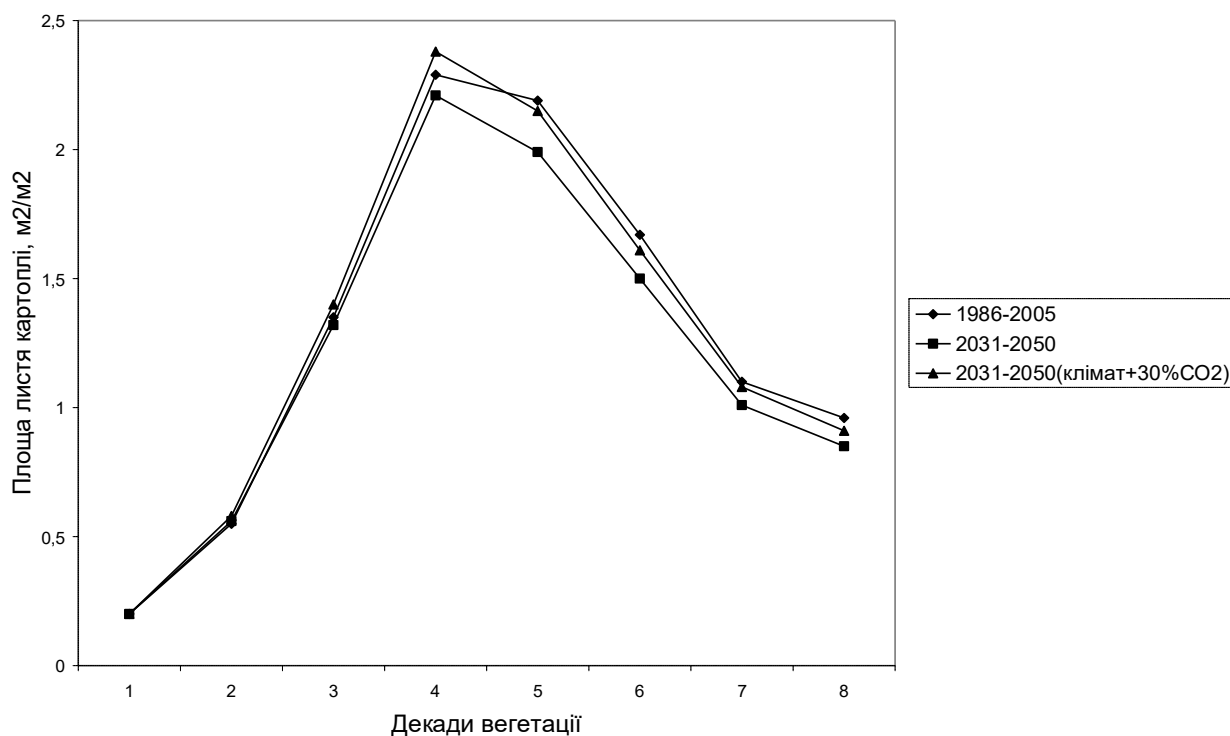


Рисунок 6.124 – Динаміка площі листя картоплі в Поліссі за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.).

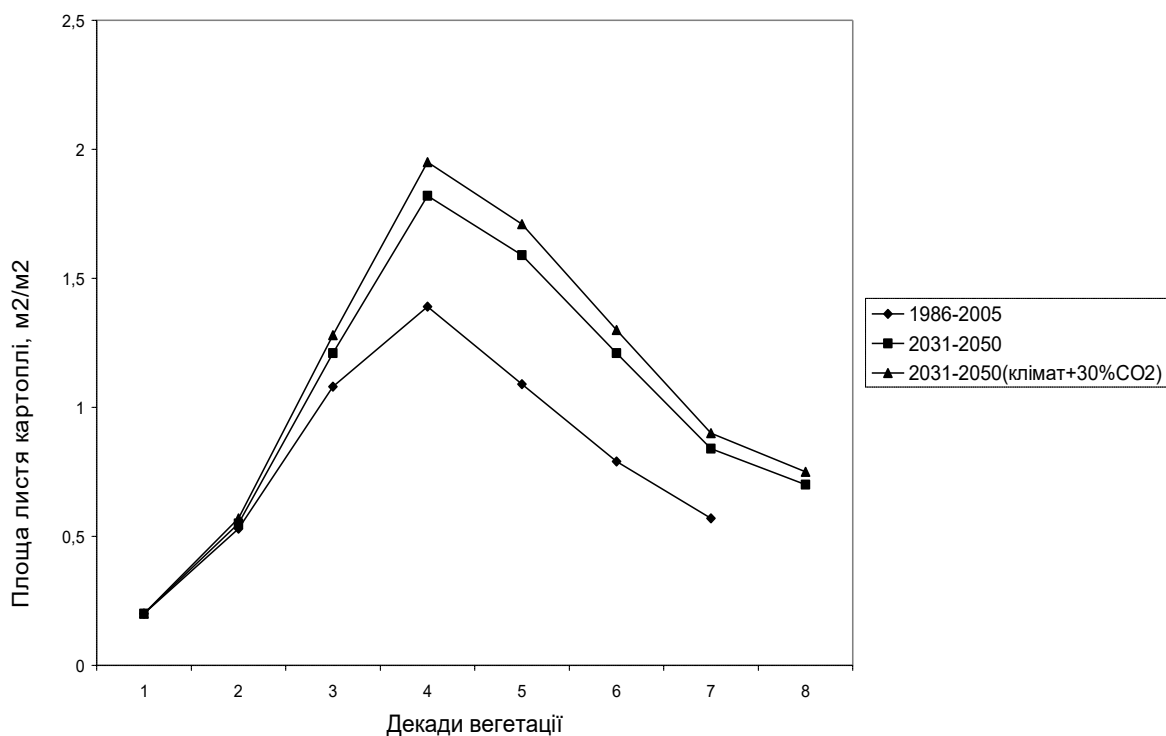


Рисунок 6.125 – Динаміка площі листя картоплі в Степу за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.).

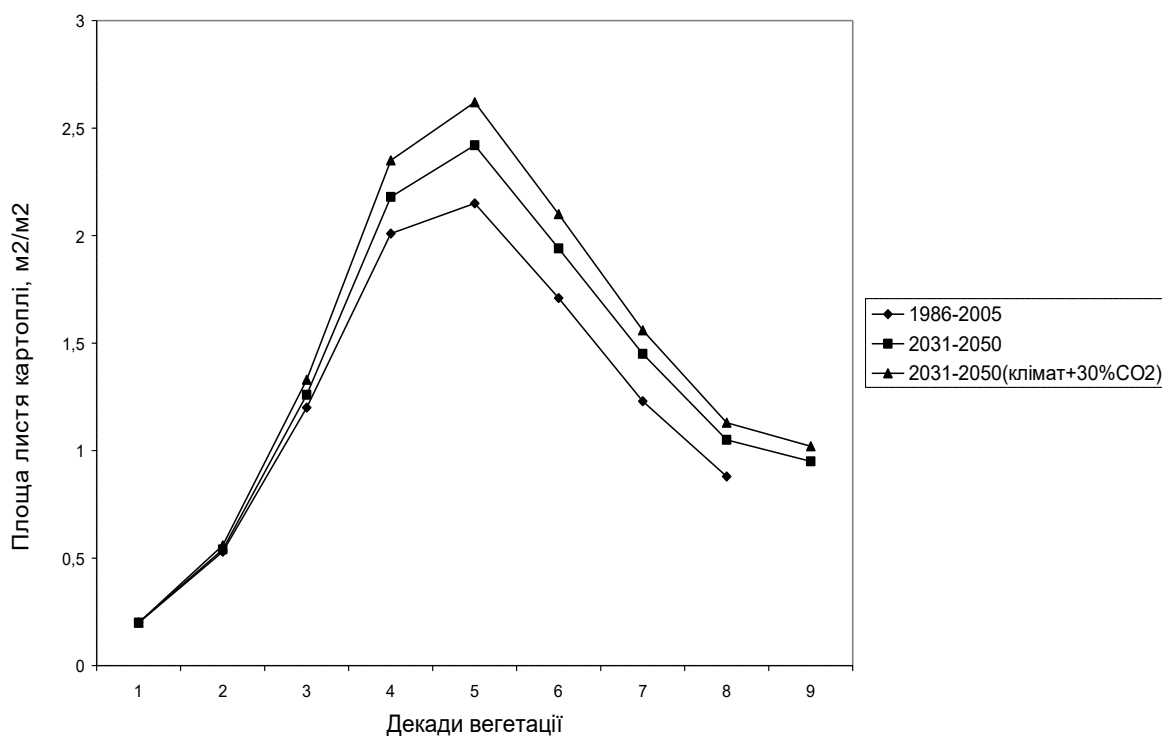


Рисунок 6.126 – Динаміка площі листя картоплі в Східному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.).

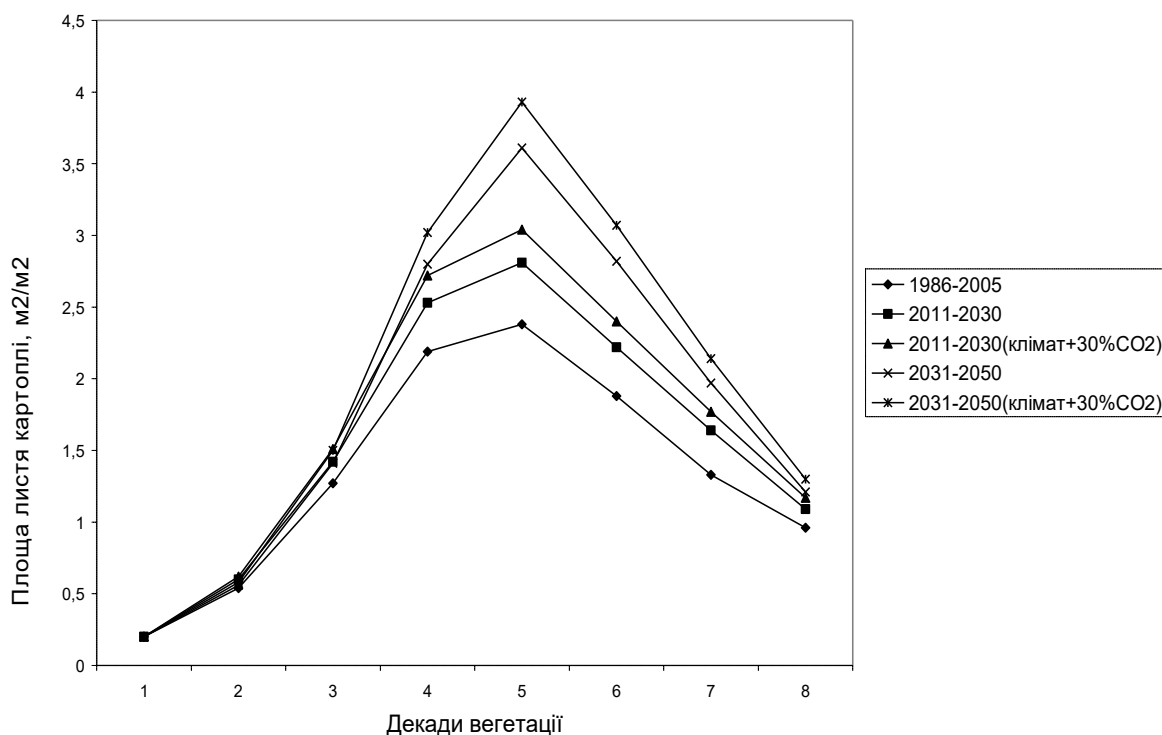


Рисунок 6.127 – Динаміка площі листя картоплі в Західному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Поліссі площа листя картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.) збільшувалась до четвертої декади вегетації і набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 2,29 - 2,68 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Площа листя картоплі в Поліссі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату зменшилась на 0,27-0,39 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub>, в Поліссі площа листя картоплі зростала до четвертої декади вегетації і максимальне значення площі листя картоплі за умов збільшення CO<sub>2</sub> складає 2,76-2,89 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя картоплі збільшилась на 0,2 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в порівнянні з площею листя картоплі за сценаріями зміни клімату (рис. 6.128). Максимальна площа листя картоплі в Степу спостерігалась у четверту декаду вегетації, як за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), так і за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.) і склала 1,39-2,17 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (рис. 6.129). Максимальна площа листя картоплі в Степу за сценаріями зміни клімату збільшилась на 0,78-0,96 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub>, в Степу площа листя картоплі зростала до четвертої декади вегетації і максимальне значення площі листя картоплі за умов збільшення CO<sub>2</sub> складає 2,33-2,53 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя картоплі збільшилась на 0,16-0,18 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в порівнянні з площею листя картоплі за сценаріями зміни клімату.

Максимальна площа листя картоплі в Східному Лісостепу спостерігалась у п'яту декаду вегетації, як за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), так і за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) та (2031-2050 рр.) і склала 2,15-2,55 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (рис. 6.130).

Максимальна площа листя картоплі в Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшилась на 0,4 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, та зменшилась за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) на 0,02 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub>, в Східному Лісостепу площа листя картоплі зростала до п'ятої декади вегетації і максимальне значення площі листя картоплі за умов збільшення CO<sub>2</sub> складає 2,3-2,76 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> площа листя картоплі збільшилась на 0,17-0,21 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в порівнянні з площею листя картоплі за сценаріями зміни клімату.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Західному Лісостепу збільшувалась з першої по четверту декади вегетації, потім почала знижуватися, як за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), так і за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.).



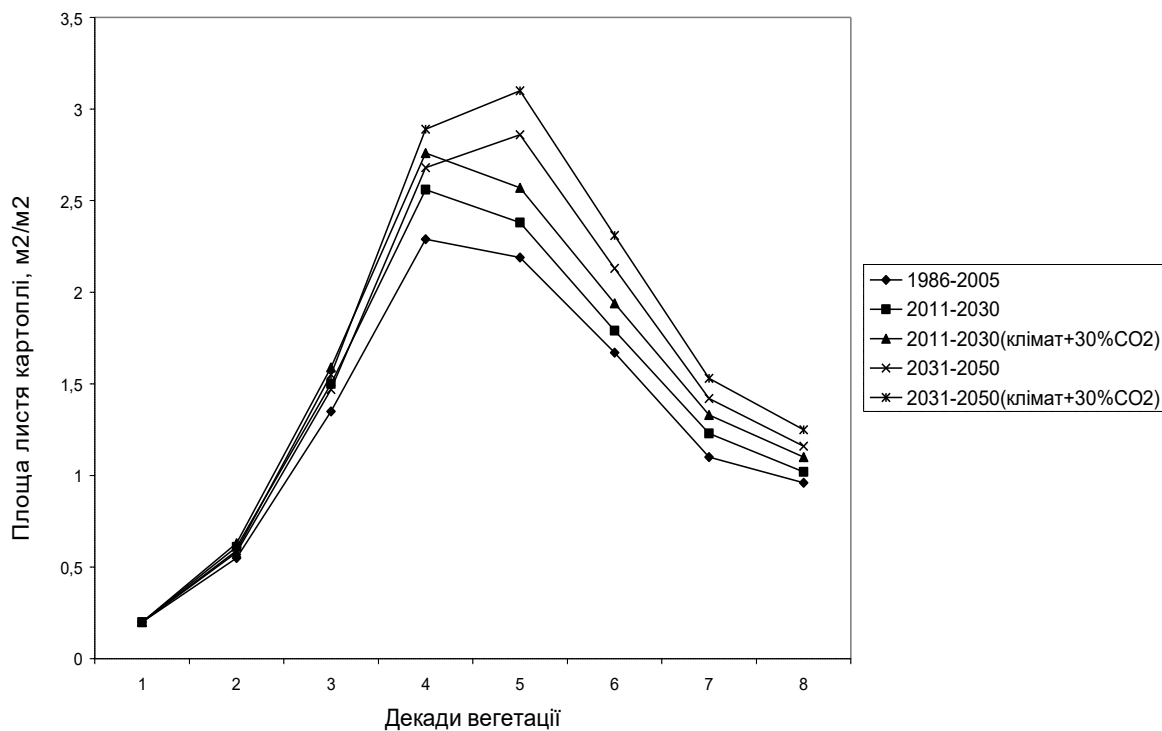


Рисунок 6.128 – Динаміка площі листя картоплі в Поліссі за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

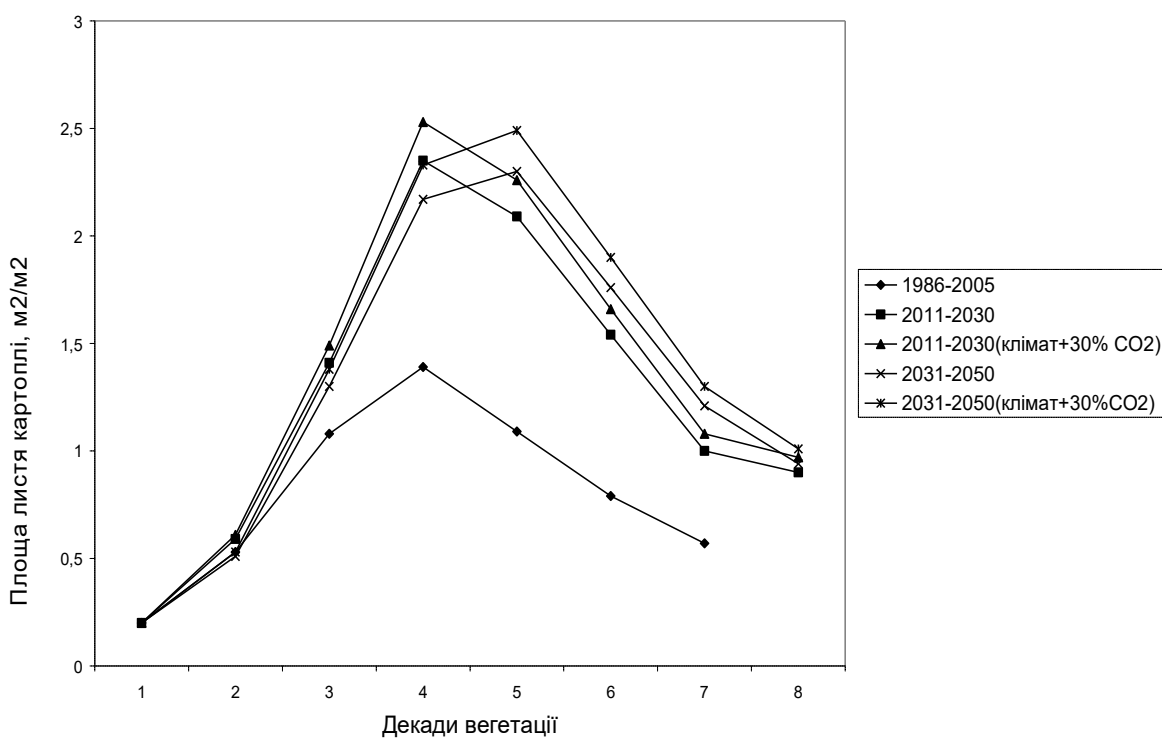


Рисунок 6.129 – Динаміка площі листя картоплі в Степу за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

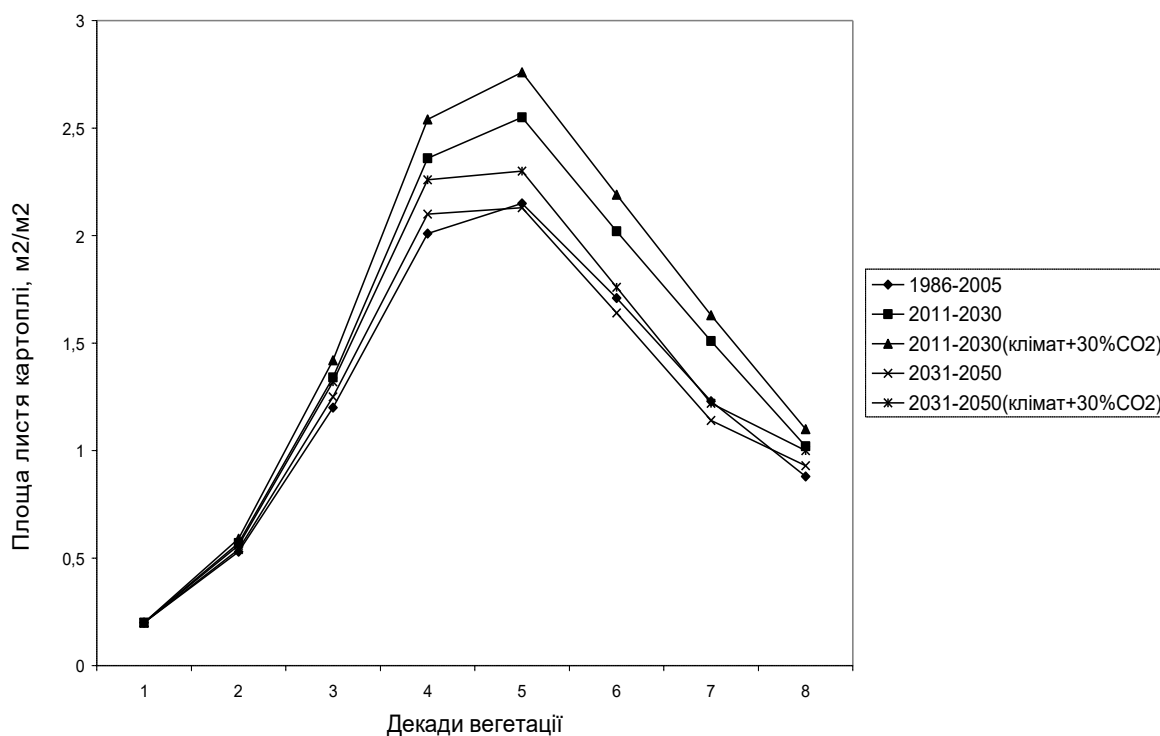


Рисунок 6.130 – Динаміка площі листя картоплі в Східному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась до четвертої декади вегетації за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) і набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 117-122 г/м<sup>2</sup>·декада, в умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Західному Лісостепу чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) склала 121-125 г/м<sup>2</sup>·декада (рис. 6.131).

В Західному Лісостепу максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за сценаріями зміни клімату зменшилось на 5 г/м<sup>2</sup>·декада, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

В Поліссі чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась з першої по четверту декади вегетації, потім почала знижуватися, як за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), так і за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.). В Поліссі чиста продуктивність фотосинтезу картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 136 - 149 г/м<sup>2</sup>·декада, в умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Поліссі чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) склала 143-154 г/м<sup>2</sup>·декада (рис. 6.132).

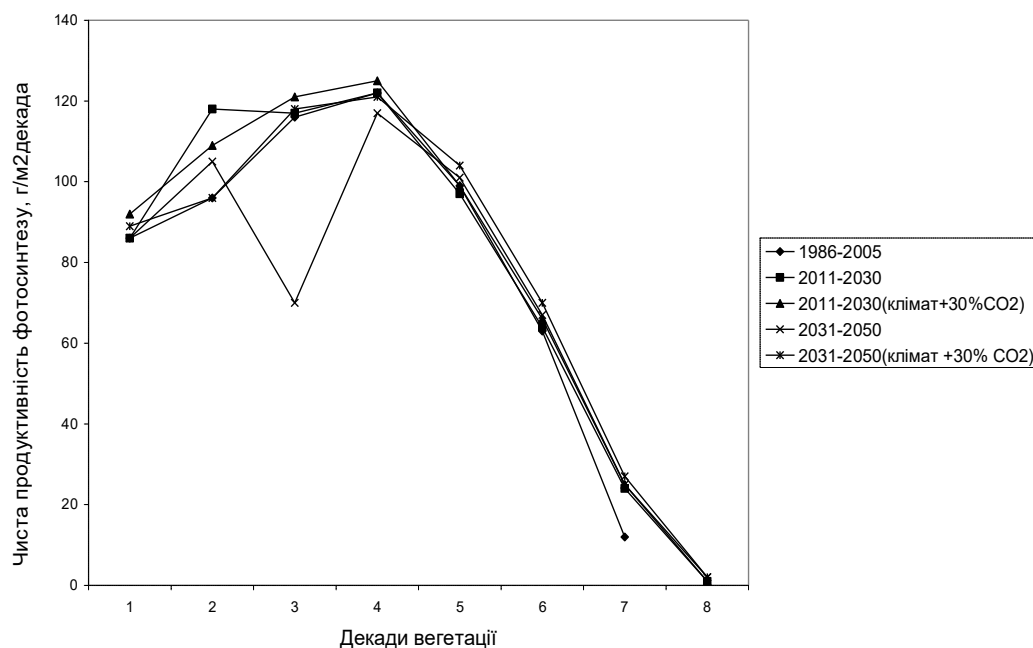


Рисунок 6.131 – Чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Західному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

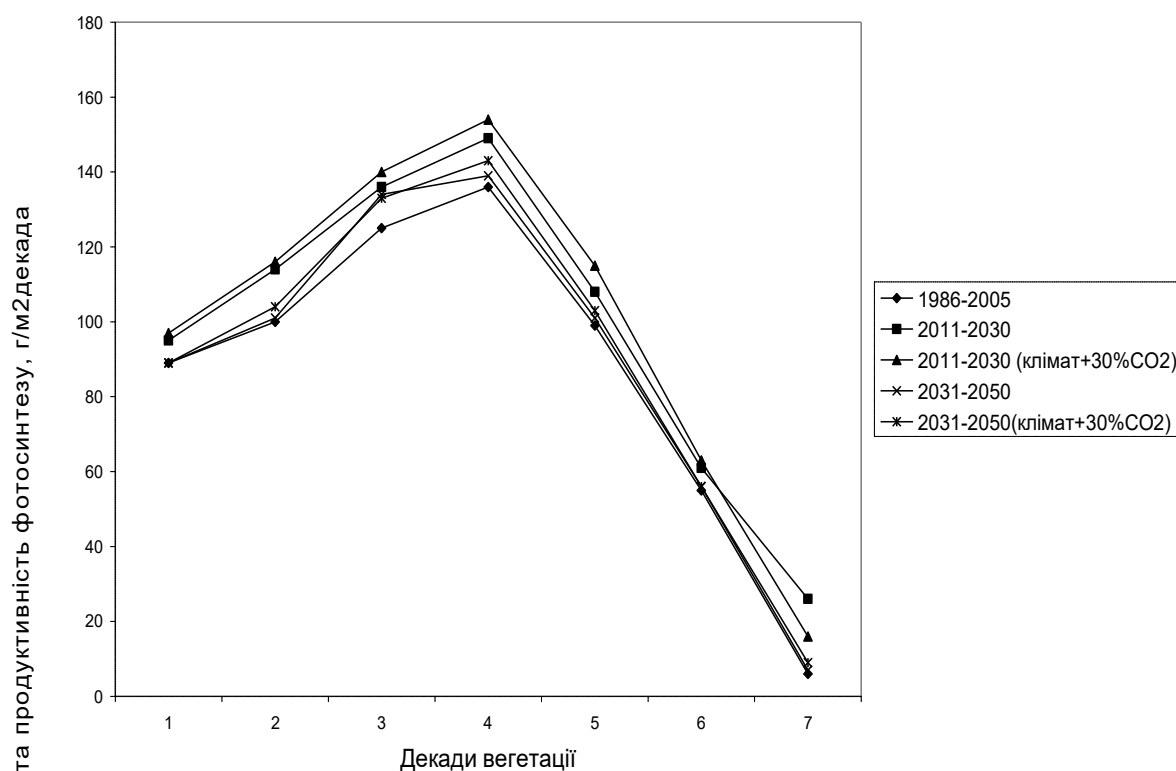


Рисунок 6.132 – Чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Поліссі за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Поліссі максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за сценаріями зміни клімату збільшилось на 7-13 г/м<sup>2</sup>·декада, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

В Степу чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась с першої по третю декаду вегетації, потім почала знижуватися, за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), максимальне значення становить 146 г/м<sup>2</sup>·декада. За сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.), чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась з першої по четверту декаду вегетації, потім почала знижуватися, максимальне значення становить 132-141 г/м<sup>2</sup>·декада. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Степу чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 138-146 г/м<sup>2</sup>·декада (рис. 6.133). В Степу максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за сценаріями зміни клімату зменшилось на 5-14 г/м<sup>2</sup>·декада, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

В Східному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась с першої по третю декаду вегетації, потім почала знижуватися, максимальне значення становить 152 г/м<sup>2</sup>·декада.

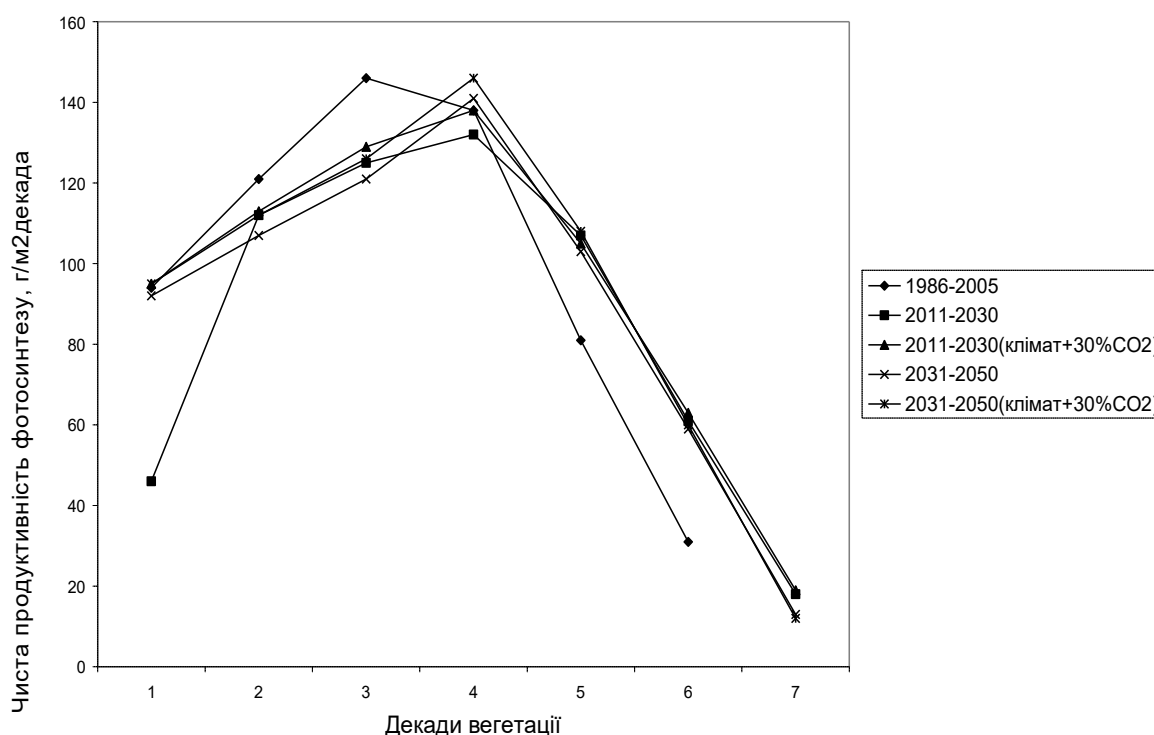


Рисунок 6.133 – Чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Степу за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) і (2031-2050 pp.).

За сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) та за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась з першої по четверту декаду вегетації, потім почала знижуватися, максимальне значення становить 125-126 г/м<sup>2</sup>декада. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Східному Лісостепу чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 129-155 г/м<sup>2</sup>декада (рис. 6.134). В Східному Лісостепу максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) збільшилось на 26 г/м<sup>2</sup>·декада, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) зменшилось на 1 г/м<sup>2</sup>·декада, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату A1B чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Західному Лісостепу збільшувалась с першої по четверту декаду вегетації, потім почала знижуватися, як за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), так і за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.). Чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась до четвертої декади вегетації за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) і набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 116-127 г/м<sup>2</sup>·декада, в умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Західному Лісостепу чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) склала 119-131 г/м<sup>2</sup>декада (рис. 6.135).

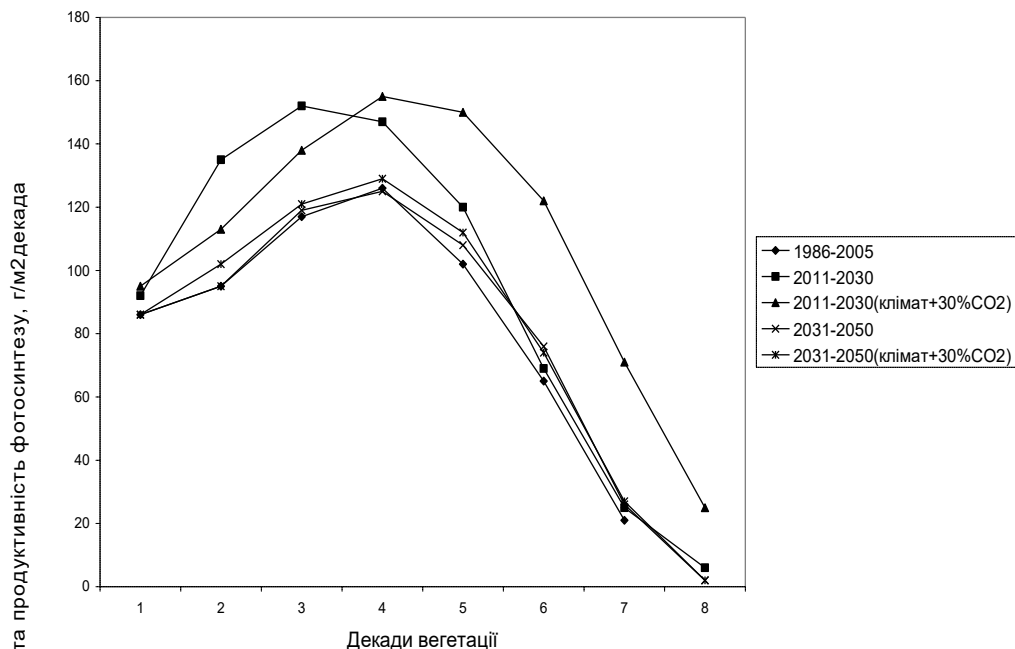


Рисунок 6.134 – Чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Східному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) і (2031-2050 pp.).

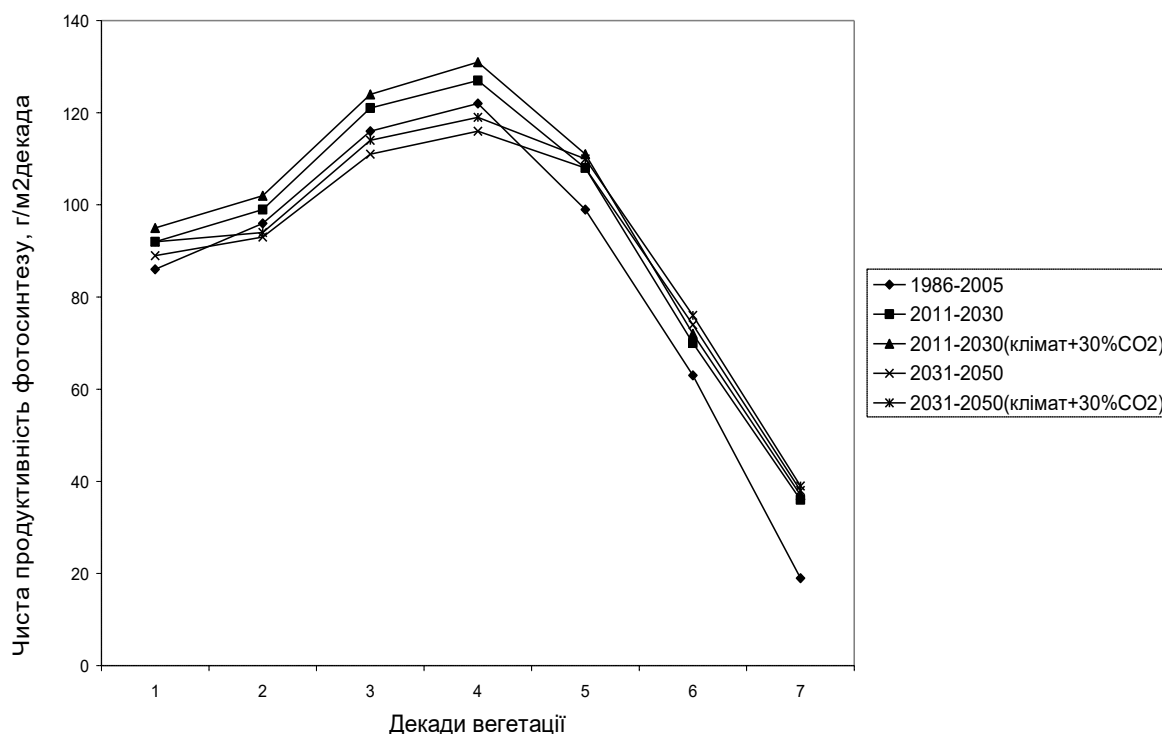


Рисунок 6.135 – Чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Західному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Західному Лісостепу максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) збільшилось на 5 г/м<sup>2</sup>·декада, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) зменшилось на 3 г/м<sup>2</sup>·декада, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

В Поліссі чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась з першої по четверту декади вегетації, потім почала знижуватися, як за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), так і за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.). В Поліссі чиста продуктивність фотосинтезу картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 136 - 145 г/м<sup>2</sup>·декада, в умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Поліссі чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) склала 143-151 г/м<sup>2</sup>·декада (рис. 6.136).

В Поліссі максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за сценаріями зміни клімату збільшилось на 7-15 г/м<sup>2</sup>·декада, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

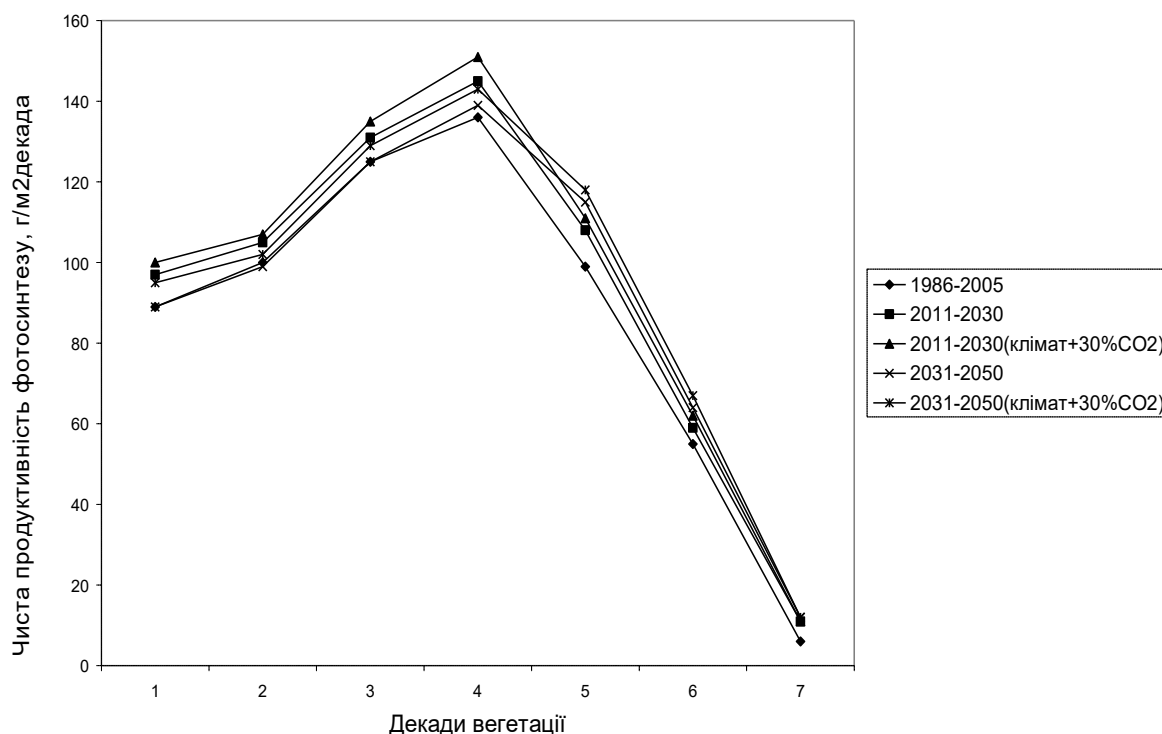


Рисунок 6.136 – Чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Поліссі за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) і (2031-2050 pp.).

В Степу чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась з першої по третю декаду вегетації, потім почала знижуватися, за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), максимальне значення становить 146 г/м² декада. За сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.), чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась з першої по четверту декади вегетації, потім почала знижуватися, максимальне значення становить 131-145 г/м² декада. В умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Степу чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 135-149 г/м² декада (рис. 6.137). В Степу максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.) збільшилось на 3 г/м² декада, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) зменшилось на 11 г/м² декада, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

В Східному Лісостепу чиста продуктивність фотосинтезу збільшувалась з першої по четверту декади вегетації, потім почала знижуватися, як за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), так і за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.).

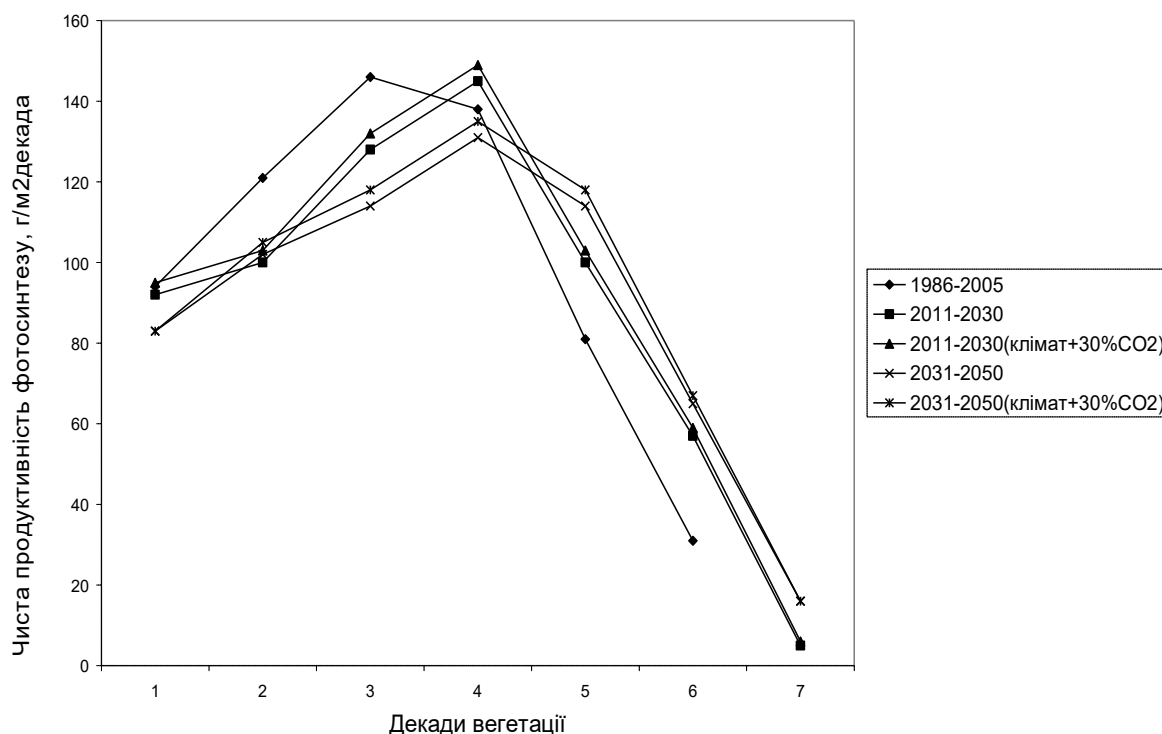


Рисунок 6.137 – Чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Степу за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Східному Лісостепу чиста продуктивність фотосинтезу картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), набула максимального значення у четверту декаду вегетації і склала 126 - 135 г/м²·декада, в умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Східному Лісостепу чиста продуктивність фотосинтезу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) склала 138-139 г/м²декада (рис. 6.138). В Східному Лісостепу максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу картоплі за сценаріями зміни клімату збільшилось на 9-12 г/м²·декада, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 фотосинтетичний потенціал картоплі в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почав збільшуватися з першої по восьму декади вегетації, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) фотосинтетичний потенціал картоплі збільшувався з першої по дев'яту декади вегетації (рис. 6.139). За середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі в Західному Лісостепу складає 105,8 м²/м², а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає 102,6-117,4 м²/м², в умовах збільшення CO<sub>2</sub> в Західному Лісостепу фотосинтетичний потенціал картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає 109-126 м²/м². В Західному Лісостепу максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі за сценаріями



зміни клімату (2011-2030 рр.) зменшилось на  $3,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшилось на  $11,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). (рис. 6.139).

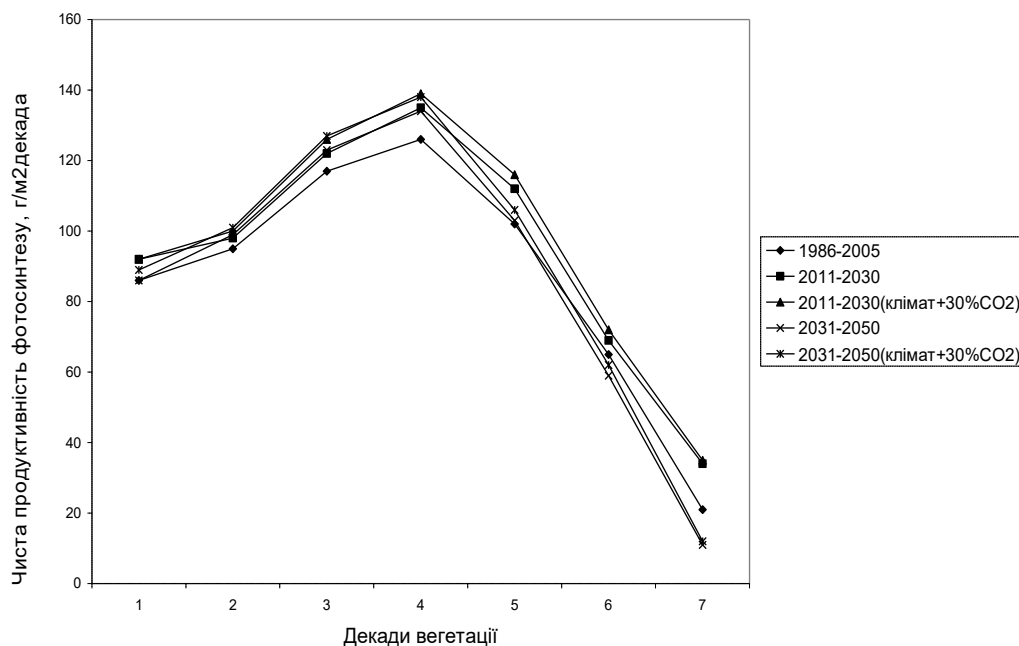


Рисунок 6.138 – Чиста продуктивність фотосинтезу картоплі в Східному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

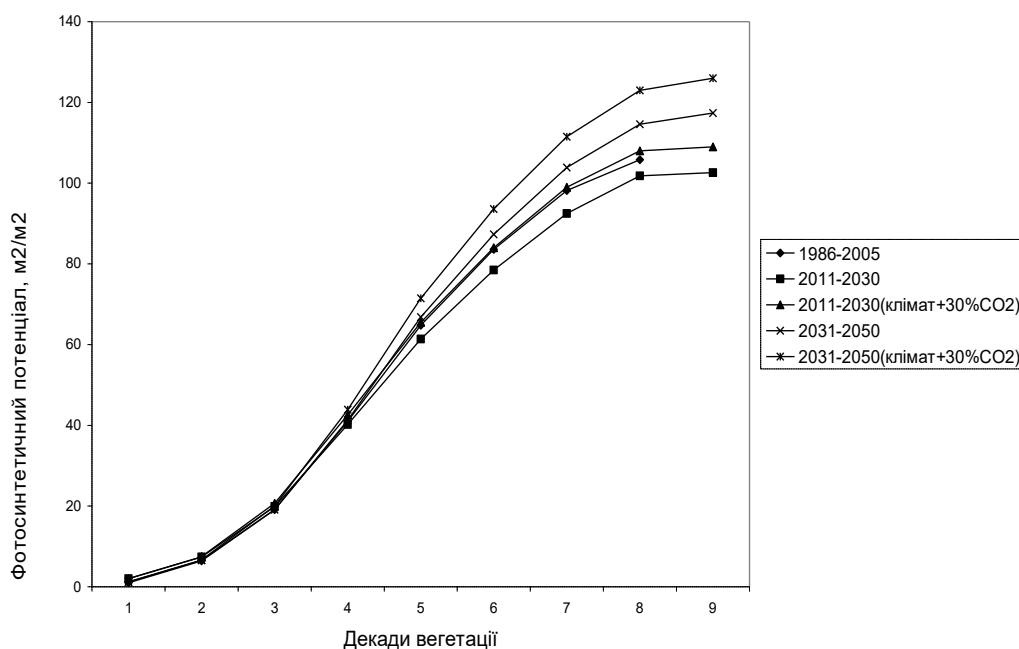


Рисунок 6.139 – Фотосинтетичний потенціал картоплі в Західному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Фотосинтетичний потенціал картоплі в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) почав збільшуватися з першої по восьму декади вегетації (рис. 6.140). За середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі в Поліссі складає  $85,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає  $88,6\text{-}91,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Поліссі фотосинтетичний потенціал картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає  $94,5\text{-}97,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

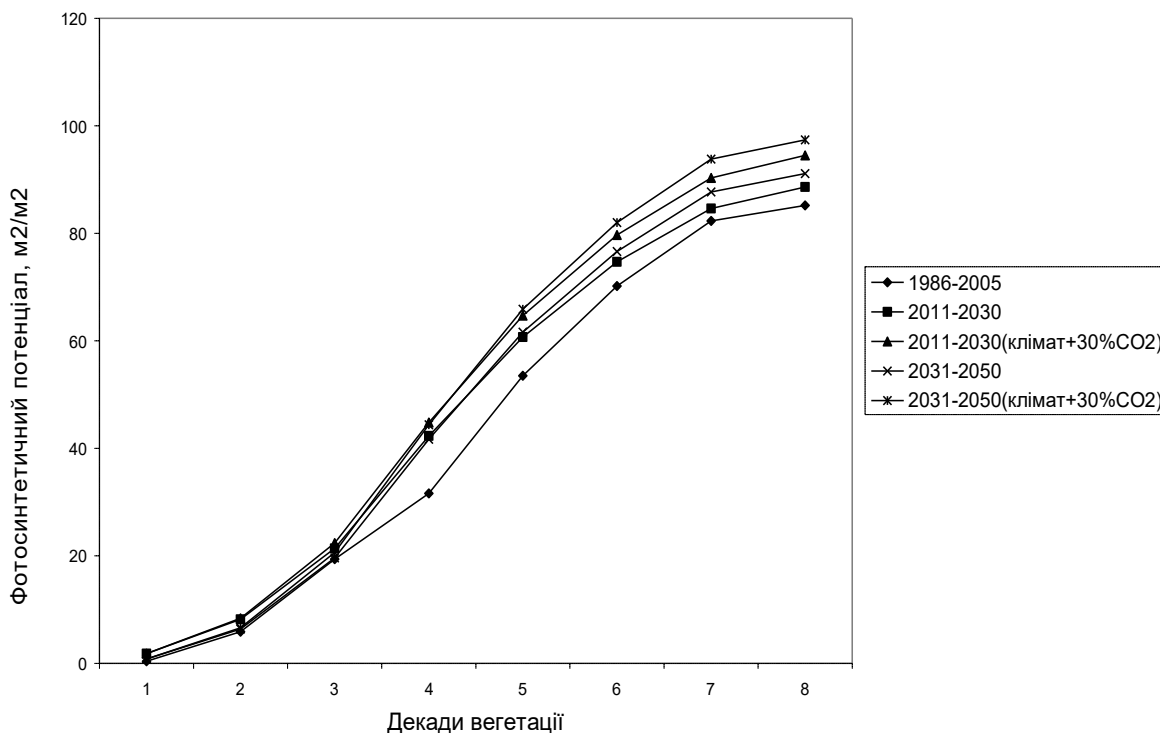


Рисунок 6.140 – Фотосинтетичний потенціал картоплі в Поліссі за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Поліссі максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) збільшилось на  $3,4\text{-}5,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Фотосинтетичний потенціал картоплі в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почав збільшуватися з першої по сьому декади вегетації, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) фотосинтетичний потенціал картоплі збільшувався з першої по восьму декади вегетації (рис. 6.141). За середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), максимальне значення фотосинтетичного потенціалу

картоплі в Степу складає  $55,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) складає  $77,1\text{-}86,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

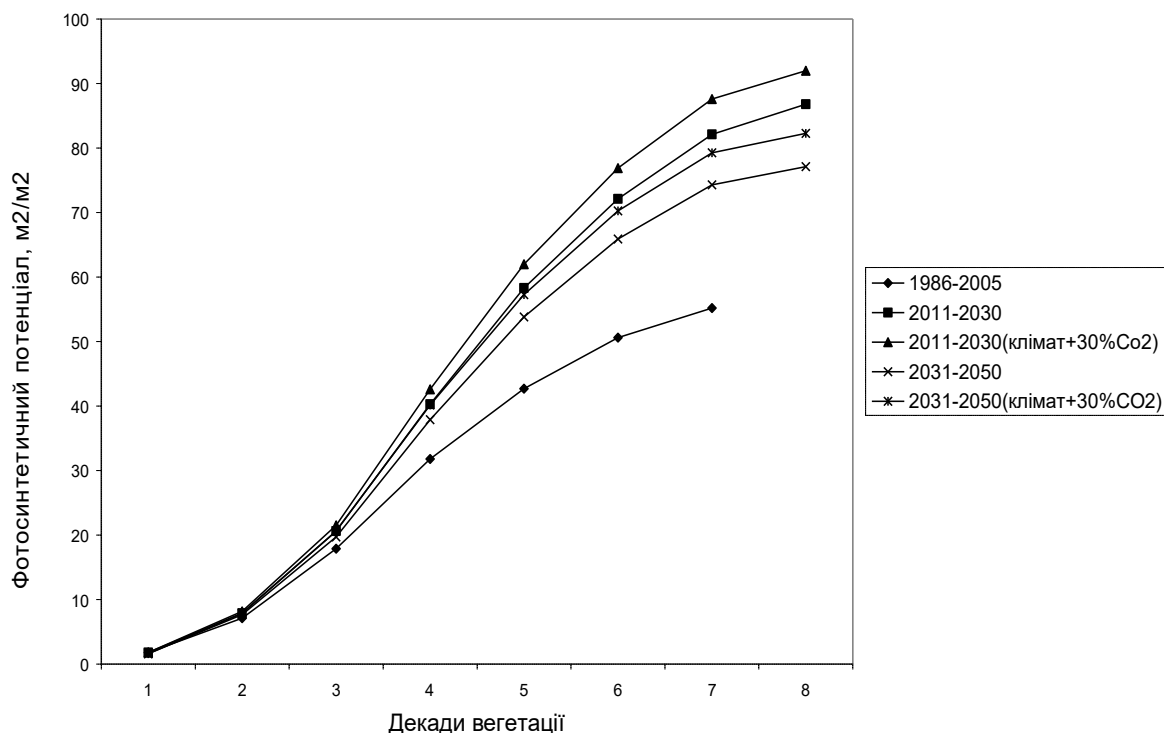


Рисунок 6.141 – Фотосинтетичний потенціал картоплі в Степу за умовреалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними(1986-2005 pp.) та за (2011-2030 pp.) і (2031-2050 pp.).

В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Степу фотосинтетичний потенціал картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) складає  $82\text{-}92 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . В Степу максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) збільшилось на  $21,9\text{-}31,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

Фотосинтетичний потенціал картоплі в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), почав збільшуватися з першої по восьму декади вегетації, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) фотосинтетичний потенціал картоплі збільшувався з першої по дев'яту декади вегетації (рис. 6.142). За середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі в Східному Лісостепу складає  $98,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) складає  $113,8\text{-}171 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Східному Лісостепу фотосинтетичний потенціал картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) складає  $185\text{-}122 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . В Східному Лісостепу максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050

pp.) збільшилось на 15,4-72,6  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

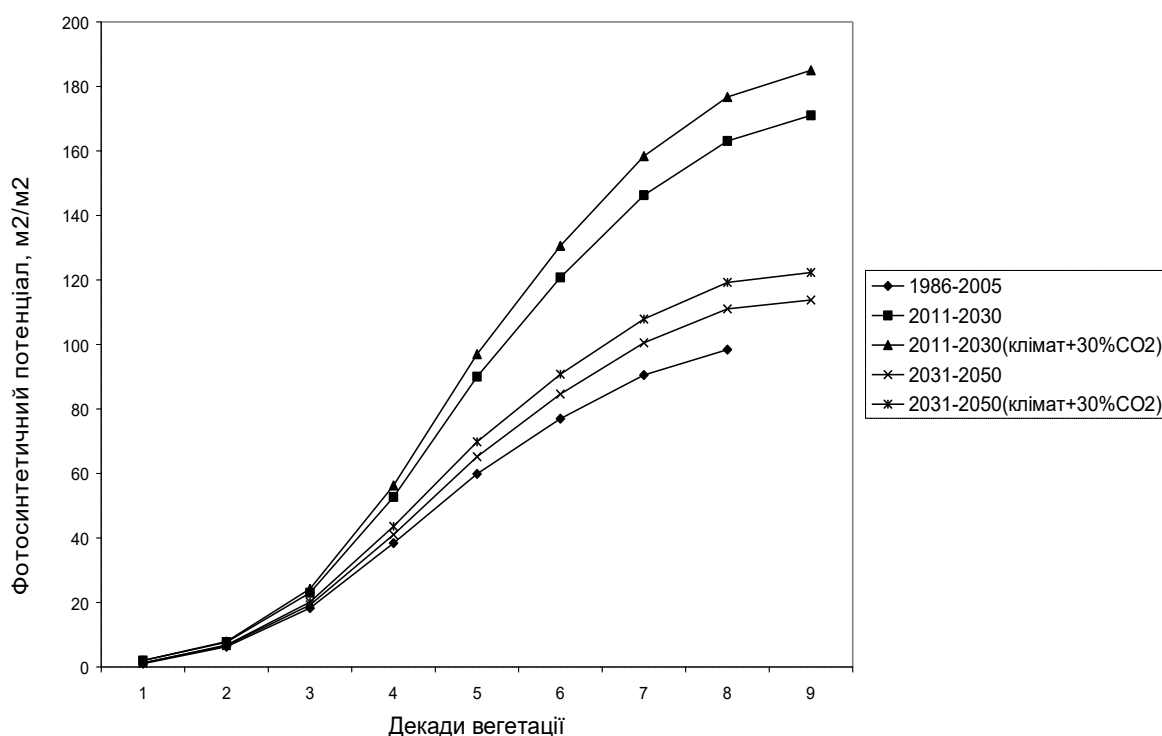


Рисунок 6.142 – Фотосинтетичний потенціал картоплі в Східному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) та за (2011-2030 pp.) і (2031-2050 pp.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В фотосинтетичний потенціал картоплі в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) почав збільшуватися с першої по восьму декади вегетації (рис. 6.143). За середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі в Західному Лісостепу складає 105,8  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) складає 124,7-144,7  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Західному Лісостепу фотосинтетичний потенціал картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) складає 133,9-156,4  $\text{м}^2/\text{м}^2$ .

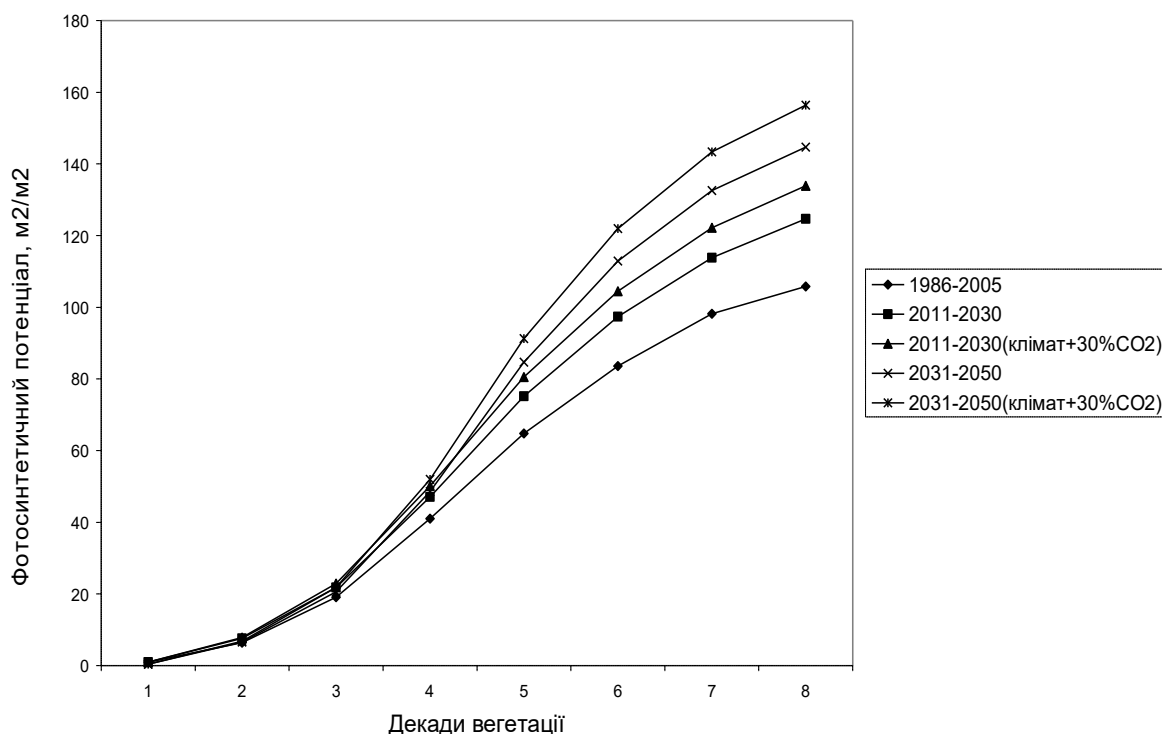


Рисунок 6.143 – Фотосинтетичний потенціал картоплі в Західному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В Західному Лісостепу максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) збільшилось на 18,9-38,9 м²/м², в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Фотосинтетичний потенціал картоплі в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) почав збільшуватися з першої по восьму декади вегетації (рис. 6.144). За середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі в Поліссі складає 95,8 м²/м², а сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає 105,7-116,8 м²/м².

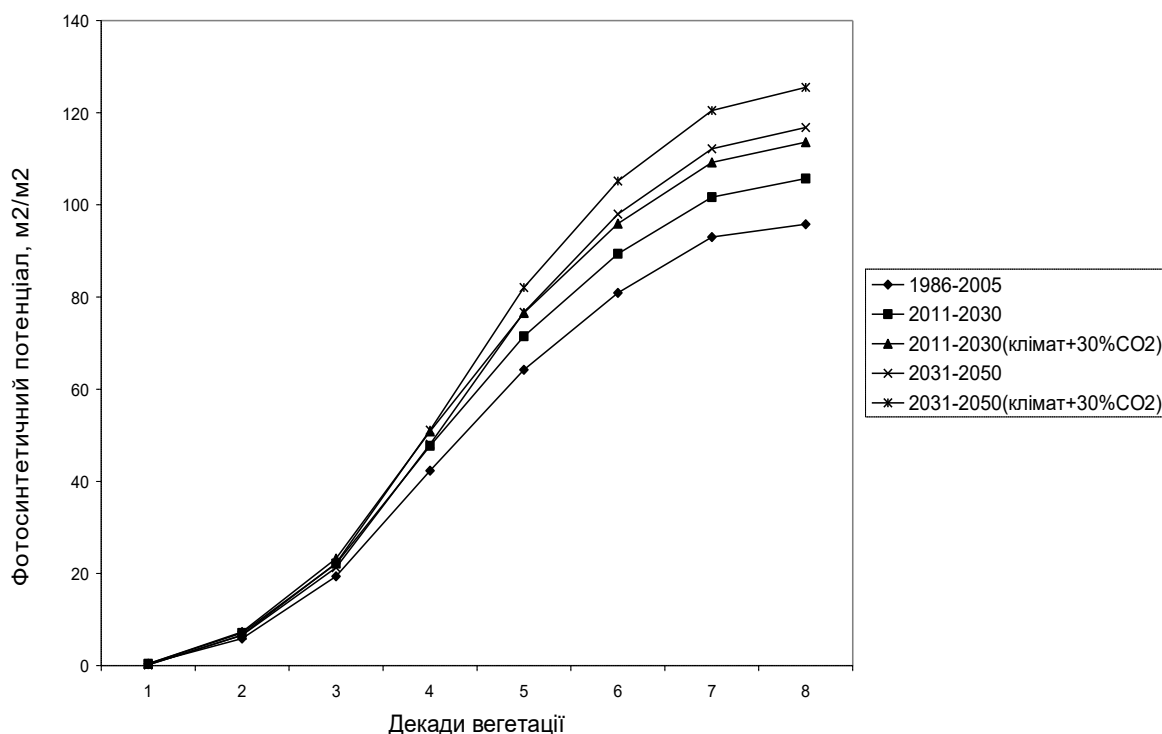


Рисунок 6.144 – Фотосинтетичний потенціал картоплі в Поліссі за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Поліссі фотосинтетичний потенціал картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає 113,6-125,5  $\text{м}^2/\text{м}^2$ . В Поліссі максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) збільшилось на 9,9-21  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Фотосинтетичний потенціал картоплі в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почав збільшуватися з першої по сьому декади вегетації, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) фотосинтетичний потенціал картоплі збільшувався з першої по восьму декади вегетації (рис. 6.145). За середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі в Степу складає 55  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає 92,5-99,5  $\text{м}^2/\text{м}^2$ .

В умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Степу фотосинтетичний потенціал картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає 99,2-106,7  $\text{м}^2/\text{м}^2$ . В Степу максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) збільшилось на 37,5-44,5  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

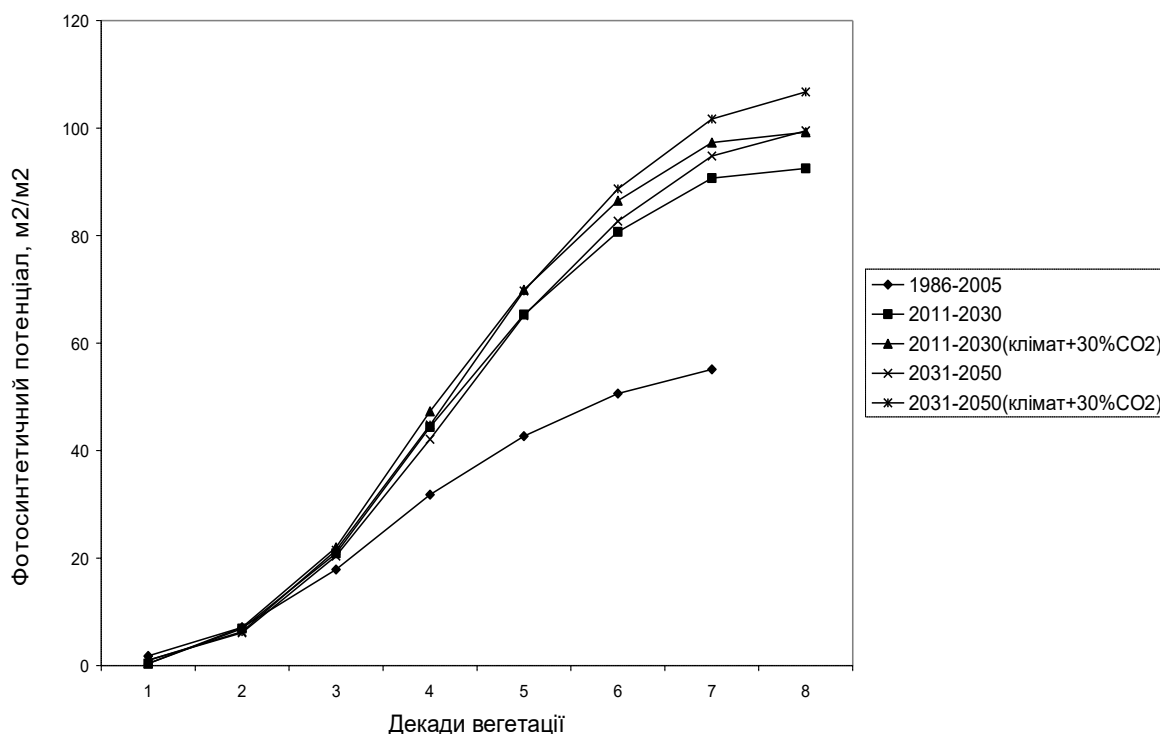


Рисунок 6.145 – Фотосинтетичний потенціал картоплі в Степу за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

Фотосинтетичний потенціал картоплі в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) почав збільшуватися з першої по восьму декади вегетації (рис. 6.146). За середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі в Східному Лісостепу складає  $98,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає  $94,9-115,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в умовах збільшення  $\text{CO}_2$  в Східному Лісостепу фотосинтетичний потенціал картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) складає  $101,6-123,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . В Східному Лісостепу максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), збільшилось на  $16,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), максимальне значення фотосинтетичного потенціалу картоплі зменшилось на  $3,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Фотосинтетичний потенціал картоплі в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) збільшувався з першої по восьму декади вегетації та набув максимального значення за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) в восьму декаду вегетації.

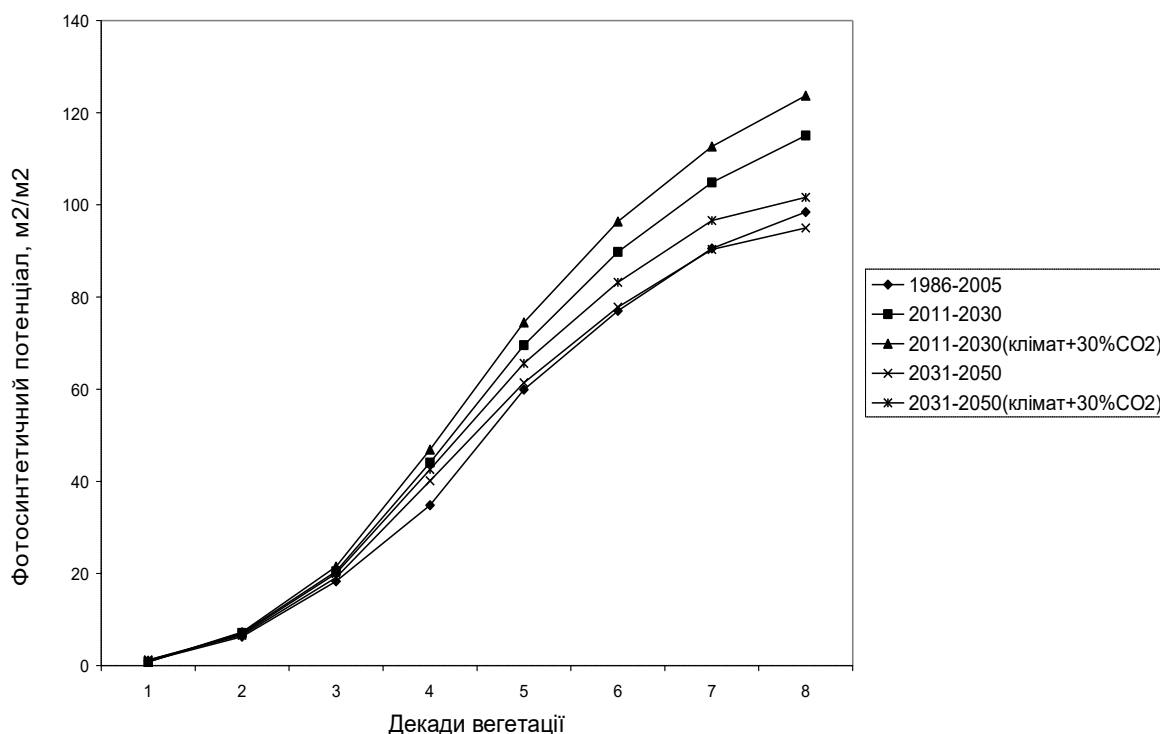


Рисунок 6.146 – Фотосинтетичний потенціал картоплі в Східному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) і (2031-2050 рр.).

#### 6.6.4.3 Імовірнісна оцінка можливих урожаїв картоплі в умовах зміни клімату

За умов реалізації сценарію зміни клімату A2 аналіз врожайності картоплі показав, що найбільшу повторюваність врожаїв у Поліссі складають врожаї 61 - 67 ц/га, на Західному Лісостепу - 97 - 172 ц/га, в Східному Лісостепу - 73 - 100 ц/га, у Степу – 39 – 53 ц/га за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) (табл. 6.59).

Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв картоплі у Західному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) ймовірність отримання високих врожаїв до 200 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років, і, навпаки, ймовірність отримання урожаїв до 170 ц/га становить 90% (табл. 6.59).

На території Полісся високі врожаї, до 138 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), можна очікувати отримання урожаїв картоплі не менше 50 ц/га. Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), на території Степу ймовірність отримання високих врожаїв до 264 ц/га не перевищує 5%, тобто



один раз на 20 років. Високі врожаї до 160 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), можна очікувати отримання урожаїв картоплі не менше 34-40 ц/га (табл. 6.59).

Таблиця 6.59 – Забезпеченість ймовірних врожаїв картоплі (ц/га) за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 (2011-2030 рр.)

Природна зона	$\bar{Y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Західний Лісостеп	174	206	190	184	179	177	176	175	174	172	170	97
Полісся	91	155	138	122	108	103	84	75	72	67	61	47
Степ	92	264	160	124	118	114	106	75	53	39	34	28
Східний Лісостеп	137	283	252	183	168	162	142	139	107	100	73	38

На території Східного Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) один раз на 20 років можна чекати отримання урожаїв на досить високому рівні - до 283 ц/га (табл. 6.59), а практично кожен рік можна очікувати отримання урожаїв 73-100 ц/га.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 аналіз врожайності картоплі показав, що найбільшу повторюваність врожаїв у Поліссі складають врожаї 63 - 78 ц/га, на Західному Лісостепу - 73 - 111 ц/га, в Східному Лісостепу - 68 - 100 ц/га, у Степу – 27 – 65 ц/га за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) (табл. 6.60).

Таблиця 6.60 – Забезпеченість ймовірних врожаїв картоплі (ц/га) за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 (2031-2050 рр.)

Природна зона	$\bar{Y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Західний Лісостеп	152	350	259	182	163	150	145	131	114	111	86	73
Полісся	103	147	138	121	116	113	109	106	96	78	72	63
Степ	85	182	141	116	105	95	88	75	63	49	41	27
Східний Лісостеп	155	336	247	211	176	161	152	130	125	101	95	68

Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв картоплі у Західному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) ймовірність отримання високих врожаїв до 350 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років, і, навпаки, ймовірність отримання урожаїв до 86 ц/га становить 90%. На території Полісся високі врожаї картоплі, до 120 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), територія Полісся буде

забезпечена врожаєм картоплі не менше 70 ц/га. Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв картоплі за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), на території Степу ймовірність отримання високих врожаїв до 180 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років. Високі врожаї, до 140 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), можна очікувати отримання урожаїв картоплі не менше 30 ц/га. На території Східного Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) один раз в 10 років можна чекати отримання урожаїв на досить високому рівні - до 300 ц/га (табл. 6.60), а практично кожен рік можна очікувати отримання урожаїв 70-100 ц/га.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В аналіз врожайності картоплі показав, що найбільшу повторюваність врожаїв у Поліссі складають врожаї 47 - 84 ц/га, на Західному Лісостепу - 62 - 85 ц/га, в Східному Лісостепу - 71 - 95 ц/га, у Степу – 40 – 60 ц/га за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) (табл. 6.61).

Таблиця 6.61 – Забезпеченість ймовірних врожаїв картоплі (ц/га) за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В (2011-2030 рр.)

Природна зона	$\bar{Y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Західний Лісостеп	121	257	171	151	150	149	114	98	90	84	80	62
Полісся	101	148	147	135	123	108	102	92	87	84	68	47
Степ	86	196	140	121	112	95	82	81	62	55	40	24
Східний Лісостеп	123	298	155	142	136	127	121	110	104	92	80	71

Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв картоплі у Західному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.) ймовірність отримання високих врожаїв до 257 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років, і, навпаки, ймовірність отримання урожаїв до 80 ц/га становить 90% (табл. 6.61).

На території Полісся високі врожаї, до 145 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), можна очікувати отримання урожаїв картоплі не менше 50 ц/га. Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв картоплі за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), на території Степу високі врожаї, до 196 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), можна очікувати отримання урожаїв картоплі не менше 25 ц/га. На території Східного Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), ймовірність отримання високих врожаїв до 298 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років. Один раз в 10 років можна чекати отримання урожаїв на досить

високому рівні - до 150 ц/га (табл. 6.61), а практично кожен рік можна очікувати отримання урожаїв 70-80 ц/га.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В аналіз врожайності картоплі показав, що найбільшу повторюваність врожаїв у Західному Лісостепу складають врожаї 50 - 85 ц/га, в Поліссі - 50 - 70 ц/га, у Степу - 40 - 45 ц/га, в Східному Лісостепу – 70 – 90 ц/га за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) (табл. 6.62).

Таблиця 6.62 – Забезпеченість ймовірних врожаїв картоплі (ц/га) за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В (2031-2050 pp.)

Природна зона	$\bar{y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Західний Лісостеп	108	172	162	128	118	117	115	111	105	86	68	45
Полісся	100	174	160	141	127	110	96	82	73	71	63	52
Степ	84	187	169	135	112	99	82	49	46	43	38	37
Східний Лісостеп	122	298	242	148	133	112	102	100	97	86	78	77

Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв картоплі у Західному Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.), ймовірність отримання високих врожаїв до 170 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років, і, навпаки, ймовірність отримання урожаїв до 70 ц/га становить 90% (табл. 6.62).

На території Полісся високі врожаї, до 150 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.), можна очікувати отримання урожаїв картоплі не менше 60 ц/га. Як видно з проведених розрахунків сумарної ймовірності врожаїв картоплі за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.), на території Степу високі врожаї, до 170 ц/га, можуть спостерігатися не частіше одного разу на 10 років. Щорічно за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.), можна очікувати отримання урожаїв картоплі не менше 40 ц/га. На території Східного Лісостепу за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.), ймовірність отримання високих врожаїв до 298 ц/га не перевищує 5%, тобто один раз на 20 років. На досить високому рівні - до 200 ц/га можна чекати отримання урожаїв один раз в 10 років (табл. 6.62), а практично кожен рік можна очікувати отримання урожаїв 75-90 ц/га.

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2, суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу склала 626 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.147). За сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) в Західному Лісостепу, суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до дев'ятої декади

вегетації і в дев'яту декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі склала 649 г/м<sup>2</sup>. Суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу за умов збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з четвертої по дев'яту декаду вегетації і в дев'яту декаду вегетації склала 721 г/м<sup>2</sup>.

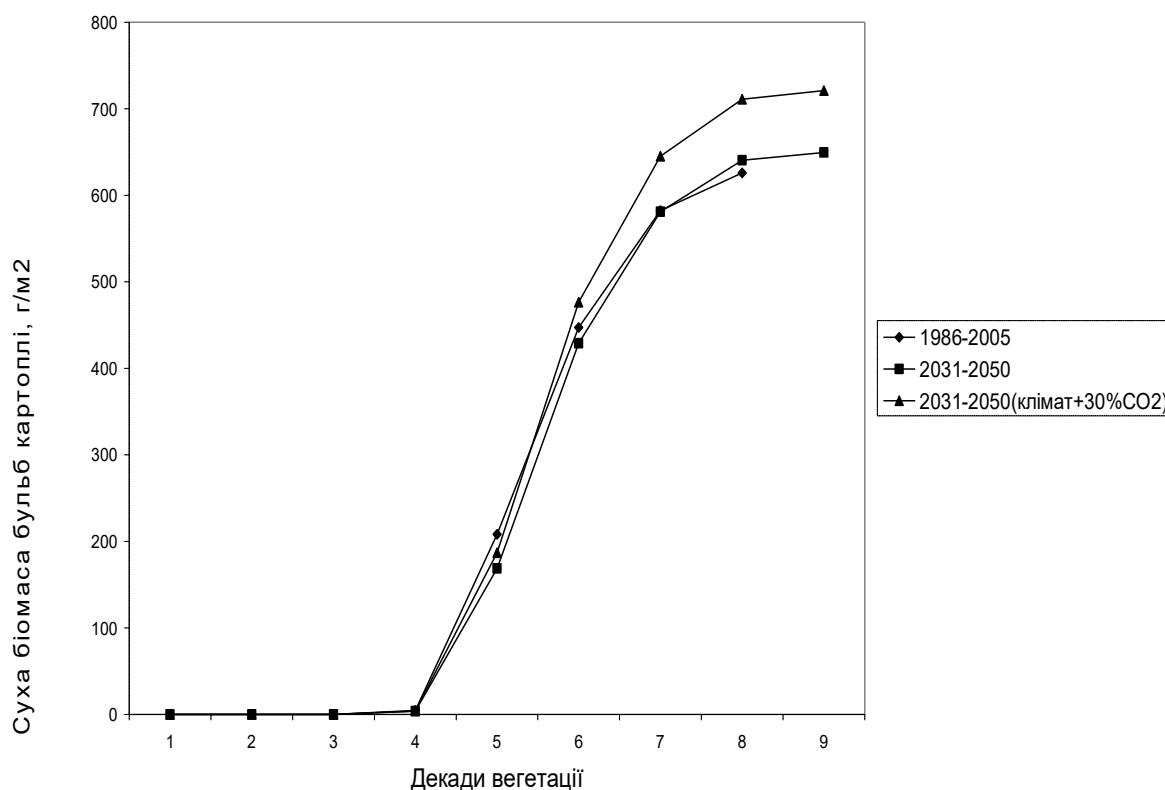


Рисунок 6.147 – Суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.).

Суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) збільшилась на 23 г/м<sup>2</sup>, суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу за умов збільшення CO<sub>2</sub> збільшилась на 95 г/м<sup>2</sup> в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

Суха біомаса бульб картоплі в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), почала набирати масу з четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі в Поліссі склала 643 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.148). За сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) в Поліссі, суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу з четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі склала 619 г/м<sup>2</sup>. Суха біомаса бульб картоплі в Поліссі за умов збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з четвертої по восьму декаду вегетації і в восьму декаду вегетації склала 688 г/м<sup>2</sup>.

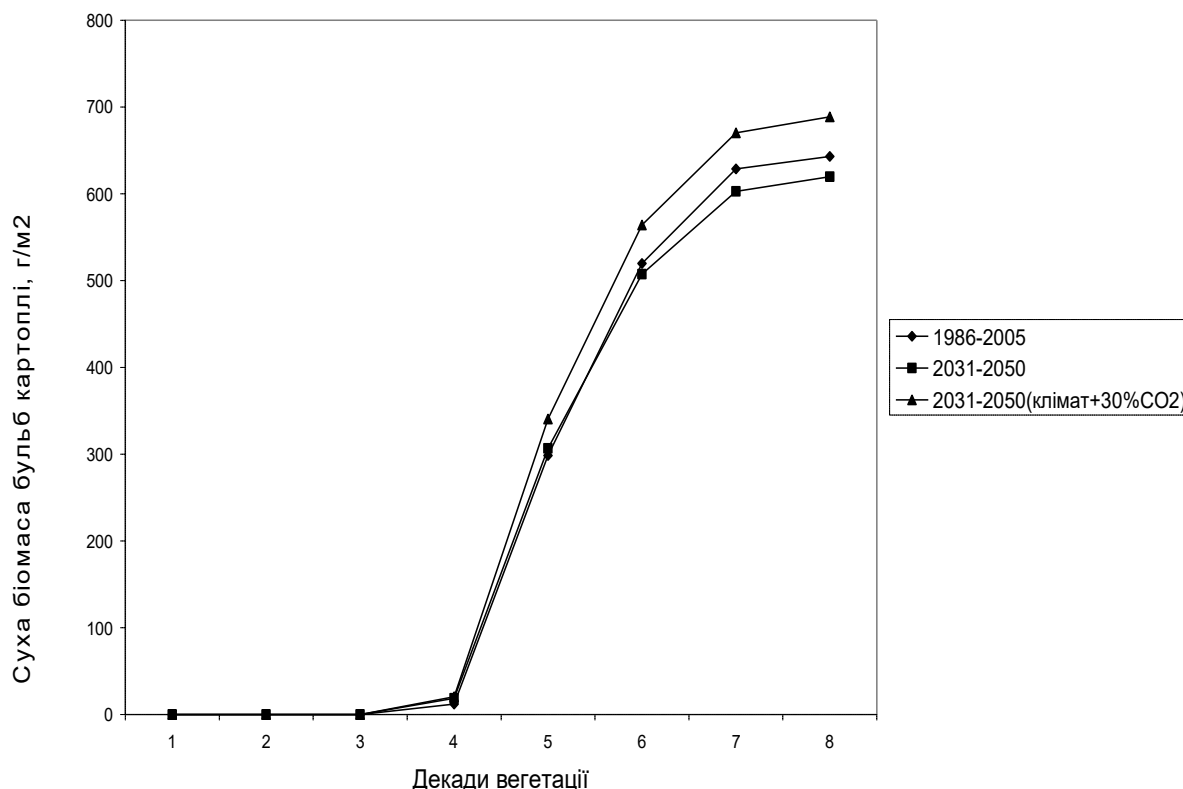


Рисунок 6.148 – Суха біомаса бульб картоплі в Поліссі за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.).

Суха біомаса бульб картоплі в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почала набирати масу з третьої декади вегетації і до сьомої декади вегетації і в сьому декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі в Степу склала 398 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.149).

За сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) в Степу, суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу з четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі склала 532 г/м<sup>2</sup>. Суха біомаса бульб картоплі в Степу за умов збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з четвертої по восьму декаду вегетації і в восьму декаду вегетації склала 591 г/м<sup>2</sup>. Суха біомаса бульб картоплі в Степу в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.) збільшилась на 134 г/м<sup>2</sup>, суха біомаса бульб картоплі в Степу за умов збільшення CO<sub>2</sub> збільшилась на 193 г/м<sup>2</sup> в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), почала набирати масу з четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу склала 597 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.150).

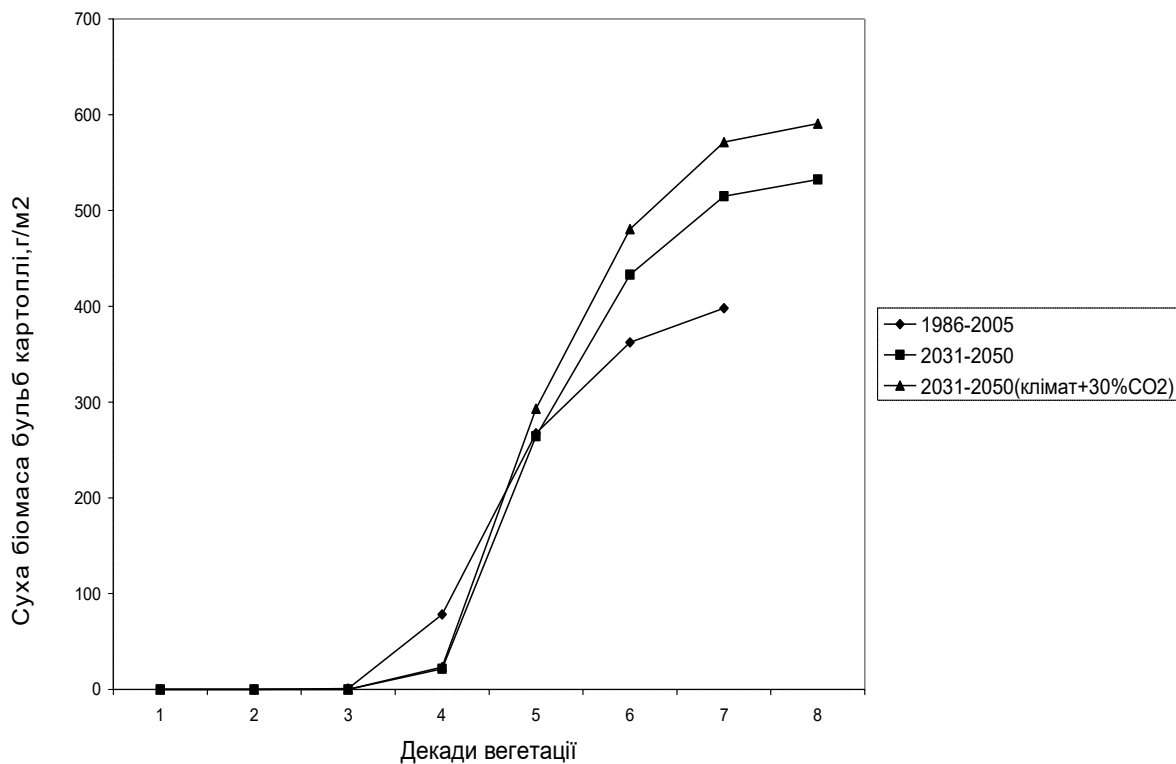


Рисунок 6.149 – Суха біомаса бульб картоплі в Степу за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.).

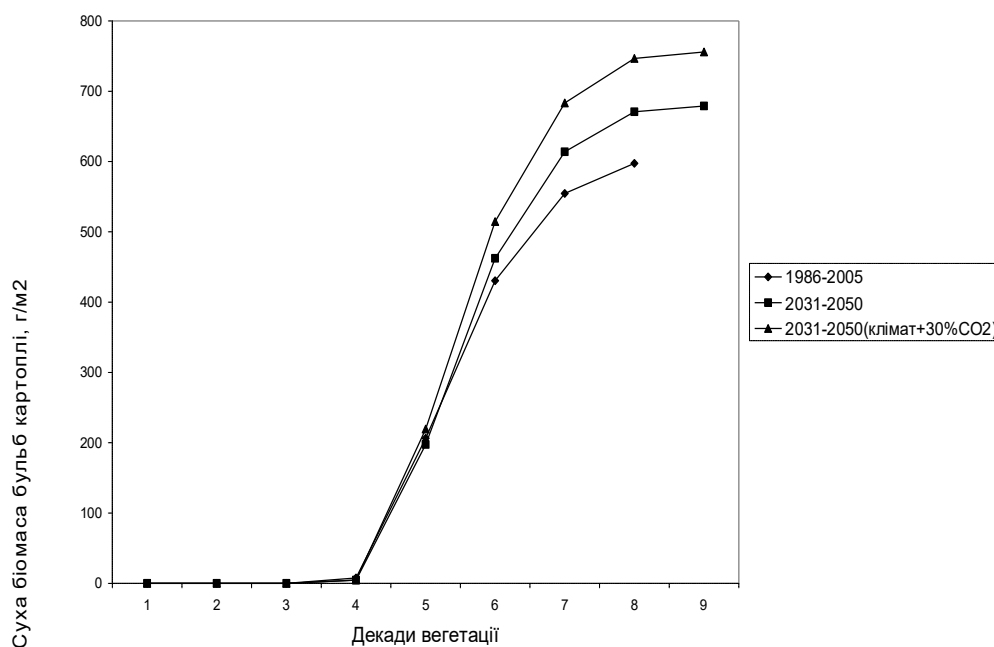


Рисунок 6.150 – Суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A2 за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.).

За сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) в Східному Лісостепу, суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до дев'ятої декади вегетації і в дев'яту декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі склала 679 г/м<sup>2</sup>.

Суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу за умов збільшення CO<sub>2</sub> почала набирати масу з четвертої по дев'яту декаду вегетації і в дев'яту декаду вегетації склала 755 г/м<sup>2</sup>. Суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.) збільшилась на 82 г/м<sup>2</sup>, суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу за умов збільшення CO<sub>2</sub> збільшилась на 158 г/м<sup>2</sup> в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату A1B, суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу склала 626 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.151). За сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), в Західному Лісостепу, суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі склала 794 г/м<sup>2</sup>. За сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.), в Західному Лісостепу, суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу с п'ятої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі склала 847 г/м<sup>2</sup>. Суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу за умов збільшення CO<sub>2</sub> за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), почала набирати масу з четвертої по восьму декаду вегетації і в восьму декаду вегетації склала 881 г/м<sup>2</sup>, а за сценаріями зміни клімату (2031-2050 pp.), суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу с п'ятої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі склала 940 г/м<sup>2</sup>.

Суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) збільшилась на 168-221 г/м<sup>2</sup>, суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу за умов збільшення CO<sub>2</sub> збільшилась на 255-314 г/м<sup>2</sup> в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

Суха біомаса бульб картоплі в Поліссі за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі в Поліссі склала 643 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.152). За сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) в Поліссі, суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в

восьму декаду суха маса бульб картоплі склала 770-817 г/м<sup>2</sup>.

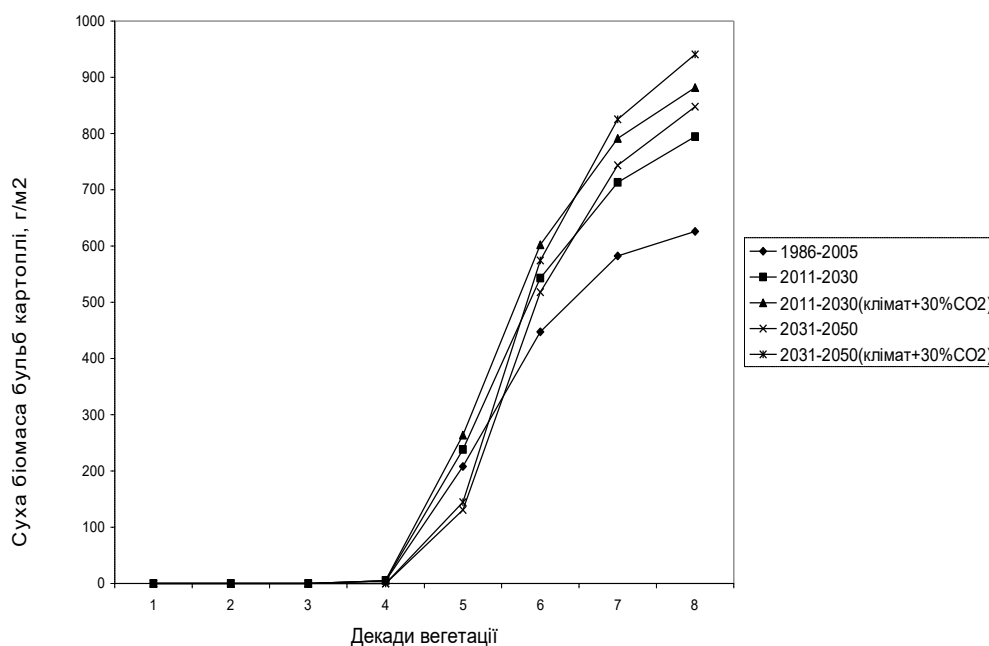


Рисунок 6.151 – Суха біомаса бульб картоплі в Західному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2031 рр.) і (2031-2050 рр.).

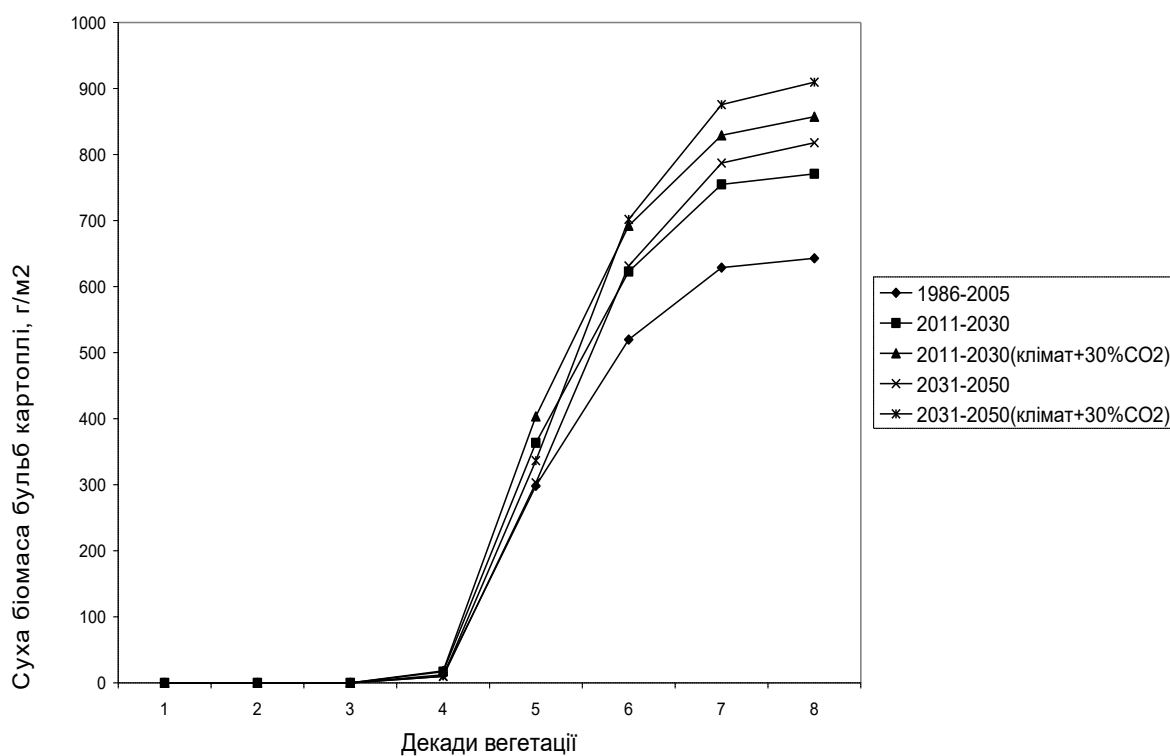


Рисунок 6.152 – Суха біомаса бульб картоплі в Поліссі за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2031 рр.) і (2031-2050 рр.).



За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха біомаса бульб картоплі в Поліссі, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.), почала набирати масу з четвертої по восьму декаду вегетації і в восьму декаду вегетації склала 857-909 г/м<sup>2</sup>.

Суха біомаса бульб картоплі в Поліссі в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) збільшилась на 127-174 г/м<sup>2</sup>, за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) суха біомаса бульб картоплі в Поліссі за умов збільшення  $\text{CO}_2$  збільшилась на 214-266 г/м<sup>2</sup> в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

Суха біомаса бульб картоплі в Степу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), почала набирати масу с третьої декади вегетації і до сьомої декади вегетації і в сьому декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі в Степу склала 398 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.153). За сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) в Степу, суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі склала 658-659 г/м<sup>2</sup>. За сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) суха біомаса бульб картоплі в Степу, за умов збільшення  $\text{CO}_2$  почала набирати масу з четвертої по восьму декаду вегетації і в восьму декаду вегетації склала 730-733 г/м<sup>2</sup>. Суха біомаса бульб картоплі в Степу в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) збільшилась на 260-261 г/м<sup>2</sup>, суха біомаса бульб картоплі в Степу за умов збільшення  $\text{CO}_2$  за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) збільшилась на 332-335 г/м<sup>2</sup> в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.)

Суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу за середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.), почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації і в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу склала 597 г/м<sup>2</sup> (рис. 6.154).

За сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) в Східному Лісостепу, суха біомаса бульб картоплі почала набирати масу с четвертої декади вегетації і до восьмої декади вегетації, в восьму декаду вегетації суха біомаса бульб картоплі склала 619-767 г/м<sup>2</sup>. За сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.), суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу, за умов збільшення  $\text{CO}_2$  почала набирати масу з четвертої по восьму декаду вегетації і в восьму декаду вегетації склала 688-853 г/м<sup>2</sup>. Суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу в період максимального розвитку за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) збільшилась на 22-170 г/м<sup>2</sup>, суха біомаса бульб картоплі в Степу за умов збільшення  $\text{CO}_2$  за сценаріями зміни клімату (2011-2030 pp.), (2031-2050 pp.) збільшилась на 91-256 г/м<sup>2</sup> в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 pp.).

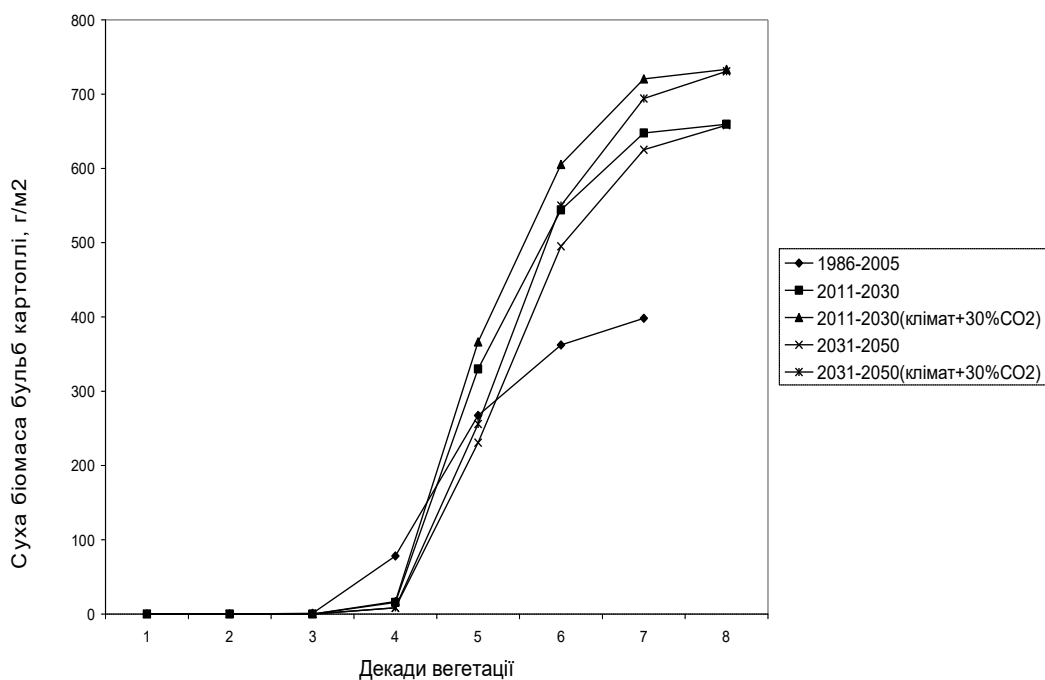


Рисунок 6.153 – Суха біомаса бульб картоплі в Степу за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2031 рр.) і (2031-2050 рр.).

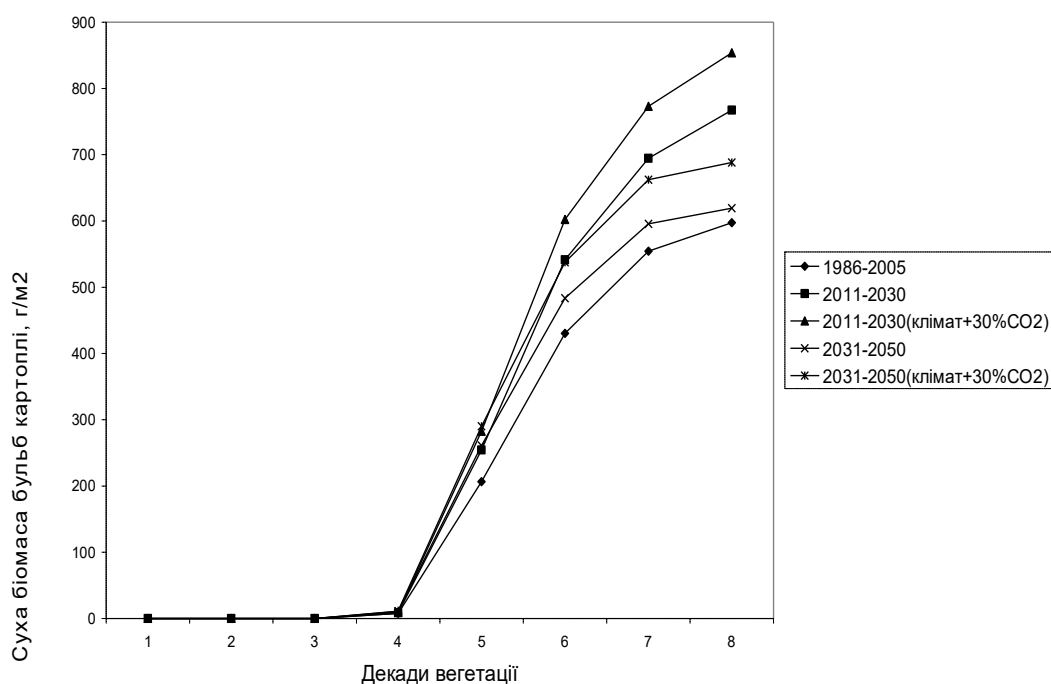


Рисунок 6.154 – Суха біомаса бульб картоплі в Східному Лісостепу за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату (2011-2031 рр.) і (2031-2050 рр.).

Характер розподілу урожаю картоплі на території України неоднорідний. За умов реалізації сценарію зміни клімату А2, урожай картоплі коливається в межах 25-325 ц/га. За сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), найбільші значення урожаю картоплі спостерігаються в Східному районі Полісся та в Центральному Лісостепу 262-325 ц/га (рис. 6.155). В порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), урожайність картоплі в Східному районі Полісся та в Центральному Лісостепу збільшиться на 200-300 %.

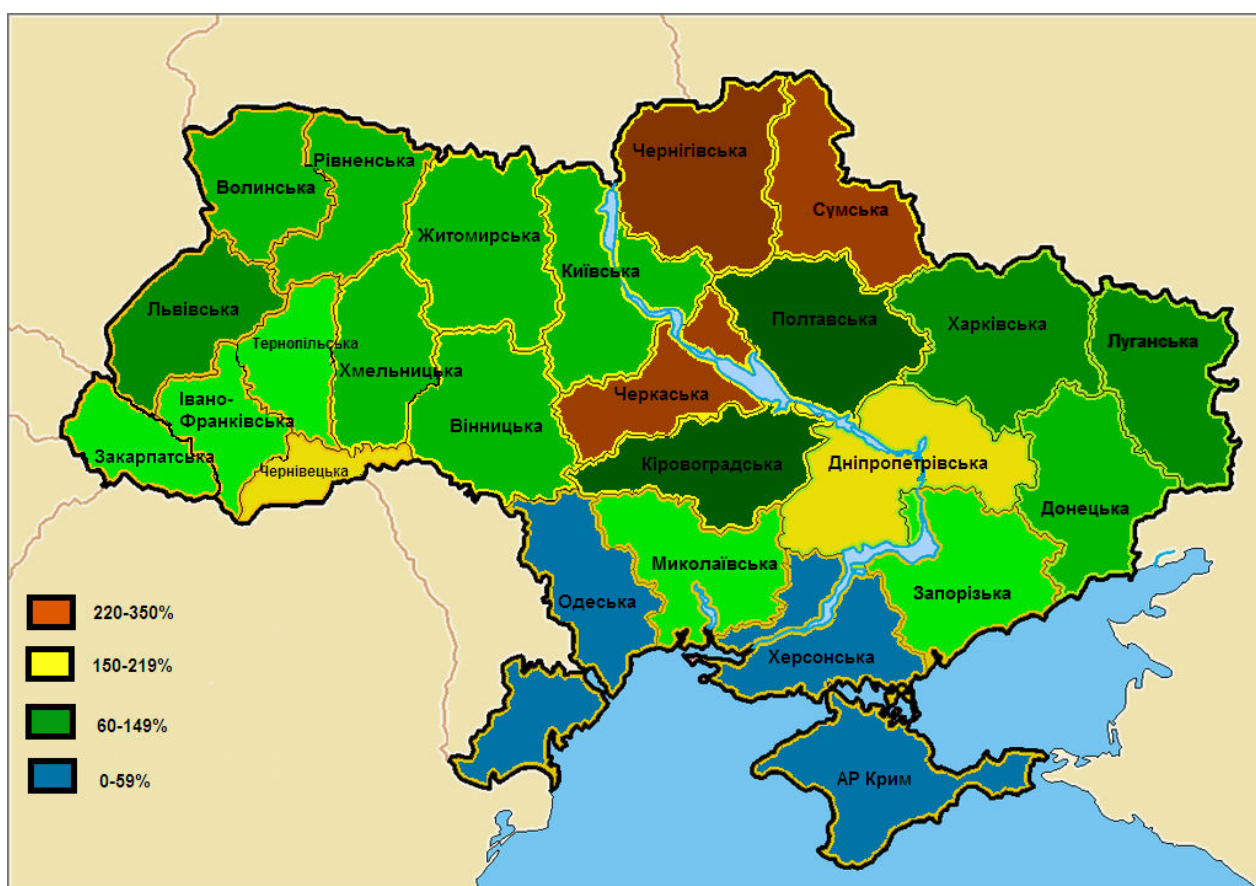


Рисунок 6.155 – Карта розподілу урожайності картоплі за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 (2011-2030 рр.), %.

Трохи нижчі значення урожаю картоплі спостерігаються в Правобережній частині Північного Степу, та в Західному і Східному районах Лісостепу 117-129 ц/га. В Правобережній частині Північного Степу зафіксовано збільшення урожаю картоплі на 50 %, а в Західному і Східному районах Лісостепу на 20 %, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Підвищення урожаю картоплі на 10 % зафіксовано в Східному Лісостепу та в Центральному районі Полісся в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Мінімальні значення

урожаю картоплі спостерігаються в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу, а також в АР Крим 25-38 ц/га. В Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу урожайність картоплі знизиться на 30-60 %, а в АР Крим знизиться на 40 %, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

За сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), урожай картоплі коливається в межах 20-330 ц/га, найбільші значення урожаю картоплі спостерігаються в Східному районі Полісся та в Центральному і Західному Лісостепу 176- 330 ц/га (рис. 6.156). В порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), урожайність картоплі в Східному районі Полісся та в Центральному і Західному Лісостепу збільшиться на 50-300 %.



Рисунок 6.156 – Карта розподілу урожайності картоплі за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 (2031-2050 рр.), %.

Трохи нижчі значення урожаю картоплі спостерігаються в Центральному та Східному районах Лісостепу 113-145 ц/га. В порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), урожайність картоплі в Центральному та Східному районах Лісостепу збільшиться на 20-25 %. Не

змінним залишиться урожай картоплі в Правобережній частині Степу та в Західному районі Лісостепу 68-109 ц/га, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Мінімальні значення урожаю картоплі спостерігаються в Правобережній частині Північного Степу та в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу, а також в АР Крим 14-42 ц/га. В Правобережній частині Північного Степу урожайність картоплі знизиться на 25 %, в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу урожайність картоплі знизиться на 20-40 %, а в АР Крим знизиться на 60 %, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

За умов реалізації сценарію зміни клімату А1В, урожай картоплі коливається в межах 25-170 ц/га. За сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), найбільші значення урожаю картоплі спостерігаються в Західному, Центральному і Східному районах Полісся та в Центральному і Західному районах Лісостепу 134-143 ц/га (рис. 6.157).



Рисунок 6.157 – Карта розподілу урожайності картоплі за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В (2011-2030 рр.), %.

В Західному, Центральному і Східному районах Полісся урожайність картоплі збільшиться на 20-50 %, в Центральному і Західному районах Лісостепу урожайність картоплі збільшиться на 30-50 %, в порівнянні з



середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Трохи нижчі значення урожаю картоплі спостерігаються в Центральному і Східному районах Лісостепу 121-123 ц/га. В Центральному і Східному районах Лісостепу урожайність картоплі збільшиться на 20-30 %, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Мінімальні значення урожаю картоплі спостерігаються в Правобережній частині Північного Степу та в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу, а також в АР Крим 23-34 ц/га. В Правобережній частині Північного Степу урожайність картоплі знизиться на 10-20 %, в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу урожайність картоплі знизиться на 20-40 %, а в АР Крим урожайність картоплі знизиться на 40 %, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

За сценаріями зміни клімату (2031-2050 рр.), урожай картоплі коливається в межах 10-150 ц/га, найбільші значення урожаю картоплі спостерігаються в Центральному районі Полісся та в Центральному Лісостепу 115-148 ц/га (рис. 6.158). В порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), урожайність картоплі в Центральному районі Полісся та в Центральному Лісостепу збільшиться на 30-60 %.

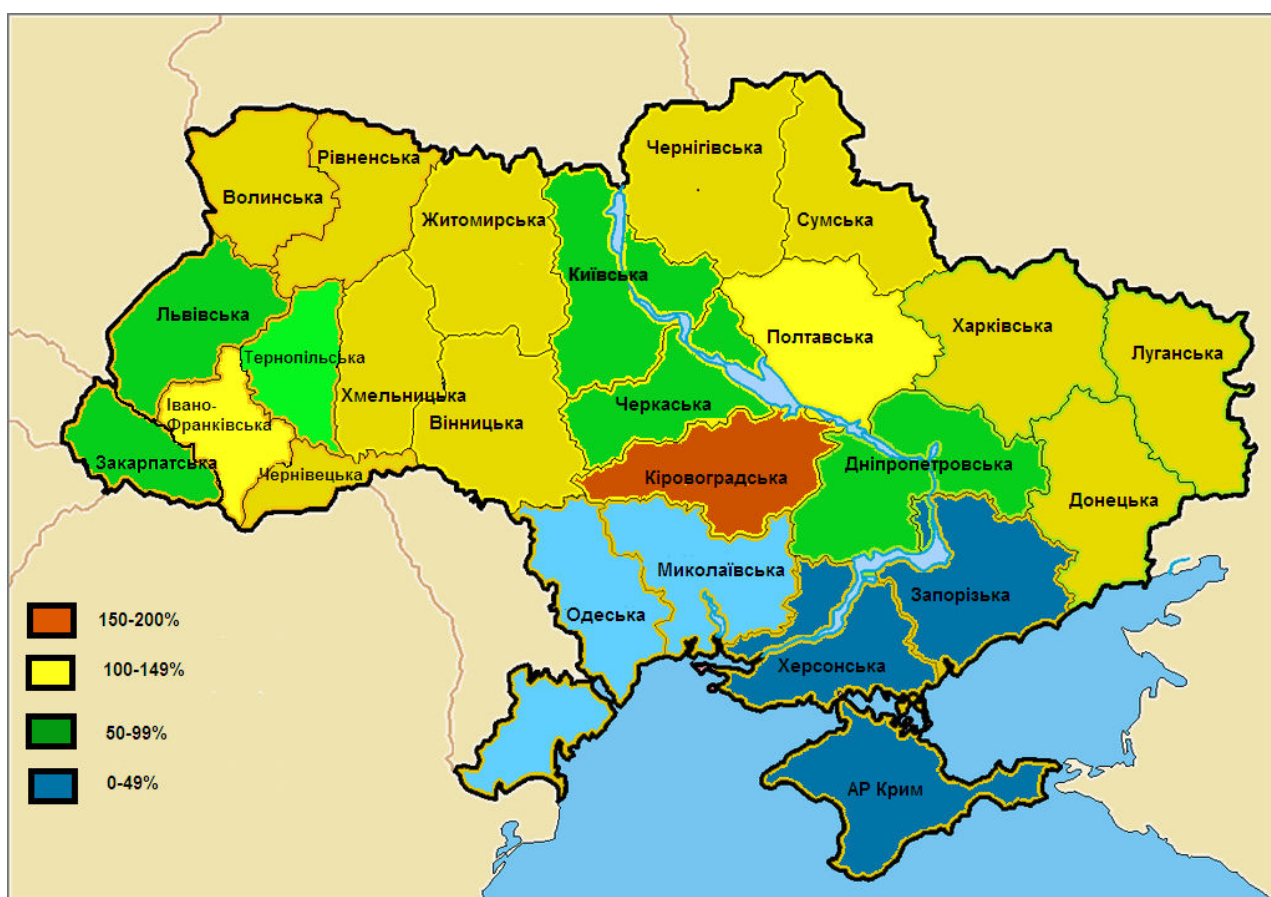


Рисунок 6.158 – Карта розподілу урожайності картоплі за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В (2031-2050 рр.), %.

Майже не змінним залишиться урожай картоплі в Західному районі Полісся, Східному районі Лісостепу та в Правобережній частині Північного Степу 108-120 ц/га, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.). Мінімальні значення урожаю картоплі спостерігаються в Правобережній частині Північного Степу та в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу, а також в АР Крим 10-31 ц/га. В Правобережній частині Північного Степу урожайність картоплі знизиться на 40 %, в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу урожайність картоплі знизиться на 10-30 %, а в АР Крим урожайність картоплі знизиться на 40 %, в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Таким чином, за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 і А1В виконана оцінка впливу зміни клімату на продуктивність картоплі. Встановлені оптимальні агрометеорологічні та агрокліматичні умови, при яких спостерігається максимальна продуктивність посадок картоплі. Проведено порівняння показників фотосинтетичної продуктивності картоплі, за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.).

Отримані кількісні характеристики показників фотосинтетичної продуктивності картоплі, за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.).

Оцінено відсоток розподілу урожайності картоплі на території України за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.) в порівнянні з середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.).

Проведено порівняння сухої біомаси бульб картоплі за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.). Виконана оцінка ймовірних врожаїв картоплі, за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.), та за сценаріями зміни клімату (2011-2030 рр.), (2031-2050 рр.).

## **6.7 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку в зв'язку зі зміною клімату**

### **6.7.1 Ботанічний опис та біологічні особливості цукрового буряку**

**Ботанічна характеристика цукрового буряку.** Буряк (Beta) - одно- та дворічна, перехреснозапильна трав'яниста рослина сімейства Маревих, овочева, а також кормова і цукроносна культура. Дикоростучий буряк використовували в їжу з незапам'ятних часів. У другому-першому тисячолітті до н.е. введено в культуру (приблизно на островах Середземного моря) буряк листовий.

До початку н.е. з'явилися культурні коренеплідні форми буряку (у 10-11 ст. вони були відомі в Київській Русі), у 16-17 ст. - столові і кормові форми, у 18 столітті з гібридних форм кормового буряку був відібрано цукровий буряк (у 1747 році німецький вчений-хімік Андреас Зигмунд Маркграф у своїй лабораторії виділив з білого сілезького кормового буряку кристалики цукру, аналогічного очеретяному, про що і доповів на засіданні Пруської академії наук). З кінця 19 століття й у 20 столітті культура поширилася на всі континенти.

За формою коренеплід буває округлий, плоский і циліндричний. Містить білка до 2%, цукрів 14,5%, солі калію, кальцію, магнію, фосфору. На відміну від моркви в буряку немає каротину, але більше аскорбінової кислоти [101].

Рослина волого- і світлолюбна, досить холодо- і засухостійка. Культуру вирощують на всіх континентах, в Україні - у всіх землеробських районах, окрім Криму.

Буряк більш вимогливий до тепла, ніж морква. Оптимальна температура для росту коренеплідів +16...+22°C. Культура пристосована до підвищеної засоленості ґрунтів, але вони повинні бути нейтральними і добре підживлені добривами.

Вегетаційний період у залежності від сорту 60-120 днів. Кожна насінина більшості сортів дає початок декільком проросткам, тому культура вимагає своєчасного проріджування. Існує і сорт одноростковою буряка (Однопаростковий) [102].

За існуючою класифікацією всі форми буряків (дикі й культурні, однорічні, дворічні та багаторічні) об'єднують в один ботанічний рід - буряки *Beta* L., який належить до родини лободових *Chenopodiaceae*, і налічує 14 диких і один культурний вид. У процесі еволюції видів роду *Beta* утворилися 3 природні групи - секції: канарські (3 види), гірські (6 видів), звичайні (6 видів). До останньої належить відібраний і сформований людиною збірний вид *Beta vulgaris*, який об'єднує такі підвиди:

1. *Beta cicla* - листові буряки з трьома групами різновидностей (листові салатні - *convar vulgarly*; черешкові салатні - *convar petiolata*; гібридні черешкові декоративні - *convar varioecila*).

2. *Beta crassa* - коренеплідні буряки з трьома групами різновидностей (столові - *convar cruenfa*; кормові - *convar crassa*; цукрові - *convar sacchariferae* з однонасінною формою - *convar monospermd*) [103].

*Коренева система* буряків стрижнева, проникає у ґрунт на глибину 1,5-2 м. Вона складається з головного кореня - коренеплоду і великої кількості бічних корінців, які виходять з двох протилежних боків кожного кореня. Коренеплід умовно поділяють на три частини: головку, шийку і власне корінь, або кореневе тіло. Ці частини мають неоднакове походження і господарську цінність.



Голівка (верхня частина) коренеплоду являє собою вкорочене стебло й утворюється з надсім'ядольного коліна (епікотилу). На ній розміщуються бруньки і листки. Бічні корені не утворюються. Вона повністю розміщується над поверхнею ґрунту. На голівку припадає 10-15% довжини кореня. Це найбільш здерев'яніла частина коренеплоду, в якій міститься менша кількість цукру, ніж у інших частинах. У центрі головки міститься конус наростання, де утворюються молоді листки.

Шийка розміщена між голівкою і власне коренеплодом. На ній не ростуть ні листки, ні бічні корінці. Шийка - це коротка частина коренеплоду цукрових буряків (1-3 см), у кормових вона досягає 5-10 см. Шийка утворюється завдяки розростанню підсім'ядольного коліна (гіпокотилу) зародка. Більша частина її розміщується над поверхнею ґрунту. За вмістом поживних речовин шийка - повноцінна частина як для технічних, так і кормових цілей.

Кореневе тіло (власне корінь) утворюється внаслідок розростання зародкового корінця. Це нижня, конічної форми частина коренеплоду, яка становить 65-70 % довжини всього коренеплоду. Ця частина коренеплоду розвивається повністю в ґрунті і для неї характерна наявність бічних корінців.

Бічні корінці у буряків розміщуються на двох протилежних боках кореня. Більш короткі ряди бічних корінців у кормових буряків з коротким кореневим тілом. Ряди бічних корінців знаходяться в одній площині з сім'ядольними листочками. У фазі двох пар справжніх листків вони досягають 8-10 см. У дорослих рослин ці корені розростаються в боки на відстань 100-120 см.

Форма коренеплодів різноманітна: конічна, циліндрична, овальна та куляста. Забарвлення коренеплоду в цукрових буряків зовні та всередині біле, у кормових надземна і підземна частини залежно від сорту бувають жовтою, оранжевою, червоною, фіолетовою. М'якоть біла, іноді з жовтими або рожевими кільцями. Коренеплоди різних сортів відрізняються також і за смаком та щільністю м'якоті. У цукрових буряків м'якоть порівняно з кормовими щільніша й солодша.

Анатомічна будова коренеплоду цукрових буряків протягом вегетаційного періоду змінюється. Спочатку він має первинну, потім вторинну, а ще пізніше - третинну, характерну для двосім'ядольних рослин. Первинну будову коренеплід має з часу проростання до появи першої пари справжніх листків, тобто у фазі вилочки або сім'ядольних листків. На поперечному розрізі молодого кореня за допомогою мікроскопа можна бачити первинну кору з екзодермою (зовнішній шар первинної кори) і ендодермою (внутрішній шар), центральний циліндр, до складу якого входять первинна деревина, паренхіма і луб. Центральна частина оточена одношаровим перициклом - шаром клітин, в якому закладаються бічні корінці, які, розростаючись, розривають кору і виходять назовні. При

розгляді поперечного розрізу молодого кореня можна помітити, що по діаметру центрального циліндра розміщуються судини (більші - у центрі, менші - ближче до перициклу), які утворюють два радіальних серцевинних промені [104].

З появою перших справжніх листків у корені відбуваються вторинні зміни. Спочатку в паренхімних клітинах центрального циліндра під первинним лубом формуються камбіальні клітини у вигляді двох дуг, які потім перетворюються в камбіальне кільце. Клітини його в напрямі до центра утворюють вторинну деревину, а до периферії кореня - вторинний луб. У деревині й лубі радіально розміщуються вторинні промені. Вторинний луб утворює вторинну кору з тонким шаром пробкової тканини. Остання розростається, розриває первинну кору, що призводить до змін, відомих під назвою "линьки".

Для третинної будови коренеплоду цукрових буряків характерне утворення в паренхімі вторинної кори клітин другого камбіального кільця. Після закінчення діяльності камбіальних кілець утворюється третє кільце, потім четверте, п'яте і т.д. У коренеплоду з третинною будовою є 6-12 концентрованих шарів, паренхіма яких містить значну кількість цукру.

При розгляданні поздовжнього розрізу коренеплоду в центрі первинної деревини видно судини, які у верхній частині розходяться до сім'ядоль з двох боків. Зовні центральної судини розміщуються судини інших концентричних кілець, які в свою чергу розгалужуються у верхній частині. У верхній частині шийки коренеплоду спостерігається перегруповання судин від кореня до листків та анастомози (зчленування) між пучками судин. У кормових буряків менше пучків і більша відстань між ними. У цукрових буряків утворюється 6-12, у кормових – 5-6 камбіальних кілець.

*Листки буряків.* Під час проростання насіння спочатку починають рости корінець і підсім'ядольне коліно. Корінець при цьому піднімає кришечку плоду, виходить назовні й заглиблюється в ґрунт, утворюючи стрижневу кореневу систему. Сім'ядолі деякий час залишаються в гнізді плоду, засвоюють поживні речовини з перисперму насінини. Згодом внаслідок розростання підсім'ядольного коліна вони вивільнюються з гнізда плоду і виносяться на поверхню ґрунту. Тут вони розправляються, зеленіють і починають асимілювати вуглекислоту. Сім'ядолі перетворюються в сім'ядольні листки видовженої форми.

Через 8-10 днів після з'явлення сходів з бруньки, яка міститься між сім'ядолями, виростає перша пара справжніх листків, через 2-3 дні - друга, потім третя, четверта і т.д. Всього за вегетаційний період виростає близько 50—60 (іноді до 90) листків, спіральне розміщених на головці коренеплоду. Листки, що утворилися раніше, відтісняються до периферії розетки. Перші дві пари справжніх листків асимілюють протягом 20-25 днів, після чого відмирають. Пізніше утворені листки живуть довше.

Листок буряків складається з черешка і пластинки. Листкова пластинка суцільна, у перших пар листків овальна, гладенька. У старіших листків черешок видовжений, пластинка серцеподібна, близька до трикутної, з гладенькою, брижуватою або гофрованою поверхнею і хвилястими краями. Поверхня листків однієї рослини досягає 3-4 тис. см<sup>2</sup> [105]. Колір їх від ясно-до темно-зеленого, форма розетки залежно від сорту може бути розлогою або піднятою. Біля основи листових черешків на головці коренеплоду розміщуються репродуктивні бруньки, з яких на другий рік життя виростають квітконосні пагони [106].

*Будова буряків другого року життя.* Коренеплоди буряків, висаджені навесні у ґрунт, утворюють розетку прикореневих листків, а через 20-30 днів починають рости стебла. Внутрішня будова коренеплоду-насінника не змінюється. Він лише потовщується за рахунок утворення нових камбіальних кілець. Бічні корені виростають у тих же місцях, що і в буряків першого року життя. Вони проникають у ґрунт на глибину 1,5-2,5 м і розростаються в боки на 50-60 см [107].

*Стеблові пагони* заввишки 80-150 см, у нижній частині циліндричні, у середній і верхній - ребристі, виповнені паренхімою. На кожному коренеплоді утворюється 1-12 пагонів, з яких формується кущ. Від розвитку стебел залежать типи кущів: одностеблій кущ має один головний пагін, який сильно гілкується, утворює пагони другого і третього порядків; нерівномірний кущ має 1 або 2-3 добре розвинених пагони, які помітно відрізняються від інших; рівномірний кущ складається з двох і більше стебел, майже однакових за розмірами.

На стеблових пагонах утворюються листки - нижні великі черешкові з великими пластинками, вище - дрібніші, які в зоні утворення квіток переходять у приквітки. У піхвах листків поодинокі або групами по 2-6 розміщуються квітки. Стебловий пагін та бічні його розгалуження закінчуються суцвіттям - нещільним несправжнім поникаючим колосом.

*Квітки* буряків двостатеві, п'ятірного типу. Оцвітина проста, у вигляді п'ятикутної чашечки зеленого кольору. В центрі квітки формується зав'язь, навколо неї - залозисте кільце, 5 тичинок, розміщених у заглибинах чашолистків. Зав'язь напівнижня, одногніздна, стовпчик відсутній, приймочка трилопатева. Насінний зачаток напівобернений. Буряк - перехреснозапильна рослина.

*Плід* - коробочка (несправжній горішок). У багатонасінних буряків плоди зростаються, утворюючи супліддя клубочки. Під час достигання плодів чашолистки не відпадають, а зростаються з оболонкою плоду. Тому клубочок має округло-кутасту форму з горбкуватою поверхнею. Маса 1000 клубочків – 20- 40 г, колір - жовто-бурий. Розмір клубочка (2-6 мм) залежить від кількості плодиків, з яких він утворюється. Насінина плоду оточена оплоднем, знаходиться в коробочці, прикрита кришечкою. Насінина невеликого розміру, з блискучою оболонкою. Зародок зігнутий майже

кільцем навколо перисперму (поживної речовини насінини) і складається з двох сім'ядолей, між якими розміщується брунечка, підсім'ядольне коліно та зародковий корінець. Під час проростання багатонасінні буряки утворюють кілька ростків, а однонасінні - лише один [106].

Під час проростання сім'ядолі виносяться на поверхню ґрунту, з брунечки (епікотилію) утворюється головка коренеплоду, з підсім'ядольного коліна (гіпокотилію) - шийка, а із зародкового корінця - кореневе тіло, або власне коренеплід.

У нашій країні створені високоцінні сорти і гібриди цукрових буряків. Усі вони належать до однієї різновидності - з білим кольором поверхні та м'якоті коренеплоду. В Україні найпоширеніші сорти цукрових буряків врожайно-цукристого напрямку. Серед них такі: Білоцерківський однонасінний 45, Верхняцький, Український 70, Уладівський однонасінний 35, Ювілейний, Ялтушківський однонасінний 64 [105].

**Біологічні особливості культури.** Цукрові буряки історично пристосовані до районів з достатньо високою відносною вологістю повітря. Рослини погано розвиваються при відсутності опадів у березні і квітні. Період появи сходів повинен бути теплим з помірним дощем, перша половина літа - прохолодною і дощовою, а потім має переважати помірно-суха і тепла погода. За весь вегетаційний період з поверхні ґрунту, зайнятого цукровими буряками, випаровується не більше 25-30% кількості води, що випаровується рослинами.

В основних районах бурякосіяння опадів не вистачає навіть для формування середнього врожаю, тому волога, нагромаджена ґрунті, протягом осінньо-зимового періоду, стає надійним запасом для максимальної витрати її під час інтенсивного наростання листя і коренеплодів.

Коефіцієнт транспірації коливається в межах 240-400. Для утворення 1 г сирої маси коренеплоду використовується 70-80 см<sup>3</sup>, а на 1 г цукру - 450-500 г води. При врожайності 400-500 ц/га витрачається з одного гектара біля 5000 м<sup>3</sup> води. Найвищий врожай одержують при 60-80% НВ. Критичний період цукрових буряків щодо вологи є кінець липня - початок серпня [108].

Надмірна кількість води наприкінці вегетації призводить до зниження цукристості коренеплодів. Максимальний збір цукру з 1 га спостерігається при вологості ґрунту 60% НВ [109].

Енергетичною основною рослинництва є сонячна радіація, яка визначається сумою фотосинтетично активної радіації (ФАР) за вегетаційний період. ФАР - частина сонячної радіації в інтервалі довжина хвиль 0,38-0,71 мкм, яка використовується в процесі фотосинтезу. При накопиченні цукру листки рослин цукрових буряків найбільш інтенсивно використовують синьо-фіолетові (0,40-0,48 мкм), а для росту вегетативної маси - оранжево-червоні (0,65-0,69 мкм) промені [110].

За значенням для накопичення цукру в коренеплодах у другій половині вегетації в районах достатнього зволоження на перше місце слід поставити

освітлення, на друге - температуру повітря. У районах нестійкого і особливо недостатнього зволоження перше місце займає волога. Ефективність світла і тепла залежить від забезпеченості рослин вологою та елементами живлення.

Від теплового режиму залежать схожість насіння, ріст рослин і продуктивність цукрових буряків. Потреба цукрових буряків у теплі за період від сівби до технічної стиглості визначається сумою активних температур 2300-3000 °С.

Найбільш сприятливою для проростання насіння є температура близько 20 °С. Від температури ґрунту залежить тривалість періоду проростання насіння. Так, при температурі ґрунту 1-2 °С насіння проростає протягом 45-60 днів, 3-4 °С - 25-30, 6-7 °С - 10-15, 9-10 °С - 8-10 і 11-12 °С - 3-4 днів [111].

Сходи цукрових буряків переносять тимчасові заморозки на поверхні ґрунту -3-5 °С. Життєдіяльність рослин найбільш продуктивно відбувається при температурі кореневмісного шару ґрунту вдень близько 30 °С і вночі - 10 °С. Фотосинтез і ріст рослин буряків краще проходить при температурі 20-22 °С.

Восени перед збиранням рослини буряків переносять тимчасові заморозки до -5 °С, а зібрані та неокриті коренеплоди пошкоджуються при температурі -2 °С. Активний ріст та накопичення цукру триває до переходу осінніх температур через + 6 °С.

Для формування врожаю цукрові буряки споживають велику кількість поживних речовин. На утворення 1т коренеплодів і відповідної кількості гички з ґрунту виноситься: N - 50-60кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 15-20 кг і K<sub>2</sub>O - 55-75 кг. Цукрові буряки багато виносять з ґрунту також кальцію, магнію, сірки, марганцю, бору та інших елементів [106].

Оптимальна для цукрових буряків кількість обмінного кальцію в ґрунті становить 60-70% ємкості поглинання, обмінного магнію і калію - відповідно 10-15 і 3,5%.

Кращими ґрунтами для цукрових буряків є чорноземи типові малогумусні середньосуглинкові, чорноземи опідзолені середньосуглинкові, чорноземи лучні, лучно-чорноземні, темно-сірі опідзолені середньосуглинкові. Гіршими є світло-та сірі опідзолені середньосуглинкові ґрунти. Оптимальна кислотність ґрунтів для буряків знаходиться в межах рН 6,0-7,0, об'ємна маса ґрунту - 1,0-1,2 г/см<sup>2</sup>.

Для цукрових буряків найкращими співвідношенням води та повітря в ґрунті є 1:1, а оптимальна повітряємність (некапілярна пористість) - 12-20% [105].

### ***Особливості агротехніки цукрових буряків.***

*Місце в сівоzmіні.* У зоні достатнього зволоження цукрові буряки розміщують після озимої пшениці в ланках сівоzmіни з багаторічними травами одного року використання, зайнятих удобрених гноєм парів, гороху. Ланка сівоzmіни з кукурудзою на силос дещо знижує продуктивність буряків.

У зоні нестійкого зволоження перше поле цукрових буряків розміщують в ланці із зайнятим паром, а друге - в ланці з багаторічними бобовими травами однорічного використання.

У зоні недостатнього зволоження розміщують цукрові буряки в ланках сівозміни з чорним удобренням паром, багаторічними травами на один укіс та однорічними культурами на один укіс.

*Добрива.* Система удобрення цукрових буряків орієнтує виробництво на різноглибинне внесення добрив у три строки: восени - основне удобрення, під час сівби - рядкове та в період вегетації - підживлення. Добрива основного удобрення загортають на глибину 15-30 см, рядкового на 4-6 см під час підживлення - на 12-14 см. Підживлення застосовують у зоні достатнього зволоження, а в зоні нестійкого зволоження, - коли недостатньо внесено добрив під оранку. В умовах недостатнього зволоження підживлювати рослини не рекомендується.

З органічних добрив під цукрові буряки найчастіше вносять гній. В зоні достатнього зволоження 30-40 т/га вносять безпосередньо під буряки. В районах нестійкого зволоження гній в нормі 30-40 т/га вносять під озиму пшеницю, а в ланці з багаторічними травами під буряки по 30 т/га.

У зоні недостатнього зволоження гній з розрахунку 20-30 т/га вносять під озиму пшеницю, або під парозаймаючу культуру.

До 90% мінеральних добрив вносять восени під глибоку зяблеву оранку. Середня норма мінеральних добрив на фоні гною азот - 140-170, фосфор - 140-170, калій - 160-190 кг/га. Кількість азоту в ланці сівозміни з багаторічними травами зменшують приблизно на 30 кг/га. При сівбі в рядки вносять  $N_{10}P_{15-20}K_{10}$  і в підживлення  $N_{90}P_{30}K_{30}$ .

Дози добрив потрібно коректувати щодо кожного окремого поля. Мікродобрива вносять за мірою необхідності на окремих полях. Кислі ґрунти один раз за ротацію сівозміни вапнують вносячи вапняні матеріали під озиму пшеницю. Дозу  $CaCO_3$  розраховують, перемножуючи величину гідролітичної кислотності на коефіцієнт 1,5.

Солонці та солонцюваті ґрунти необхідно 1-2 рази за ротацію гіпсувати. На солонцюватих ґрунтах вносять 2-4 т/га, на плямах солонців - 6-10 т/га гіпсу [103, 112].

*Підготовка насіння до сівби.* Насіння цукрових буряків готують до сівби на насінневих заводах. Насіння, крім сушіння, очищення і сортування калібрують, шліфують, дражують обробляють захисними стимулюючими речовинами.

Для сівби пунктирним способом насіння калібрують на дві посівні фракції діаметром 3,5-4,5 і 4,5-5,5 мм. Проти комплексу ґрунтових і наземних шкідників насіння обробляють фураданом з розрахунку 30-35 л на 1 т насіння. Рослини зберігають токсичність до 30 днів. Відпускається насіння за посівними одиницями. Одна посівна одиниця це 100 тисяч насінин.

*Обробіток ґрунту, внесення гербіцидів, сівба.* Розроблено два способи основного обробітку ґрунту - поліпшений та напівпаровий. Поліпшений спосіб включає дворазове лущення стерні дисковими і лемішними лущильниками та глибоку зяблеву оранку в кінці вересня на початку жовтня двоярусними плугами.

У зоні достатнього зволоження рекомендується застосовувати напівпаровий обробіток ґрунту, який включає лущення стерні дисковими лущильниками в два сліди на глибину 5-6 см, внесення органічних і мінеральних добрив і оранку на глибину 28-32 см плугами з передплужниками в агрегаті з бородами або з кільчасто-шпоровими котками в кінці липня - першій половині серпня. По мірі з'явлення бур'янів поле обробляють 1-2 рази важкими зубовими бородами або культиваторами загального призначення. В кінці осені проводять безполицеве розпушення на глибину 16-20 см плугами або лемішними лущильниками без палиць.

Весняний обробіток ґрунту включає ранньовесняне розпушення та вирівнювання ґрунту на глибину 2,5-3,0 см.

Передпосівний обробіток ґрунту є складовою частиною єдиного технологічного процесу сівби цукрових буряків. Його проводять з метою, щоб розпушити верхній шар ґрунту на глибину загортання насіння, вирівняти поверхню ґрунту, знищити бур'яни, загорнути в ґрунт гербіциди.

Одним із основних завдань в технології вирощування цукрових буряків є своєчасна боротьба з бур'янами та поєднання агротехнічних і хімічних заходів їх знищення. Передпосівний обробіток ґрунту, а також сівбу буряків, краще проводити вслід за ранньовесняним обробітком, не допускаючи розриву між цими операціями.

Сівбу починають, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягає 5-6 °С, а ґрунт при обробітку кришиться і не липне до знарядь. Сіють цукрові буряки пунктирним способом з шириною міжрядь 45 см, а в умовах зрошення - 60 см. Глибина загортання насіння - 2,5-3,0 см, а при підсиханні ґрунту - 3,5 - 4,0 см. При сівбі на кінцеву густоту висівають 8-10 схожих насінин на 1 погонний метр рядка, щоб одержати 6-7 сходів. При застосуванні заходів механічного формування густоти висівають до 15 насінин на 1 погонний метр рядку [112].

Сівбу на одному полі потрібно закінчувати за 1-2 дні, відхилення середньої глибини загортання насіння не повинно перевищувати  $\pm 0,5$  см, а ширина стикових міжрядь повинна становити  $50 \pm 5$  см.

*Догляд за посівами.* Система заходів догляду за посівами включає: до - і післясходове суцільне розпушування ґрунту, формування (в разі необхідності) густоти насадження рослин, розпушування ґрунту в міжряддях і рядках, підживлення рослин, захист від бур'янів, шкідників і хвороб.

Коли цукрові буряки вирощуються за інтенсивною технологією, то після сходів проводиться лише 1-2 розпушування міжрядь. Оптимальна густота насадження рослин на період збирання повинна становити для зони

оптимального зволоження - 115-120 тис/га, нестійкого зволоження - 110-115 і недостатнього - 100-105 тис/га.

*Хвороби.* Найбільш поширеними хворобами цукрових буряків є коренеїд сходів, церкоспороз, борошниста роса, пероноспороз, іржа, вірусна мозаїка і жовтуха, гнилі коренеплодів. Заходи боротьби: дотримання чергування культур в сівозміні, протруєння насіння, обробка посівів фунгіцидами та ін.

*Шкідники* - довгоносики, дротяники, блохи, совки, лучний метелик, крихітка бурякова, нематода. Заходи боротьби включають - обробку насіння фураданом, прометом (1,5-2,5 кг/га), фастаком (0,1 кг/га).

*Збирання цукрових буряків* найбільш доцільно проводити при настанні технічної стиглості - це кінець ве ресня - перша декада жовтня. В технічній стиглості маса коренеплоду і вміст в ньому цукру стають максимальними, чистота соку підвищується. Строки збирання цукрових буряків визначаються також технічними можливостями господарств, які б гарантували закінчення збирання до 25 жовтня. Цукрові заводи повинні мати у вересні тридобовий запас коренеплодів [102,104].

За 10-15 днів до збирання проводять розпушення ґрунту на глибину 10-12 см. Залежно від конкретних погодних, агротехнічних і організаційних умов при збиранні цукрових буряків застосовують потоковий, потоково-перевалочний і перевалочний способи. Основним є потоковий спосіб збирання, для якого використовують бурякові комплекси як вітчизняного так і зарубіжного виробництва [104, 112].

#### 6.7.2 Сучасний стан моделювання продуктивності цукрового буряку

Ріст, розвиток рослин та формування врожаю - це складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність та спрямованість яких визначається генотипом та факторами зовнішнього середовища, взаємозв'язком між власне процесами.

У залежності від підходів до розв'язання проблеми виділяються три напрямки в розвитку моделей і методів прогнозів врожайності:

- статистичний, коли ведеться розробка моделей, заснованих на статистичних закономірностях процесів впливу агрометеорологічних умов на формування продуктивності сільськогосподарських культур;
- фізико-статистичний, при якому ведеться більш повний, ніж в статистичних моделях, облік апріорної інформації про фізичні механізми процесів формування урожаю;



– динамічний, заснований на динамічних моделях формування врожайності, враховуючих вплив чинників зовнішнього середовища на основні процеси життєдіяльності рослин.

**Статистичні моделі** засновані на побудові статистичних моделей здійснюється пошук зв'язків між урожаєм і осередненими за фіксовані інтервали часу (календарні або міжфазні періоди) значеннями агрометеорологічних елементів або ж показників, що характеризують стан посівів в певний момент часу. При цьому звертається увага на виявлення чинників, які не тільки містять істотну інформацію про вплив умов, що склалися, на формування урожаю, але і характеризуються у певній мірі інерційністю.

Як математичний апарат звичайно використовується кореляційний і регресійний аналізи, що дозволяють отримувати кількісну залежність урожаю від перерахованих чинників.

За методикою О.М. Конторщикової [113] прогнози урожайності цукрового буряку агрометеорологи складають з 1964 року. В перші роки ці прогнози давали тільки по районах виробничого буряківництва, а з 1970 року – по всій території вирощування цукрового буряку.

**Фізико-статистичні моделі формування урожаїв** істотно відрізняються одна від одної. Загальною для них є тенденція до більш повного, ніж в статистичних моделях, врахування апріорної інформації про фізичні механізми процесів формування урожаю.

У моделі В.П. Дмитренка [114] враховується вплив на урожайність різних факторів у динаміці по періодах вегетації, а її головним елементом є розрахунок показників продуктивності гідрометеорологічних елементів.

Модель В.П. Дмитренка досить універсальна і в теперішній час на підставі її побудовані схеми розрахунку урожайності озимої пшениці, ярого ячменю, кукурудзи, озимого жита, картоплі, цукрового буряку і соняшнику. Для цукрового буряку модель адаптована з врахуванням коефіцієнта продуктивності для сонячної радіації [115].

Але широке застосування цієї моделі ускладнюється наступними обставинами. По-перше, вона містить велику кількість емпіричних коефіцієнтів, які необхідно розрахувати для кожної природно-кліматичної зони. По-друге, часовий крок моделі – місяць або два місяці – дуже великий, таке осереднення не дозволяє досить добре оцінити вплив умов протягом більш коротких часових відрізків (декада). По-третє, модель реалізується за допомогою номограм і таблиць, що ускладнює її оперативне практичне застосування.

**Динамічні моделі продукційного процесу рослин**, що орієнтуються на їх використання в агрометеорологічних розрахунках та прогнозах, описують процеси фотосинтезу, дихання та росту.

Перші роботи по моделюванню росту рослин за допомогою ЕОМ виконали Брауер [116] та де Віт [117, 118]. На основних принципах моделювання, що були запропоновані цими вченими, частково базується модель загального росту цукрового буряку, запропонована Фіком [119].

Остін та Патерфільд [120] розробили просту описуючу модель росту цукрового буряку. Вона містить розрахунок фотосинтезу, дихання та світлопоглинальних властивостей листя, але використовує експериментально одержані приклади розподілу сухої маси. В цій моделі є деякі спрощені положення. Наприклад, модель призначається тільки для описання росту цукрового буряку у посівах з однорідним характером зростання, коли живильні речовини та вода не лімітуються. Для спрощення прийнято, що рослина складається з двох видів тканини, які містять у собі листові пластинки та всі інші тканини, тобто черешки, волокна та розгалуження коренів.

Для розрахунку фотосинтезу у моделі використовується метод, запропонований Монтеєм [121], згідно до якого інтенсивність короткохвильової радіації змінюється синусоїдально протягом дня від сходу до заходу сонця. Під час розрахунку світлопоглинальних властивостей листя приймалося, що воно складається з дискретних рівнів, у яких листя розташовується однорідно у горизонтальному плані.

Швидкість дихання листя та коренів розраховується у залежності від температури, розподіл фотосинтатів - по аллометричному рівнянню зв'язку між біомасою листя та загальною біомасою усієї рослини. Сушу масу листя та коренів, що моделюється на одиницю посівної площі у день (відповідно,  $M_j$  та  $R_j$ ), розраховано по формулах:

$$M_j = (M_{j-1} + \Delta M_j)(1 - (24 - h)r_m(T_n)) \quad (6.54)$$

$$R_j = (R_{j-1} + \Delta R_j)(1 - (24 - h)r_r(T_n) - hr_r(T_d)) \quad (6.55)$$

де  $\Delta M_j$  та  $\Delta R_j$  - приріст за день сухої маси листя та коренів, що моделюється, г/м<sup>2</sup>;

$j$  - номер дня (посів - нульовий день);

$h$  - тривалість дня у годинах;

$r_m$  та  $r_r$  - швидкість дихання листя та коріння при температурі 15°C, мг/ггод.;

$T_n$  та  $T_d$  - температура дня та ночі вище 15°C.

Наступним кроком на шляху створення моделей цукрового буряку стала модель SUBGROW, розроблена у США [122]. Моделювання росту цукрового буряку протягом вегетаційного сезону проводилося відповідно гіпотезі про ієрархію пріоритетів різних процесів у споживанні продуктів фотосинтезу. Ці пріоритети розташовувалися по значущості у такій черзі:

ріст бурячиння, ріст мочкуватого коріння, ріст коренеплоду, включаючи накопичення сахарози.

Механізм причинної залежності, який було використано для моделювання розподілу сухої речовини, додає першорядне значення пріоритетам місткостей (органів рослини), що споживають асиміляти або запасні речовини. Далі він встановлює, якими повинні бути швидкості споживання. Пріоритет встановлюють на основі робіт Улріха [123, 124, 125]. Найменші пріоритети були встановлені для росту коренеплоду та накопичення цукру. Це показує, що їм призначений тільки надлишок асимілятів, який не використовується у інших процесах. Найвищий пріоритет надається диханню, отже, саме його вважають процесом, який припиняється останнім після використання запасів. Проміжні пріоритети надаються росту бурячиння та мочкуватих коренів.

Послідовність пріоритетів перетворено у масштабну шкалу, що будується по результатам дослідів із серією граничних концентрацій запасів, які призначаються для споживання кожним з вмістилищ.

Шкала процентів запасів береться у довільному масштабі, але у тому ж спільному діапазоні, що і показники вмісту цукру, що визначаються у листі [126].

Хоча модель отримано для умов, коли надходження води та харчових елементів не лімітовано, розподіл асимілятів, що базується на принципах, які висловив де Віт, підвищує її цінність.

Цукровий буряк є одною з провідних сільськогосподарських культур для Ірану, тому розробці математичних моделей його продуктивності іранські дослідники приділяють увагу вже на протязі багатьох років. Моделювання продукційного процесу цукрового буряку для території Ірану з метою прогнозування його урожайності проводиться на базі даних про погоду [127].

За сприятливих умов зростання два головні чинники, що визначають приріст сухої маси і накопичення цукру - це радіація, що приходить від сонця, і температура. Комбінаційна модель [128, 129], запропонована іранськими дослідниками, ґрунтується на декількох відносно консервативних співвідношеннях і включає чотири блоки: моделювання площі листової поверхні, світлопоглинання, накопичення загальної сухої біомаси і накопичення сухої біомаси окремих органів рослини.

Останнім часом для описання продукційного процесу і урожайності сільськогосподарських культур при різних агрокліматичних умовах розробляються так звані імітаційні моделі. Кілька імітаційних моделей були розроблені і для цукрового буряку [130, 131]. Ці моделі описують процеси різного ступеня складності, що відбуваються у рослинах. Такі моделі повинні бути відкалібровані перед їх тестуванням в інших країнах.

В основі всіх моделей для оцінки розвитку та дозрівання сільськогосподарських культур [132] лежить взаємозв'язок темпів розвитку

рослин з температурою навколишнього повітря, через те що температура є регулятором синтезу гормонів росту та розвитку. Крім температури у моделях також враховується фотоперіодизм.

Модель розвитку листової поверхні цукрового буряку та взаємозв'язок між накопиченням надземної біомаси рослини та її продуктивністю подано у роботі [133].

Торнлі [134], під час розробки моделей продукційного процесу рослин типа "shoot-root", обпирався у своїх висновках на опірність транспорту асимілятів. Запропонована їм модель більш правильно описувала фізіологічну сутність росту та мала велике теоретичне значення для подальшої розробки моделей продукційного процесу рослин.

У моделі потенційної продуктивності SUCROS1 [135] імітується потенціал росту урожаю, тобто накопичення сухої речовини під впливом умов навколишнього середовища (запасу води, живильних речовин, навантаження хвороб та шкідників). Швидкість накопичення сухої речовини – це функція сонячної радіації та температури. Основою для розрахунків є швидкість асиміляції  $\text{CO}_2$  (фотосинтезу) рослинним покривом. Моделюються процеси дихання, росту листя, стебла, коренів та запасуючого органу (коренеплоду). Накопичення біомаси залежить від стадії розвитку сільськогосподарських культур, що визначається як функція температури.

У роботі італійських дослідників [136] продукційний процес цукрового буряку моделюється по співвідношенню простих функціональних моделей, що містять полуміричні підпрограми розрахунку площі листового апарата, поглинення сонячної радіації, водного балансу, і, як результат, накопичення загальної сухої речовини та цукру. Площа листя та сонячна радіація визначають щоденні темпи росту та можливі прирости маси у залежності від кількості доступної вологи.

Метод оцінки впливу факторів навколишнього середовища на параметри моделі [137] був розроблений і застосований для порівняння трьох рівнів азотного живлення (контрольних, стандартних і високих доз). Розрахунки, виконані за допомогою моделі, показали, що рослини, які отримують азот як правило, мають більш пізній час дозрівання, більш високу швидкість формування листя, але ці відмінності не залежать від дози (відсутність відмінностей між стандартною і високою дозою азоту).

Проблематика моделювання продукційного процесу сільськогосподарських культур (в тому числі, і цукрового буряку) вже з 80-х років минулого сторіччя інтенсивно розвивається в українській та російській науковій літературі [138-140].

Автори [138] розробили новий клас динамічних моделей, заснованих на нелінійних інтегро-функціональних рівняннях, за допомогою яких були вирішені ряд завдань, у тому числі, моделювання процесу цукронакопичення у коренеплодах цукрового буряку.

У роботі [139] підсумовуються результати багаторічних досліджень, виконаних авторами в лабораторії математичного моделювання агроєкосистем Агрофізичного науково-дослідного інституту Російської академії сільськогосподарських наук. Вона складається з двох частин. У першій частині розглянуті основи теорії моделювання процесів, що мають місце у складових частинах агроєкосистеми: у ґрунті, у рослинному покриві та приземному повітрі. Друга частина містить опис структури та функцій моделі, програмно реалізованої у рамках імітаційної системи AGROTOOL.

У роботі в тій чи іншій мірі розглянуті всі питання, що виникають при дослідженні агроєкосистем засобами моделювання, - від радіаційного режиму посіву до формування кінцевого врожаю і використання моделі як закінченого програмного продукту.

В ОДЕКУ на кафедрі агрометеорології та агрометпрогнозів вже багато років розвивається школа динамічного моделювання продукційного процесу сільськогосподарських культур, започаткована А.М. Польовим.

Вперше для України базову модель формування врожайності сільськогосподарських культур А.М. Польового [140] було застосовано для методу оцінки умов формування врожаю цукрового буряку і прогнозування його середньої по області врожайності у роботі О.В. Вольвач [141]. Подальший розвиток динамічне моделювання продукційного процесу цукрового буряку отримало у роботі Т.К. Костюкевич [142, 143], в якій базова модель була модифікована та адаптована до умов вирощування культури у різних ґрунтово-кліматичних зонах України: Поліссі, Лісостепу, Північному Степу та Південному Степу.

Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку має блочну структуру і містить п'ять блоків:

- блок вхідної інформації;
- блок чинників навколишнього середовища;
- біологічний блок;
- блок росту;
- блок врожайності.

Блок вхідної агрометеорологічної інформації складається з початкових та щодаєдних даних. Цей блок містить дані стандартних метеорологічних та агрометеорологічних спостережень і включає в себе всі необхідні для виконання розрахунків характеристики.

Блок чинників навколишнього середовища містить три підблоки: радіаційного та водно-теплого режиму посівів, функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез, комплекс оцінок умов міжфазних періодів, зниження врожайності за рахунок несприятливих умов в період росту коренеплоду.

Біологічний блок включає в себе чотири підблоки: онтогенетичних кривих фотосинтезу; фотосинтезу та приросту рослинної маси; дихання та старіння рослин; мінерального живлення.

Блок росту включає себе чотири підблоки: маси листя; маси черешків; маси коріння; маси коренеплодів та площі листкової поверхні.

Зупинимось на ключових підблоках моделі.

Підблоки фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси.

Інтенсивність фотосинтезу листя описується формулою Монсі і Саекі:

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_{\phi} \cdot I_{\text{ФАР}}) / (\Phi_{\max} + a_{\phi} \cdot I_{\text{ФАР}}), \quad (6.56)$$

де  $\Phi_o^j$  – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості, мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$ ;

$\Phi_{\max}$  – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації  $\text{CO}_2$ , мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$ ;

$a_{\phi}$  – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1})/(\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1})$ ;

$I_{\text{ФАР}}$  – інтенсивність фотосинтетично активної радіації (ФАР) всередині посіву, кал/ $(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$ ;

$j$  – номер кроку розрахункового періоду.

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері розглядають величину  $\Phi_{\max}$  як функцію концентрації  $\text{CO}_2$ :

$$\Phi_{\max} = \tau_c \cdot C_o, \quad (6.57)$$

де  $\tau_c$  – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу;

$C_o$  – концентрація  $\text{CO}_2$  в атмосфері.

У онтогенезі фотосинтетична активність листя визначається його фізіологічним віком і напруженістю водно-теплого режиму.

Для розрахунку фотосинтезу в онтогенезі в польових умовах середовища, відмінних від біологічно оптимальних, використовується вираз:

$$\Phi_{\tau}^j = \alpha_{\phi}^j \Phi_o^j \cdot FTW2, \quad (6.58)$$

де  $\Phi_{\tau}$  – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища, мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$ ;

$\alpha_{\phi}$  – онтогенетична крива фотосинтезу;

$FTW2$  – узагальнена функція впливу факторів зовнішнього середовища.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби розраховується за формулою:

$$\Phi^j = 0,68 \Phi_{\tau}^j \cdot L^j \tau_{\text{дн}} \cdot 0,1, \quad (6.59)$$

де  $\Phi$  – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/ $(\text{м}^2 \cdot \text{доба})$ ;

$L$  – площа листкової поверхні,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ;

$\tau_{\text{дн}}$  – тривалість світлого часу доби.

На відміну від процесу фотосинтезу здібністю до дихального газообміну володіють всі органи рослини. Інтенсивність дихання всієї рослини за добу визначається як:

$$R^j = \alpha_R^j (c_m M^j + c_G \Phi^j), \quad (6.60)$$

де  $R$  - витрати на дихання рослин;

$\alpha_R$  – онтогенетична крива дихання;

$c_m$  - коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання підтримки життєдіяльних структур органів рослин;

$c_G$  - коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання, пов'язані з переміщенням речовин, фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць.

Приріст біомаси посіву визначається різницею між сумарним фотосинтезом посіву і витратами на дихання:

$$\Delta M^j = \Phi^j - R^j. \quad (6.61)$$

#### Підблок динаміки біомаси органів рослини

Ріст, як і всі інші процеси у рослини, є функцією часу, що зовні виражається в періодичних і ритмічних коливаннях його інтенсивності

Для опису росту окремих органів рослин скористаємося запропонованими Ю.К. Россом ростовими рівняннями в модифікованому вигляді з урахуванням формування коренеплодів:

$$\begin{aligned} m_i^{j+1} &= m_i^j + (\beta_i^j \Delta M^j - v_i^j m_i^j) n_{\text{дек}}^j, \\ m_p^{j+1} &= m_p^j + (\beta_{pi}^j \Delta M^j - \sum_i^{l,s,r} v_i^j m_i^j) n_{\text{дек}}^j. \end{aligned} \quad (6.62)$$

де  $m_i$  – загальна суха біомаса окремих органів ( $l$  – листя;  $s$  – черешки;  $r$  – коріння;  $p$  – коренеплоди);

$\beta_i$  – функція перерозподілу «свіжих» асимілятів;

$v_i$  – функція перерозподілу «старих» асимілятів;  $n_{\text{дек}}$  – кількість днів в розрахунковій декаді.

Ріст площі листя посіву визначається при позитивному прирості біомаси листя за формулою:

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{d_L}, \quad (6.63)$$

де  $d_L$  – питома поверхнева площа листа,  $\text{г/м}^2$ .

При від'ємному прирості біомаси листа для опису росту асимілюючої поверхні використовується таке співвідношення :

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_i \frac{1}{d_L} \cdot \frac{1}{k_c}, \quad (6.64)$$

де  $k_c$  – параметр, що характеризує критичну величину зменшення живої біомаси листа, при якій починається її відмирання.

Метод оцінки умов формування продуктивності та прогнозу врожайності цукрового буряку було передано на виробниче випробування в Український гідрометеорологічний центр.

### 6.7.3 Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку при реалізації сценарію А2

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм А2 та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за три періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період), 2011 – 2030 рр. (перший кліматичний або сценарний період) та 2031-2050 рр. (другий кліматичний або сценарний період).

Для цукрового буряку на фоні зміни кліматичних умов нами розглядались такі варіанти:

- кліматичні умови періоду;
- кліматичні умови періоду + збільшення  $\text{CO}_2$  в атмосфері з 380 до 470 ppm).

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А.М. Польовим моделі продуційного процесу сільськогосподарських культур:

- модель формування продуктивності агроecosистеми [144];
- результати розробки моделі фотосинтезу зеленого листа рослин при зміні концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері [145].

Ідентифікація моделі формування урожайності сільськогосподарських культур виконана на основі матеріалів агрометеорологічних спостережень метеорологічних станцій Полісся, східного та західного Лісостепу, північного Степу та даних середньої обласної урожайності цукрового буряку.

Розглядалось формування урожайності культури в умовах зміни клімату по чотирьом вищепереліченим зонам.

Слід підкреслити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності цукрового буряку розглядався за умов сучасної агротехніки



та сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

Цукровий буряк вирощується практично на всій території України за винятком східних областей північностепової підзони (Запорізької, Луганської та Донецької). В південному Степу (Одеська, Миколаївська області) цукровий буряк вирощують лише в декількох районах, на решті території вирощування цукрового буряку вважається нерентабельним. Немає виробничих посівів цукрового буряку у Херсонській області та АР Крим, а також у Закарпатській області.

Результати розрахунків за базовими та кліматичними даним представлені у табл. 6.63.

За даними 1986-2005 рр. (базовими), терміни сівби цукрового буряку майже співпадають з датами переходу температури повітря через 10°C, і в залежності від зони вирощування культури коливаються від 20 квітня (північний Степ та західний Лісостеп) до 30 квітня (східний Лісостеп).

Появлення сходів цукрового буряку, як показали наші розрахунки, спостерігається при накопиченні суми активних температур порядку 190°C.

Найраніше сходи з'являються також у північному Степу та західному Лісостепу (6 травня), а найпізніше – у Поліссі (15 травня).

За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 за перший сценарний період терміни сівби цукрового буряку змістяться на більш ранні строки. На території східного Лісостепу сіяти культуру будуть 21 квітня, що на 9 днів раніше, ніж за базових умов. У Поліссі та Степу сівба буде проводитись 18 та 14 квітня відповідно, що на 6 днів раніше у порівнянні з базовим періодом 1986-2005 рр. І лише у західному Лісостепу терміни сівби майже не зміняться - сівбу тут проводитимуть 18 квітня, тобто на два дні раніше за базові строки. Відповідно змістяться і строки появи сходів: на 10 днів (Полісся), на 6 днів (Степ та східний Лісостеп) та всього на один день – у західному Лісостепу.

Аналізуючи результати досліджень за другий сценарний період, можна зробити наступні висновки. Строки сівби на території Полісся та західного Лісостепу у цьому випадку залишаться практично такими ж, як у перший період, тобто 18-19 квітня. Терміни появи сходів також майже не зміняться, і сходи будуть спостерігатись 4-5 травня. Відповідно і різниці між базовим і другим кліматичним періодами на цих територіях також не зміняться.

На території східного Лісостепу та Степу протягом другого кліматичного періоду буде спостерігатися подальше зміщення строків посіву в сторону більш ранніх термінів. У східному Лісостепу сівба буде проводитись 19 квітня, що на 11 днів раніше за базові строки, у Степу – 5 квітня, відповідно раніше на 15 днів. У більш ранні строки будуть спостерігатися й сходи. Так, у східному Лісостепу сходи з'являтимуться 5 травня (на 9 днів раніше за базові значення), а у Степу – 23 квітня (майже на два тижні раніше).

Таблиця 6. 63 - Порівняльна оцінка агрокліматичних умов вегетаційного періоду цукрового буряку (сценарій А2)

Період	Дати		Сума активних температур за вегетаційний період, °С	Середня температура за вегетаційний період, °С	Сума опадів		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, %
	Сівби	Сходів			Сума опадів, Мм	У відсотках від кліматичної норми			
Полісся									
1986-2005	24.04	15.05	2615	15,5	345	100	337	554	61
2011-2030	18.04	05.05	2550	15,5	403	117	369	511	72
Різниця	-6	-10	-65	0	58	17	32	-43	11
2031-2050	19.04	05.05	2610	15,9	418	121	378	522	72
Різниця	-5	-10	-5	0,4	73	21	41	-32	11
Лісостеп (західний)									
1986-2005	20.04	06.05	2725	16,6	360	100	375	606	62
2011-2030	18.04	05.05	2575	15,6	373	104	375	651	58
Різниця	-2	-1	-150	-1,0	13	4	0	-89	-4
2031-2050	18.04	04.05	2635	16,1	356	99	367	564	65
Різниця	-2	-2	-90	-0,5	-4	-1	-8	-42	3
Лісостеп (східний)									
1986-2005	30.04	14.05	2710	16,6	306	100	310	600	52
2011-2030	21.04	08.05	2530	15,7	361	118	360	573	63
Різниця	-9	-6	-180	-0,9	55	18	50	-27	11
2031-2050	19.04	05.05	2605	15,9	393	128	348	525	66
Різниця	-11	-9	-105	-0,7	87	28	38	-75	14
Степ (північний)									
1986-2005	20.04	06.05	2865	17,6	292	100	329	631	52
2011-2030	14.04	01.05	2745	16,7	284	97	320	596	54
Різниця	-6	-6	-120	-0,9	-18	-3	-9	-35	2
2031-2050	05.04	23.04	2835	16,9	297	102	340	630	54
Різниця	-15	-13	-30	-0,7	5	2	11	-1	2

Цукровий буряк – культура, яка може вегетувати до кінця вересня, а в окремі роки (за умов відсутності сильних дощів або заморозків) – й до кінця жовтня. У цей час активного росту маси коренеплоду вже не спостерігається, але суха, ясна та сонячна погода сприяє накопиченню цукру у коренеплоді. Тому за умов реалізації сценарію зміни клімату протягом обох сценарних періодів тривалість вегетаційного періоду цукрового буряку суттєво не зміниться, і згідно з біологічними особливостями культури, буде складати не менше 15 декад, починаючи з дати сходів.

Порівняння сум температур за вегетаційний період цукрового буряку в умовах зміни клімату з таким же показником в базовий період показує, що ці суми зменшаться за рахунок зміщення початку вегетації на більш ранні терміни. Причому, зменшення сум активних температур у перший кліматичний період буде більш суттєвим, ніж у другий. Так, у Східному Лісостепу суми температур у 2011-2030 рр. будуть на 180°C менше, ніж у базовий період, тоді як у період 2031-2050 рр. ця різниця складатиме 105°C.

У західному Лісостепу суми температур у 2011-2030 рр. будуть на 150°C менше, ніж у базовий період, тоді як у період 2031-2050 рр. ця різниця складатиме лише 90°C. У Степу різниця сум температур базового та сценарних періодів складатиме відповідно 120°C та 30°C.

Найменш суттєво вплинуть зміни клімату на температурні умови Полісся. Тут суми температур за вегетаційний період у 2011-2030 рр. будуть лише на 65°C менше, ніж у базовий період, а протягом другого кліматичного періоду вони практично не зміняться і будуть дорівнювати базовим.

Аналізуючи середню за вегетаційний період температуру за обидва сценарних періоди, можна сказати, що за умов зміни клімату вегетація цукрового буряку на більшості території дослідження буде проходити при несуттєвому пониженні температурного режиму, тобто в більш сприятливих умовах формування бурячиння та коренеплодів. Дещо прохолодніше буде вегетаційний період 2011-2030 рр. (його середня температура буде на 0,9-1,0 °C нижче аніж за базових умов). Середня температура вегетаційного періоду 2031-2050 рр. буде на 0,5-0,7°C нижче аніж за базових умов.

Виняток складає лише територія Полісся, де середня температура за вегетацію цукрового буряку в умовах зміни клімату не лише не зміниться у 2011-2031 рр. у порівнянні з базовими умовами, але й виросте на 0,4°C за умов другого сценарного періоду.

В цілому можна сказати, що за реалізації сценарію А2 температурні умови вегетаційного періоду цукрового буряку на всій бурякосійній території України суттєво не зміняться і залишаться вельми сприятливим для вирощування цієї важливої сільськогосподарської культури.

Для оцінки вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку аналізувались такі ж періоди як і для теплозабезпеченості: базовий 1986 – 2005 рр. та розрахункові за кліматичним сценарієм 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. При цьому розглядались такі показники: сума опадів за

період в абсолютних одиницях та у відсотках від середньобагаторічної кількості (кліматичної норми), сумарне випаровування, випаровуваність та вологозабезпеченість. Результати розрахунків також представлені у таблиці 6.63.

У відповідності до кліматичного сценарію у режимі опадів відбудуться суттєві зміни. Кількість опадів за вегетаційний період за сценарними даними суттєво збільшиться на території Полісся та східного Лісостепу, причому більше опадів очікується в другий кліматичний період. Так, у Поліссі та східному Лісостепу у період 2011-2030 рр. кількість опадів буде на 17-18 % більше у порівнянні з базовими даними, а у 2031-2050 рр. вона зросте на 21-28 % у порівнянні з базовими значеннями.

На решті досліджуваної території кількість опадів буде менш стабільною. Так, збільшення кількості опадів очікується і на території західного Лісостепу (у перший кліматичний період), і на території Степу (протягом другого кліматичного періоду). Однак, це збільшення буде вкрай несуттєве (відповідно 4 та 2 %). Зменшення кількості опадів також очікується і на території західного Лісостепу (у другий кліматичний період), і на території Степу (протягом першого кліматичного періоду). Однак, це зменшення буде також вкрай несуттєвим (відповідно 1 та 3 %). Таким чином, можна зробити висновок, що у західному Лісостепу та у Степу режим опадів згідно із сценарієм А2 практично не зміниться у порівнянні з базовими умовами.

Величина сумарного випаровування на території Полісся та східного Лісостепу збільшиться. На території Полісся, де за базовими умовами її величина складає 337 мм, за умов реалізації сценарію вона зросте до 369 мм у перший період і до 378 мм – у другий, тобто буде відповідно на 32 та 41 мм більше. На території східного Лісостепу, де за базовими умовами її величина складає 310 мм, за умов реалізації сценарію вона зросте до 360 мм у перший період, тобто буде на 50 мм більше. У другий період також очікується зростання величини сумарного випаровування, але воно буде дещо менше – 348 мм, тобто на 38 мм менше за базові значення.

На території західного Лісостепу величина сумарного випаровування складає 375 мм і практично не зміниться за кліматичними умовами. А на території Степу для першого кліматичного періоду ця величина дещо зменшиться у порівнянні з базовим варіантом (320 мм проти 329 мм за даними 1986-2005 рр.). Але у другий період очікується зростання сумарного випаровування до значення 340 мм, що на 11 мм більше за базове значення.

Величина випаровуваності за умов реалізації сценарію зменшиться по всій досліджуваній території, що свідчить про деяке зменшення посушливості на протязі вегетації цукрового буряку, що буде зумовлено перш за все зміщенням строків посіву в сторону більш ранніх термінів. Найбільші зміни очікуються на території західного Лісостепу, тут різниця між базовим та сценарними варіантами складе від 89 мм до 42 мм відповідно.

Дещо менше ця різниця буде у східному Лісостепу (відповідно 27 мм та 75 мм).

У перший кліматичний період випаровуваність у Степу також зменшиться і буде досягати 569 мм, що на 35 мм менше за базові умови. Але у другий кліматичний період в Степу величина випаровуваності майже не зміниться (різниця між базовим і сценарним варіантами складає лише 1 мм).

Одним з основних показників, що характеризують умови зволоження вегетаційного періоду будь-якої сільськогосподарської культури, є вологозабезпеченість, тобто відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності.

Величина вологозабезпеченості за базовими даними складає: у Поліссі – 61%, західному Лісостепу – 62%, східному Лісостепу – 52 % та в Степу – 52%. За умов зміни клімату у перший кліматичний період ці величини складатимуть 72%, 58%, 63% та 54% відповідно. За умов зміни клімату у другий кліматичний період ці величини складатимуть 72%, 65%, 66% та 54% відповідно.

При порівнянні величин вологозабезпеченості, розрахованих за базовим та за кліматичними варіантами, можна зробити висновок, що на території Полісся та східного Лісостепу умови зволоження вегетаційного періоду значно покращаться і зростуть на 11-14%. Лише на території Степу вони залишаться майже незмінними (різниця між сценарним та базовим варіантом складає 2%).

Таким чином, можна зробити висновок, що за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 умови вегетації цукрового буряку в Україні покращаться. Вегетація проходитиме на фоні дещо знижених температур повітря та покращення умов зволоження.

#### 6.7.4 Фотосинтетична продуктивність цукрового буряку за сценарієм А2 зміни клімату в Україні

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку, відбудеться і зміна показників фотосинтетичної діяльності його посівів, що обумовлюють рівень урожайності культури. Згідно теорії фотосинтетичної продуктивності посівів такими показниками являються розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, а також кількісні показники приростів рослинної біомаси.

Розглянемо динаміку цих показників протягом вегетації цукрового буряку за базовим та двома кліматичними (сценарними) варіантами.

На рисунку 6.159 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів в умовах зміни клімату за обома сценаріями в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.).

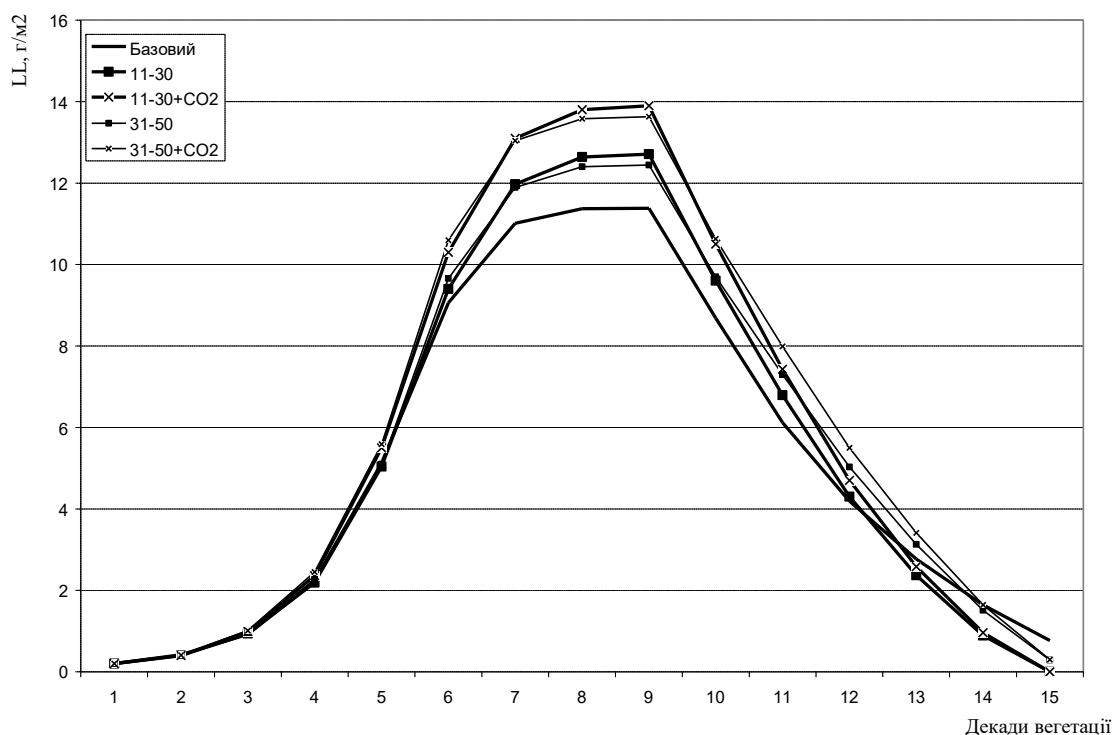


Рисунок 6.159 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку у Поліссі в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що ріст відносної площі листя інтенсивно проходить до сьомої декади вегетації, далі темп росту дещо зменшується, і у 9 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму. Така ж ситуація спостерігається для всіх варіантів, але за рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до  $12,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $11,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). Порівняно з базовим періодом це збільшення становитиме  $1,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$  або 11 % (табл. 6.64). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя зросте до  $13,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Порівняно з базовим періодом це зростання становитиме  $2,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$  або 22 % (табл. 6.64).

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає  $756 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.64, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до  $794 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за сценарієм на 2011-2030 рр.) та  $865 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 38 та  $109 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (5-14 %) відповідно. На рисунку 6.159 також представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.).

Таблиця 6.64 – Показники фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарієм А2 за 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Період	Варіант	Період максимального росту		Фотосинтетич- ний потенціал посівів м²/м² за вегетаційний період	Урожай, ц/га
		площа листової поверхні, м²/м²	приріст загальної сухої біомаси, г/м² за день		
Полісся					
1986–2005	Базовий	11,4	43,1	756	239
2011–2030	Клімат	12,7	45,7	794	273
	Клімат + CO₂	13,9	50,4	865	297
	Різниця, % *	11-22	6-17	5-14	14-24
2031-2050	Клімат	12,4	47,8	822	260
	Клімат + CO₂	13,6	52,7	900	283
	Різниця, % *	9-19	11-22	9-19	9-18
Лісостеп (західний)					
1986–2005	Базовий	10,7	43,9	625	246
2011–2030	Клімат	12,4	45,9	784	266
	Клімат + CO₂	13,6	49,6	860	290
	Різниця, % *	16-27	5-13	25-38	8-18
2031-2050	Клімат	12,4	47,1	828	254
	Клімат + CO₂	13,6	52,2	905	278
	Різниця, % *	16-27	7-19	32-45	3-13
Лісостеп (східний)					
1986–2005	Базовий	9,2	38,6	612	197
2011–2030	Клімат	15,7	63,5	1055	317
	Клімат + CO₂	17,7	70,1	1150	346
	Різниця, % *	71-92	65-82	72-88	61-76
2031-2050	Клімат	11,7	50,2	715	251
	Клімат + CO₂	12,9	53,3	783	275
	Різниця, % *	27-40	30-38	17-28	27-40
Степ (північний)					
1986–2005	Базовий	8,5	35,0	545	177
2011–2030	Клімат	10,2	37,9	726	195
	Клімат + CO₂	11,2	42,1	800	214
	Різниця, % *	20-32	8-20	33-47	10-21
2031-2050	Клімат	9,9	35,1	694	196
	Клімат + CO₂	10,9	38,9	762	215
	Різниця, % *	16-28	0-11	27-40	11-21

\* перше число - різниця між базовим та кліматичним періодами,  
друге число – різниця між базовим та кліматичним періодами з врахуванням зміни  $\text{CO}_2$

Можна бачити, що оскільки умови тепло- та вологозабезпеченості протягом двох сценарних періодів відрізняються на території Полісся несуттєво, то ріст відносної площі листя також для цих періодів суттєво не відрізняється. У 9 декаду вегетації відносна площа листя також досягає свого максимуму. За рахунок зміни кліматичних умов відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до  $12,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $11,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). Порівняно з базовим періодом це збільшення становитиме  $1 \text{ м}^2/\text{м}^2$  або 9 % (табл. 6.64). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $13,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Порівняно з базовим періодом це збільшення становитиме  $2,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$  або 19 % (табл. 6.64).

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає  $756 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.64, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до  $822 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за сценарієм на 2031-2050 рр.) та  $900 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 66 та  $144 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (9 та 19%) відповідно.

Хід площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовив і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 6.160 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценаріями на 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Полісся.

При базових умовах накопичення загальної біомаси йтиме досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 6 – 7 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов у перший сценарний період максимальний приріст збільшиться з  $43,1$  до  $45,7 \text{ г}/\text{м}^2$  (на  $2,6 \text{ г}/\text{м}^2$  чи 6 %) за день. З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері це зростання буде ще більшим -  $50,4 \text{ г}/\text{м}^2$  за день (на  $7,3 \text{ г}/\text{м}^2$  чи 16 %). Загальна суха біомаса посіву в базових умовах складає  $2277 \text{ г}/\text{м}^2$ , за рахунок зміни кліматичних умов у перший період вона зростає до  $2534 \text{ г}/\text{м}^2$ , а з врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  - до  $2764 \text{ г}/\text{м}^2$ . Різниця сухої біомаси посіву між базовим та двома кліматичними варіантами складає 257 та  $487 \text{ г}/\text{м}^2$  відповідно.



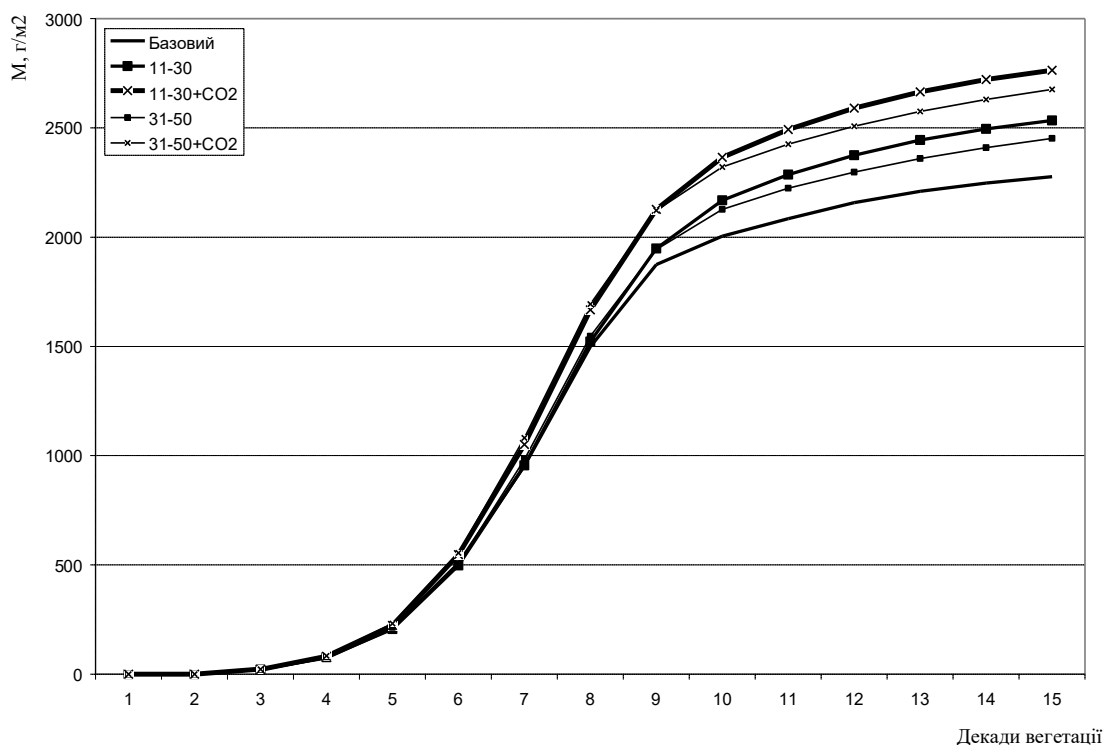


Рисунок 6.160 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в Поліссі в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

На рисунку 6.160 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Полісся.

За рахунок змін кліматичних умов максимальний приріст збільшиться з 43,1 до 47,8 г/м<sup>2</sup> за день, тобто на 4,7 г/м<sup>2</sup> або на 10%. З врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері це зростання буде ще більшим - 52,7 г/м<sup>2</sup> за день (на 9,6 г/м<sup>2</sup> або на 22 %). Загальна суха біомаса посіву за рахунок зміни кліматичних умов протягом другого сценарного періоду зростає до 2451 г/м<sup>2</sup>, а з врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> - до 2676 г/м<sup>2</sup>. Різниця сухої біомаси посіву між базовим та двома кліматичними варіантами у цьому випадку складає 175 та 400 г/м<sup>2</sup> відповідно.

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за періоди 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. за рахунок підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та більшої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і збільшення сухої маси коренеплоду, а також урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 6.161 та табл. 6.64).

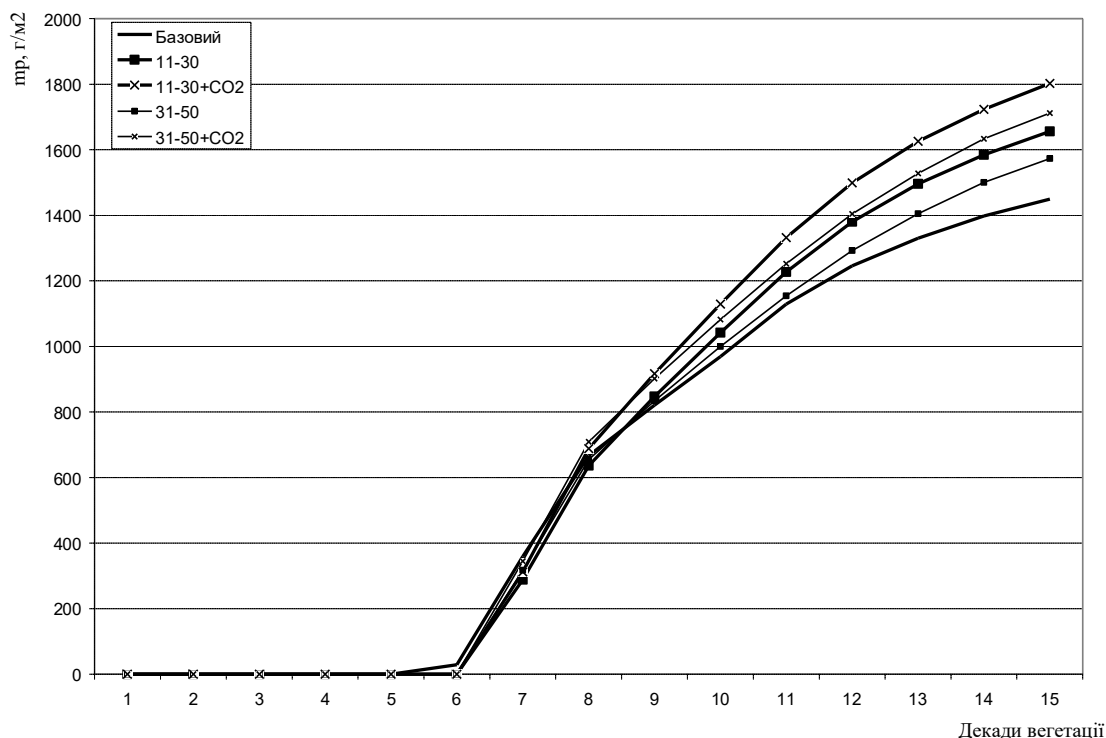


Рисунок 6.161 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку у Поліссі в умовах зміни клімату за сценарієм 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 7-11 декад вегетації, наприкінці вегетаційного періоду темп росту дещо зменшується, у коренеплоді активно накопичується цукор. Така ж ситуація спостерігається для всіх періодів та всіх варіантів.

За рахунок зміни кліматичних умов протягом першого сценарного періоду відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до 1656 г/м<sup>2</sup> (проти 1450 г/м<sup>2</sup> у базовий період). За умов збільшення CO<sub>2</sub> суха маса коренеплоду збільшиться до 1800 г/м<sup>2</sup>. Протягом другого сценарного періоду ці величини відповідно будуть складати 1574 та 1712 г/м<sup>2</sup>.

За умов зміни клімату урожай коренеплодів у Поліссі зросте у 2011-2030 рр. порівняно з базовим періодом з 239 до 273 ц/га (на 14 %). Підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 297 ц/га (на 24 %).

За умов зміни клімату урожай коренеплодів у Поліссі зросте у 2031-2050 рр. порівняно з базовим періодом з 239 до 260 ц/га (на 8 %). Підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 283 ц/га (на 18 %).

В цілому ж можна зробити висновок, що зміни клімату за сценарієм A2 на території Полісся України будуть скоріш позитивними, ніж негативними

для вирощування цукрового буряку на цій території. Це приведе до підвищення урожайності коренеплодів. Але треба відзначити, що умови періоду 2011-2030 рр. у Поліссі будуть дещо більш сприятливим для формування урожайності посівів, ніж умови 2031-2050 рр.

На рисунку 6.162 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за двома сценаріями в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов західного Лісостепу.

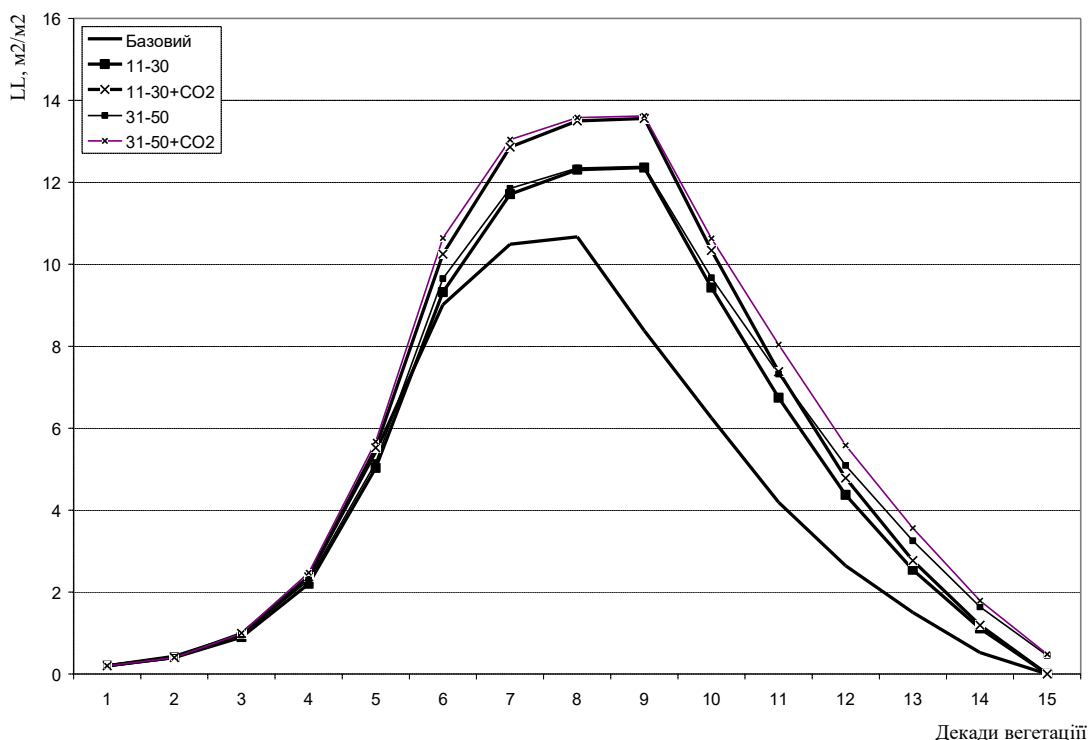


Рисунок 6.162 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку у західному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що ріст відносної площі листя при базових умовах інтенсивно проходить до шостої - сьомої декади вегетації, а у 8 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму, після чого відбувається поступове її зменшення. Дещо інша ситуація спостерігається для варіантів зміни клімату. Відносна площа листя росте до дев'ятої декади вегетації, тобто період активної фотосинтетичної діяльності посіву продовжується ще на одну декаду. За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду у західному Лісостепу відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до  $12,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $10,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $13,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних рис. 6.162, зміна кліматичних

умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  у цей період призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 1,7 та 2,9  $\text{m}^2/\text{m}^2$  відповідно, що у відсотковому співвідношенні складає 16 та 27%.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає 625  $\text{m}^2/\text{m}^2$ . Як видно з даних табл. 6.64, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до 784  $\text{m}^2/\text{m}^2$  (за сценарієм на 2011-2030 рр.) та 860  $\text{m}^2/\text{m}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 159 та 235  $\text{m}^2/\text{m}^2$  (25 та 38%) відповідно.

На рисунку 6.162 також представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. для умов західного Лісостепу. Можна бачити, що в цілому графіки динаміки листової поверхні посіву у другий кліматичний період без врахування підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  та з врахуванням цього підвищення практично повторюють аналогічні графіки для першого кліматичного періоду. Однак, основні показники фотосинтетичної продуктивності посівів за базовими та сценарними умовами суттєво різняться (табл. 6.64).

За рахунок зміни кліматичних умов західному Лісостепу протягом 2031-2050 рр. відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя також до 12,4  $\text{m}^2/\text{m}^2$  (проти 10,7  $\text{m}^2/\text{m}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя, як і за умов першого сценарного періоду, збільшиться до 13,6  $\text{m}^2/\text{m}^2$ . Як видно з даних табл. 6.64, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  також призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 1,7 та 2,9  $\text{m}^2/\text{m}^2$  відповідно.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає 625  $\text{m}^2/\text{m}^2$ . Як видно з даних табл. 6.64, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до 828  $\text{m}^2/\text{m}^2$  (за сценарієм на 2031-2050 рр.) та 905  $\text{m}^2/\text{m}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 203 та 280  $\text{m}^2/\text{m}^2$  (32-45%) відповідно.

Динаміка площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 6.163 представлена динаміка накопичення сухої загальної масу посівів в умовах зміни клімату за обома сценаріями в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов західного Лісостепу.

При базових умовах накопичення загальної біомаси йтиме досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 6 – 7 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов першого сценарного періоду максимальний приріст збільшиться з 43,9 до 45,9  $\text{г}/\text{м}^2$  за день (на 5%). З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері це зростання буде ще більшим - 49,6  $\text{г}/\text{м}^2$  за день (на 13 %).

На рисунку 6.163 представлена також динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов західного Лісостепу.

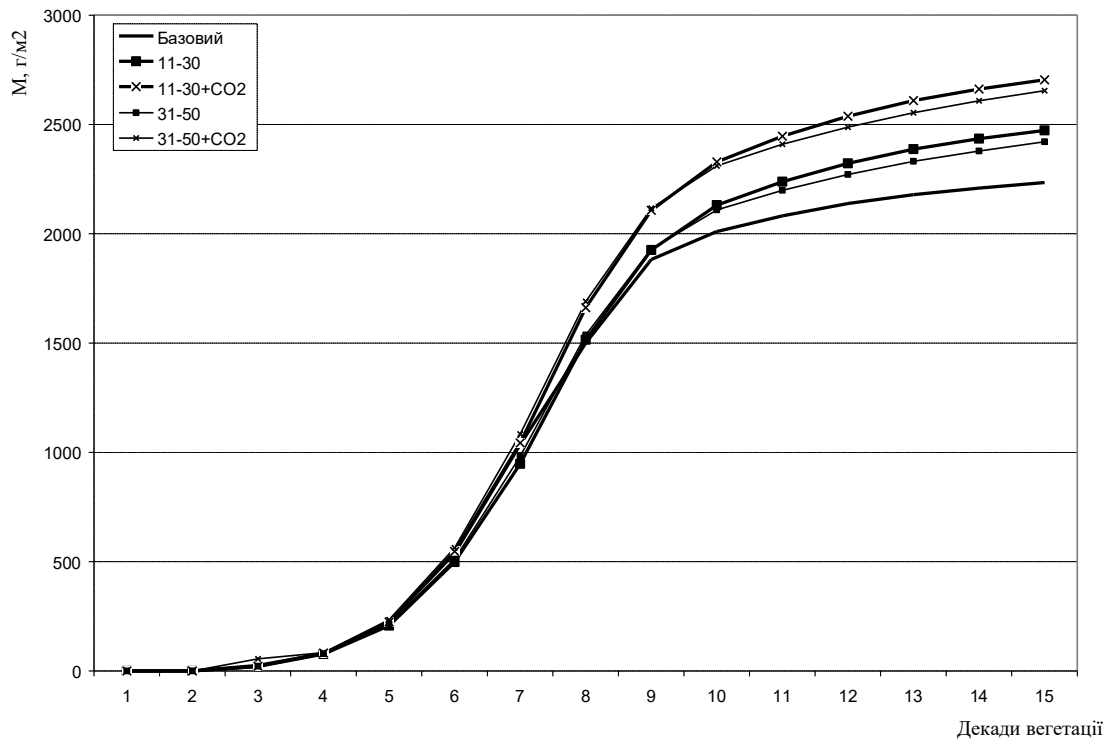


Рисунок 6.163 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в західному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

За рахунок змін кліматичних умов максимальний приріст збільшиться з 43,9 до 47,1 г/м<sup>2</sup> за день (на 7%). З врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері це зростання буде ще більшим - до 52,2 г/м<sup>2</sup> за день (на 11 %).

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в західному Лісостепу в умовах зміни клімату за рахунок підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та більшої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і збільшення сухої маси коренеплоду, а також урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 6.164, табл. 6.64).

Можна бачити, що ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 6-10 декад вегетації, наприкінці вегетаційного періоду темп росту дещо зменшується, у коренеплоді активно накопичується цукор. Така ж ситуація спостерігається для всіх варіантів.

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до  $1610 \text{ г/м}^2$  (проти  $1490 \text{ г/м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса коренеплоду збільшиться до  $1755 \text{ г/м}^2$ .

За умов зміни клімату у 2011-2030 рр. урожай коренеплодів у західному Лісостепу зросте порівняно з базовим періодом з 246 до 266 ц/га (на 8 %). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 290 ц/га (на 18 %).

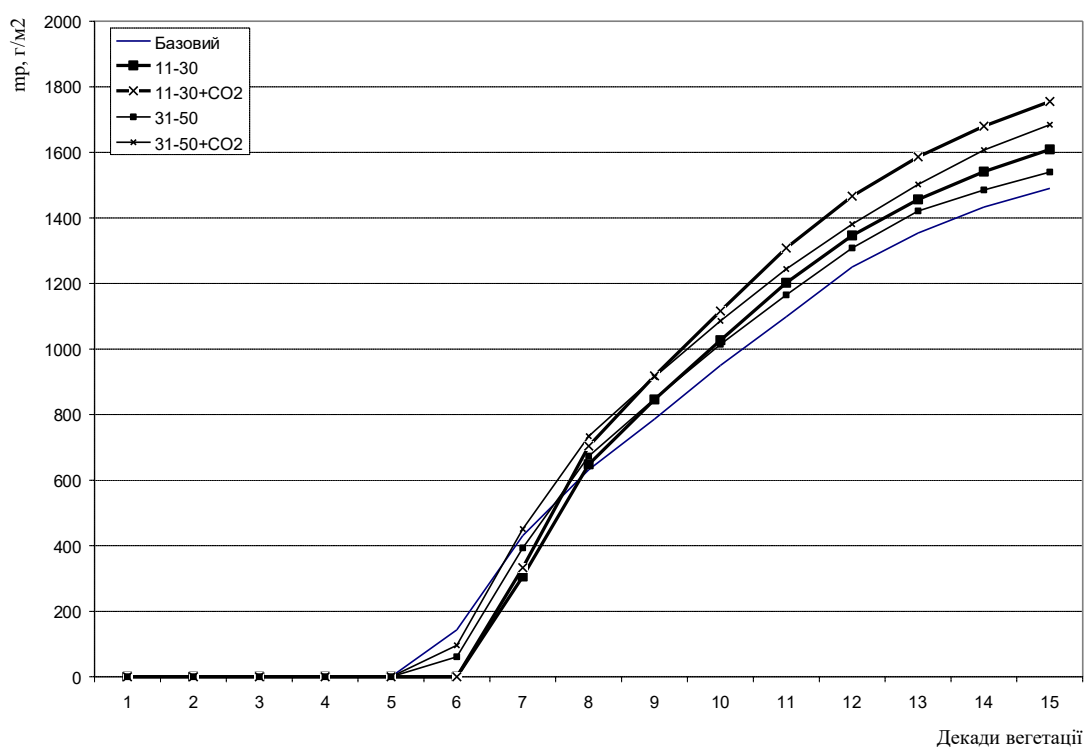


Рисунок 6.164 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку в західному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

На рисунку 6.164 представлена також динаміка накопичення сухої маси коренеплоду в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. для умов західного Лісостепу. За рахунок зміни кліматичних умов у цьому випадку відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до  $1540 \text{ г/м}^2$  (проти  $1490 \text{ г/м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса коренеплоду збільшиться до  $1684 \text{ г/м}^2$ .

За умов зміни клімату у період 2031-2050 рр. урожай коренеплодів у західному Лісостепу зросте порівняно з базовим періодом з 246 до 254 ц/га

(на 3 %). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 278 ц/га (на 13 %).

У цілому можна зробити висновок, що і для території західного Лісостепу очікувані зміни клімату будуть позитивно впливати на продуктивність цукрового буряку. Але, як і для території Полісся, зміна умов протягом першого сценарного періоду буде більш сприятливою для формування урожайності посівів, ніж другого.

На рисунку 6.165 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарієм на 2011-2030 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов східного Лісостепу.

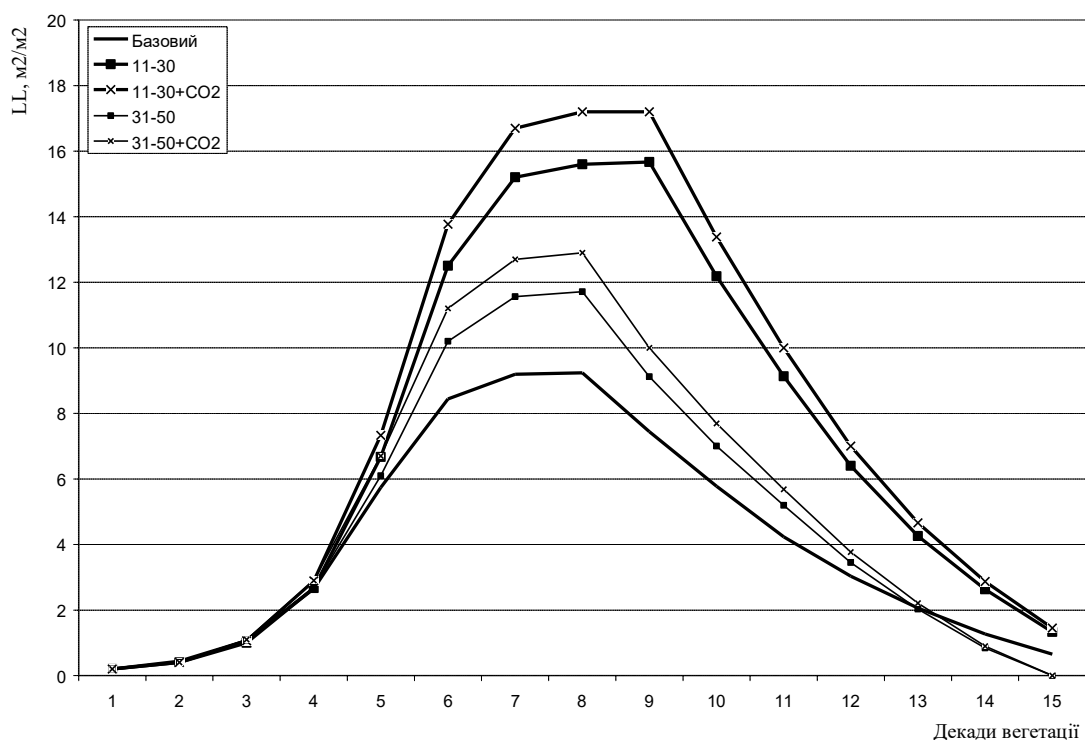


Рисунок 6.165 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку у східному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Треба відзначити, що зміни клімату найбільш сприятливо вплинуть саме на цю природно-кліматичну зону України. Можна бачити, що ріст відносної площі листя при базових умовах та за умов другого сценарного періоду інтенсивно проходить до шостої - сьомої декади вегетації, і у 7 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму, після чого відбувається поступове її зменшення.

Дещо інша ситуація спостерігається для першого сценарного варіанту зміни клімату. Відносна площа листя росте до дев'ятої декади вегетації,

тобто період активної фотосинтетичної діяльності посіву продовжується ще на дві декади, що не може не вплинути позитивно на всі показники фотосинтетичної активності посіву. За рахунок зміни кліматичних умов у перший сценарний період у східному Лісостепу відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя на 71%, тобто до  $15,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $9,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $17,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , тобто на 92%. Як видно з даних рис. 6.165, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 6,5 та  $8,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно.

За рахунок зміни кліматичних умов у другий сценарний період у східному Лісостепу відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя на 27%, тобто до  $11,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $9,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $12,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , тобто на 40%. Як видно з даних рис. 6.7, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 2,5 та  $3,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає  $612 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.64, зміна кліматичних умов у період 2011-2030 рр. та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до  $1055 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $1150 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 443 та  $538 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (72-88%) відповідно.

Як видно з даних табл. 6.64, зміна кліматичних умов у період 2031-2050 рр. та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до менш суттєвого підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву: до  $715 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $783 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 103 та  $171 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (17-28%) відповідно.

Хід площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 6.166 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценаріями на 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов східного Лісостепу.



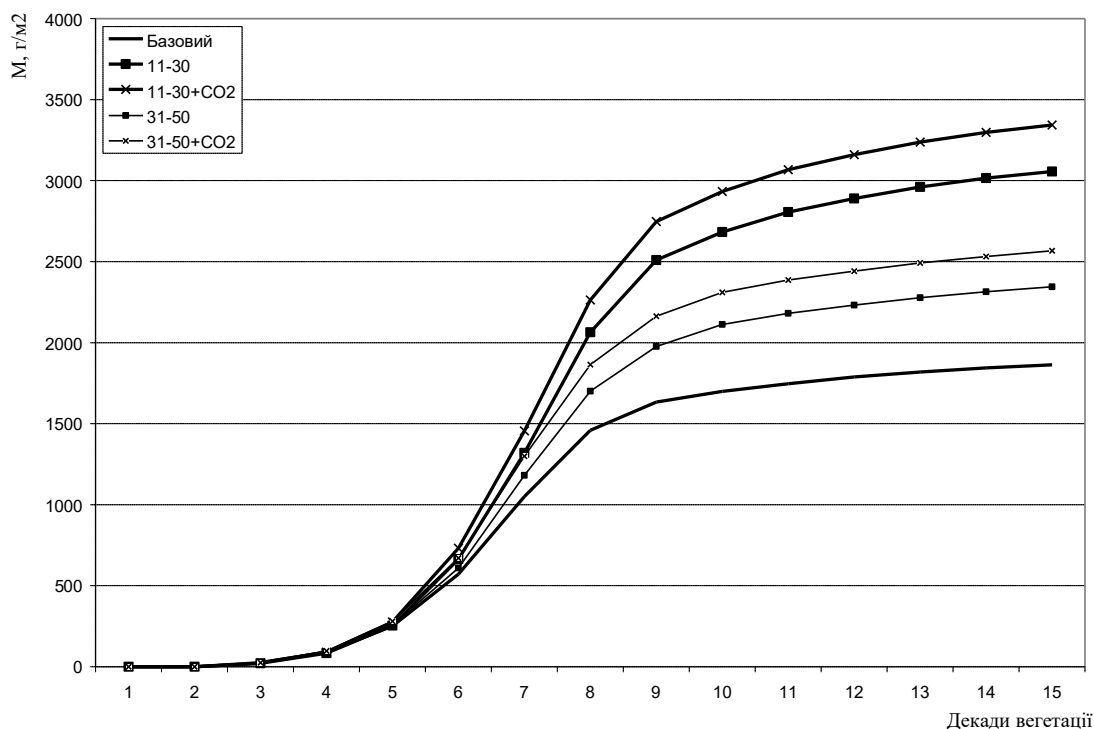


Рисунок 6.166 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в східному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

При базових умовах накопичення загальної біомаси йтиме досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 6 – 8 декадах вегетації і складатимуть щодня  $38,6 \text{ г/м}^2$ . За рахунок змін кліматичних умов у період 2011-2030 рр. максимальний приріст збільшиться з  $38,6$  до  $63,5 \text{ г/м}^2$  за день, тобто на 65 %. З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері це зростання буде ще більшим - до  $70,1 \text{ г/м}^2$  за день (на 82 %).

За рахунок змін кліматичних умов у період 2031-2050 рр. максимальний приріст збільшиться з  $38,6$  до  $50,2 \text{ г/м}^2$  за день, тобто на 30 %. З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері це зростання буде дещо більшим - до  $53,3 \text{ г/м}^2$  за день (на 38 %).

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в східному Лісостепу в умовах зміни клімату за рахунок підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та більшої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і збільшення сухої маси коренеплоду, а також урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 6.167, табл. 6.64).

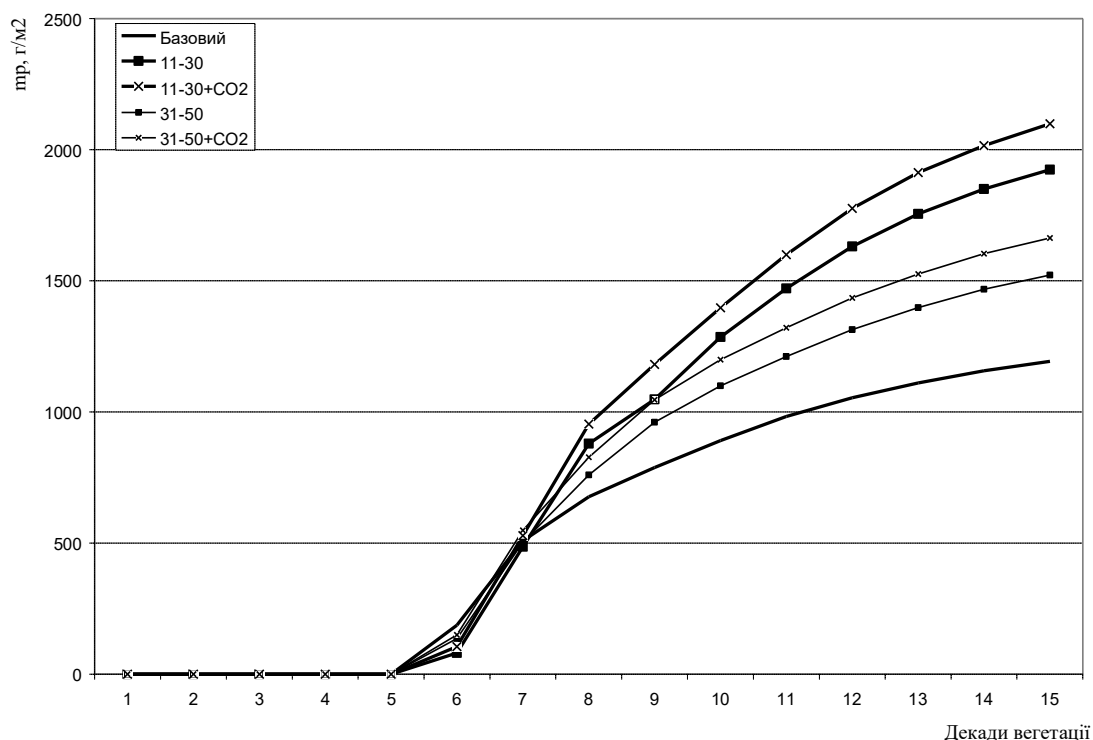


Рисунок 6.167 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку в східному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що за базових умов ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 5-7 декад вегетації, потім ріст іде рівномірно і менш інтенсивно, а протягом останніх двох декад вегетаційного періоду зростання маси взагалі не відбувається - у коренеплоді накопичується цукор.

У варіантах зі зміною клімату у період 2011-2030 рр. відбувається інтенсивне збільшення сухої маси коренеплоду до 1924 г/м<sup>2</sup> (проти 1193 г/м<sup>2</sup> у базовий період). За умов збільшення CO<sub>2</sub> суха маса коренеплоду збільшиться до 2100 г/м<sup>2</sup>. У варіантах зі зміною клімату у період 2031-2050 рр. відбувається дещо менш інтенсивне збільшення сухої маси коренеплоду: до 1522 г/м<sup>2</sup> (проти 1193 г/м<sup>2</sup> у базовий період). За умов збільшення CO<sub>2</sub> суха маса коренеплоду збільшиться до 1665 г/м<sup>2</sup>.

За умов зміни клімату у перший сценарний період урожай коренеплодів у північному Степу зросте порівняно з базовим періодом з 197 до 317 ц/га (на 61 %). Підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 346 ц/га (на 76 %). За умов зміни клімату у другий сценарний період урожай коренеплодів у Степу зросте порівняно з базовим періодом з 197 до 251 ц/га (на 27 %). Підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 275 ц/га (на 40 %).

На рисунку 6.168 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценаріями на 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов північного Степу України.

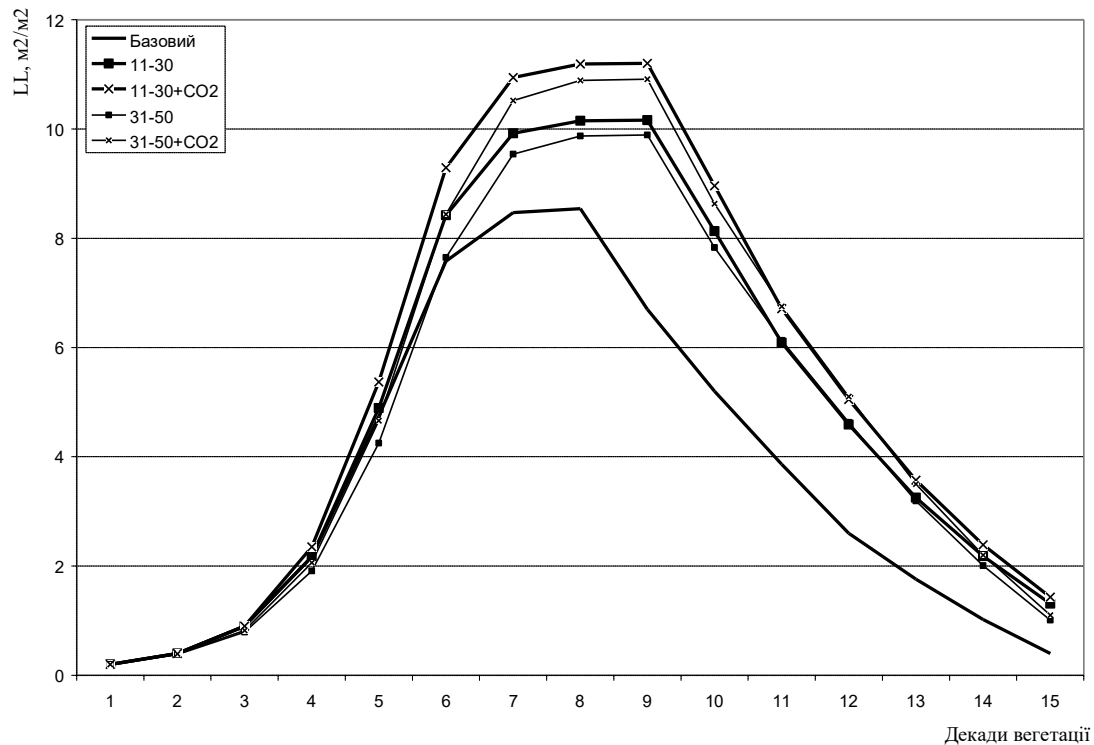


Рисунок 6.168 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку у північному Степу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що ріст відносної площі листя при базових умовах найбільш інтенсивно проходить до шостої декади вегетації, у 7 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму, а після 8 декади відбувається поступове її зменшення. Дещо інша ситуація спостерігається для варіантів зміни клімату. Відносна площа листя росте до дев'ятої декади вегетації, тобто період активної фотосинтетичної діяльності посіву продовжується ще на дві декади, що не може не вплинути позитивно на всі показники фотосинтетичної активності посіву.

За рахунок зміни кліматичних умов протягом першого сценарного періоду у Степу відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до  $10,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $8,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період), тобто на 20%. За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $11,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , тобто на 32%. Як видно з даних рис. 6.168, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  у перший кліматичний період призведе до

підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 1,7 та 2,6 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> відповідно.

За рахунок зміни кліматичних умов протягом другого сценарного періоду у Степу відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до 9,9 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (проти 8,5 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> у базовий період), тобто на 16%. За умов збільшення CO<sub>2</sub> максимальна відносна площа листя збільшиться до 10,9 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, тобто на 28%. Зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO<sub>2</sub> у другий кліматичний період призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 1,4 та 2,4 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> відповідно.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає 545 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Як видно з даних табл. 6.64, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO<sub>2</sub> у перший сценарний період призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до 726 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> та 800 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (за умови збільшення CO<sub>2</sub>) Тобто різниця складає 181 та 255 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (33 та 47%) відповідно.

Зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO<sub>2</sub> у другий сценарний період призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до 694 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> та 762 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (за умови збільшення CO<sub>2</sub>) Тобто різниця складає 181 та 255 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (27 та 40%) відповідно.

Хід площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 6.169 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценаріями на 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Степу.

При базових умовах накопичення загальної біомаси йтиме досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 6 – 9 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов 2011-2030 рр. максимальний приріст загальної сухої біомаси збільшиться з 35,0 до 37,9 г/м<sup>2</sup> за день, тобто на 8%. З врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері це зростання буде ще більшим - 42,1 г/м<sup>2</sup> за день (на 20 %).

За рахунок змін кліматичних умов 2031-2050 рр. максимальний приріст загальної сухої біомаси збільшиться з 35,0 до 35,1 г/м<sup>2</sup> за день, тобто практично не зміниться. З врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері це зростання буде дещо більшим - 38,9 г/м<sup>2</sup> за день (на 11 %).

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в північному Степу в умовах зміни клімату за рахунок підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та більшої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і збільшення сухої маси коренеплоду, а також урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 6.170, табл. 6.64).

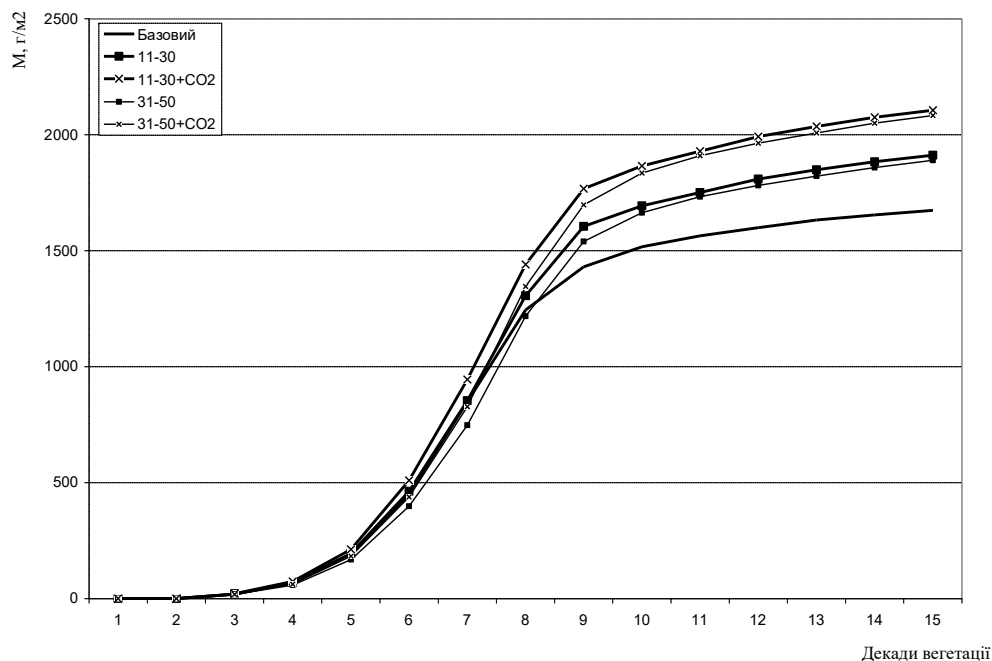


Рисунок 6.169 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в північному Степу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

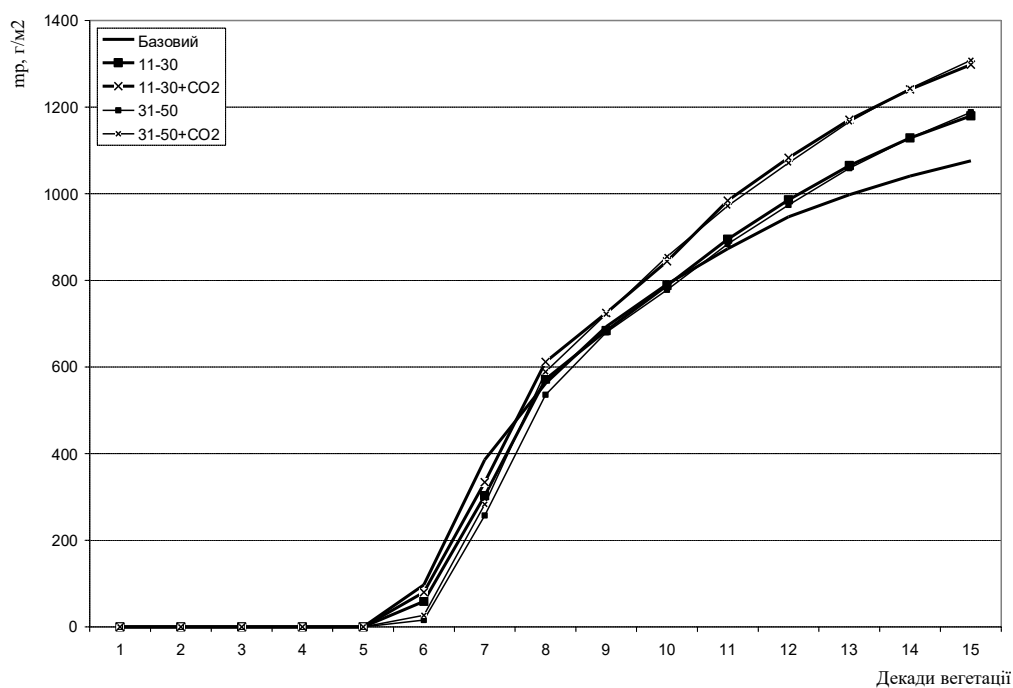


Рисунок 6.170 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку в північному Степу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що за базових умов ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 5-8 декад вегетації, потім ріст відбувається рівномірно і менш інтенсивно, але до кінця вегетаційного періоду збільшення сухої маси коренеплоду не закінчується. Це свідчить про те, що в Степу України особливо за умов зміни клімату можливе подовження вегетаційного періоду цукрового буряку щонайменше на один місяць, що приведе до збільшення як урожаїв коренеплодів цієї культури, так і вмісту у них цукру. У варіантах зі зміною клімату відбувається більш інтенсивне збільшення сухої маси коренеплоду.

Протягом першого сценарного періоду суха маса коренеплоду зросте до  $1180 \text{ г/м}^2$  (проти  $1076 \text{ г/м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса коренеплоду збільшиться до  $1300 \text{ г/м}^2$ . Протягом другого сценарного періоду суха маса коренеплоду зросте до  $1188 \text{ г/м}^2$  (проти  $1076 \text{ г/м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса коренеплоду збільшиться до  $1309 \text{ г/м}^2$ .

За умов зміни клімату у 2011-2030 рр. урожай коренеплодів у північному Степу зросте порівняно з базовим періодом з 177 до 195 ц/га (на 10 %). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 214 ц/га (на 21 %). За умов зміни клімату у 2031-2050 рр. урожай коренеплодів у північному Степу зросте порівняно з базовим періодом з 177 до 196 ц/га (на 11 %). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 215 ц/га (на 21 %).

Таким чином можна зробити висновок, що саме на території північного Степу України очікувані зміни кліматичних умов протягом двох сценарних періодів (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.) будуть майже однаково впливати на формування продуктивності цукрового буряку, тоді як для решти досліджуваної території перший кліматичний період за умов реалізації сценарію А2 виявився більш сприятливим для вирощування цукрового буряку, про що свідчать більші очікувані урожаї цієї культури.

#### 6.7.5 Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку при реалізації сценарію А1В

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм А1В та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за три періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період), 2011 – 2030 рр. (перший кліматичний або сценарний період) та 2031-2050 рр. (другий кліматичний або сценарний період).

Для цукрового буряку на фоні зміни кліматичних умов нами розглядались такі варіанти:

- кліматичні умови періоду;
- кліматичні умови періоду + збільшення CO<sub>2</sub> в атмосфері з 380 до 470 ppm).

Теоретична основа [144], [145] для виконання розрахунків та територія дослідження були детально охарактеризовані у попередньому розділі

Результати розрахунків за базовими та кліматичними даним представлені у табл. 6.65.

За даними 1986-2005 рр. (базовими), терміни сівби цукрового буряку майже співпадають з датами переходу температури повітря через 10°C, і в залежності від зони вирощування культури коливаються від 20 квітня (Степ та західний Лісостеп) до 30 квітня (східний Лісостеп).

Появлення сходів цукрового буряку, як показали наші розрахунки, спостерігається при накопиченні суми активних температур порядку 190°C.

Найраніше сходи з'являються також у Степу та західному Лісостепу (6 травня), а найпізніше – у Поліссі (15 травня).

Таблиця 6. 65 - Порівняльна оцінка агрокліматичних умов вегетаційного періоду цукрового буряку (сценарій А1В)

Період	Дати		Сума активних температур за вегетаційний період, °С	Середня температура за вегетаційний період, °С	Сума опадів		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, %
	Сівби	Сходів			Сума опадів, мм	У відсотках від кліматичної норми			
Полісся									
1986-2005	24.04	15.05	2615	15,5	345	100	337	554	61
2011-2030	16.04	04.05	2740	16,3	370	107	372	577	64
Різниця	-8	-11	125	0,8	25	7	35	23	3
2031-2050	13.04	30.04	2733	17,0	367	106	377	620	61
Різниця	-11	-15	118	1,5	22	6	40	66	0
Лісостеп (західний)									
1986-2005	20.04	06.05	2725	16,6	360	100	375	606	62
2011-2030	14.04	02.05	2744	17,0	333	93	381	615	62
Різниця	-6	-4	19	0,4	-27	-7	6	9	0
2031-2050	12.04	29.04	2824	17,5	339	94	381	641	59
Різниця	-8	-7	99	0,9	-21	-6	6	35	-3
Лісостеп (східний)									
1986-2005	30.04	14.05	2710	16,6	306	100	310	600	52
2011-2030	23.04	10.05	2850	17,1	320	105	334	625	53
Різниця	-7	-4	140	0,5	14	5	24	25	1
2031-2050	14.04	01.05	2876	17,2	360	118	362	647	56
Різниця	-16	-14	166	0,1	54	18	52	47	4
Степ									
1986-2005	20.04	06.05	2865	17,6	292	100	329	631	52
2011-2030	12.04	29.04	2959	18,4	258	88	331	660	50
Різниця	-8	-7	94	0,8	-34	-12	-2	29	-2
2031-2050	9.04	25.04	3169	19,3	255	87	330	689	48
Різниця	-11	-11	304	1,7	-37	-13	1	58	-4



За умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за перший сценарний період терміни сівби цукрового буряку змістяться на більш ранні строки. На території східного Лісостепу сіяти культуру будуть 23 квітня, що на 7 днів раніше, ніж за базових умов. У Поліссі та Степу сівба буде проводитись 16 та 12 квітня відповідно, що на 8 днів раніше у порівнянні з базовим періодом 1986-2005 рр. У західному Лісостепу терміни сівби також зміняться - сівбу тут проводитимуть 14 квітня, тобто на 6 днів раніше за базові строки. Відповідно змістяться і строки появи сходів: на 11 днів (Полісся), на 7 днів (Степ) та на 4 дні – у східному та західному Лісостепу.

Аналізуючи результати досліджень за другий сценарний період, можна зробити наступні висновки. Сівба на всій території дослідження у порівнянні з базовими умовами ще більше зсунеться на більш ранні строки: у Поліссі - на 11 днів, у західному Лісостепу – на 8 днів. Терміни появи сходів на цій території також суттєво зміняться, і сходи будуть спостерігатись 29-30 квітня, тобто на один – два тижні раніше за базовий період.

На території східного Лісостепу та Степу протягом другого кліматичного періоду буде також спостерігатися подальше зміщення строків посіву в сторону більш ранніх термінів. У східному Лісостепу сівба буде проводитись 14 квітня, що на 16 днів раніше за базові строки, у Степу – 9 квітня, відповідно раніше на 11 днів. У більш ранні строки будуть спостерігатися й сходи. Так, у східному Лісостепу сходи з'являтимуться 1 травня (на два тижні раніше), а у Степу – 25 квітня (на 11 днів раніше за базові значення),

Цукровий буряк – культура, яка може вегетувати до кінця вересня, а в окремі роки (за умов відсутності сильних дощів або заморозків) – й до кінця жовтня. У цей час активного росту маси коренеплоду вже не спостерігається, але суха, ясна та сонячна погода сприяє накопиченню цукру у коренеплоді. Тому за умов реалізації сценарію зміни клімату протягом обох сценарних періодів тривалість вегетаційного періоду цукрового буряку суттєво не зміниться, і згідно з біологічними особливостями культури, буде складати не менше 15 декад, починаючи з дати сходів.

Порівняння сум температур за вегетаційний період цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарієм A1B з таким же показником в базовий період показує, що ці суми зростуть, не дивлячись на зміщення початку вегетації на більш ранні терміни. Температурний фон у цьому випадку буде дещо вище, і за вегетаційний період цукрового буряку (умовно він складає 150 днів після сходів) будуть накопичуватись більші суми температур. Причому, збільшення сум активних температур у перший кліматичний період буде менш суттєвим, ніж у другий. Так, у східному Лісостепу суми температур у 2011-2030 рр. будуть на 140°C більше, ніж у базовий період, тоді як у період 2031-2050 рр. ця різниця складатиме 166°C.

У західному Лісостепу суми температур у 2011-2030 рр. будуть лише на 19°C більше, ніж у базовий період, тоді як у період 2031-2050 рр. ця

різниця складатиме вже 99°C. У Степу різниця сум температур базового та сценарних періодів буде найбільшою і складатиме відповідно 94°C та 304°C.

У Поліссі суми температур за вегетаційний період протягом обох сценарних періодів будуть практично однаковими, на 118-125°C більше, ніж у базовий період.

Аналізуючи середню за вегетаційний період температуру за обидва сценарних періоди, можна сказати, що за умов зміни клімату вегетація цукрового буряку на більшості території дослідження буде проходити при несуттєвому підвищенні температурного режиму. Середня температура вегетаційного періоду 2011-2030 рр. буде на 0,4-0,8 °C вище аніж за базових умов. Середня температура вегетаційного періоду 2031-2050 рр. буде на 0,1-1,7°C вище аніж за базових умов.

В цілому можна сказати, що за реалізації сценарію А2 температурні умови вегетаційного періоду цукрового буряку на всій бурякосійній території України залишаться вельми сприятливим для вирощування цієї важливої сільськогосподарської культури.

Для оцінки вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку аналізувались такі ж періоди як і для теплозабезпеченості: базовий 1986 – 2005 рр. та розрахункові за кліматичним сценарієм 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. При цьому розглядались такі показники: сума опадів за період в абсолютних одиницях та у відсотках від середньобогаторічної кількості (кліматичної норми), сумарне випаровування, випаровуваність та вологозабезпеченість. Результати розрахунків також представлені у таблиці 6.65.

У відповідності до кліматичного сценарію у режимі опадів відбудуться суттєві зміни. Кількість опадів за вегетаційний період за сценарними даними збільшиться на території Полісся та східного Лісостепу. Так, у Поліссі та східному Лісостепу у період 2011-2030 рр. кількість опадів буде на 5-7 % більше у порівнянні з базовими даними, а у 2031-2050 рр. вона зросте на 6-18 % у порівнянні з базовими значеннями.

На решті досліджуваної території кількість опадів буде зменшуватись. Так, зменшення кількості опадів у перший кліматичний період на території західного Лісостепу і на території Степу буде досягати 7-12 % від базового значення, а протягом другого кліматичного періоду відповідно 6 та 13 %). Таким чином, найбільш суттєве зменшення кількості опадів за умов реалізації сценарію А1В очікується у Степу України.

Величина сумарного випаровування на території Полісся та східного Лісостепу збільшиться. На території Полісся, де за базовими умовами її величина складає 337 мм, за умов реалізації сценарію вона зросте до 372 мм у перший період і до 377 мм – у другий, тобто буде відповідно на 35 та 40 мм більше. На території східного Лісостепу, де за базовими умовами її величина складає 310 мм, за умов реалізації сценарію вона зросте до 334 мм у перший період, тобто буде на 24 мм більше. У другий період також

очікується зростання величини сумарного випаровування, і воно буде дещо більше – 362 мм, тобто на 52 мм більше за базові значення.

На території західного Лісостепу та Степу величина сумарного випаровування складає 375 та 329 мм відповідно і практично не зміниться за кліматичними умовами.

Величина випаровуваності за умов реалізації сценарію збільшиться по всій досліджуваній території, що свідчить про деяке збільшення посушливості на протязі вегетації цукрового буряку, що буде зумовлено перш за все зменшенням кількості опадів. Найменші зміни очікуються на території західного Лісостепу, тут різниця між базовим та сценарними варіантами складе від 9 мм до 35 мм відповідно. Дещо більше ця різниця буде у східному Лісостепу (відповідно 25 мм та 47 мм) та Поліссі (відповідно 23 та 66 мм).

У перший кліматичний період випаровуваність у Степу також збільшиться і буде досягати 660 мм, що на 29 мм більше за базові умови. У другий кліматичний період в Степу величина випаровуваності збільшиться більш суттєво (різниця між базовим і сценарним варіантами складає 58 мм).

Одним з основних показників, що характеризують умови зволоження вегетаційного періоду будь-якої сільськогосподарської культури, є вологозабезпеченість, тобто відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності.

Величина вологозабезпеченості за базовими даними складає: у Поліссі – 61 %, західному Лісостепу – 62%, східному Лісостепу – 52 % та в Степу – 52 %. За умов зміни клімату у перший кліматичний період ці величини складатимуть 64 %, 62 %, 53 % та 50 % відповідно. За умов зміни клімату у другий кліматичний період ці величини складатимуть 61 %, 59 %, 56 % та 48 % відповідно.

При порівнянні величин вологозабезпеченості, розрахованих за базовим та за кліматичними варіантами, можна зробити висновок, що на території Полісся та східного Лісостепу умови зволоження вегетаційного періоду незначно покращаться і значення вологозабезпеченості зростуть на 1-4 %. На території Степу та західного Лісостепу вони трохи погіршаться (різниця значень вологозабезпеченості між сценарними та базовим варіантом складає 2-4 %).

Таким чином, можна зробити висновок, що за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В умови вегетації цукрового буряку в Україні суттєво не зміняться, але вегетація проходитиме на фоні дещо підвищених температур повітря, зменшення кількості опадів та погіршення умов зволоження в Степу.

### 6.7.6 Фотосинтетична продуктивність цукрового буряку за сценарієм А1В зміни клімату в Україні

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку, відбудеться і зміна показників фотосинтетичної діяльності його посівів, що обумовлюють рівень урожайності культури. Згідно теорії фотосинтетичної продуктивності посівів такими показниками являються розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, а також кількісні показники приростів рослинної біомаси.

Розглянемо динаміку цих показників протягом вегетації цукрового буряку за базовим та двома кліматичними (сценарними) варіантами.

На рисунку 6.171 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів в умовах зміни клімату за обома сценаріями в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.).

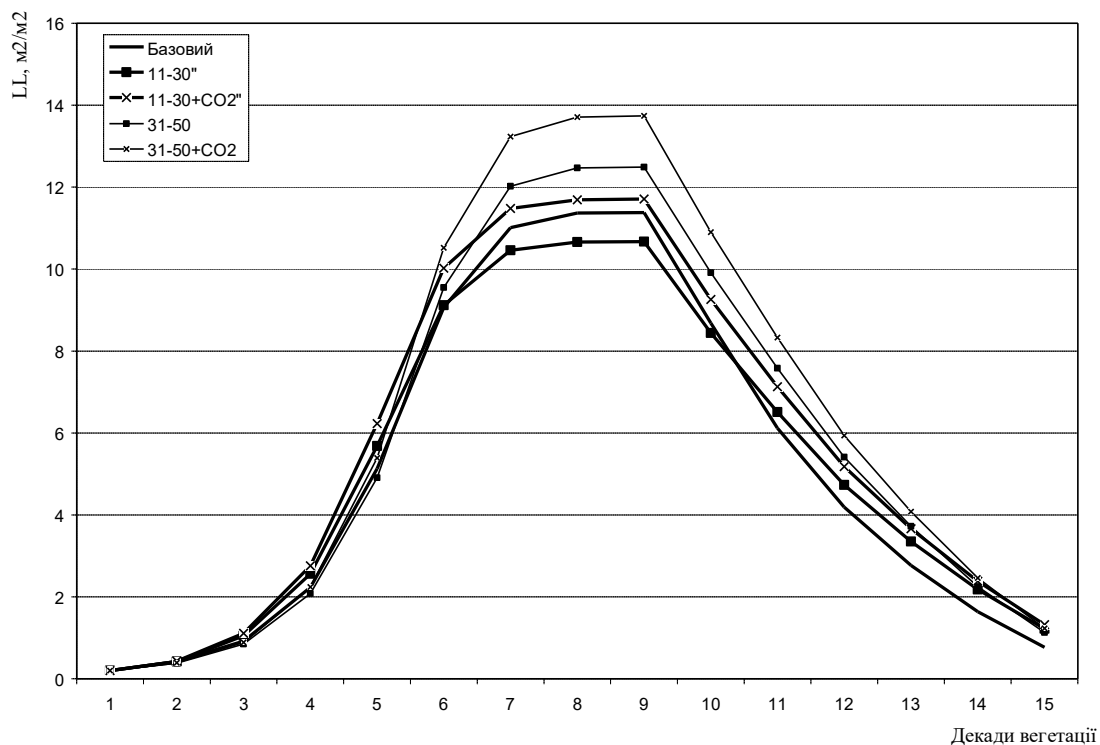


Рисунок 6.171 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку у Поліссі в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що ріст відносної площі листя інтенсивно проходить до сьомої декади вегетації, далі темп росту дещо зменшується, і у 9 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму. Така ж ситуація

спостерігається для всіх варіантів, але за рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду відбудеться зменшення максимальної відносної площі листя до  $10,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $11,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). Порівняно з базовим періодом це зменшення становитиме  $0,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  або 6 % (табл. 6.66). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя зросте до  $11,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Порівняно з базовим періодом це зростання становитиме  $0,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$  або 3 % (табл. 6.66).

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає  $756 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до  $772 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за сценарієм на 2011-2030 рр.) та  $845 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 16 та  $89 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (2-12 %) відповідно.

На рисунку 6.171 також представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.).

Можна бачити, що оскільки умови тепло- та вологозабезпеченості протягом двох сценарних періодів відрізняються на території Полісся досить суттєво, то ріст відносної площі листя також для цих періодів також суттєво відрізняється. У 9 декаду вегетації відносна площа листя також досягає свого максимуму. За рахунок зміни кліматичних умов відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до  $12,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $11,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). Порівняно з базовим періодом це збільшення становитиме  $1,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$  або 10 % (табл. 6.66). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $13,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Порівняно з базовим періодом це збільшення становитиме  $2,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$  або 20 % (табл. 6.66).

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає  $756 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до  $850 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за сценарієм на 2031-2050 рр.) та  $933 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 94 та  $177 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (12 та 23%) відповідно.

Хід площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовив і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 6.172 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценаріями на 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Полісся.

При базових умовах накопичення загальної біомаси йтиме досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 6 – 7 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов у перший сценарний період максимальний приріст зменшиться з 43,1 до  $42,4 \text{ г}/\text{м}^2$  (на  $0,7 \text{ г}/\text{м}^2$  чи 2 %) за день. З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в

Таблиця 6.66 – Показники фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарієм A1B за 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Період	Варіант	Період максимального росту		Фотосинтетич- ний потенціал посівів м²/м² за вегетаційний період	Урожай, ц/га
		площа листової поверхні, м²/м²	приріст загальної сухої біомаси, г/м² за день		
Полісся					
1986–2005	Базовий	11,4	43,1	756	239
2011–2030	Клімат	10,7	42,4	772	231
	Клімат + CO₂	11,7	46,7	845	252
	Різниця, % *	-6/3	-2/8	2/12	-3/5
2031-2050	Клімат	12,5	48,5	850	259
	Клімат + CO₂	13,7	53,7	933	284
	Різниця, % *	10/20	13/25	12/23	8/19
Лісостеп (західний)					
1986–2005	Базовий	10,7	43,9	625	246
2011–2030	Клімат	10,2	42,9	608	231
	Клімат + CO₂	11,2	47,4	670	254
	Різниця, % *	-5/5	-2/8	-3/7	-6/3
2031-2050	Клімат	12,7	47,1	838	257
	Клімат + CO₂	14,0	51,8	920	282
	Різниця, % *	19/31	7/18	34/47	4/15
Лісостеп (східний)					
1986–2005	Базовий	9,2	38,6	612	197
2011–2030	Клімат	6,6	33,1	446	157
	Клімат + CO₂	7,2	36,7	486	173
	Різниця, % *	-28/-22	-14/-5	-27/-21	-20/-12
2031-2050	Клімат	9,2	40,2	652	202
	Клімат + CO₂	10,1	44,3	714	222
	Різниця, % *	0/10	4/15	7/17	3/13
Степ					
1986–2005	Базовий	8,5	35,0	545	177
2011–2030	Клімат	9,3	34,7	575	183
	Клімат + CO₂	10,3	38,7	632	203
	Різниця, % *	9/21	-1/11	6/17	3/15
2031-2050	Клімат	8,9	34,4	573	171
	Клімат + CO₂	9,8	38,2	629	189
	Різниця, % *	5/15	-2/9	5/15	-3/7

\* перше число - різниця між базовим та кліматичним періодами,  
друге число – різниця між базовим та кліматичним періодами з врахуванням зміни  $\text{CO}_2$

атмосфері буде спостерігатись зростання максимального приросту до  $46,7 \text{ г/м}^2$  за день (на  $6,6 \text{ г/м}^2$  чи  $8 \%$ ).

Загальна суха біомаса посіву в базових умовах складає  $2277 \text{ г/м}^2$ , за рахунок зміни кліматичних умов у перший період вона зменшиться до  $2175 \text{ г/м}^2$ , а з врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  зросте до  $2381 \text{ г/м}^2$ .

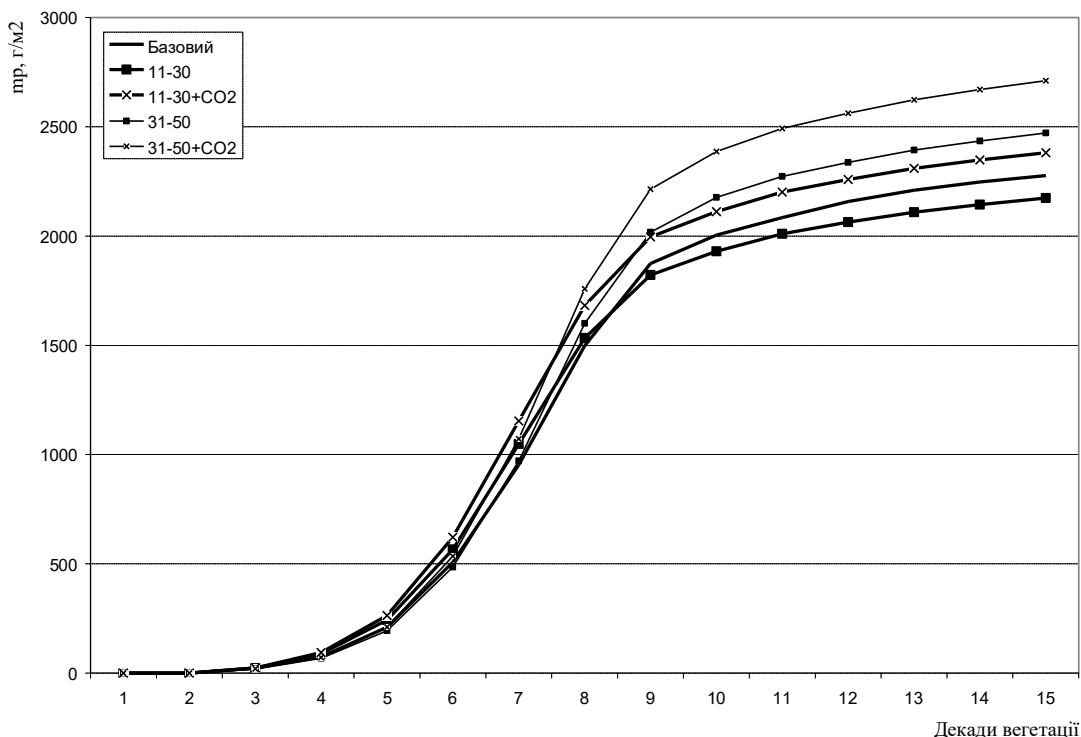


Рисунок 6.172 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в Поліссі в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

На рисунку 6.172 представлена також динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Полісся.

За рахунок змін кліматичних умов максимальний приріст збільшиться з  $43,1$  до  $48,5 \text{ г/м}^2$  за день, тобто на  $5,4 \text{ г/м}^2$  або на  $13\%$ . З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері це зростання буде ще більшим -  $53,7 \text{ г/м}^2$  за день (на  $10,6 \text{ г/м}^2$  або на  $25 \%$ ). Загальна суха біомаса посіву за рахунок зміни кліматичних умов протягом другого сценарного періоду зросте до  $2472 \text{ г/м}^2$ , а з врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  - до  $2712 \text{ г/м}^2$ .

Зміна значень показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за періоди 2011-2030 рр. та 2031-

2050 рр. за рахунок відповідного зменшення та підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та зміни величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і зміну сухої маси коренеплоду, а також урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 6.173 та табл. 6.66).

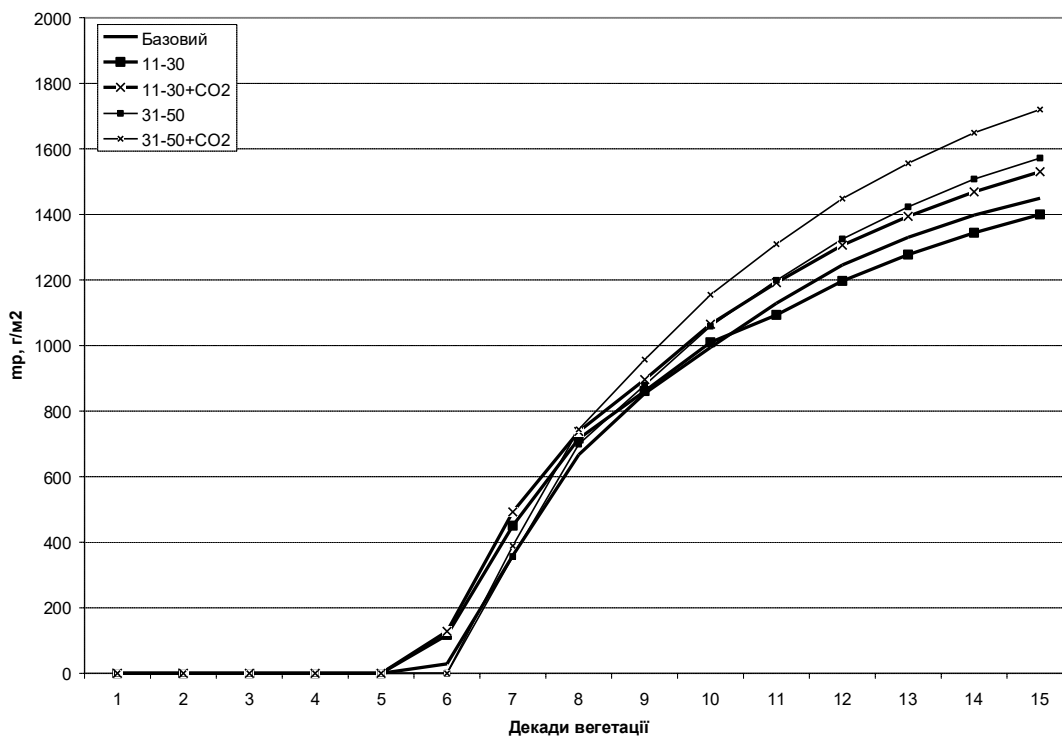


Рисунок 6.173 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку у Поліссі в умовах зміни клімату за сценарієм 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 7-11 декад вегетації, наприкінці вегетаційного періоду темп росту дещо зменшується, у коренеплоді активно накопичується цукор. Така ж ситуація спостерігається для всіх періодів та всіх варіантів.

За рахунок зміни кліматичних умов протягом першого сценарного періоду відбудеться зменшення сухої маси коренеплоду до 1400 г/м² (проти 1450 г/м² у базовий період). За умов збільшення CO<sub>2</sub> суха маса коренеплоду збільшиться до 1530 г/м². Протягом другого сценарного періоду ці величини відповідно будуть складати 1572 та 1720 г/м².

За умов зміни клімату урожай коренеплодів у Поліссі зменшиться у 2011-2030 рр. порівняно з базовим періодом з 239 до 231 ц/га (на 3 %). Підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 252 ц/га (на 5 %).



За умов зміни клімату урожай коренеплодів у Поліссі зростає у 2031-2050 рр. порівняно з базовим періодом з 239 до 259 ц/га (на 8 %). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 284 ц/га (на 19 %).

В цілому ж можна зробити висновок, що зміни клімату за сценарієм A1B на території Полісся України будуть дещо негативними для вирощування цукрового буряку на цій території у період 2011-2030 рр., що приведе до падіння урожайності коренеплодів. Але треба відзначити, що умови періоду 2031-2050 рр. у Поліссі будуть більш сприятливим для формування урожайності посівів.

На рисунку 6.174 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за двома сценаріями в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов західного Лісостепу.

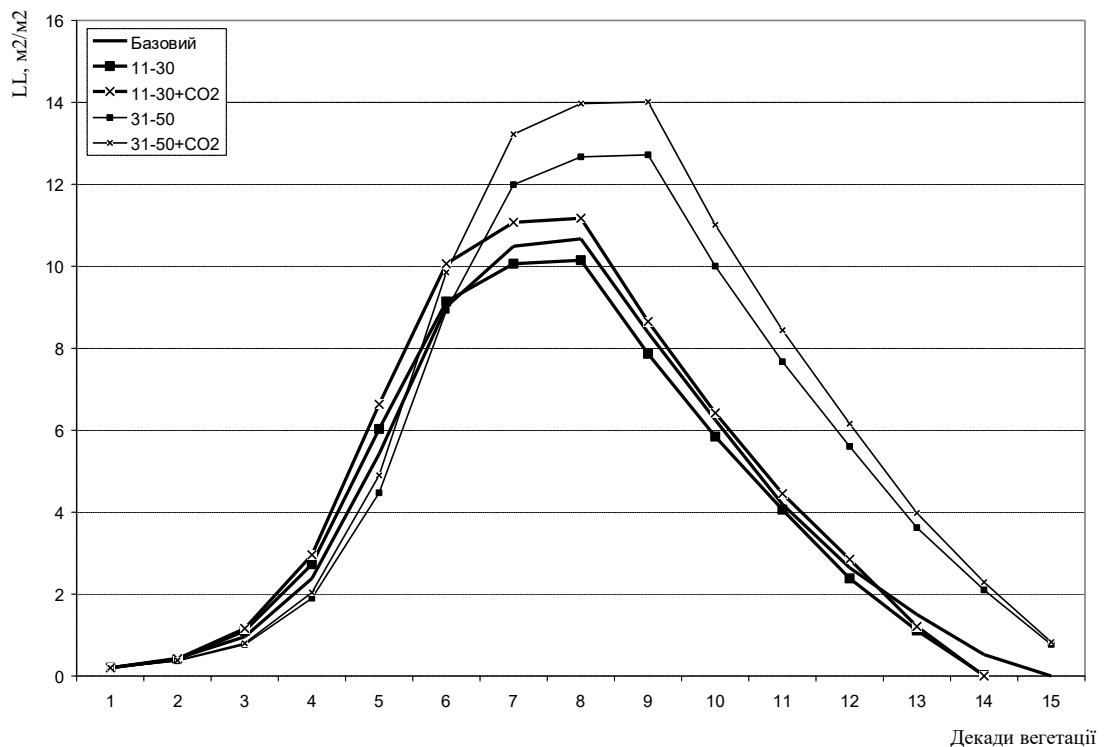


Рисунок 6.174 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку у західному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що ріст відносної площі листя при базових умовах інтенсивно проходить до шостої - сьомої декади вегетації, а у 8 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму, після чого відбувається поступове її зменшення. Така ж ситуація спостерігається у

перший сценарний період, однак, треба відзначити, що за умов реалізації сценарію A1B у цей період спостерігається несуттєве зменшення відносної площі листя посіву у порівнянні з базовим періодом.

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду у західному Лісостепу відбудеться зменшення максимальної відносної площі листя до  $10,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $10,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $11,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних рис. 6.174, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  у цей період призведе у першому випадку до зменшення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на  $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що у відсотковому співвідношенні складає 5%. У другому випадку площа листя збільшиться  $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , що у відсотковому співвідношенні також складає 5%.

Дещо інша ситуація спостерігається для другого сценарного періоду. Відносна площа листя росте до дев'ятої декади вегетації, тобто період активної фотосинтетичної діяльності посіву подовжується ще на одну декаду. За рахунок зміни кліматичних умов другого сценарного періоду у західному Лісостепу відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до  $12,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $10,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $14,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  у цей період призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 2 та  $3,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно, що у відсотковому співвідношенні складає 19 та 31%.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає  $625 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до зменшення фотосинтетичного потенціалу посіву до  $608 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за сценарієм на 2011-2030 рр.) та його збільшення до  $670 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 17 та  $45 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (3 та 7 %) відповідно.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає  $625 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до  $838 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за сценарієм на 2031-2050 рр.) та  $920 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ). Тобто різниця складає 213 та  $295 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (34-47%) відповідно.

Динаміка площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 6.175 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за обома сценаріями в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов західного Лісостепу.

При базових умовах накопичення загальної біомаси йтиме досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 6 – 7 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов

першого сценарного періоду максимальний приріст зменшиться з 43,9 до 42,9 г/м<sup>2</sup> за день (на 2%). З врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері буде спостерігатись зростання приросту до 47,4 г/м<sup>2</sup> за день (на 8 %). Загальна суха біомаса посіву за рахунок зміни кліматичних умов протягом першого сценарного періоду зменшиться до 2105 г/м<sup>2</sup> ( базове значення складає 2234 г/м<sup>2</sup>, а з врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> - збільшиться до 2316 г/м<sup>2</sup>.

На рисунку 6.175 представлена також динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов західного Лісостепу.

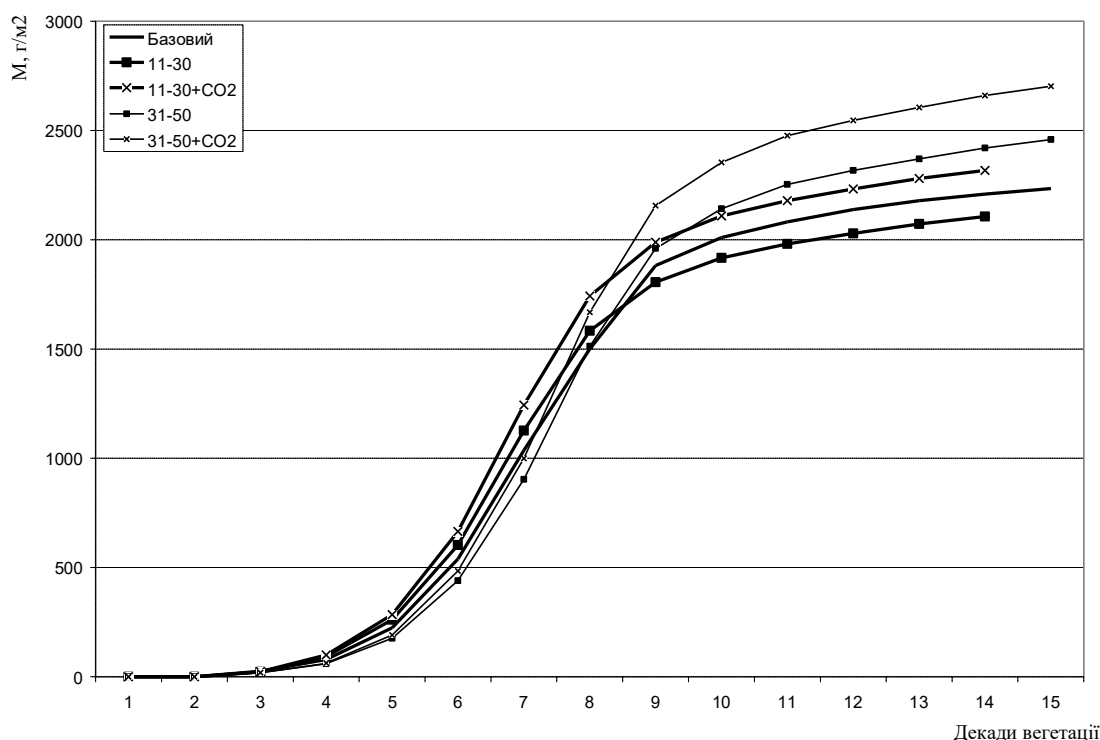


Рисунок 6.175 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в західному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

За рахунок змін кліматичних умов максимальний приріст збільшиться з 43,9 до 47,1 г/м<sup>2</sup> за день (на 7 %). З врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері це зростання буде ще більшим - до 51,8 г/м<sup>2</sup> за день (на 18 %).

Загальна суха біомаса посіву за рахунок зміни кліматичних умов протягом другого сценарного періоду зросте до 2458 г/м<sup>2</sup>, а з врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> - до 2702 г/м<sup>2</sup>.

Зміна значень показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в західному Лісостепу в умовах зміни клімату за періоди

2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. за рахунок відповідного зменшення та підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та зміни величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і зміну сухої маси коренеплоду, а також урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 6.176 та табл. 6.66).

Можна бачити, що ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 6-10 декад вегетації, наприкінці вегетаційного періоду темп росту дещо зменшується, у коренеплоді активно накопичується цукор. Така ж ситуація спостерігається для всіх варіантів.

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду відбудеться невелике скорочення вегетаційного періоду (на один тиждень), що спричинить зменшення сухої маси коренеплоду до 1400 г/м<sup>2</sup> (проти 1490 г/м<sup>2</sup> у базовий період). За умов збільшення CO<sub>2</sub> суха маса коренеплоду збільшиться до 1537 г/м<sup>2</sup>.

За умов зміни клімату у 2011-2030 рр. урожай коренеплодів у західному Лісостепу зменшиться порівняно з базовим періодом з 246 до 231 ц/га (на 6 %). Підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 254 ц/га (на 3 %).

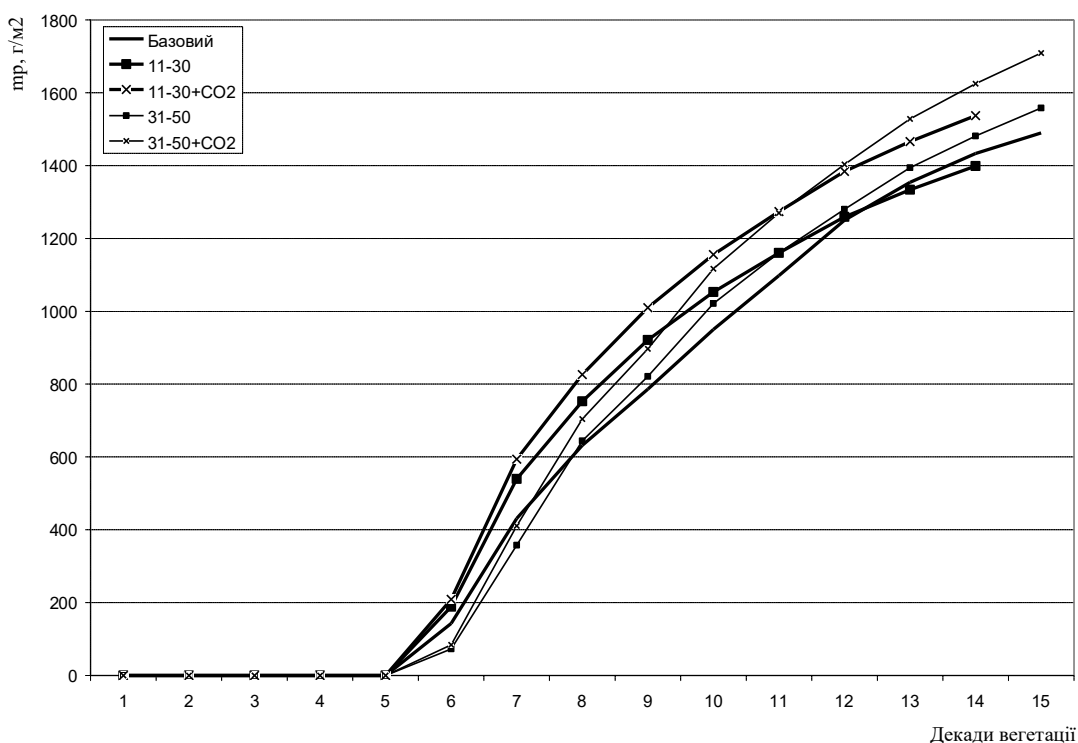


Рисунок 6.176 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку в західному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

На рисунку 6.176 представлена також динаміка накопичення сухої маси коренеплоду в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. для умов західного Лісостепу. За рахунок зміни кліматичних умов у цьому випадку відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до  $1557 \text{ г/м}^2$  (проти  $1490 \text{ г/м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса коренеплоду збільшиться до  $1709 \text{ г/м}^2$ .

За умов зміни клімату у період 2031-2050 рр. урожай коренеплодів у західному Лісостепу зросте порівняно з базовим періодом з 246 до 257 ц/га (на 4 %). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 282 ц/га (на 15 %).

У цілому можна зробити висновок, що і для території західного Лісостепу очікувані зміни клімату у другий сценарний період будуть позитивно впливати на продуктивність цукрового буряку. Але, як і для території Полісся, зміна умов протягом першого сценарного періоду буде несприятливою для формування урожайності посівів.

На рисунку 6.177 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарієм на 2011-2030 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов східного Лісостепу.

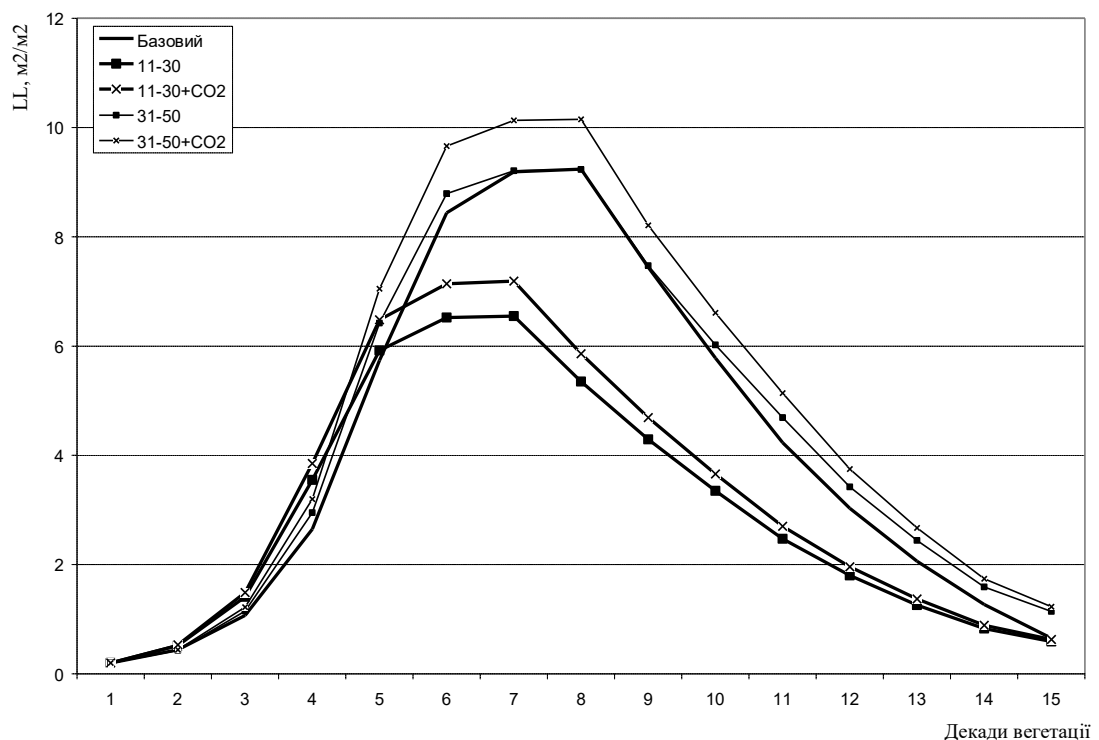


Рисунок 6.177 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку у східному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Треба відзначити, що зміни клімату у перший сценарний період найбільш несприятливо вплинуть саме на цю природно-кліматичну зону України. Можна бачити, що ріст відносної площі листя при базових умовах та за умов другого сценарного періоду інтенсивно проходить до сьомої-восьмої декади вегетації, і у 8 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму, після чого відбувається поступове її зменшення.

Дещо інша ситуація спостерігається для першого сценарного варіанту зміни клімату. Відносна площа листя росте до шостої-сьомої декад вегетації, тобто період активної фотосинтетичної діяльності посіву скорочується на дві декади, що не може не вплинути негативно на всі показники фотосинтетичної активності посіву.

За рахунок зміни кліматичних умов у перший сценарний період у східному Лісостепу відбудеться різке зменшення максимальної відносної площі листя на 28%, тобто до  $6,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $9,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя зменшиться до  $7,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , тобто на 22%. Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до зменшення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 2,6 та  $2,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно.

За рахунок зміни кліматичних умов у другий сценарний період у східному Лісостепу не відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя, тобто її значення досягне  $9,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (як і у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $10,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , тобто на 10%. Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на  $0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає  $612 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов у період 2011-2030 рр., не дивлячись на збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до падіння фотосинтетичного потенціалу посіву до  $446 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $486 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ) Тобто різниця складає 166 та  $126 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (27-21 %) відповідно.

Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов у період 2031-2050 рр. та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву: до  $652 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $714 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ) Тобто різниця складає 40 та  $102 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (7-17%) відповідно.

Хід площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 6.178 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценаріями на 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов східного Лісостепу.

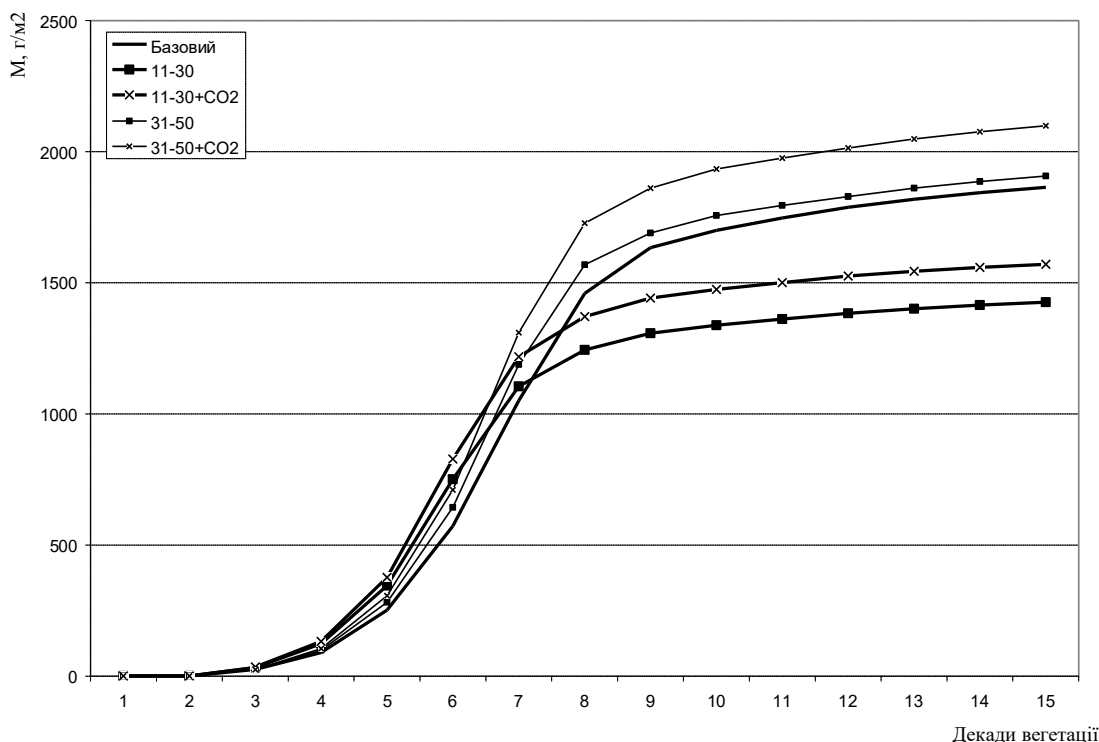


Рисунок 6.178 – Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в східному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

При базових умовах накопичення загальної біомаси йтиме досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 6 – 8 декадах вегетації і складатимуть щодня  $38,6 \text{ г/м}^2$ . За рахунок змін кліматичних умов у період 2011-2030 рр. максимальний приріст зменшиться з  $38,6$  до  $33,1 \text{ г/м}^2$  за день, тобто на 14 %. З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері це падіння буде меншим - до  $36,7 \text{ г/м}^2$  за день (на 5 %).

За рахунок змін кліматичних умов у період 2031-2050 рр. максимальний приріст збільшиться з  $38,6$  до  $40,2 \text{ г/м}^2$  за день, тобто на 4 %. З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері це зростання буде дещо більшим - до  $44,3 \text{ г/м}^2$  за день (на 15 %).

Зміна рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в східному Лісостепу в умовах зміни клімату за рахунок зміни рівня інтенсивності фотосинтезу та величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і зміну сухої маси коренеплоду, а також урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 6.179, табл. 6.66).

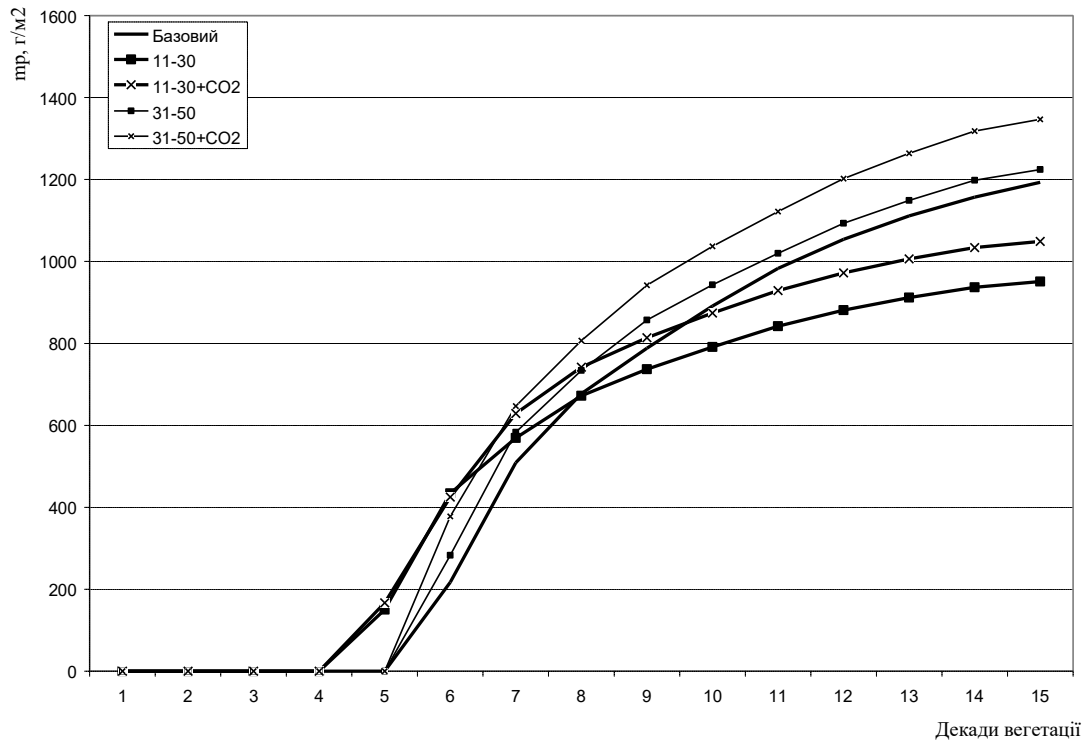


Рисунок 6.179 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку в східному Лісостепу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що за базових умов ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 5-8 декад вегетації, потім ріст йде рівномірно і менш інтенсивно, а протягом останніх двох декад вегетаційного періоду зростання маси взагалі не відбувається - у коренеплоді накопичується цукор.

У варіантах зі зміною клімату у період 2011-2030 рр. відбувається інтенсивне зменшення сухої маси коренеплоду до  $951 \text{ г/м}^2$  (проти  $1193 \text{ г/м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса коренеплоду також зменшиться до  $1050 \text{ г/м}^2$ . У варіантах зі зміною клімату у період 2031-2050 рр. відбувається збільшення сухої маси коренеплоду: до  $1224 \text{ г/м}^2$  (проти  $1193 \text{ г/м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса коренеплоду збільшиться до  $1347 \text{ г/м}^2$ .

За умов зміни клімату у перший сценарний період урожай коренеплодів у східному Лісостепу зменшиться порівняно з базовим періодом з 197 до 157 ц/га (на 20 %). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить дещо менш інтенсивне зменшення рівня урожаю цукрового буряку до 173 ц/га (на 12 %). За умов зміни клімату у другий сценарний період урожай коренеплодів у східному Лісостепу зросте порівняно з базовим періодом з 197 до 202 ц/га (на 3 %). Підвищення



концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 222 ц/га (на 13 %).

На рисунку 6.180 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценаріями на 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Степу України.

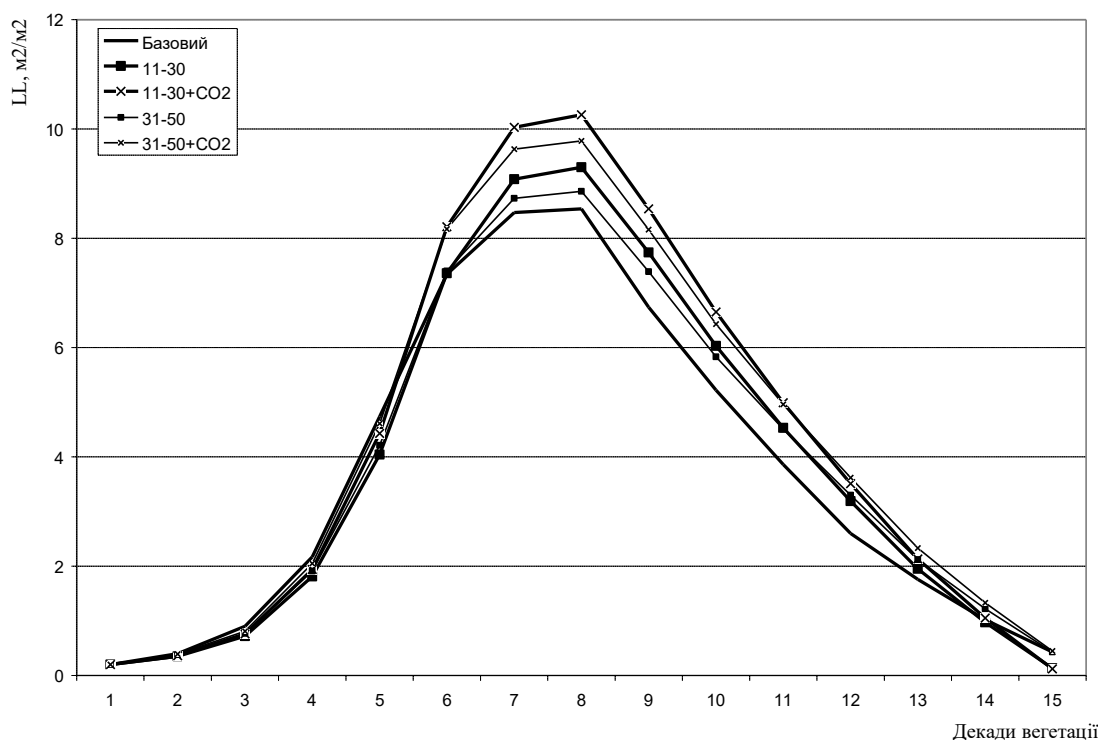


Рисунок 6.180 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку у Степу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що ріст відносної площі листя при базових умовах та за всіх сценарних варіантів найбільш інтенсивно проходить до 6-7 декади вегетації, у 8 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму, а після 8 декади відбувається поступове її зменшення.

За рахунок зміни кліматичних умов протягом першого сценарного періоду у Степу відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до  $9,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $8,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період), тобто на 9%. За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $10,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , тобто на 21%. Як видно з даних рис. 6.180, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  у перший кліматичний період призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 0,8 та  $1,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно.

За рахунок зміни кліматичних умов протягом другого сценарного періоду у Степу відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до  $8,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (проти  $8,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$  у базовий період), тобто на 5%. За умов збільшення  $\text{CO}_2$  максимальна відносна площа листя збільшиться до  $9,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , тобто на 15%. Зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  у другий кліматичний період призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на  $0,4$  та  $1,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період при базових умовах складає  $545 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Як видно з даних табл. 6.66, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  у перший сценарний період призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до  $575 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $632 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ) Тобто різниця складає  $30$  та  $87 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (6 та 17 %) відповідно.

Зміна кліматичних умов та збільшення вмісту  $\text{CO}_2$  у другий сценарний період призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до  $573 \text{ м}^2/\text{м}^2$  та  $629 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (за умови збільшення  $\text{CO}_2$ ) Тобто різниця складає  $28$  та  $84 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (5 та 15 %) відповідно.

Хід площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 6.181 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценаріями на 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Степу.

При базових умовах накопичення загальної біомаси йтиме досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 6 – 9 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов 2011-2030 рр. максимальний приріст загальної сухої біомаси дещо зменшиться з  $35,0$  до  $34,7 \text{ г}/\text{м}^2$  за день, тобто на 1 %. З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері буде спостерігатись зростання максимального приросту до  $38,7 \text{ г}/\text{м}^2$  за день (на 11 %).

За рахунок змін кліматичних умов 2031-2050 рр. максимальний приріст загальної сухої біомаси також зменшиться з  $35,0$  до  $34,4 \text{ г}/\text{м}^2$  за день, тобто на 2 %. З врахуванням зміни вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері також буде зростання -  $38,2 \text{ г}/\text{м}^2$  за день (на 9 %).

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в Степу в умовах зміни клімату за рахунок підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та більшої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і збільшення сухої маси коренеплоду, а також урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 6.182, табл. 6.66).

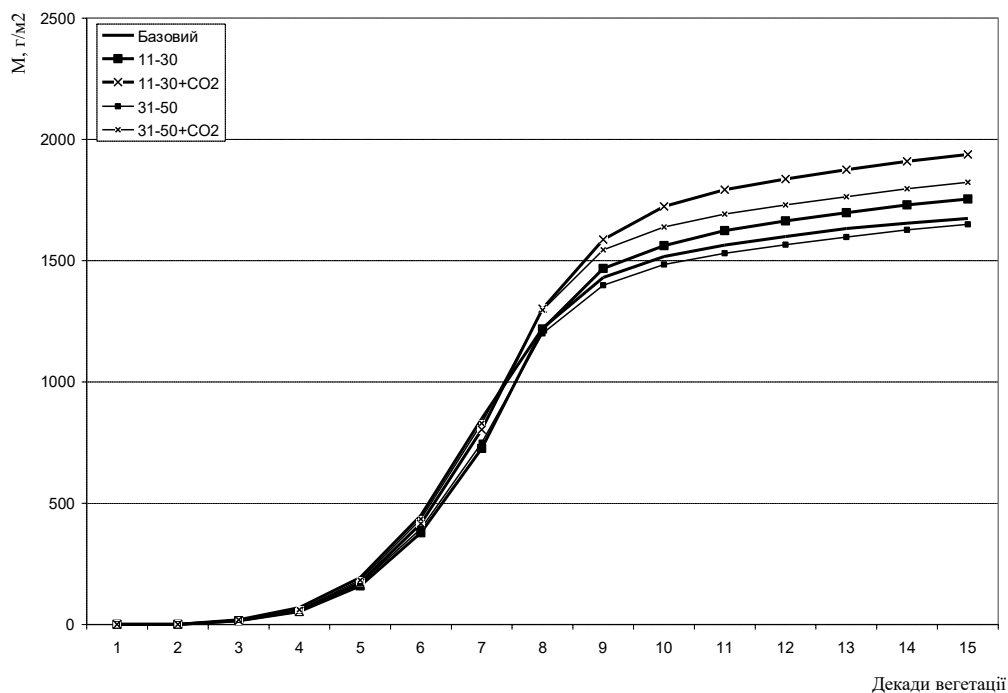


Рисунок 6.181 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в Степу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

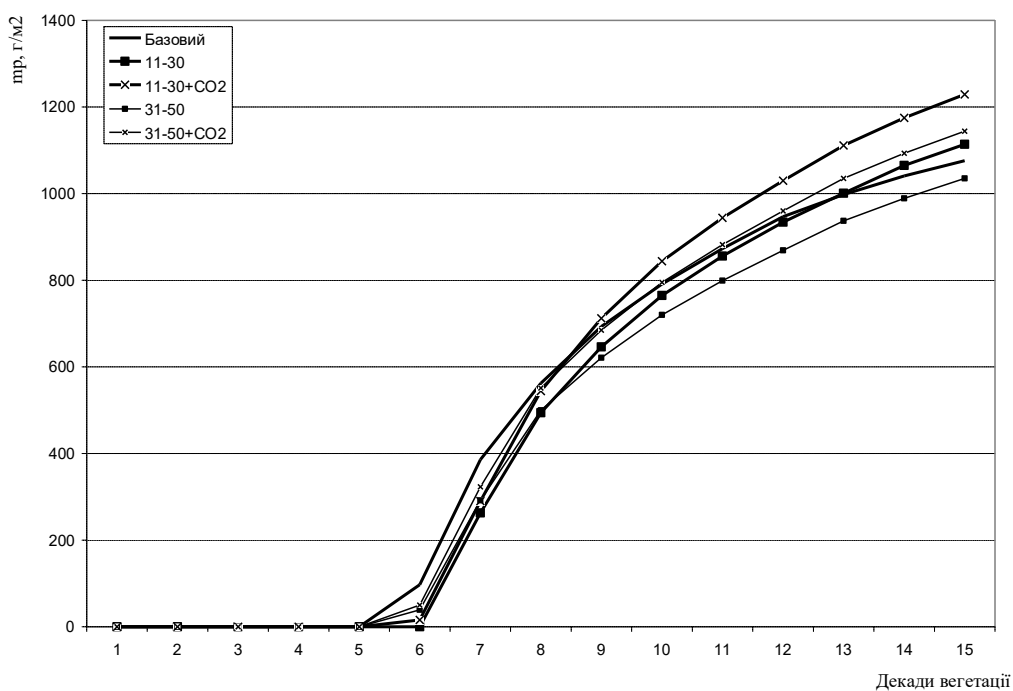


Рисунок 6.182 – Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку в Степу в умовах зміни клімату за сценаріями 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.)

Можна бачити, що за базових умов ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 5-8 декад вегетації, потім ріст відбувається рівномірно і менш інтенсивно, але до кінця вегетаційного періоду збільшення сухої маси коренеплоду не закінчується. Це свідчить про те, що в Степу України особливо за умов зміни клімату можливе подовження вегетаційного періоду цукрового буряку щонайменше на один місяць, що приведе до збільшення як урожаїв коренеплодів цієї культури, так і вмісту у них цукру. У варіантах зі зміною клімату відбувається більш інтенсивне збільшення сухої маси коренеплоду.

Протягом першого сценарного періоду суха маса коренеплоду зросте до  $1114 \text{ г/м}^2$  (проти  $1076 \text{ г/м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса коренеплоду збільшиться до  $1230 \text{ г/м}^2$ . Протягом другого сценарного періоду суха маса коренеплоду зменшиться до  $1035 \text{ г/м}^2$  (проти  $1076 \text{ г/м}^2$  у базовий період). За умов збільшення  $\text{CO}_2$  суха маса коренеплоду збільшиться до  $1143 \text{ г/м}^2$ .

За умов зміни клімату у 2011-2030 рр. урожай коренеплодів у Степу зросте порівняно з базовим періодом з 177 до 183 ц/га (на 3 %). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 203 ц/га (на 15 %). За умов зміни клімату у 2031-2050 рр. урожай коренеплодів у Степу зменшиться порівняно з базовим періодом з 177 до 171 ц/га (на 3 %). Підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 189 ц/га (на 7 %).

Таким чином можна зробити висновок, що саме на території Степу України очікувані зміни кліматичних умов протягом двох сценарних періодів (2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.) будуть майже однаково впливати на формування продуктивності цукрового буряку, але другий кліматичний період за умов реалізації сценарію A1B виявився більш несприятливим для вирощування цукрового буряку, про що свідчать менші очікувані урожаї цієї культури.

#### 6.7.7 Коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку з можливими змінами клімату (за сценарієм A2)

Значні зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку в Україні у зв'язку з очікуваними змінами глобального та регіонального клімату за сценарієм A2 призведуть до зміни в першу чергу умов тепло- та вологозабезпеченості, а також світового режиму протягом вегетаційного періоду. Такі умови вирощування викличуть значну зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів цукрового буряку: різко зміниться динаміка формування площі листової поверхні та величини фотосинтетичного потенціалу, чистої продуктивності фотосинтезу та

приростів біомаси посівів. Зміна цих складових формування урожаю призведе до значної зміни рівнів очікуваних за сценарієм урожаїв цукрового буряку як за абсолютною величиною, так і по відношенню до сучасного рівня урожайності (табл. 6.67, рис. 6.183, та 6.184).

В агрокліматології для виявлення просторово-часової мінливості агрокліматичних показників широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва.

Вказаний метод був застосований нами для визначення міжрічної мінливості очікуваних урожаїв цукрового буряку на території України. Використовувалися щорічні дані по урожайності за періоди з 2011 по 2030 та з 2031 по 2050 роки, отримані в результаті розрахунків по моделі. Результати розрахунків за умов реалізації сценарію А2 представлені в таблиці 6.67.

Таблиця 6.67 - Забезпеченість можливих урожаїв цукрового буряку (ц/га) за сценарієм зміни клімату А2

Період	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
<b>Сценарій А2</b>											
<b>Полісся</b>											
2011-2030	400	370	350	340	320	275	265	255	235	205	180
2031-2050	380	365	335	310	290	260	255	235	210	190	170
<b>Лісостеп (західний)</b>											
2011-2030	370	355	315	295	280	270	250	240	220	205	175
2031-2050	355	335	305	290	270	255	235	215	195	185	170
<b>Лісостеп (східний)</b>											
2011-2030	390	375	350	335	325	315	290	275	250	225	200
2031-2050	335	320	300	290	265	250	230	210	190	185	170
<b>Степ (північний)</b>											
2011-2030	280	260	240	230	210	195	175	155	140	135	130
2031-2050	270	255	230	225	205	190	165	145	135	130	125

Очікувані значення урожаїв цукрового буряку змінюються по ґрунтово-кліматичним районам. Так, в Поліссі, при середній очікуваній врожайності, що складає 275 ц/га (для періоду 2011-2030 рр.) та 260 ц/га (для періоду 2031-2050 рр.), 9 раз у 10 років (90 % забезпеченість) можна буде отримувати урожаї не нижче 190-205 ц/га, але тільки 1 раз у 10 років (10% забезпеченість) можна буде отримувати високі урожаї коренеплодів порядку 360-370 ц/га. Враховуючи, що за базових умов урожайність цукрового буряку у цій зоні України складає 240 ц/га, можна сказати, що в цілому умови, що складатимуться за умов реалізації сценарію А2, будуть вельми сприятливими для вирощування культури у Поліссі.



Рисунок 6.183 Очікуваний урожай цукрового буряку (у відсотках від базового) за кліматичним сценарієм А2 (2011-2030 рр.)



Рисунок 6.184 Очікуваний урожай цукрового буряку (у відсотках від базового) за кліматичним сценарієм А2 (2031-2050 рр.)

В умовах західного Лісостепу, середній очікуваний урожай складає 270 ц/га, (для періоду 2011-2030 рр.) та 255 ц/га (для періоду 2031-2050 рр.), 9

раз у 10 років (90% забезпеченість) можна буде отримувати урожаї не нижче 185 -205 ц/га. Імовірність отримання високих урожаїв 335-355 ц/га тут невелика і не перевищує одного разу в 10 років. Більш низькі урожаї тут обумовлені перш за все зменшенням вологозабезпеченості вегетаційного періоду у порівнянні з територією Полісся. Враховуючи, що за базових умов урожайність цукрового буряку у цій зоні України складає 246 ц/га, можна сказати, що в цілому умови, що складатимуться за умов реалізації сценарію А2, також будуть сприятливими для вирощування культури у західному Лісостепу.

За сценарними розрахованими даними були побудовані криві сумарної імовірності можливих урожаїв цукрового буряку для кожної ґрунтово-кліматичної зони (Полісся, Західний та Східний лісостеп та Степ). Потім з кривих сумарної імовірності знімалася забезпеченість урожаю цукрового буряку з кроком 5, 10, 20 ..., 90, 95%. При цьому ставилася задача виявити географічні особливості в розподілі можливих урожаїв різної забезпеченості у кожній з вказаних зон України.

На території східного Лісостепу при очікуваній середній урожайності цукрового буряку, що дорівнює 195 ц/га (для періоду 2011-2030 рр.) та 190 ц/га (для періоду 2031-2050 рр.), на 90 % гарантовано отримання урожаїв не нижче 130-135 ц/га і тільки на 10 % (1 раз у 10 років) тут забезпечено отримання порівняно високих урожаїв коренеплодів порядку 320-375 ц/га. Як вже відзначалось, вологозабезпеченість саме цієї території найбільш суттєво збільшиться в умовах змін клімату, тому можна зробити висновок, що очікувані умови східного Лісостепу будуть сприятливими для вирощування цукрового буряку, особливо у перший сценарний період.

На території північного Степу при очікуваній середній урожайності цукрового буряку, що дорівнює 315 ц/га (для періоду 2011-2030 рр.) та 250 ц/га (для періоду 2031-2050 рр.), на 90 % гарантовано отримання урожаїв не нижче 185-225 ц/га і тільки на 10 % (1 раз у 10 років) тут забезпечено отримання порівняно високих урожаїв коренеплодів порядку 255-260 ц/га. Враховуючи, що за базових умов урожайність цукрового буряку у цій зоні України складає 177 ц/га, можна сказати, що в цілому умови, що складатимуться за умов реалізації сценарію А2, також будуть сприятливими для вирощування культури у північному Степу.

Причому можна зробити висновок, що очікувані умови східного Лісостепу будуть майже однаково сприятливими для вирощування цукрового буряку, як у перший, так і у другий сценарний періоди

На рисунках 6.183 та 6.184 представлені карти-схеми очікуваних урожаїв цукрового буряку за кліматичним сценарієм А2 у періоди 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у відсотках від базової урожайності.

*Полісся.* При реалізації сценарію зміни клімату в перший сценарний період на всій території Полісся буде очікуватись збільшення урожайності. Найбільшим воно очікується у Чернігівській та Рівненській областях (до 154

та 125 % відповідно). На решті території збільшення урожайності очікується у межах 107–115 %.

При реалізації сценарію зміни клімату в другий сценарний період на всій території Полісся також буде очікуватись збільшення урожайності. Найбільшим воно очікується у Чернігівській області (до 125 %). На решті території збільшення урожайності очікується у межах 103–110 %.

*Західний Лісостеп.* При реалізації сценарію у перший період складуться умови, які будуть сприятливі для формування урожайності цукрового буряку в західному Лісостепу. Агрокліматичні умови вирощування культури обумовлять зростання урожайності до 107–137 % від сучасного рівня у Львівській, Тернопільській, Хмельницькій та Вінницькій областях. Дещо меншим буде зростання урожайності у другий сценарний період. У Хмельницькій області воно становитиме 116% від сучасного рівня, у Тернопільській – 110%. У Вінницькій області зростання урожайності буде незначним і досягатиме 102 % від сучасного рівня. Лише у Львівській області очікувана урожайність у другий сценарний період незначно знизиться і досягне 98 % від базового рівня.

*Східний Лісостеп.* Протягом першого сценарного періоду на території Сумської області буде спостерігатися дуже суттєве збільшення урожайності – до 161 % від базового рівня. У Черкаській та Харківській областях зростання урожайності буде незначним і досягатиме 102 % від сучасного рівня. Лише у Київській області очікувана урожайність буде нижче за базову і складе від неї 93%. Протягом другого сценарного періоду майже на всій території східного Лісостепу умови будуть менш сприятливими для вирощування цукрового буряку і урожаї очікуються нижче за базовий рівень у всіх областях (від 75 у Полтавській області до 91% у Черкаській). Лише на території Сумської області буде спостерігатися досить суттєве збільшення урожайності – до 127 % від базового рівня.

*Степ.* При реалізації кліматичного сценарію А2 лише на території північного Степу (Кіровоградської області) складуться умови, які будуть найбільш сприятливі для формування урожайності цукрового буряку в Степу. Тут урожай збільшиться у перший кліматичний період до 115 %, а у другий – до 116 % у порівнянні з базовим. На більшості ж бурякосійної території Степу України (у Дніпропетровській, Одеській та Миколаївській областях) очікується істотне зниження урожайності цукрового буряку у зв'язку з погіршенням умов вологозабезпеченості посівів. Урожайність, як видно з рис. 6.183 та 6.184, становитиме лише 17-69 % від сучасного рівня, тому можна з упевненістю сказати, що за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 цукровий буряк на території Степу України вирощувати не рекомендується.



### 6.7.8 Коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку з можливими змінами клімату (за сценарієм A1B)

Аналогічну роботу було проведено для території бурякосійних областей України і за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B.

Дані про забезпеченість урожаїв від 5 до 95%, отримані в результаті аналізу кривих забезпеченості, ми заносили у таблицю 6.68, за допомогою якої можна оцінити забезпеченість можливих урожаїв цукрового буряку в умовах зміни клімату.

Таблиця 6.68 - Забезпеченість можливих урожаїв цукрового буряку (ц/га) за сценарієм зміни клімату A1B

Період	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
<b>Сценарій A1B</b>											
<b>Полісся</b>											
2011-2030	360	345	310	285	260	235	205	180	150	110	100
2031-2050	340	325	310	290	265	245	215	185	155	125	115
<b>Лісостеп (західний)</b>											
2011-2030	305	295	275	260	240	230	210	195	175	145	120
2031-2050	360	350	300	265	245	220	200	170	150	110	100
<b>Лісостеп (східний)</b>											
2011-2030	270	240	215	195	180	165	150	140	125	110	100
2031-2050	320	300	270	250	225	215	185	160	135	105	100
<b>Степ (північний)</b>											
2011-2030	235	215	205	200	190	185	165	150	135	115	100
2031-2050	225	210	200	195	185	170	150	140	120	110	100

Очікувані значення урожаїв цукрового буряку змінюються по ґрунтово-кліматичним районам. Так, в Поліссі, при середній очікуваній врожайності, що складає 235 ц/га (для періоду 2011-2030 рр.) та 245 ц/га (для періоду 2031-2050 рр.), 9 раз у 10 років (90 % забезпеченість) можна буде отримувати урожаї не нижче 110-125 ц/га, але тільки 1 раз у 10 років (10% забезпеченість) можна буде отримувати високі урожаї коренеплодів порядку 325-345 ц/га. Враховуючи, що за базових умов урожайність цукрового буряку у цій зоні України складає 240 ц/га, можна сказати, що в цілому умови, що складатимуться за умов реалізації сценарію A1B, будуть недостатньо сприятливими для вирощування культури у Поліссі, особливо протягом першого сценарного періоду.

В умовах західного Лісостепу, середній очікуваний урожай складає 230 ц/га, (для періоду 2011-2030 рр.) та 220 ц/га (для періоду 2031-2050 рр.), 9 раз у 10 років (90% забезпеченість) можна буде отримувати урожаї не нижче 110-145 ц/га. Імовірність отримання високих урожаїв 295-350 ц/га тут невелика і не перевищує одного разу в 10 років. Більш низькі урожаї тут також обумовлені перш за все зменшенням вологозабезпеченості вегетаційного періоду у порівнянні з територією Полісся. Враховуючи, що за базових умов урожайність цукрового буряку у цій зоні України складає 246 ц/га, можна сказати, що в цілому умови, що складатимуться за умов реалізації сценарію А1В, також будуть не досить сприятливими для вирощування культури у західному Лісостепу.

На території східного Лісостепу при очікуваній середній урожайності цукрового буряку, що дорівнює 165 ц/га (для періоду 2011-2030 рр.) та 215 ц/га (для періоду 2031-2050 рр.), на 90 % гарантовано отримання урожаїв не нижче 105-110 ц/га (що є не рентабельним при вирощуванні цукрового буряку) і тільки на 10 % (1 раз у 10 років) тут забезпечено отримання високих для цієї території урожаїв коренеплодів порядку 240-300 ц/га. Можна бачити, що урожайність цукрового буряку у другий сценарний період збільшиться в умовах змін клімату, тому можна зробити висновок, що очікувані умови східного Лісостепу будуть сприятливими для вирощування цукрового буряку тільки у другий сценарний період.

На території північного Степу при очікуваній середній урожайності цукрового буряку, що дорівнює 185 ц/га (для періоду 2011-2030 рр.) та 170 ц/га (для періоду 2031-2050 рр.), на 90 % гарантовано отримання урожаїв не нижче 110-115 ц/га і тільки на 10 % (1 раз у 10 років) тут забезпечено отримання порівняно високих для цієї території урожаїв коренеплодів порядку 210-215 ц/га. Враховуючи, що за базових умов урожайність цукрового буряку у цій зоні України складає 177 ц/га, можна сказати, що в цілому умови, що складатимуться за умов реалізації сценарію А1В, будуть сприятливими для вирощування культури у північному Степу, особливо у перший сценарний період.

На рисунках 6.185 та 6.186 представлені карти-схеми очікуваних урожаїв цукрового буряку за кліматичним сценарієм А1В у періоди 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у відсотках від базової урожайності.

*Полісся.* При реалізації сценарію зміни клімату в перший сценарний період на всій території Полісся буде очікуватись зменшення урожайності. Найбільш суттєвим воно очікується у Чернігівській області (до 86 % від базових значень). На решті території зменшення урожайності очікується у межах до 96–97 %.

При реалізації сценарію зміни клімату в другий сценарний період на більшості території Полісся буде очікуватись збільшення урожайності.



Рисунок 6.185 – Очікуваний урожай цукрового буряку (у відсотках від базового) за кліматичним сценарієм А1В (2011-2030 рр.)



Рисунок 6.186 – Очікуваний урожай цукрового буряку (у відсотках від базового) за кліматичним сценарієм А1В (2031-2050 рр.)

Найбільшим воно очікується у Чернігівській області (до 140 %). На решті території збільшення урожайності очікується у межах 103–109 %. Лише у Рівненській області буде спостерігатись подальше падіння урожайності до 93% від базових значень.

*Західний та східний Лісостеп.* При реалізації сценарію у перший період складуться умови, які будуть несприятливими для формування урожайності цукрового буряку в усіх Лісостепових областях України. Агрокліматичні умови вирощування культури обумовлять падіння урожайності до 98 % від сучасного рівня у Хмельницькій та до 93% - у Вінницькій областях. Дещо більшим буде падіння урожаїв у Львівській, Сумській та Полтавській областях – до 83, 79 та 74 % відповідно. Ще більші втрати урожаїв очікуються у Київській, Черкаській та Харківській областях, де очікувані врожаї будуть складати відповідно 72, 63 та 60 від базових значень.

Дещо кращими будуть очікувані умови другого сценарного періоду для території Лісостепу України. На більшості території західного Лісостепу – в Львівській, Вінницькій, Тернопільській та Хмельницькій областях урожаї дещо збільшаться (до 104-108 % від базового рівня) або залишаться на рівні базових значень, тобто не зменшаться. Виняток складає Київська область, на території якої урожаї дещо збільшаться у порівнянні з першим сценарним періодом, але залишаться на рівні лише 89% від базових.

Стосовно території східного Лісостепу України можна зробити висновок, що очікувані протягом другого сценарного періоду умови будуть більш сприятливими для вирощування цукрового буряку і на більшості території спричинять зростання урожайності. Найбільш сприятливі умови слід очікувати у Полтавській області, де урожай збільшиться до 116% від базового рівня. До 113% зросте урожай у Харківській області, до 102% - у Сумській. Виняток на території східного Лісостепу складатиме лише Черкаська область де за умов зміни клімату відбудеться зменшення урожайності до 67% від базового рівня.

*Степ.* При реалізації кліматичного сценарію А1В (як і за умов реалізації сценарію А1В) лише на території північного Степу (Кіровоградської області) очікуються умови, які будуть найбільш сприятливі для формування урожайності цукрового буряку в Степу. Тут урожай збільшиться у перший кліматичний період до 109 %, а у другий – до 101 % у порівнянні з базовим. На більшості ж бурякосійної території Степу України (у Дніпропетровській, Одеській та Миколаївській областях) очікується істотне зниження урожайності цукрового буряку у зв'язку з погіршенням умов вологозабезпеченості посівів. Урожайність, як видно з рис. 6.185 та 6.186, становитиме лише 5-38 % від сучасного рівня, тому можна з упевненістю сказати, що і за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В цукровий буряк на території Степу України вирощувати не рекомендується.

## 6.8 Вплив зміни клімату на продуктивність винограду в Україні

Виноград є однією з високоприбуткових сільськогосподарських культур в Україні. За незначних площ з виноградними насадженнями при науково обґрунтованому підході до вирощування цієї культури в країні вже зараз можна отримувати високі стабільні врожаї оптимальної якості [146 - 149, 152-153]. У зв'язку із зміною клімату актуальним є завдання оцінки умов перезимівлі та заморозконебезпечності з точки зору основного фактора, що визначає поширення виноградних насаджень на північ та схід країни [150, 152-154]. Інше завдання стосується оцінки впливу зміни клімату на агрокліматичні умови в період вегетації різних сортів винограду та умов формування його продуктивності [149, 154].

Для оцінки зміни агрокліматичних умов при можливих змінах клімату в роботі використовуються сценарії зміни клімату в Україні A1B і A2. Аналіз тенденції зміни клімату був виконаний шляхом порівняння даних за двома кліматичними сценаріями A2 і A1B в два сценарні періоди (2011-2030рр. і 2031-3050рр) з середніми багаторічними величинами агрокліматичних показників за 1986-2005 рр. (базовий період).

Розрахунки впливу зміни клімату на продуктивність винограду здійснено за такими її показниками як площа листової поверхні на період максимального розвитку, фотосинтетичний потенціал, загальна біомаса на фазу «Технічна стиглість» і врожай винограду для двох перспективних сортів селекції ННЦ «ІВіВ ім.В.С.Таїрова», які відносяться до ранніх і пізніх строків дозрівання – Загрей та Рубін таїровський [151].

Вплив зміни клімату на динаміку показників заморозконебезпечності і вплив на зміну ризиків пошкодження п'яти сортів винограду заморозками оцінено на прикладі території Північно-Західного Причорномор'я, яка входить в степову і лісостепову зону України [155-156].

### 6.8.1 Оцінка агрокліматичних умов вирощування винограду у зв'язку із зміною клімату

Проведені розрахунки показали, що за умови реалізації кліматичних сценаріїв, буде спостерігатися зміщення термінів настання фаз вегетації винограду[]. В Південному Степу (табл. 6.69а) за сценарієм A2 у сорту Загрей фенологічні фази розвитку «розпускання бруньок», «цвітіння», «початок достигання» за І-м сценарієм будуть відзначатися на 2, а «технічна стиглість» - на 4 доби раніше. У сорту Рубін таїровський «розпускання бруньок» відзначаються на 2 доби раніше, дати «цвітіння» збігаються з базовим, а «початок дозрівання» і «технічна стиглість» - відповідно на 1 добу і тиждень раніше базового. Тривалість вегетації сортів Загрей і Рубін таїровський скоротиться відповідно на 2 і 10 діб.

Таблиця 6.69 – Зміщення дат фаз розвитку технічних сортів винограду

Сценарій	Період	Фази розвитку				Тривалість вегетації, дні
		Розпускання бруньок	Цвітіння	Початок достигання	Технічна стиглість	
1	2	3	4	5	6	7
а) Південний степ						
Сорт Загрей						
A2	1986 – 2005	20.04	30.05	20.07	10.09	143
	2011 – 2030	18.04	28.05	18.07	06.09	141
	Різниця	-2	-2	-2	-4	-2
	2031-2050	15.04	24.05	15.07	03.09	141
	Різниця	-5	-6	-5	-7	-2
A1B	2011 – 2030	17.04	25.05	14.07	31.08	136
	Різниця	-3	-5	-6	-10	-7
	2031-2050	14.04	23.05	09.07	29.08	137
	Різниця	-6	-7	-11	-12	-6
Сорт Рубін таїровський						
A2	1986 – 2005	24.04	04.06	28.07	22.09	143
	2011 – 2030	22.04	04.06	27.07	15.09	133
	Різниця	-2	0	-1	-7	-10
	2031-2050	19.04	27.05	22.07	09.09	135
	Різниця	-5	-8	-6	-13	-8
A1B	2011 – 2030	21.04	01.06	21.07	08.09	132
	Різниця	-3	-3	-7	-14	-11
	2031-2050	18.04	28.05	17.07	03.09	130
	Різниця	-6	-7	-11	-19	-13
б) Північний Степ						
Сорт Загрей						
A2	1986 – 2005	26.04	06.06	02.08	02.10	159
	2011 – 2030	27.04	08.06	05.08	08.10	164
	Різниця	+1	+2	+3	+6	+5
	2031-2050	26.04	05.06	29.07	20.09	147
	Різниця	0	-1	-4	-12	-12
A1B	2011 – 2030	23.04	03.06	21.07	22.09	152
	Різниця	-3	-3	-13	-10	-7
	2031-2050	21.04	01.06	22.07	19.09	151
	Різниця	-5	-5	-12	-13	-8

Продовження табл.6.69						
1	2	3	4	5	6	7
а) Північний степ						
Сорт Рубін таїровський						
A2	1986 – 2005	20.04	30.05	20.07	10.09	143
	2011 – 2030	02.05	11.06	12.08	22.10	174
	Різниця	+1	0	-1	+10	+9
	2031-2050	01.05	11.06	08.08	08.10	161
A1B	Різниця	0	0	-5	-4	-4
	2011 – 2030	28.04	08.06	02.08	05.10	161
	Різниця	-3	-3	-11	-7	-4
	2031-2050	25.04	06.06	01.08	30.09	158
	Різниця	-6	-5	-12	-13	-7
в) Лісостеп						
Сорт Загрей						
A2	1986 – 2005	01.05	08.06	02.08	07.10	160
	2011 – 2030	23.04	03.06	26.07	16.09	146
	Різниця	-7	-5	-7	-21	-14
	2031-2050	18.04	29.05	21.07	12.09	147
A1B	Різниця	-12	-10	-12	-25	-13
	2011 – 2030	25.04	05.06	30.07	26.09	154
	Різниця	-5	-3	-3	-11	-6
	2031-2050	21.04	24.05	16.07	04.09	136
	Різниця	-9	-15	-17	-33	-24
Сорт Рубін таїровський						
A2	<b>1986 – 2005</b>	04.05	14.06	10.08	20.10	169
	2011 – 2030	27.04	09.06	03.08	29.09	155
	Різниця	-7	-5	-7	-21	-14
	2031-2050	22.04	04.06	28.07	18.09	149
A1B	Різниця	-12	-10	-13	-32	-20
	2011 – 2030	29.04	09.06	06.08	08.10	162
	Різниця	-5	-5	-4	-12	-7
	2031-2050	25.04	06.06	30.07	22.09	150
	Різниця	-9	-8	-11	-28	-19

За II-м сценарієм у сорту Загрей всі фенологічні фази настають на 5 ... 7 діб раніше, а тривалість вегетації скоротиться також на 2 доби. В порівнянні з I-м сценарним періодом фази розвитку винограду будуть наступати раніше на 3 - 4 доби, тривалість вегетації при цьому не зміниться – 141 діб. У сорту Рубін таїровський дати фаз розвитку змістяться в бік більш раннього терміну на 5 - 13 діб, а вегетаційний період скоротиться на 8 діб. При порівнянні з першим сценарним періодом відзначається тенденція

меншого відхилення від базового періоду. Тому в першому випадку тривалість періоду буде на дві доби коротшою, ніж у другому сценарному періоді. Порівняльна оцінка сортів показала, що більш суттєва різниця настання фаз розвитку відзначається у сорту Рубін таїровський.

За сценарієм А1В для сорту Загрей зміщення фаз розвитку більше, ніж за сценарієм А2. Так в І-й сценарний період фази розвитку «розпускання бруньок», «цвітіння», «початок дозрівання» будуть відзначатися на 3 - 6 діб, а «технічна стиглість» – на декаду (10 діб) раніше. У сорту Рубін таїровський перші три фази будуть відзначатися на 3 - 7 діб раніше, «технічна стиглість» – на два тижні (14 діб). Період вегетації буде закінчуватися на тиждень раніше у сорту Загрей і на декаду – у сорту Рубін таїровський[.]

В ІІ-й сценарний період також спостерігається тенденція зміщення дат фаз в бік більш ранніх строків. Фази розвитку «розпускання бруньок» і «цвітіння» у сортів Загрей і Рубін таїровський спостерігатимуться на тиждень раніше, «початок дозрівання» – більш ніж на декаду, а строки фази «технічна стиглість» у сорту Загрей - майже на два тижні раніше, а у сорту Рубін таїровський - майже на двадцять діб. Тривалість періоду вегетації за цим сценарним періодом у сорту Загрей буде скорочуватися на 6 діб, у сорту Рубін таїровський – на 13 діб. Порівняльна оцінка настання фаз розвитку за двома сценаріями показала, що найбільш ранні терміни будуть в обох сортів за сценарієм А1В в другий сценарний період. Найкоротший вегетаційний період (136 днів) у сорту Загрей відзначається за сценарієм А1В за період 2011-2030 рр., а у сорту Рубін таїровський (130 днів) - за сценарієм А1В в період 2031-2050 рр.

В Північному Степу (табл. 6.69б) за сценарієм А2 в І-й сценарний період в обох сортів спостерігається тенденція більш пізнього настання основних фаз розвитку, період вегетації при цьому збільшується. В ІІ-й сценарний період простежується тенденція більш раннього настання основних фаз розвитку, а період вегетації скорочується, причому у сорту Загрей – на 12 діб, а у сорту Рубін таїровський – на 4 доби.

За сценарієм А1В усі фази вегетації у сортів Загрей і Рубін таїровський починатимуться раніше, а тривалість вегетації скоротиться: в І-й сценарний період відповідно на тиждень і 4 доби, а в ІІ-й - на 8 і 7 діб. Сценарний період 2011-2030 рр. за двома сценаріями кардинально відрізняється: за першим сценарієм відзначаються більш пізні терміни настання фаз, а за другим – більш ранні. Тривалість вегетації буде в першому випадку більш розтягнутою, а в другому, навпаки, скоротиться. У 2031-2050 рр. за обома сценаріями настання фаз для обох сортів буде більш раннім. В період 2011-2030рр. значно скоротиться тривалість вегетації у сорту Загрей.

В Лісостепу (табл. 6.69в) в умовах базового періоду тривалість вегетації досліджуваних сортів більша, ніж в Південній та Північній підзонах Степу, а фази вегетації настають пізніше. При здійсненні кліматичних сценаріїв тривалість вегетації значно скоротиться. Так за сценарієм А2 у



2011-2030 рр. тривалість вегетаційного періоду винограду сорту Загрей скоротиться до 146 діб, тобто очікується, що в Лісостеповій зоні вегетація закінчуватиметься на 18 діб раніше, ніж в Північному Степу і всього на 5 діб пізніше, ніж у Південному Степу. В період 2031-2050гг. розпускання бруньок збігатиметься з датою Південного Степу, а технічна стиглість наступить на 25 діб раніше, ніж в 1986-2005гг. У сорту Рубін таїровський за сценарієм А2 в першому розрахунковому періоді технічна стиглість настане на 21 добу раніше базового терміну і на 23 доби раніше, ніж в Північному Степу. Тривалість періоду скоротиться на 14 і 19 діб, ніж в Північній підзоні. Технічна стиглість тут в період 2031-2050 рр. зміститься на 32 доби, а період вегетації скоротиться до 149 діб.

За сценарієм А1В в Лісостеповій зоні у сорту Загрей в другий сценарний період технічна стиглість винограду буде наставати раніше більш ніж на місяць, а тривалість вегетації скоротиться до 136 днів, що відповідає термінам Південного Степу. За розрахунками сценарію А1В у сорту Рубін таїровський в другий сценарний період технічна стиглість настає практично на місяць раніше базового, тривалість періоду вегетації скоротиться на 19 діб, що на 8 діб раніше, ніж в Північного Степу.

Проведено аналіз зміни ресурсів світла, тепла і вологи за вегетаційний період сортів Загрей і Рубін таїровський в межах виділених зон. У сорту Загрей в Південному Степу за сценарієм А2 в перший сценарний період в перший міжфазний період (табл.6.70а) режим зволоження відповідає базовому, а температурний режим на 0,4 °С нижче. В другий сценарний період кількість опадів становить 86 % від базового, температурний режим дещо вище (0,2 °С). За сценарієм А1В в обидва періоди температурний режим підвищений, а кількість опадів на 5 – 11 % нижче базового.

В другий міжфазний період за сценарієм А2 в обидва періоди буде спостерігатися дещо знижений температурний режим – на 0,1 - 0,4 °С, а кількість опадів зменшиться у перший період на 36 %; а в другий – на 41 %. За сценарієм А1В в першому випадку температура зросте на 0,9 °С, а в другому - на 0,4 °С; кількість опадів зменшиться на 30 і 35 % відповідно. Третій міжфазний період буде найспекотнішим і сухим. За першим сценарієм температура підвищиться на 0,3 °С в першому випадку і на 0,8 °С - в другому, а кількість опадів скоротиться на 50 і 60 % відповідно. За другим сценарієм температура збільшиться на 3,0 °С. Кількість опадів в перший період складе 49% від базового, а в другий - 54%.

В цілому за вегетаційний період за першим сценарієм в перший період температурний режим буде дещо знижений (-0,2 °С), а кількість опадів скоротиться на 29 %, сума дефіцитів насичення водяної пари для винограду зменшиться на 86 мм, вологовимогливість зменшиться на 42 мм, а вологовикористання – на 54мм; вологозабезпеченість в цілому за вегетацію

Таблиця 6.70 – Зміна агрокліматичних ресурсів в період вегетації  
винограду

Сценарій	Період	Міжфазний період							
		Розпускання бруньок – цвітіння		Цвітіння – початок достигання		Початок достигання - технічна стиглість		Розпускання бруньок - технічна стиглість	
		Показники							
		кількість опадів, мм	середня температура повітря, °С	кількість опадів, мм	середня температура повітря, °С	кількість опадів, мм	середня температура повітря, °С	кількість опадів, мм	середня температура повітря, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а) Південний Степ									
Сорт Загрей									
	86–05	50	14,9	99	21,1	95	21,3	244	19,5
A2	11–30	50	14,5	64	20,7	47	21,6	172	19,3
	Різниця	0	-0,4	-35	-0,4	-48	+0,3	-72	-0,2
	31–50	43	15,1	58	21,0	38	22,1	140	19,9
	Різниця	-7	+0,2	-41	-0,1	-57	+0,8	-104	+0,4
A1B	11–30	44	15,4	69	21,9	47	24,2	160	20,9
	Різниця	-6	+0,6	-30	+0,9	-48	+2,9	-84	+1,7
	31–50	47	15,2	65	21,5	51	24,3	159	20,8
	Різниця	-3	+0,3	-34	+0,4	-44	+3,0	-85	+1,3
Сорт Рубін таїровський									
	86–05	56	15,7	101	21,7	95	20,0	252	19,4
A2	11–30	51	15,5	59	21,4	56	20,4	174	19,4
	Різниця	-5	-0,2	-42	-0,3	-39	+0,4	-78	0,0
	31–50	39	15,7	61	21,4	37	21,7	137	20,1
	Різниця	-17	0,0	-40	-0,3	-58	+1,7	-115	+0,7
A1B	11–30	50	16,3	70,0	22,6	46	23,7	166	21,2
	Різниця	-6	+0,8	-31	+1,2	-49	+3,7	-86	-1,8
	31–50	42,8	15,8	69,9	22,2	46	24,0	163	21,0
	Різниця	-8,6	+0,1	-30,7	+0,8	49	+4,0	-89	+1,6

Продовження табл.6.70									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
б) Північний Степ									
Сорт Загрей									
	86–05	66	15,0	128	18,7	105	16,3	299	16,8
A2	11–30	52	14,0	59	18,5	66	15,4	177	16,1
	Різниця	-14	-1,0	-69	-0,2	-39	-0,9	-122	-0,7
	31–50	79	14,9	122	19,5	84	18,0	286	17,7
	Різниця	+13	-0,1	-6	+0,8	-21	+1,7	-13	+0,9
A1B	11–30	72	15,2	107	20,5	79	20,1	257	18,9
	Різниця	+6	+0,2	-21	+1,8	-26	+3,8	-42	+2,1
	31–50	68	14,9	105	20,8	78	21,2	251	19,4
	Різниця	+2	-0,1	-23	+2,1	-27	+4,9	-48	+2,6
Сорт Рубін таїровський									
	86–05	73	15,5	133	18,9	98	15,1	305	16,6
A2	11–30	47	14,9	62	18,6	64	14,8	176	16,2
	Різниця	-26	-0,6	-71	-0,3	-34	-0,3	-129	-0,4
	31–50	79	14,9	122	19,5	84	18,0	286	17,7
	Різниця	+6	0,0	-11	+0,9	-14	+1,1	-19	+0,7
A1B	11–30	77	16,0	120	21,0	72	18,4	267	18,7
	Різниця	+4	+0,5	-13	+2,1	-26	+3,3	-38	+2,1
	31–50	78,7	15,7	104,3	21,6	73,7	19,9	257	19,3
	Різниця	+6,1	+0,2	-28,3	+2,7	-24,7	+4,8	-48	+2,7
в) Лісостеп									
Загрей									
	86–05	71	15,6	131	19,8	123	16,2	326	17,3
A2	11–30	56	14,5	69	20,2	57	20,1	182	18,6
	Різниця	-15	-1,1	-62	+0,4	-66	+3,9	-144	+1,3
	31–50	50	14,6	68	20,4	47	21,0	163	19,0
	Різниця	-21	-1,0	-63	+0,6	-76	+4,8	-163	+1,7
A1B	11–30	77	14,7	123	19,7	69	18,4	268	17,9
	Різниця	+6	-0,9	-8	-0,1	-54	+2,2	-58	+0,6
	31–50	47	14,3	103	20,0	85	21,9	235	19,3
	Різниця	-24	-1,3	-28	+0,2	-38	+5,7	-91	+2,0

Продовження табл.6.70									
б) Лісостеп									
Сорт Рубін таїровський									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	86–05	79	16,4	135	20,1	128	14,8	342	17,0
A2	11–30	65	15,2	65	20,8	60	18,9	189	18,5
	Різниця	-14	-1,2	-70	+0,7	-68	+4,1	-153	+1,5
	31–50	54	15,4	62	21,0	45	20,4	161	19,2
	Різниця	-25	-1,0	-73	+0,9	-83	+5,6	-181	+2,2
A1B	11–30	79	15,3	127	20,0	71	17,3	277	17,7
	Різниця	0	-0,9	-8	-0,1	-57	+2,5	-65	+0,7
	31–50	64	15,5	106	21,4	90	20,3	260	19,4
	Різниця	-15	-0,9	-29	+1,3	-38	+5,5	-82	+2,4

буде на 6 % нижче базової. У другий період температурний режим підвищиться на 0,4 °С, кількість опадів зменшиться на 57 %, а сума дефіцитів насичення водяної пари, вологовимогливість і вологовикористання збільшаться на 123, 59 і 49 мм, а вологозабезпеченість зменшиться на 3 %.

За другим сценарієм в першому випадку температурний режим збільшиться на 1,7 °С, кількість опадів складе 66 %, сума дефіцитів насичення водяної пари виросте на 151 мм, волого вимогливість – на 45 мм, вологовикористання знизиться на 46мм, а вологозабезпеченість зменшиться на 13 %. У другий період температурний режим буде вищий на 1,3 °С, кількість опадів, як і в перший період, скоротиться на 35 %, сума дефіцитів насичення водяної пари і вологовимогливість збільшаться до 1583мм і 616 мм, а вологовикористання і вологозабезпеченість - до 287мм і 45 % відповідно.

Порівняльний аналіз показав, що за першим сценарієм вологозабезпеченість винограду сорту Загрей очікується вище, ніж за другим. Проте в обох випадках вологозабезпеченість винограду очікується нижче базової. У сорту Рубін таїровський за сценарієм A2 в перший кліматичний період температурний режим за весь період вегетації збігатиметься з базовим, при цьому, він дещо знижений буде на початку (на 0,2 °С) і в середині (на 0,3 °С ) вегетації і дещо підвищений в кінці (на 0,4 °С). Кількість опадів знизиться практично в два рази в третій міжфазний період (на 41 %). Умови зволоження будуть на рівні базового кліматичного періоду (46 %). Особливих відмінностей в агрокліматичних умовах не буде і в другий кліматичний період (47 %).

За сценарієм A1B температурний режим підвищиться в цілому за період на 1,8 °С в перший період і на 1,6 °С - в другий. Значно більше температури підвищаться в період дозрівання - технічна стиглість. Обидва

кліматичних періоди будуть більш посушливими, ніж базовий, причому, найбільш сухим буде другий період. Вологозабезпеченість знизиться на 6% і 10% відповідно. У порівнянні зі сценарієм А2 агрокліматичні умови за сценарієм А1В будуть більш посушливими. Таким чином для обох сортів найбільш посушливими в Південному Степу будуть агрокліматичні умови за другого сценарію в другий кліматичний період. В Північному Степу (табл.6.706) за сценарієм А2 (у першому кліматичному періоді) в усі міжфазні періоди буде знижений температурний режим. В середньому за вегетаційний період температура повітря зменшиться на 0,7 °С. Режим зволоження буде на 40% нижче базового, при цьому, найбільше зволоження зберігається в перший міжфазний період (79 % від базового), а найменше (46 %) – в другий. За рахунок зниженого термічного режиму сума дефіцитів насичення водяної пари зменшиться за вегетацію на 378мм, що знизить потребу у волозі рослин винограду на 166мм; вологовикористання також буде меншим (на 110мм), вологозабезпеченість залишиться в межах базової (60 %).

В другий кліматичний період більш прохолодним і вологим буде перший міжфазний період вегетації. Найспекотнішим (більше 1,7 °С), але досить вологим (81 % від базового) очікується третій міжфазний період. В цілому за вегетацію температурний режим буде підвищений (на 0,9 °С), режим зволоження в межах базового (96 %). За рахунок зменшення суми дефіцитів насичення водяної пари зменшиться волого вимогливість рослин, вологозабезпеченість для винограду буде відмінною (94 %).

За сценарієм А1В в обох випадках (2011-30 і 2031-50гг.) в перший між фазний період вегетації температурний режим буде в межах базового, а режим зволоження - вище базового (109 і 103 % відповідно). У другий період температурний режим значно підвищиться, кількість опадів при цьому зменшиться на 16 – 18 %. Найспекотнішим очікується третій міжфазний період вегетації - температура підвищиться на 3,8 і 4,9 °С, а кількість опадів знизиться на 25 %. За вегетаційний період температура підвищиться в першому випадку на 2,1 °С, в другому - на 2,6 °С, кількість опадів зменшиться на 14 і на 16 % відповідно. Вологовимогливість в першому випадку буде в межах базового періоду, вологовикористання зменшиться на 40мм, а вологозабезпеченість зменшиться на 5 %; в другий період вологозабезпеченість збережеться в межах базового (63 %).

Порівнюючи агрокліматичні умови за двома сценаріями, можна відзначити, що кращі умови росту і розвитку винограду сорту Загрей складатимуться за сценарієм А2 в другий кліматичний період. Для сорту Рубін таїровський агрокліматичні умови сценарію А2 в перший кліматичний період впродовж усього вегетаційного періоду будуть практично відповідати базовим, вологозабезпеченість, як і у сорту Загрей, буде незначно нижчою (2 %), а у другий період умови зволоження будуть значно кращими (на 24 %), ніж в період 1986-2005 рр.

За сценарієм А1В у перший кліматичний період умови зволоження для сорту Рубін таїровський не зміняться, а для сорту Загрей вологозабезпеченість незначно (на 5 %) знизиться. За другим сценарієм, умови зволоження, навпаки, для сорту Рубін таїровський на 5 % знизиться, а для сорту Загрей будуть в межах базового (збільшиться на 1 %). Таким чином в Північному Степу за сценарієм А2 у другий кліматичний період (2031-2050гг.) складатимуться найбільш сприятливі умови для вирощування винограду сортів Загрей і Рубін таїровський [151].

В Лісостеповій зоні (табл. 6.70в) за сценарієм А2 зберігається тенденція зниженого термічного режиму в перший міжфазний період в обидва сценарні періоди, в другий між фазний період відзначається незначне зростання температури, в третій - температура підвищиться в перший сценарний період на 3,9 °С, а в другий - на 4,8 °С. Кількість опадів, що випадають в усі три між фазні періоди нижче базової: в першому випадку – на 21 %, 47 % і 54 %; у другому – на 30 %, 49 % і 62 % відповідно. В цілому за вегетацію в перший кліматичний період температура буде вищою на 1,3 °С, опадів менше на 44 %, сума дефіцитів насичення водяної пари зменшиться на 470 мм, вологовимогливість – на 198 мм, вологозабезпеченість виросте на 24 %. У другий період – температура буде ще вищою (на 1,7 °С), але знизиться вологовикористання. Вологозабезпеченість буде вищою на 8 %.

За сценарієм А1В у перший кліматичний період температура повітря в середньому за вегетацію буде мало відрізнятися від базової (0,6 °С), однак виросте сума дефіцитів насичення водяної пари на 18 %, зменшиться кількість опадів, на 18 мм зменшиться волого використання. В другий кліматичний період температура підвищиться на 2,0 °С, зросте сума дефіцитів насичення водяної пари на 27 мм і на 40 мм зменшиться волого використання. Вологозабезпеченість в обох випадках знизиться на 7 %.

В Лісостеповій зоні для сорту Загрей кращі агрокліматичні умови очікуються за сценарієм А2, а для сорту Рубін таїровський за обома сценаріями зберігатиметься знижений температурний режим в початковий період росту і розвитку. В період дозрівання - технічна стиглість за першим сценарієм температурний режим значно підвищиться в перший сценарний період температура підвищиться на 4,1 °С, а в другий - на 5,6 °С. За другим сценарієм підвищення буде в перший період досягати 2,5 °С, а в другий – 5,5 °С. За вегетаційний період в цілому менші відмінності в температурах будуть за сценарієм А1В в перший період (0,7 °С) і більший – в другий. За сценарієм А2 в перший період температура підвищиться на 1,5 °С, а в другий – на 2,2 °С.

Сума дефіцитів насичення водяної пари зменшиться за першим сценарієм в першому випадку на 445 мм, у другому на 402 мм, знизиться потреба у волозі на 207 і 187 мм відповідно. Так як сорт Рубін таїровський більш вимогливий до вологи, вологозабезпеченість для нього буде дещо

нижче, ніж сорту Загрей, однак у порівнянні з базовим періодом значно вище, і буде характеризуватися як хороша – 83 і 78 % відповідно. За другим сценарієм сума дефіцитів насичення водяної пари зростає, кількість опадів знижується, що визначає зростання потреби у волозі і знижує вологовикористання, тому вологозабезпеченість знижується до 60 і 59 % відповідно.

Таким чином в Лісостеповій зоні за обома сценаріями очікується значне зростання температури в період дозрівання - технічна стиглість. Умови зволоження будуть кращими за сценарієм А2 в другий кліматичний період як для сорту Загрей, так і для сорту Рубін таїровський.

#### 6.8.2. Вплив зміни клімату на продуктивність винограду

Для всієї досліджуваної території України були розраховані показники фотосинтетичної діяльності та продуктивності технічних сортів винограду Загрей (табл. 6.71) і Рубін таїровський (табл. 6.72) в умовах зміни клімату за сценаріями А2 і А1В. При реалізації сценарію А2 для сорту Загрей динаміка наростання площі листя представлена на рис. 6.187. Залежно від зміни кліматичних умов формування площі листя буде проходити менш інтенсивно, ніж в базовий період (рис. 6.187а, б, в). У перший сценарний період (табл. 6.71) площа листової поверхні в період її максимального зростання (період цвітіння) зменшиться: у Південному Степу - з 10,6 до 9,2 м<sup>2</sup>/кущ; в Північному Степу – з 10,2 до 9,3 м<sup>2</sup>/кущ, а в Лісостепу - з 10,5 до 8,9 м<sup>2</sup>/кущ.

У другий сценарний період агрокліматичні умови зумовлюють в першому випадку зменшення площі листя на 21%, у другому випадку вона не зміниться і в третьому випадку - зменшується на 12%. Фотосинтетичний потенціал на технічну стиглість в Південному Степу знизиться на 150 м<sup>2</sup>·добу, в Північному Степу - на 98 м<sup>2</sup>·добу. Найбільше зниження буде в Лісостепу - на 165 м<sup>2</sup>·добу. В другий сценарний період в Південному Степу відзначається ще більше зниження - на 234 м<sup>2</sup>·добу, в Північному Степу залишається на рівні базового, а в Лісостепу зниження потенціалу менше на 32 м<sup>2</sup>·добу, ніж у попередньому періоді.

Формування загальної біомаси за рахунок зміни клімату має чітко виражену залежність від водно-теплогового режиму в міжфазні періоди вегетації. На технічну стиглість загальна біомаса зменшиться в Південному Степу (рис 6.188а) з 3060 до 2679 г/кущ, в Північному Степу (рис 6.188б) - з 2737 до 2431 г/кущ, а в Лісостепу (рис 6.188в) - з 2845 до 2320 г/кущ. В другий сценарний період в Південному Степу і Лісостепу спостерігається її зменшення, а в Північному Степу - біомаса збільшується.

При зміні кліматичних умов (сценарій А2) за перший сценарний період урожай ягід винограду сорту Загрей зменшиться (табл. 6.69) в Південному Степу з 145,1 до 118,7 ц/га, Північному Степу - з 136,8 до 119,5 ц/га, а в Лісостепову - з 142,1 до 113,1 ц/га. За другий сценарний період зміна кліматичних умов призведе до зниження врожаю в Південному Степу і Лісостепу на 42,2 та 23,4 ц/га і до підвищення на 0,5 ц/га в Північному Степу

Таблиця 6.71 – Зміна фотосинтетичної продуктивності винограду

кліматичний період	Роки	Показники			
		Площа листя в період максимального розвитку, м <sup>2</sup> /кущ	Фотосинтетичний потенціал, м <sup>2</sup> -доба	Загальна біомаса на технічну стиглість, г/кущ	Урожай, ц/га
а) сорт Загрей. Сценарій А2					
Південний Степ					
Базовий	1986-2005	10,6	1011	3060	145,1
I сценарний	2011-2030	9,2	861	2679	118,7
II сценарний	2031-2050	8,4	777	2378	103,9
Північний Степ					
Базовий	1986-2005	10,2	964	2737	136,8
I сценарний	2011-2030	9,3	866	2431	119,5
II сценарний	2031-2050	10,2	967	2741	137,3
Лісостеп					
Базовий	1986-2005	10,5	994	2845	142,1
I сценарний	2011-2030	8,9	829	2320	113,1
II сценарний	2031-2050	9,2	861	2438	118,7
б) сорт Загрей, сценарій А1В					
Південний Степ					
Базовий	1986-2005	10,6	1011	3060	145,1
I сценарний	2011-2030	8,2	750	2223	99,2
II сценарний	2031-2050	7,3	651	1824	81,8
Північний Степ					
Базовий	1986-2005	10,2	964	2741	136,8
I сценарний	2011-2030	10,9	1038	2948	149,8
II сценарний	2031-2050	10,3	976	2777	138,9
Лісостеп					
Базовий	1986-2005	10,5	994	2845	142,1
I сценарний	2011-2030	10,1	958	2678	135,7
II сценарний	2031-2050	9,7	910	2583	127,3



Таблиця 6.72 – Фотосинтетична продуктивність винограду. Сорт Рубін таїровський.

Кліматичний період	Роки	Показатели			
		Площа листя в період максимального розвитку, м <sup>2</sup> /кущ	Фотосинтетичний потенціал, м <sup>2</sup> ·доба	Загальна біомаса на технічну стиглість, г/кущ	Урожай, ц/га
Сценарій А2					
Південний Степ					
Базовий	1986-2005	9,8	992	2833	143,7
I сценарний	2011-2030	6,4	641	2081	95,1
II сценарний	2031-2050	7,2	723	2305	106,5
Північний Степ					
Базовий	1986-2005	11,5	1169	3298	168,2
I сценарний	2011-2030	10,1	1020	2910	147,6
II сценарний	2031-2050	12,1	1234	3414	177,2
Лісостеп					
Базовий	1986-2005	11,4	1162	3261	167,2
I сценарний	2011-2030	9,4	946	2720	137,3
II сценарний	2031-2050	8,8	882	2639	128,5
Сценарій А1В					
Південний Степ					
Базовий	1986-2005	9,8	992	2833	143,7
I-й сценарний	2011-2030	6,7	665	2170	98,4
II-й сценарний	2031-2050	4,8	469	1597	71,3
Північний Степ					
Базовий	1986-2005	11,5	1169	3298	168,2
I-й сценарний	2011-2030	12,3	1254	3431	179,9
II-й сценарний	2031-2050	11,5	1171	3252	168,4
Лісостеп					
Базовий	1986-2005	11,4	1162	3261	167,2
I-й сценарний	2011-2030	11,0	1118	3117	161,1
II-й сценарний	2031-2050	11,2	1137	3146	163,7

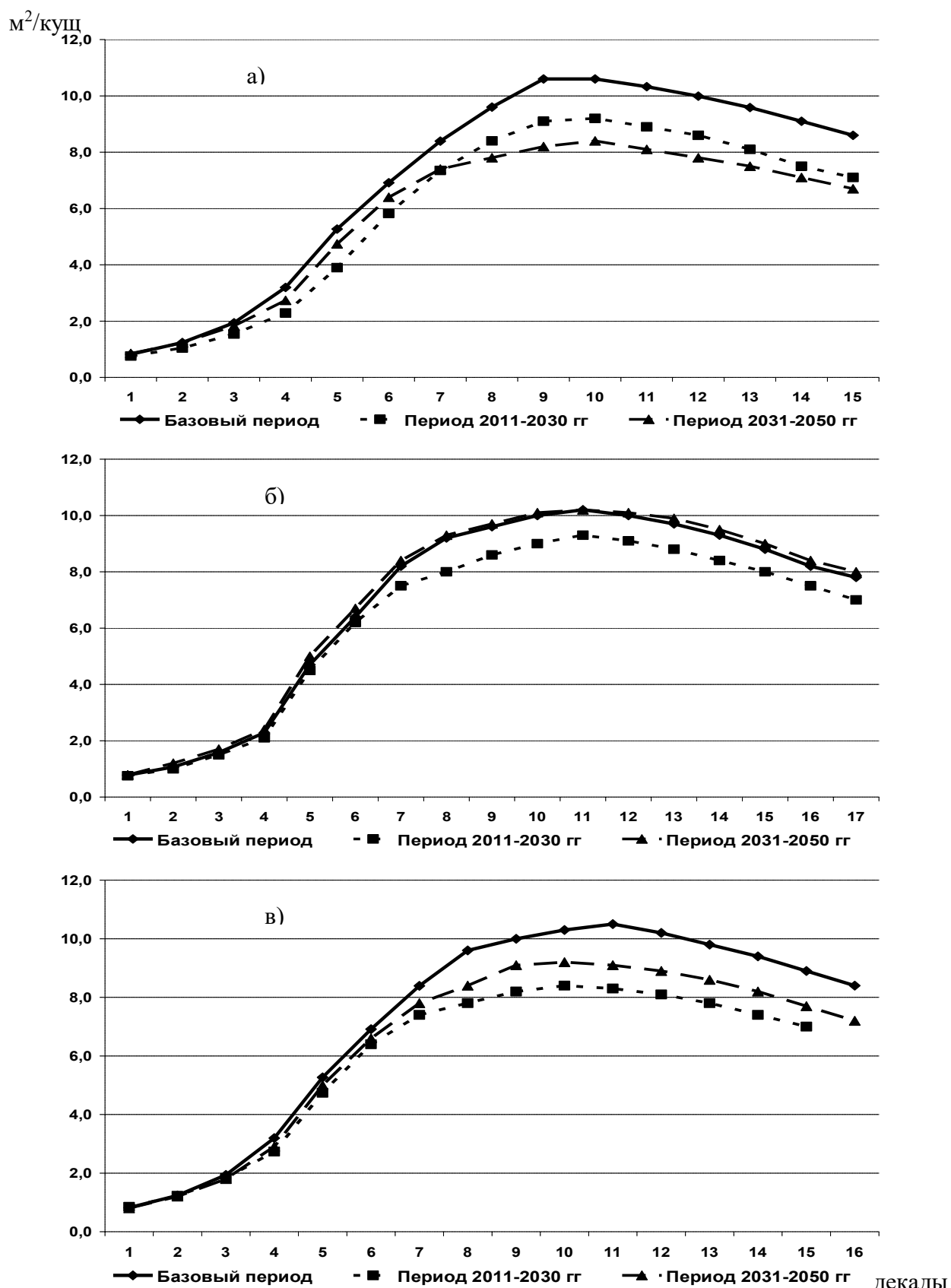
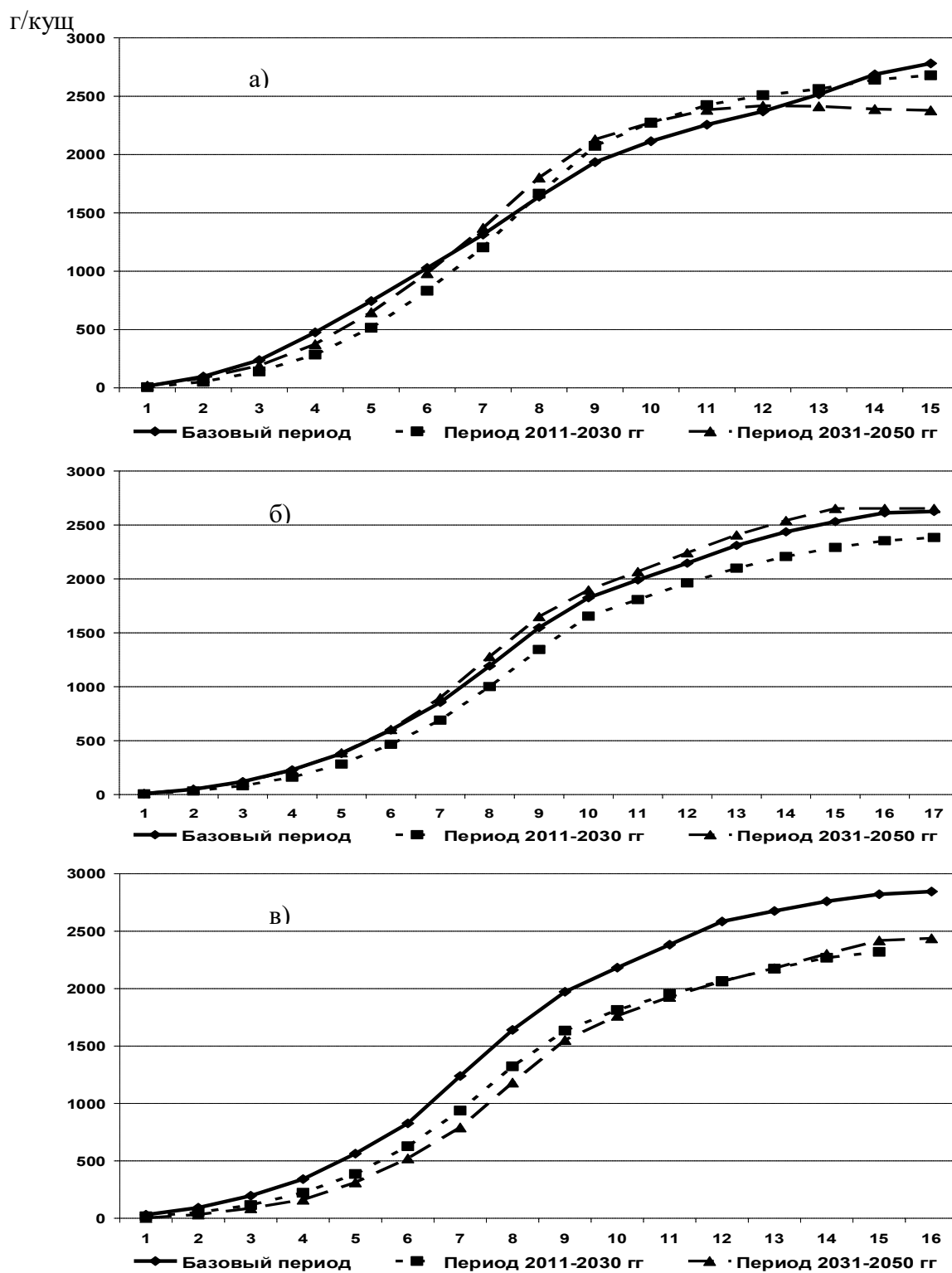


Рисунок 6.187 – Зміна динаміки формування площі листя винограду сорту Загрей залежно від кліматичних умов за сценарієм А2 в: а) Південному Степу, б) Північному Степу, в) Лісостепу.



лекалы

Рисунок 6.188 – Вплив зміни клімату на формування загальної біомаси винограду сорту Загрей за сценарієм А2 у: а) Південному Степу, б) Північному Степу, в) Лісостепу.

Таким чином, при реалізації кліматичного сценарію А2 кліматичні умови 2011-2030 і 2031-2050 рр. для Південного Степу та півдня Лісостепової зони будуть менш сприятливими, для Північного Степу умови 2011-2030 рр. будуть також менш сприятливими для фотосинтетичної діяльності і формування врожаю, а кліматичні умови 2031-2050 рр. дозволять отримати урожай ягід винограду у сорту Загрей дещо більше, ніж в даний час.

Залежно від зміни кліматичних умов за сценарієм А1В динаміка формування площі листя в досліджуваних районах буде значно відрізнятися (рис. 6.189). У Південному Степу (рис. 6.189а) в перший і другий кліматичні періоди інтенсивність буде значно нижче базової і закінчиться на декаду раніше. В Північному Степу (рис. 6.189б) інтенсивність формування площі листя буде вище базової в обидва кліматичні періоди. В Лісостепу (рис. 6.188в) формування листового апарату так само як і в першому випадку буде проходити менш інтенсивно, ніж в базовий період, проте відхилення від базової значно менше.

Максимальна площа листя в першому районі зменшиться (табл. 6.71) з  $10,6 \text{ м}^2/\text{кущ}$  до  $8,2 \text{ м}^2/\text{кущ}$ , що значно (на  $1,0 \text{ м}^2/\text{кущ}$ ) менше, ніж за сценарієм А2. В другому районі площа листя збільшується з  $10,2 \text{ м}^2/\text{кущ}$  до  $10,9 \text{ м}^2/\text{кущ}$ , а в Лісостепу - зменшується з  $10,5 \text{ м}^2/\text{кущ}$  до  $10,1 \text{ м}^2/\text{кущ}$ . У другий сценарний період площа листя в першому і в третьому районах буде, відповідно, зменшуватися з  $10,6 \text{ м}^2/\text{кущ}$  до  $7,3 \text{ м}^2/\text{кущ}$  і з  $10,5 \text{ м}^2/\text{кущ}$  до  $9,7 \text{ м}^2/\text{кущ}$ , у другому випадку так само як і по першому кліматичному періоду очікується менша, але збільшення площі листя до  $10,3 \text{ м}^2/\text{кущ}$ .

За сценарієм А1В фотосинтетичний потенціал в першому випадку буде нижче, ніж за сценарієм А2, і за першим кліматичним сценарієм (на  $111 \text{ м}^2 \cdot \text{доба}$ ) і за другим (на  $126 \text{ м}^2 \cdot \text{доба}$ ), і нижче базового на  $261 \text{ м}^2 \cdot \text{доба}$ . У другому випадку на  $74 \text{ м}^2 \cdot \text{доба}$  (перший період) і на  $12 \text{ м}^2 \cdot \text{доба}$  (другий період) вище базового, в порівнянні з А2 на  $172 \text{ м}^2 \cdot \text{доба}$  і на  $9 \text{ м}^2 \cdot \text{доба}$ , відповідно. В третьому випадку ФП по даному сценарію знижується, і в перший період (на  $36 \text{ м}^2 \cdot \text{доба}$ ), і в другій (на  $84 \text{ м}^2 \cdot \text{доба}$ ), однак у порівнянні з попереднім сценарієм зниження буде менше.

Агрокліматичні умови за сценарієм А1В, в першому випадку приведуть до більш значного зниження загальної біомаси винограду (рис. 6.190а), як у першому кліматичному періоді (з  $3060 \text{ г/кущ}$  до  $2223 \text{ г/кущ}$ ), так і у другому (з  $3060 \text{ г/кущ}$  до  $1824 \text{ г/кущ}$ ). Менше, ніж в першому випадку, проте буде зниження і в третьому випадку (рис. 6.190б): у першому сценарному періоді з  $2845 \text{ г/кущ}$  до  $2678 \text{ г/кущ}$ ; у другому з  $2845$  до  $2583 \text{ г/кущ}$ . У другому випадку загальна біомаса збільшиться (рис. 6.190б): у I-му сценарному періоді з  $2714 \text{ г/кущ}$  до  $2948 \text{ г/кущ}$ ; у II-му – з  $2714 \text{ г/кущ}$  до  $2777 \text{ г/кущ}$ .

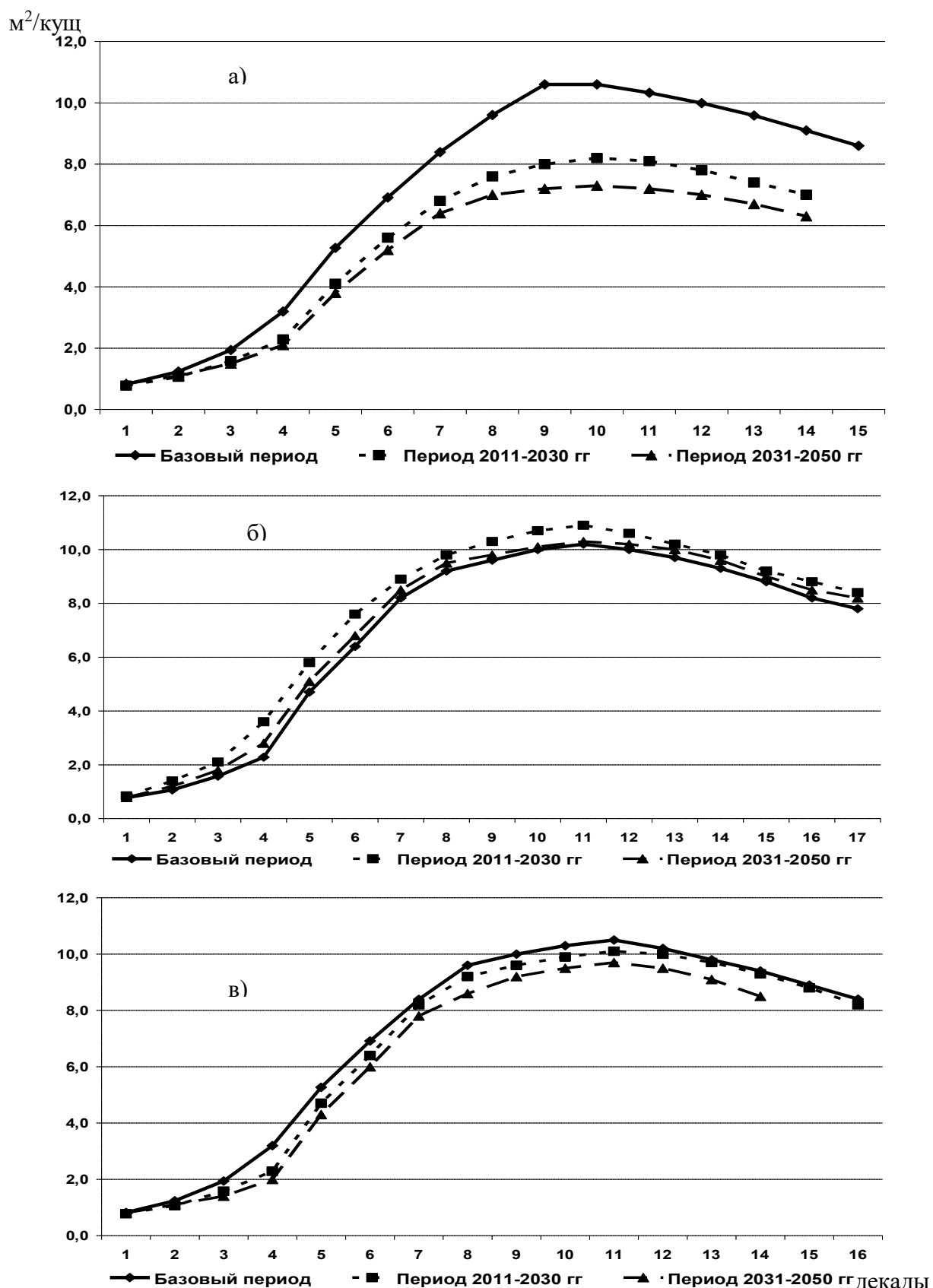
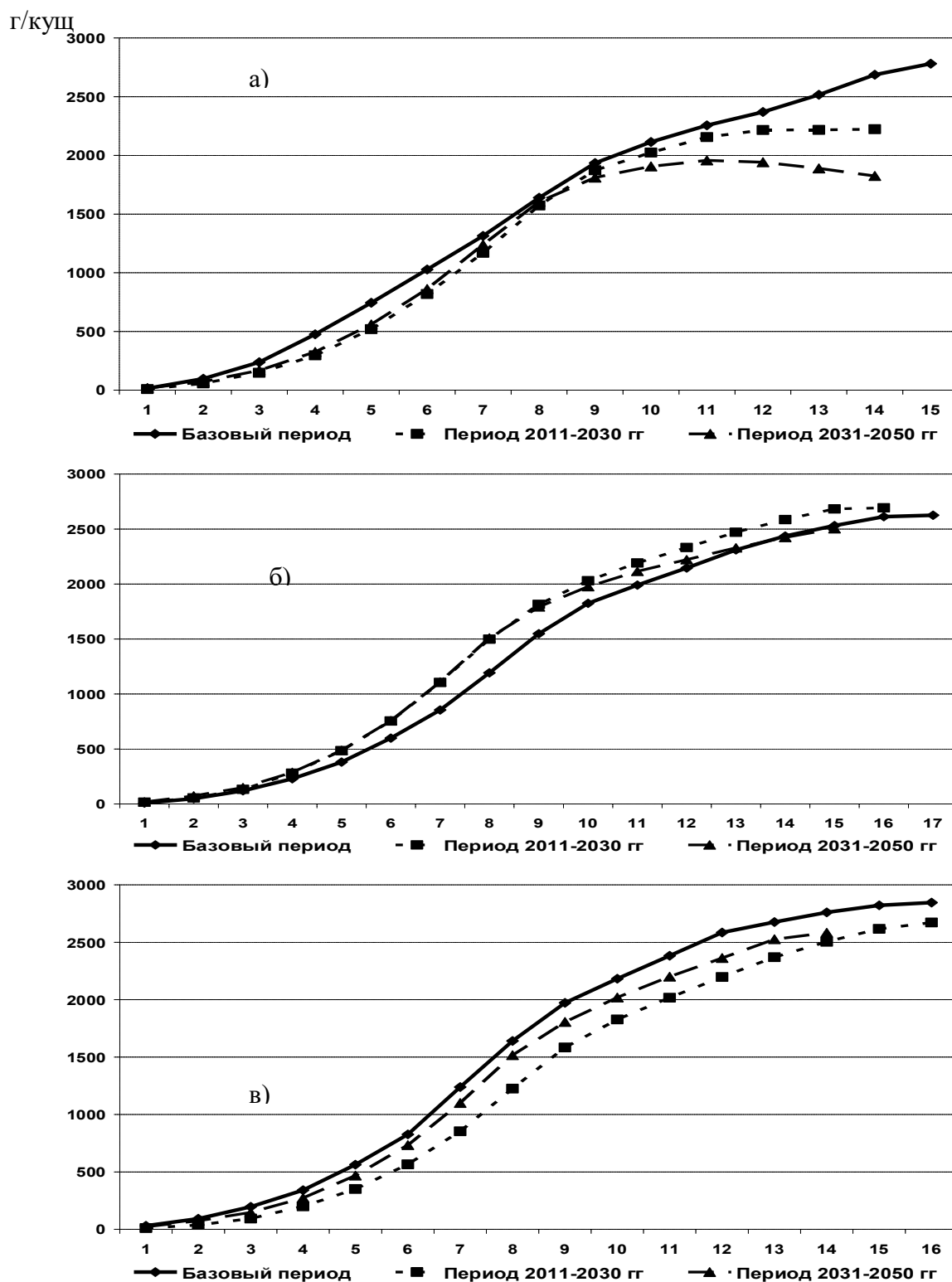


Рисунок 6.189 – Зміна динаміки формування площі листя винограду сорту Загрей залежно від кліматичних умов за сценарієм A1B у: а) Південному Степу, б) Північному Степу, в) Лісостепу.



декады

Рисунок 6.190 – Вплив зміни клімату на формування загальної біомаси винограду сорту Загрей за сценарієм A1B у: а) Південному Степу, б) Північному Степу, в) південній частині Лісостепу.

В умовах зміни клімату (сценарій A1B) в першому сценарному періоді урожай сорту Загрей (табл. 6.71) зменшиться з 145,1 ц/га до 99,2 ц/га в

Південному Степу і з 142,1 ц/га до 135,7 ц/га в південній частині Лісостепової зони. У другому сценарному періоді зміна кліматичних умов приведуть до ще більшого зниження врожаю, в першому випадку на 63,3 ц/га, в третьому на 14,8 ц/га. У Північній Степу при змінах клімату урожай збільшиться з 136,8 ц/га до 149,8 ц/га (перший кліматичний період) і до 138,9 ц/га (другий кліматичний період).

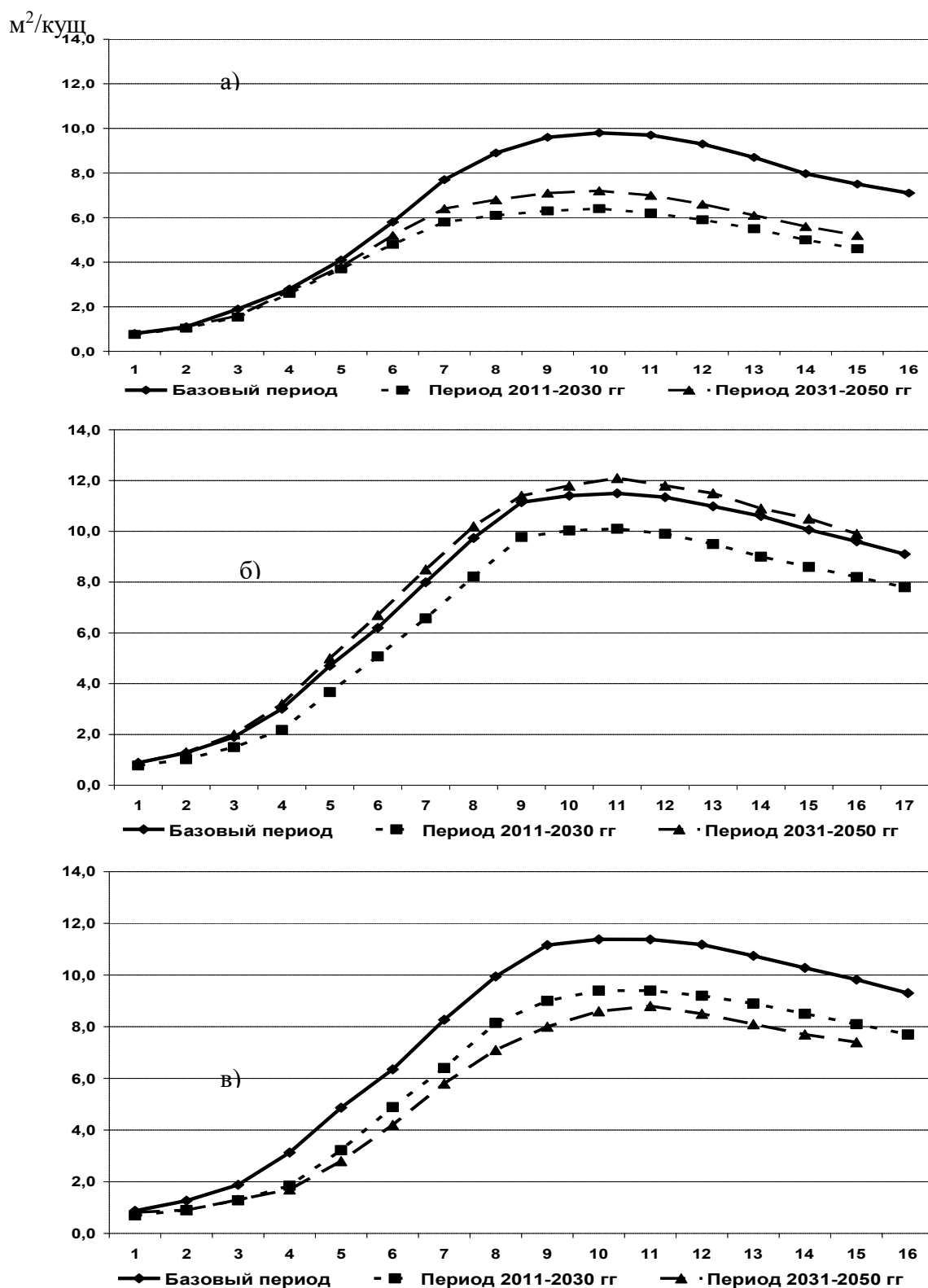
Таким чином, при реалізації кліматичного сценарію A1B агрокліматичні умови 2011-2030 рр. будуть найсприятливішими для сорту Загрей в Північному Степу, досить сприятливими вони будуть на півдні Лісостепу, і несприятливими в Південному Степу. Кліматичні умови 2031-2050 рр. залишаються сприятливими в північному Степу, будуть менш сприятливими в Лісостеповій зоні. Недоцільно стане вирощувати виноград сорту Загрей на півдні Степової зони.

Для сорту Рубін таїровський зміна клімату за сценарієм A2 в Південному Степу призведе до скорочення вегетаційного періоду, як наслідок зменшиться площа листя (рис. 6.191а). У сорту Рубін таїровський листова поверхня буде значніше відрізнятися від базової, ніж у сорту Загрей. Максимальна площа листя зменшиться з 9,8 м<sup>2</sup>/кущ до 6,4 м<sup>2</sup>/кущ (перший кліматичний період) і до 7,2 м<sup>2</sup>/кущ (другий кліматичний період). В Північному Степу (рис. 6.191б) максимальна площа листя в перший сценарний період зменшиться з 11,5 м<sup>2</sup>/кущ до 10,1 м<sup>2</sup>/кущ, а в другий період, навпаки, збільшиться до 12,1 м<sup>2</sup>/кущ (табл.6.71). Менш інтенсивно йтиме формування листової поверхні і в Лісостепу (рис. 6.190в). Максимальна площа листя зменшиться в перший період з 11,4 до 9,4 м<sup>2</sup>/кущ, в другий період - до 8,8 м<sup>2</sup>/кущ.

В Південному Степу у сорту Рубін таїровський в умовах зміни клімату фотосинтетичний потенціал знизиться з 992 до 641 м<sup>2</sup>·добу (в перший сценарний період) і до 723 м<sup>2</sup>·добу (в другий період). В Північному Степу в умовах першого кліматичного періоду ФП зменшується з 1169 до 1020 м<sup>2</sup>·добу, а в другий період, навпаки, збільшиться до 1234 м<sup>2</sup>·добу. В Лісостепу, як і в Південному Степу, ФП буде зменшуватися з 1162 до 946 м<sup>2</sup>·добу і до 882 м<sup>2</sup>·добу. Проте в Південному Степу зниження фотосинтетичного потенціалу буде більшим, ніж в Лісостепу.

Загальна біомаса винограду (рис. 6.192а) в південному Степу знизиться від 2833 г/кущ на 752 г/кущ в перший період і на 528 г/кущ - в другий. В Північному Степу (рис. 6.192б) в перший період біомаса знизиться з 3298 г/кущ на 388 г/кущ, в другий період збільшиться на 116 г/кущ. В Лісостепу, як і в Південному Степу, біомаса буде нижче, ніж в базовий період (рис. 6.192в) на 541 г/кущ (у перший період) і на 622 г/кущ (в другий період).

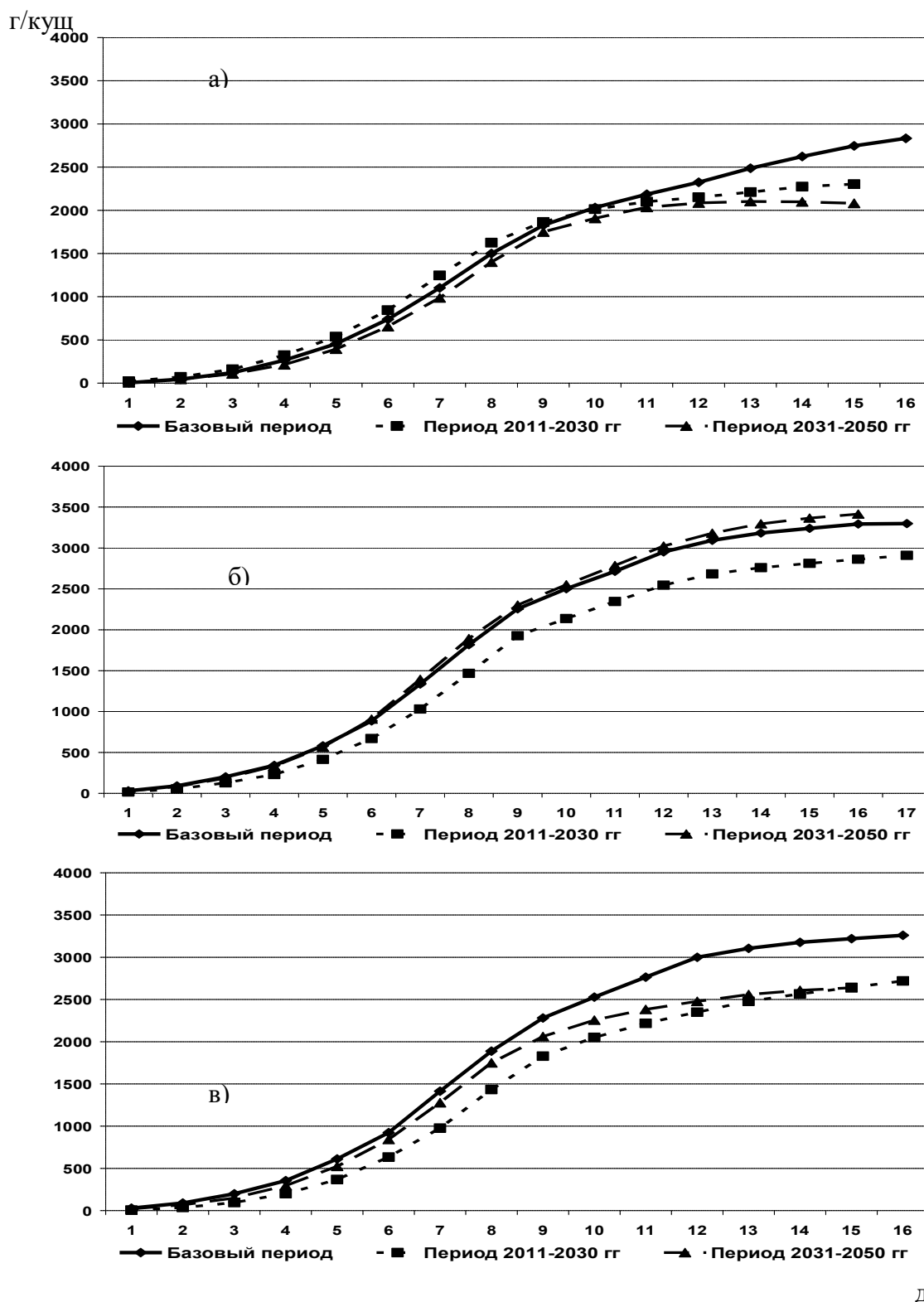
Врожай сорту Рубін таїровський при зміні кліматичних умов (табл. 6.72) в Південному Степу зменшиться з 143,7 до 95,1 ц/га в перший кліматичний період і до 106,5 ц/га - в другий, в Північному Степу - з



декади

Рисунок 6.191 – Зміни динаміки формування площі листя винограду сорту Рубін таїровський залежно від кліматичних умов за сценарієм А2 у: а) Південному Степу, б) Північному Степу, в) Лісостепу.





декади

Рисунок 6.192 – Зміна загальної біомаси винограду сорту Рубін таїровський за сценарієм А2 у: а) Південному Степу, б) Північному Степу, в) південній частині Лісостепу.

168,2 ц/га в перший період зменшиться до 147,6 ц/га, а в другий період він збільшиться до 177,2 ц/га. В Лісостепу в обидва сценарні періоди він

зменшиться з 167,2 до 137,3 і 128,5 ц/га відповідно. Таким чином, при реалізації сценарію А2 для сорту Рубін таїровський агрокліматичні умови Південного Степу України складатимуться несприятливо, а ось в районі Північного Степу, особливо, в другому сценарному кліматичному періоді умови будуть складатися сприятливо. На півдні Лісостепової зони за умовами даного сценарію, урожай буде нижче потенційно можливого.

За сценарієм А1В кліматичні зміни призводять до ще більшого скорочення вегетаційного періоду. Однак через різні агрокліматичні умови у період розпускання бруньок, а особливо в період технічної стиглості, інтенсивність росту і розвитку сорту Рубін таїровський на досліджуваній території буде мати характерні відмінності. У першому районі (рис. 6.193а), як і за сценарієм А2, формування площі листя буде йти менш інтенсивно, в порівнянні з базовою. Максимальна площа листя зменшиться з 9,8 до 6,7 м<sup>2</sup>/кущ в перший період і до 4,8 м<sup>2</sup>/кущ - в другий. Причому, другий період за сценарієм А1В в даному районі буде більш несприятливий, ніж за сценарієм А2 (на 2,4 м<sup>2</sup>/кущ менше). У другому районі (рис. 6.193б) зміна агрокліматичних умов у перший сценарний період сприятимуть збільшенню асиміляційної поверхні у сорту Рубін таїровський. Максимум площі листя збільшиться з 11,5 до 12,3 м<sup>2</sup>/кущ. В другий період площа листя дорівнюватиме базовій, а в третьому районі (рис. 6.193в) і в перший (до 11,0 м<sup>2</sup>/кущ), і в другий (до 11,2 м<sup>2</sup>/кущ) періоди буде спостерігатись незначне зниження інтенсивності формування листової поверхні.

Кліматичні умови в Південному Степу знизять фотосинтетичний потенціал (табл. 6.72) з 992 до 665 м<sup>2</sup>·добу (у перший період) і до 469 м<sup>2</sup>·добу (в другий період). В Північному Степу фотосинтетичний потенціал буде вище, ніж в базовий період, причому, значно вище (на 85 м<sup>2</sup>·добу) в перший кліматичний період, за сценарієм А2, майже такий же потенціал, буде у другий кліматичний період. В Лісостепу ФП буде нижче, але порівняно з Південним Степом, значно менше - з 1162 до 1118 м<sup>2</sup>·добу і 1137 м<sup>2</sup>·добу відповідно.

Фотосинтетична діяльність винограду впливає на формування загальної біомаси, яка в першому районі (рис. 6.194а) зменшиться з 2833 до 2170 г/кущ (І-й період) і до 1597 г/кущ (ІІ-й період). Зменшиться загальна біомаса і в третьому районі (рис. 6.194в), відповідно, з 3261 до 3117 г/кущ і до 3146 г/кущ. У другому районі (рис. 6.194б) в перший період суха біомаса збільшиться з 3298 до 3431 г/кущ, у другий період буде в межах базової (3252 г/кущ).

Врожай в агрокліматичних умовах першого кліматичного періоду в Південному Степу буде менше базового на 45,3 ц/га (табл.6.72); в Північному Степу більше на 11,7 ц/га; в південній частині Лісостепу - менше на 6,1 ц/га. В другий кліматичний період ще більше знизиться врожай в Південному Степу, практично не зміниться в Північному Степу і на 3,5 ц/га буде менше на півдні Лісостепової зони.

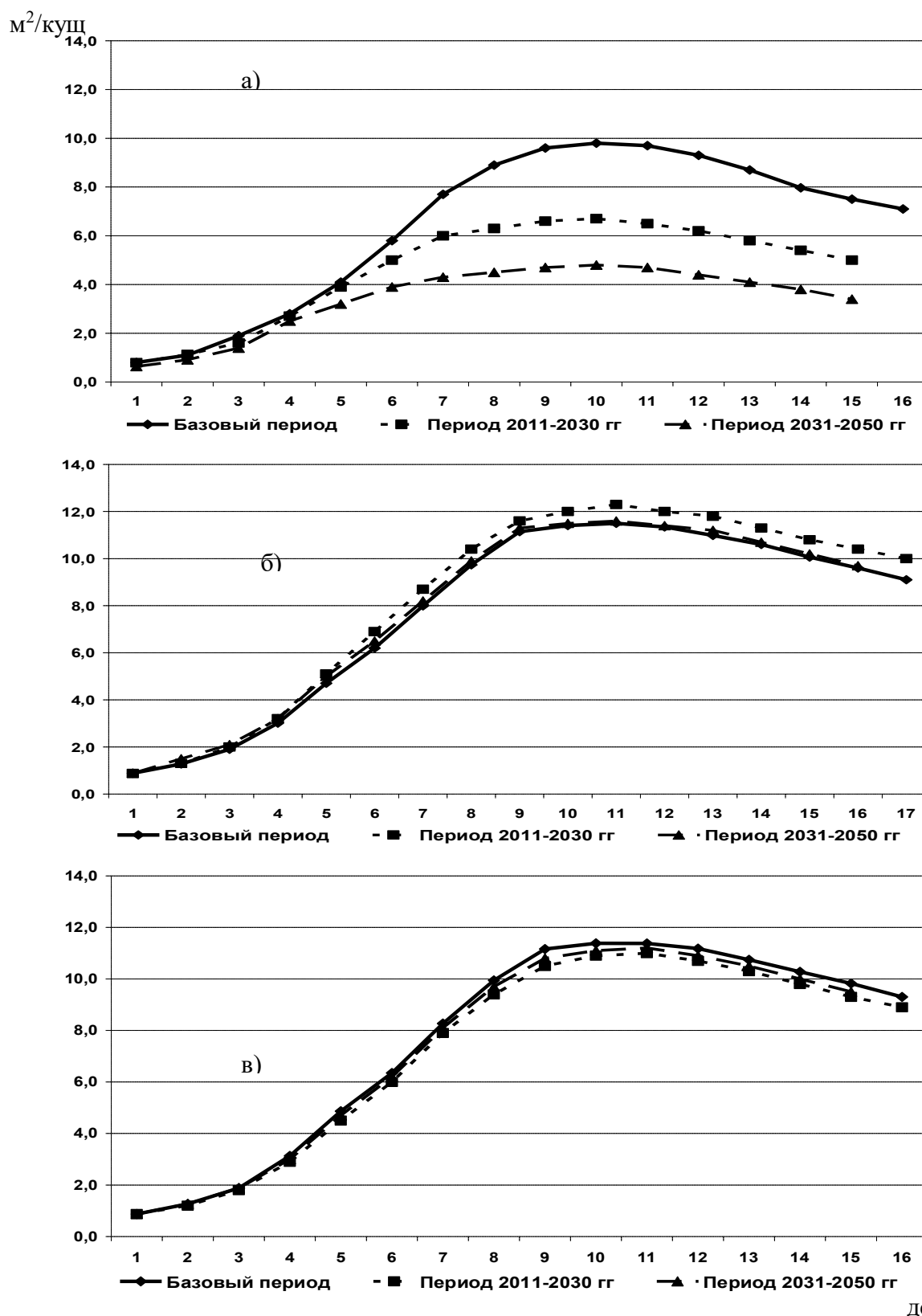
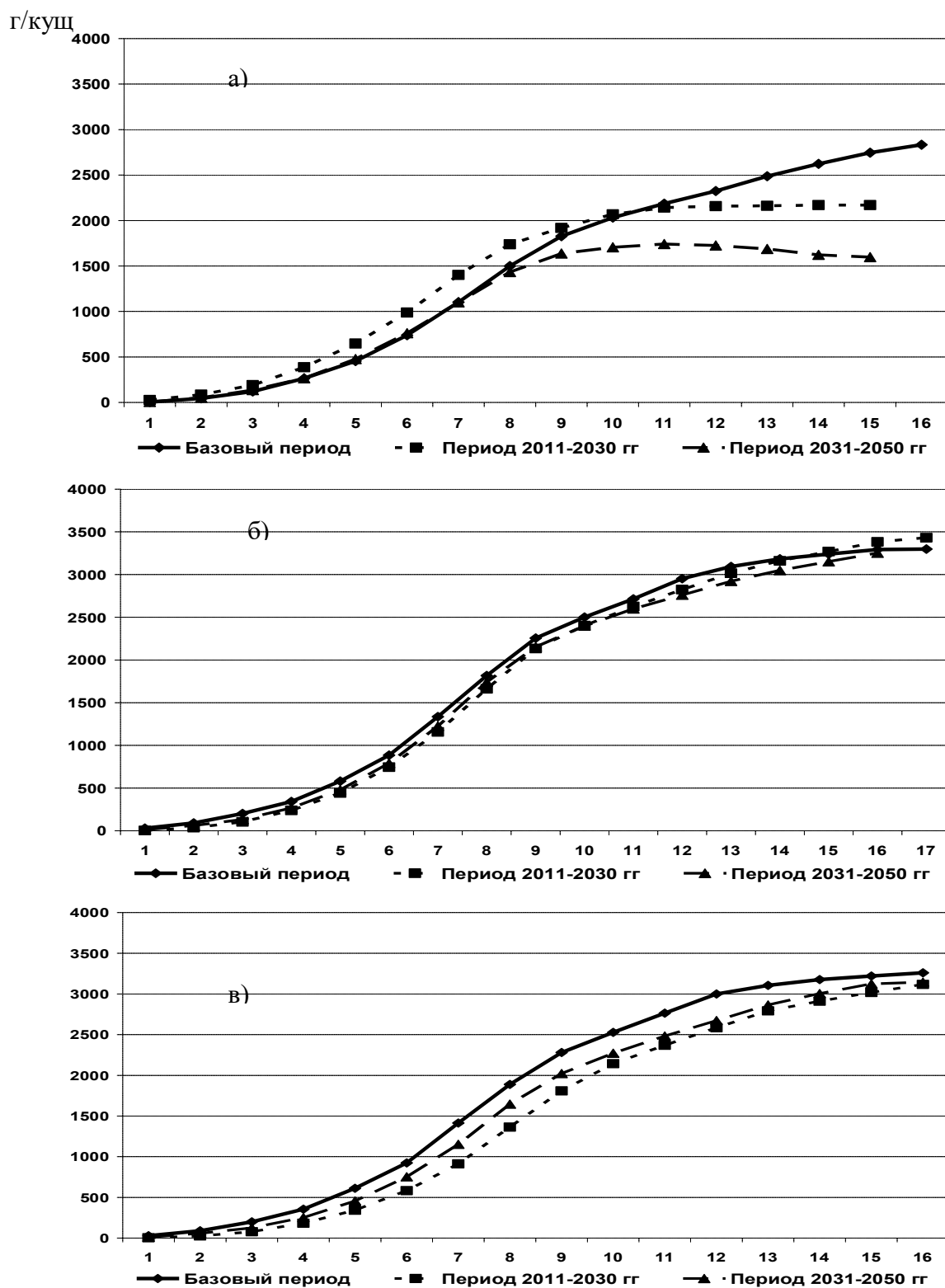


Рисунок 6.193 – Зміни динаміки формування площі листя винограду сорту Рубін таїровський залежно від кліматичних умов за сценарієм А1В в: а) Південному Степу, б) Північному Степу, в) Лісостепу.



лекали

Рисунок 6.194 – Вплив змін клімату на формування загальної біомаси винограду сорту Рубін таїровський за сценарієм A1B у: а) Південному Степу, б) Північному Степу, в) південній частині Лісостепу.

Таким чином, при реалізації сценарію A1B у Північному Степу і на півдні Лісостепової зони будуть складатися сприятливі агрокліматичні умови для формування урожаю винограду сорту Рубін таїровський як в період з 2011 по 2030 рр., так і в період з 2031 по 2050 рр. Оцінка формування врожаю сортів Загрей і Рубін таїровський в умовах зміни клімату показала, що при реалізації сценаріїв A2 і A1B в Південному Степу України складатимуться несприятливі агрокліматичні умови, лімітуючим фактором буде явно виступати вологозабезпеченість.

За сценарієм A1B в період дозрівання ягід винограду ступінь несприятливості посилюється за рахунок підвищення середньої температури повітря для сорту Загрей на 3,0 °C, а для сорту Рубін таїровський - на 4,0 °C. Як наслідок, буде скорочуватися вегетаційний період, причому за сценарієм A1B скорочення буде значним як для сорту Загрей (на 6-7 днів), так і для сорту Рубін таїровський (11-13 днів). За сценарієм A2 для сорту Загрей, як менш чутливого до умов зволоження, період вегетації скоротиться на 2 дні, а для сорту Рубін Таїровський, більш вимогливого до вологості, вегетаційний період скоротиться на 10-11 днів.

Недобір врожаю винограду за сценарієм A2 складатиме: у перший період (2011-2030гг.) для сорту Загрей 18 %, для сорту Рубін таїровський – 34 %; в другий період (2031-2050гг.) недобір складає 28 і 26 % відповідно. Ще більші втрати врожай очікуються за сценарієм A1B, які складають в перший період для обох сортів близько 32 % від базового, а в другий – до 44 % у сорту Загрей і до 50 % у сорту Рубін таїровський.

### 6.8.3 Ризики пошкодження винограду заморозками

Виноград, як теплолюбна культура, в весняний і осінній період дуже чутлива до термічного режиму. Значної шкоди виноградній рослині в ці періоди наносять заморозки, які характеризують зниження мінімальних температур до від'ємних значень на фоні додатних середньодобових температур. При цьому, важливе значення має детальна інформація про режим від'ємних температур на поверхні ґрунту і в шарі повітря, де відзначається формування кордону винограду з молодими пагонами, особливо чутливими до низьких температур.

Вивчаючи фізіологію виноградної рослини Степанов В.М. відносить виноград до п'ятої, найменш заморозкостійкої, групи культур, для яких рівень мінімальних температур в період набубнявіння бруньок і розгортання перших листків до -1 та -2 °C приводить до їх знищення. Звичайно, надалі відбувається розвиток сплячих бруньок і утворення нових листків, але усі процеси відбуваються із затримкою, що приводить до значного зменшення врожаю. Осінні заморозки в період дозрівання винограду можуть викликати стікання або осипання ягід, а в період визрівання лози вони можуть мати

навіть позитивне значення, але тільки за умови їх інтенсивності не нижче  $-5$ ,  $-6$  °C та певного рівню середньодобових температур [].

З метою оцінки впливу зміни клімату на ризики пошкодження заморозками винограду до основних завдань віднесено детальну оцінку зв'язку мінімальних температур з середньодобовими у розрізі окремих метеорологічних станцій Північно-Західного Причорномор'я, оцінку рівню мінімальних температур у шарі повітря 50-200см та розрахунок ризиків пошкодження винограду в різні періоди вегетації за сценаріями зміни клімату A2 і A1B на сценарні періоди 2011-2030 і 2031-2050 рр.

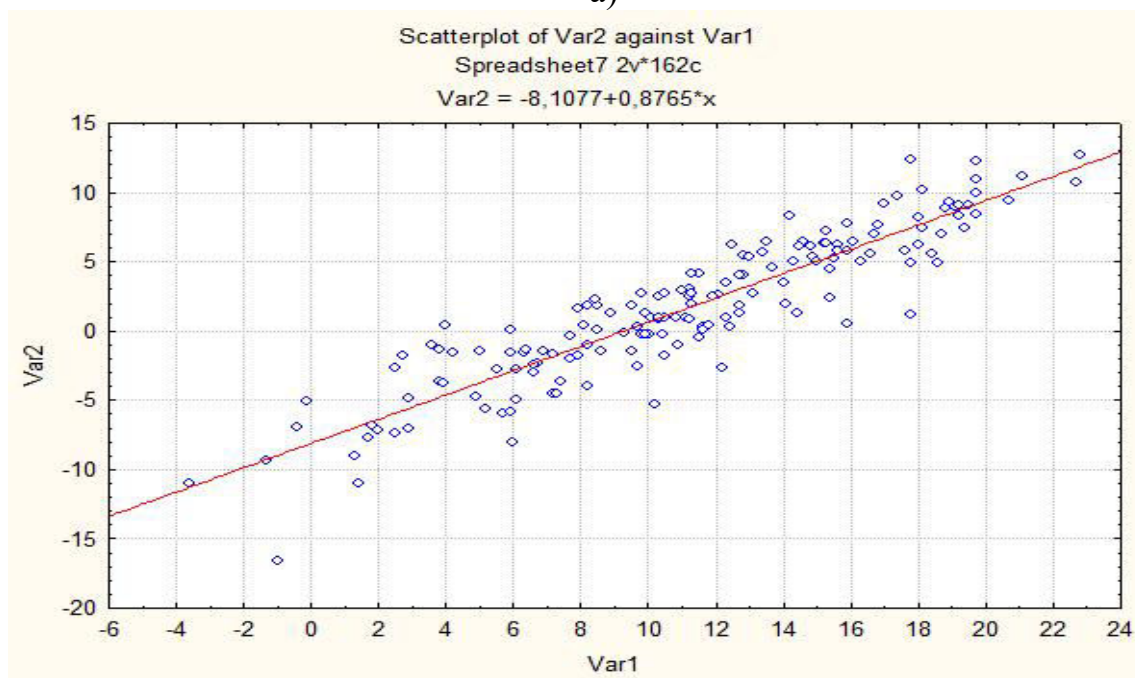
Розрахунок ризиків пошкодження винограду заморозків здійснювався із застосуванням розробленою авторами моделі «умовних ймовірностей» для 5 агрометеорологічних станцій Одеської області, для яких є достовірна інформація з фенологічних спостережень за виноградом ранньо- і пізньостиглих сортів Аркадія і Загадка.

Аналіз мінімальних і середньодобових температур в березні-травні і вересні-листопаді на висоті 200 см за період з 1946 по 2010 рр. показав тісний їх зв'язок для п'яти агрометеорологічних станцій Одеської області (рис.6.195), де відзначаються значні площі з виноградниками. При цьому треба відзначити, що за однаково тісного зв'язку між цими показниками, спостерігається різний рівень мінімальних температур за одних і тих же величин середньодобових температур. Чітко простежується вплив мезо- і мікрокліматичних особливостей розміщення станцій: близькість Чорного моря і великих рік Дунай та Дністер, а також форм рельєфу. Наочно видно, що однієї середньодобової температури рівень мінімальних температур може відрізнятися на 3-5 і до 6 °C, що вказує на збільшення заморозконебезпечності території. Відзначається й зменшення різниці в рівнях мінімальних і середньодобових температур від березня до травня і від листопада до вересня, що теж характеризує зменшення заморозконебезпечності від початку до кінця весни і від кінця до початку осені.

Встановлені закономірності відбиті в одержаних для різних агрометеорологічних станціях рівняннях регресії, за якими виконано розрахунки мінімальних температур в заморозконебезпечний період, визначено дати весняних та осінніх заморозків і тривалість беззаморозкового періоду [155, 156].

Виконано розрахунки зміни мінімальних температур повітря за сценаріями A2 і A1B в весняний і осінній періоди для двох сценарних періодів. Встановлено, що за сценарієм A1B (рис. 6.196) різниця в рівні мінімальних температур, як показника інтенсивності заморозків, для пари агрометстанцій Ізмаїл і Сарата, які відрізняються за місцеположенням, в середньому складає 1,2 °C. Найбільша різниця досягає в першій декаді березня 2,1 °C, а найменша - у третій травня (0,5 °C). Також максимальна різниця між мінімальними і середньодобовими температурами за цим

a)



б)

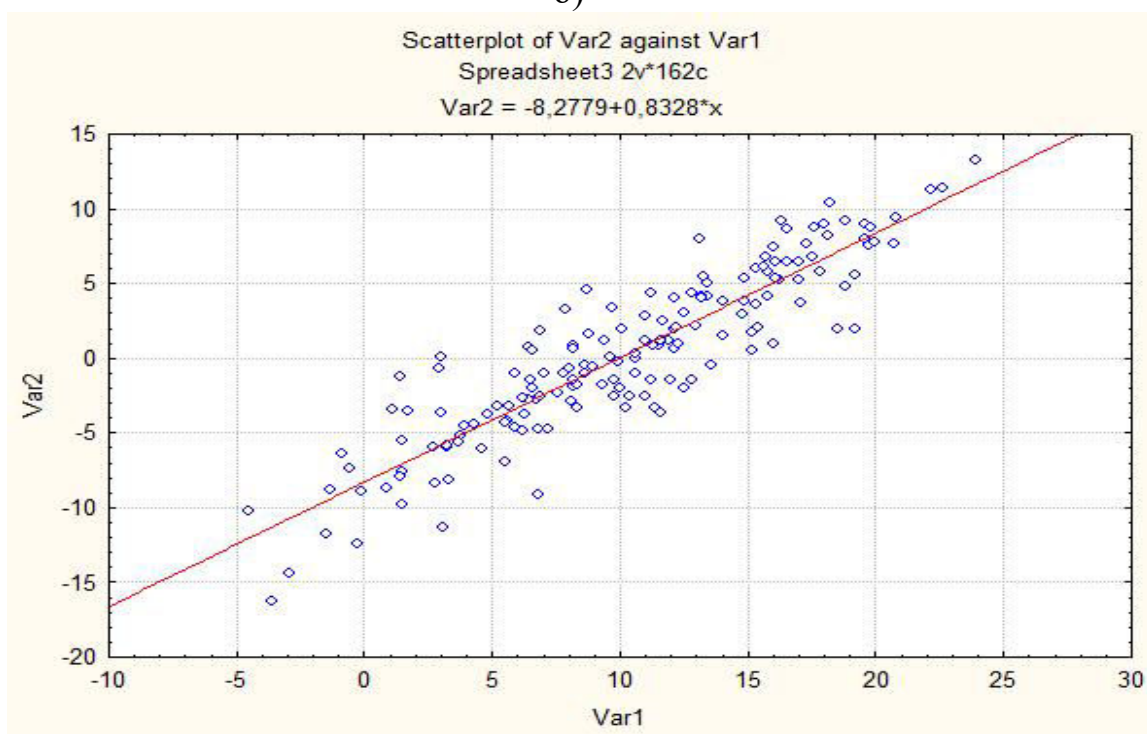
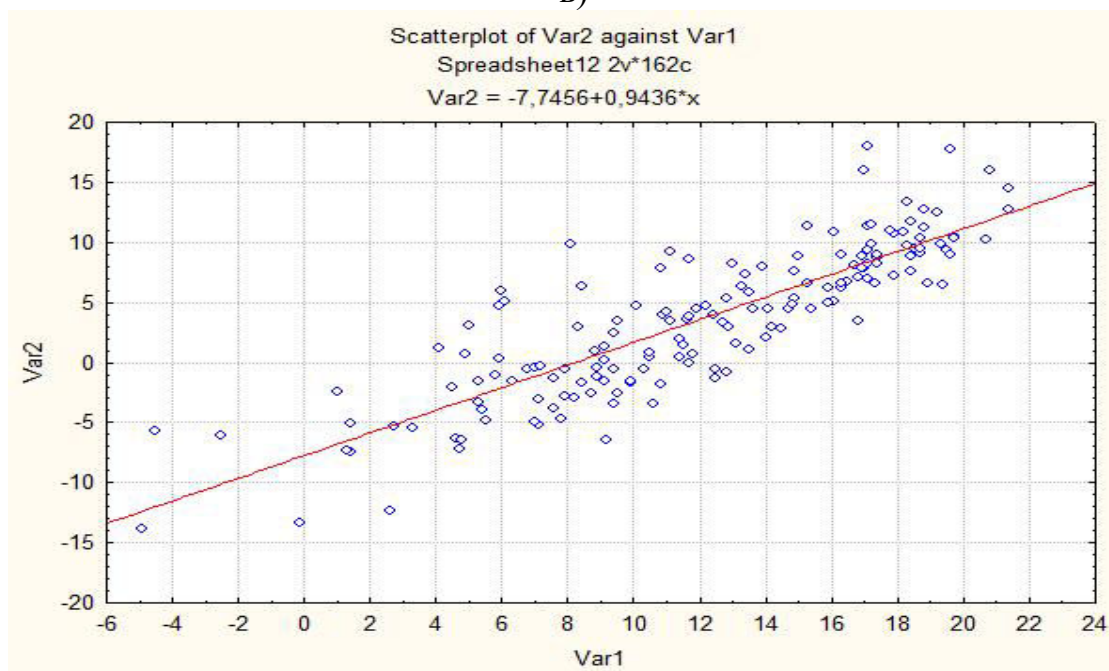


Рисунок 6.195 – Зв'язок мінімальної і середньодобової температур:  
а) Ізмаїл, б) Сарата (весною) і в) Ізмаїл, г) Сарата (восени), аркуш 1

Б)



Г)

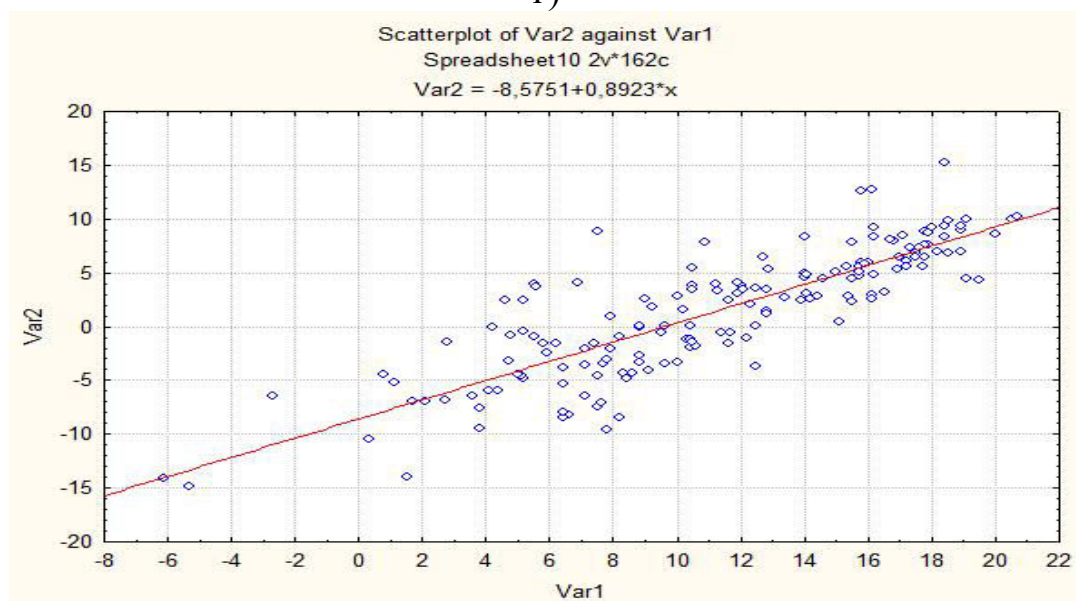


Рисунок 6.195, аркуш 2

сценарієм відзначається в період з 2011 по 2030 рік. Мінімальна різниця між температурами за всі три періоди спостерігається в другій декаді квітня, а максимальна - в першій декаді березня. Найменша різниця відзначається в другій декаді листопаді, де вона в обидва періоди становить 0,5 °С. В цілому, за осінь, найнижчі мінімальні температури спостерігаються з 1986 по 2005 рік для обох станцій [155].



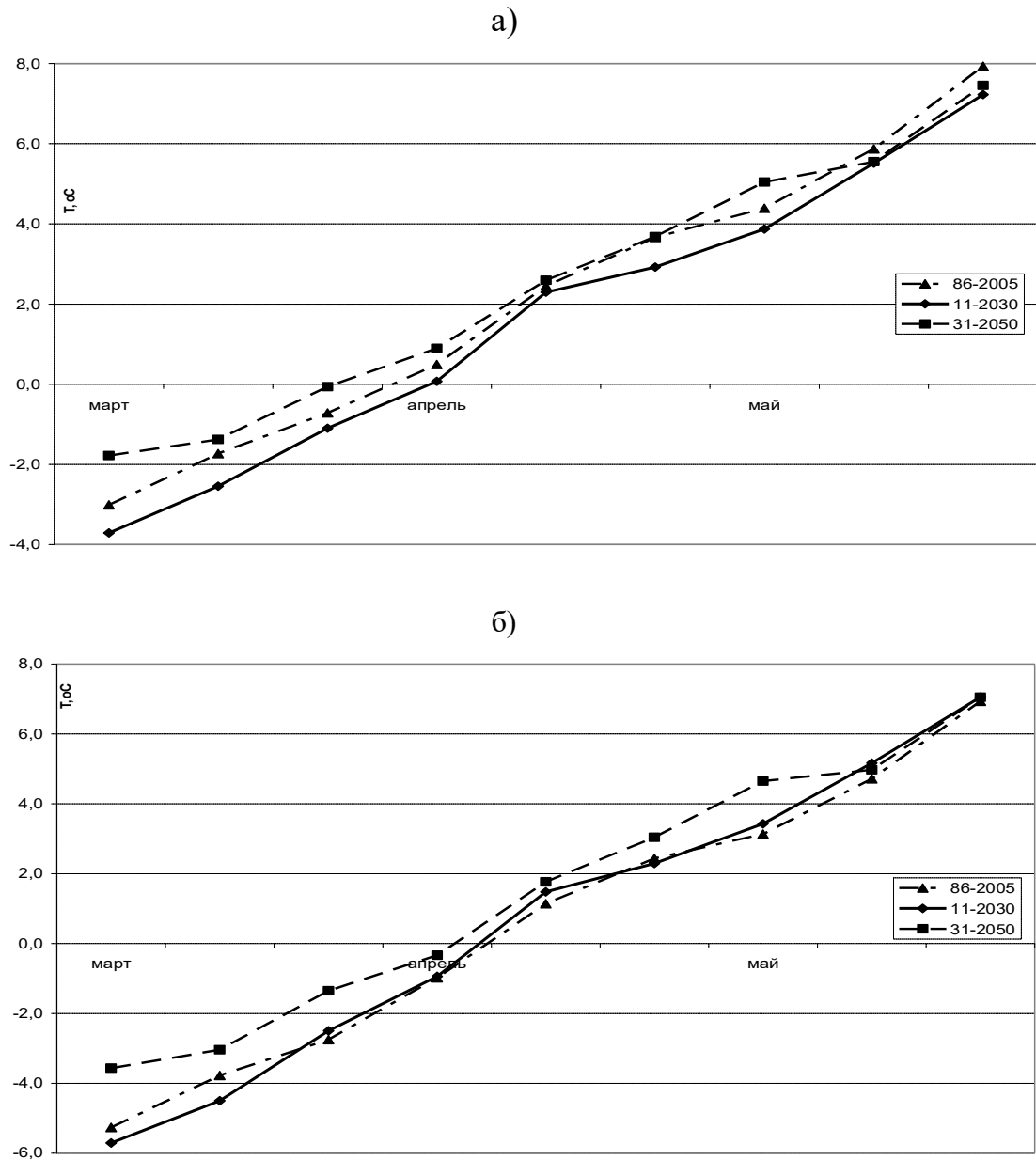


Рисунок 6.196 – Зміна мінімальних температур повітря за сценарієм A1B весною; а) Ізмаїл, б) Сарата (весна)

Результати розрахунків зміни мінімальних температур в весняний заморозконебезпечний період за сценарієм A2 (рис.6.197) практично повторюють результати, отримані з використанням сценарію A1B, з невеликими відмінностями в рівні мінімальних температур.

Восени, за сценарієм A1B (рис. 6.198) так само простежується тенденція до зменшення рівня мінімальних температур за період в 2031-2050рр., порівняно з базовим та періодом 2011-2030рр. Максимальна різниця мінімальних температур на АМС Сарата і Ізмаїл складає 1,5 °С в першій декаді березня, а мінімальна (0,8 °С) - в другій декаді травня. Середня ж їх різниця складає 1,1 °С.

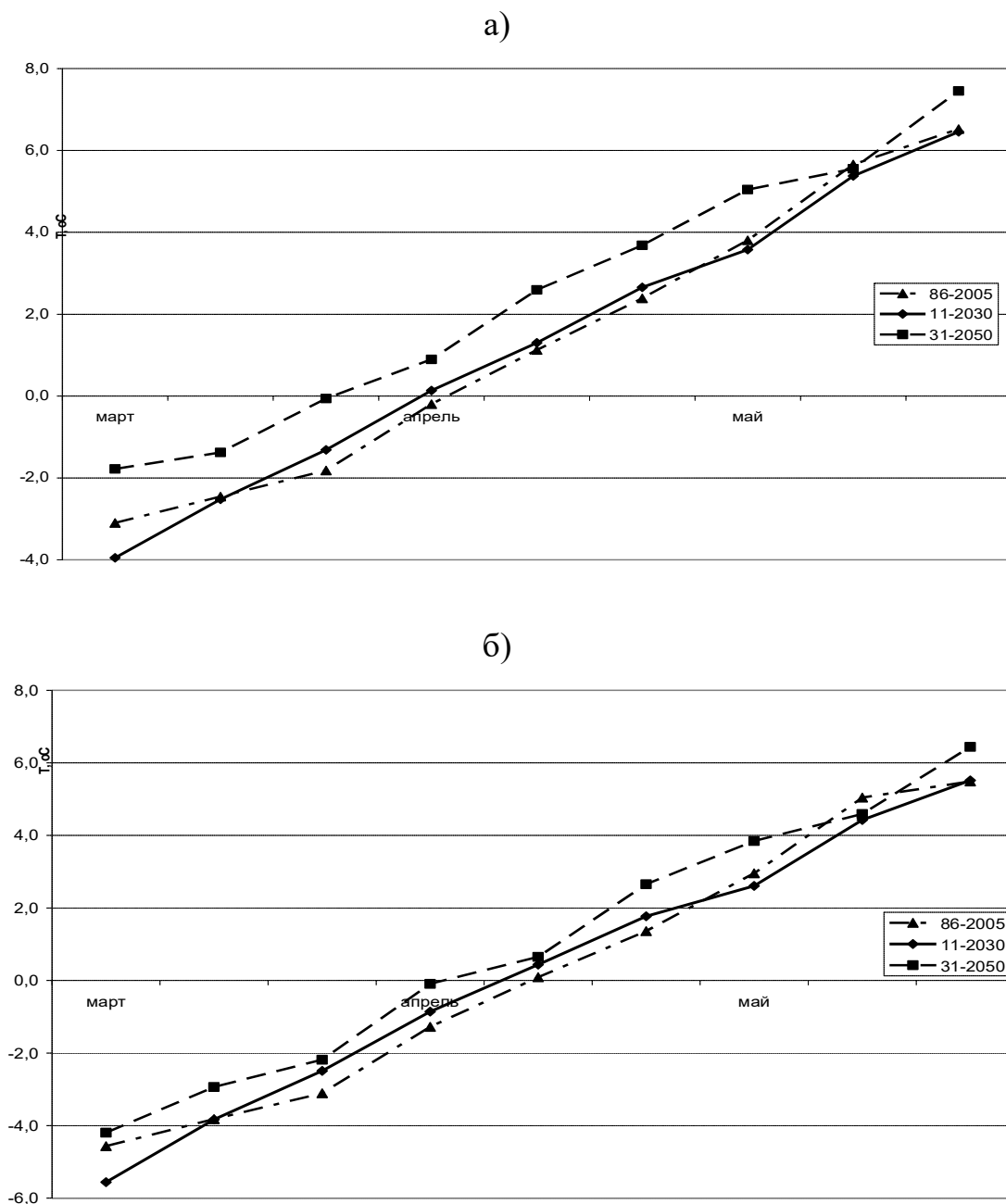


Рисунок 6.197 – Зміна мінімальних температур повітря за сценарієм A2  
весною:  
а) Ізмаїл, б) Сарата

Однак, на станції Сарата відзначається значно нижчі мінімальні температури. Середня їх різниця між станціями склала 2,5 °C, що практично вдвічі перевищує показник весняного періоду. Найбільша різниця в мінімальних температурах на станціях склала 2,6 °C в кінці осені, а найменша (2,2 °C) - в другій декаді вересня.

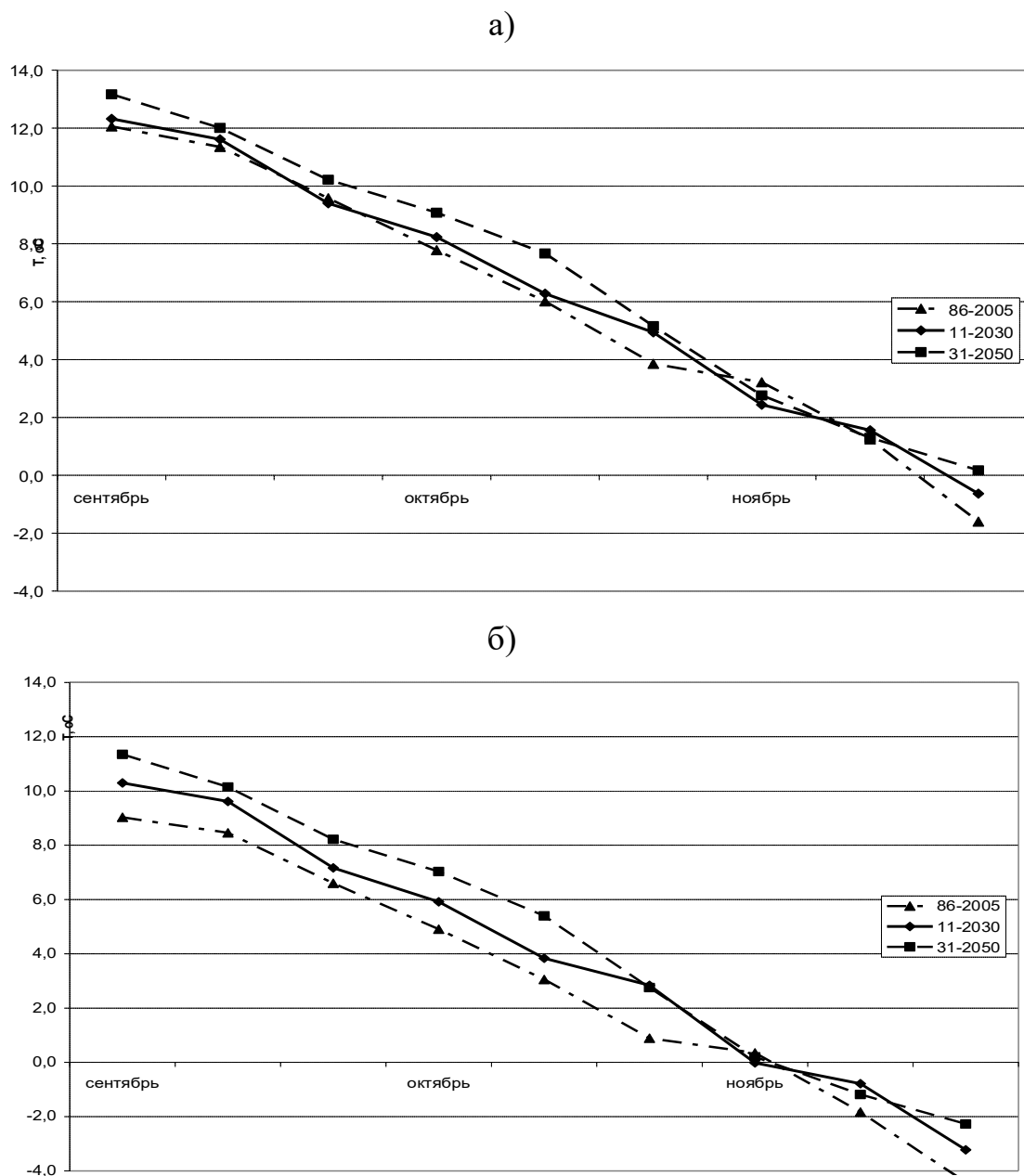


Рисунок 6.198 –Зміна мінімальних температур за сценарієм A1B восени;  
а) Ізмаїл, б) Сарата

Так само, як і за сценарієм A1B, зменшення рівня мінімальних температур за сценарієм A2 (рис. 6.197) спостерігаються в період з 2031 по 2050 рік. Найменша ж різниця між мінімальними температурами за всі три сценарні кліматичні періоди спостерігається в другій декаді квітня, а найбільша - в першій декаді березня, що повторює результати сценарію A1B.

В осінній період, для сценарію A2 (рис. 6.199), середня різниця інтенсивності мінімальних температур становить 2,5 °C. Тут так само відзначається більш холодний рівень мінімальних температур для ст. Сарата

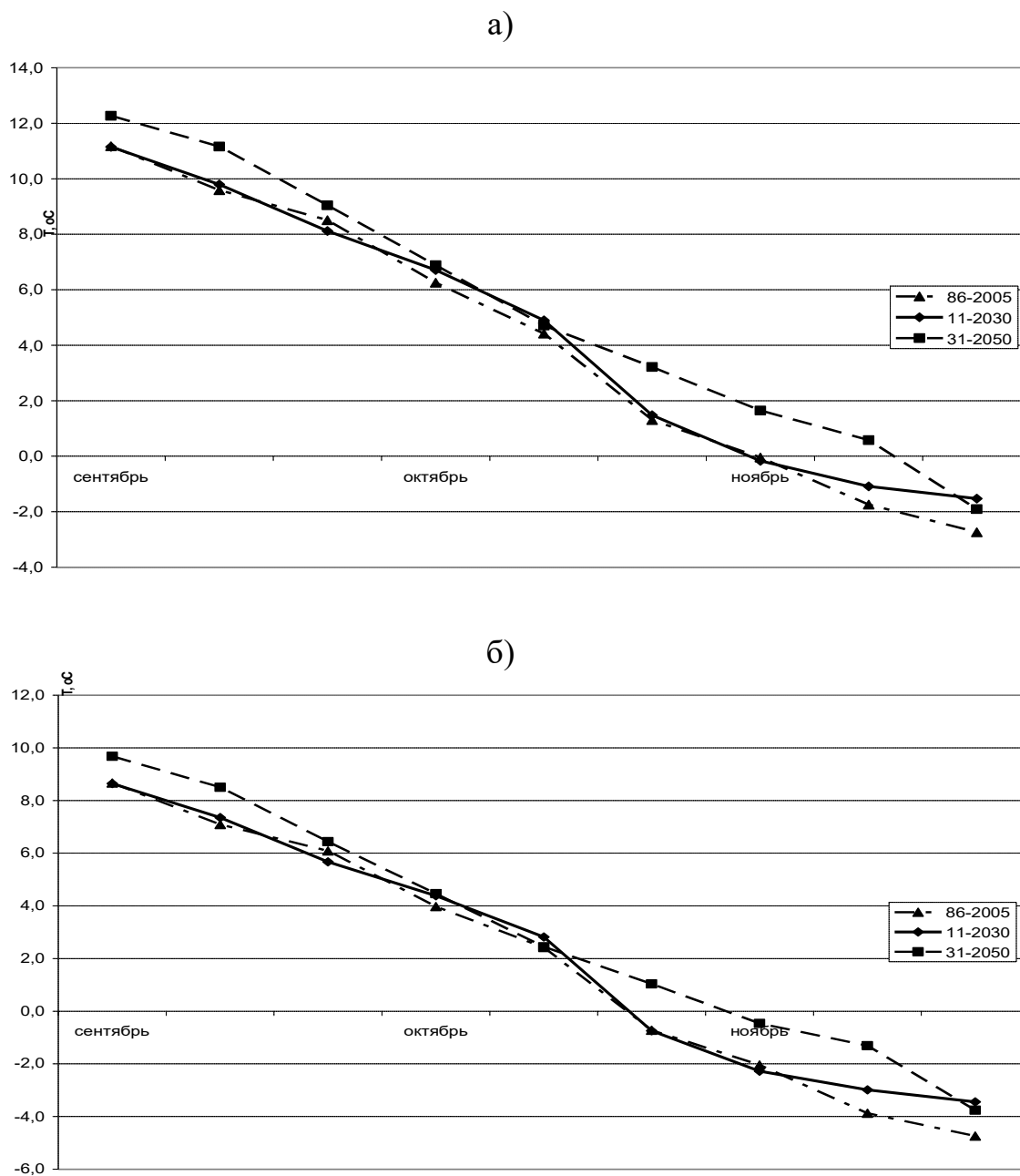


Рисунок 6.199 – Зміна мінімальних температур за сценарієм А2 восени:  
а) Ізмаїл, б) Сарата

Найменша різниця температур на станціях склала 1,9 °С в останній декаді листопада, а найбільша - 2,5 °С за весь вересень. Як і за сценарієм А1В тут теж спостерігається тенденція до зменшення рівня мінімальних температур за період з 2031-2050 рік порівняно з іншими періодами.

За результатами польового експерименту було визначено різницю в рівні мінімальних температур в заморозконебезпечний весняний і осінній періоди у приземному шарі повітря, насамперед, на висотах 50 і 200см. Встановлено, що різниця між мінімальними температурами повітря на висоті

50 і 200см складає -1,5, -2,5 і -3,4 °С.

Базуючись на цих результатах, проведено моделювання зміни мінімальних температур на висотах 50 і 200см від поверхні ґрунту за сценаріями А2 і А1В в базовий період 1986-2005 і в сценарні періоди 2011-2030 і 2031-2050рр. 1986. Для розрахунків використовувалася максимальна різниця мінімальних температур - 3,4 °С (табл.6.73).

Найбільш інтенсивні мінімальні температури як на рівні 2 м від поверхні землі, так і у шарі 0-50 см спостерігаються на станції Сарата, де їх середня різниця зі станцією Ізмаїл складає 1,5 °С. Наочно видно, що найбільш низький рівень мінімальних температур, як за сценарієм А1В, так і за сценарієм А2, відзначається в сценарний період 2031- 2050 рр. Не дивлячись на такі значні зниження температури (максимум складає -7,6 °С) для культури винограду вони не є небезпечними, так як відзначаються в першій декаді березня, за півтора місяця до початку першої фази розвитку - «плачу винограду». Рівень мінімальних температур знижується плавно до кінця осені і зростає без будь-яких стрибків восени. Це повинно сприятливо вплинути на початок росту і розвитку винограду навесні і на «загартування» виноградної куща до кінця його вегетації.

Однак, для періодів 1986-2005 і 2011-2030рр. цей рівень вказує на те, що у шарі повітря 50-200 см, як за сценарієм А1В, так і за сценарієм А2, при такому рівні мінімальних температур є ризики появи небезпечних заморозків у весняний період. В осінній же період, їх ризики появи менш небезпечні для винограду, так як температури, при яких спостерігаються осінні заморозки, відзначаються в третій декаді жовтня і в листопаді, коли виноградна рослина вже проходить підготовку до зими.

Отримані результати розрахунків рівня мінімальних температур, як показника режиму заморозків (інтенсивність заморозку) за різними сценаріями у приземному шарі повітря застосовувалися для розрахунку ризику пошкодження перспективних столових сортів винограду Аркадія і Загадка весняними і осінніми заморозками [156].

Визначення ризиків пошкодження винограду заморозків здійснювалося із застосуванням моделі «умовних ймовірностей» з використанням сценаріїв А1В і А2 для території Північно-Західного Причорномор'я за 2011- 2030 і 2031-2050 рр. на висоті 200 і 50 см від поверхні ґрунту для сортів Аркадія і Загадка в фази «початок сокоруху» і «технічна стиглість» (табл.6.74).

Одержані результати моделювання свідчать про зменшення ризиків пошкодження винограду розглянутих сортів винограду від поточного періоду до 2050 року. Порівняно з 1986-2013 рр., відсоток пошкодження винограду зменшується практично в два рази. Однозначно можна стверджувати про збільшення ризику пошкодження виноградної рослини заморозками в шарі 0-50 см порівняно із шаром 0-200см. Ця різниця в фазу «плач винограду» для ранньостиглого сорту Аркадія за сценарієм А1В варіює від 4-8 до 49-56 % в період 2011-2030 і від 3-4 до 29-34 % в період 2031-2050 рр. Перші цифри

Таблиця 6.73 – Зміна мінімальних температур повітря в заморозконебезпечні весняний (березень-травень) і осінній (вересень-листопад) періоди

а) Ізмаїл																		
Період	березень			квітень			травень			вересень			жовтень			листопад		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Мінімальна температура за сценарієм А1В																		
86-2005	-3,0	-1,7	-0,7	0,5	2,4	3,7	4,4	5,9	7,9	12,1	11,3	9,6	7,8	6,0	3,9	3,2	1,2	-1,6
11-2030	-3,7	-2,5	-1,1	0,1	2,3	2,9	3,9	5,5	7,2	12,3	11,6	9,4	8,2	6,3	4,9	2,4	1,6	-0,6
31-2050	-1,8	-1,4	-0,1	0,9	2,6	3,7	5,0	5,6	7,5	13,2	12,0	10,2	9,1	7,7	5,2	2,8	1,3	0,2
Мінімальна температура за сценарієм А2																		
86-2005	-3,1	-2,5	-1,8	-0,2	1,1	2,4	3,8	5,7	6,5	11,2	9,6	8,5	6,3	4,4	1,3	0,0	-1,7	-2,7
11-2030	-4,0	-2,5	-1,3	0,1	1,3	2,7	3,6	5,4	6,5	11,1	9,8	8,1	6,7	4,9	1,5	-0,2	-1,1	-1,5
31-2050	-2,8	-1,6	-0,9	1,0	1,8	3,5	4,8	5,5	7,4	12,3	11,2	9,0	6,9	4,7	3,2	1,6	0,6	-1,9
Шар 0-50 см																		
Мінімальна температура за сценарієм А1В																		
86-2005	-6,4	-5,1	-4,1	-2,9	-1,0	0,3	1,0	2,5	4,5	8,7	7,9	6,2	4,4	2,6	0,5	-0,2	-2,2	-5,0
11-2030	-7,1	-5,9	-4,5	-3,3	-1,1	-0,5	0,5	2,1	3,8	8,9	8,2	6,0	4,8	2,9	1,5	-1,0	-1,8	-4,0
31-2050	-5,2	-4,8	-3,5	-2,5	-0,8	0,3	1,6	2,2	4,1	9,8	8,6	6,8	5,7	4,3	1,8	-0,6	-2,1	-3,2
Мінімальна температура за сценарієм А2																		
86-2005	-6,5	-5,9	-5,2	-3,6	-2,3	-1,0	0,4	2,3	3,1	7,8	6,2	5,1	2,9	1,0	-2,1	-3,4	-5,1	-6,1
11-2030	-7,4	-5,9	-4,7	-3,3	-2,1	-0,7	0,2	2,0	3,1	7,7	6,4	4,7	3,3	1,5	-1,9	-3,6	-4,5	-4,9
31-2050	-6,2	-5,0	-4,3	-2,4	-1,6	0,1	1,4	2,1	4,0	8,9	7,8	5,6	3,5	1,3	-0,2	-1,8	-2,8	-5,3

Продовження табл.6.73																			
б) Сарата																			
Период	березень			квітень			травень			вересень			жовтень			листопад			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Мінімальна температура за сценарієм A1B																			
86-2005	-5,3	-3,8	-2,7	-1,0	1,1	2,4	3,1	4,7	6,9	9,0	8,5	6,6	4,9	3,1	0,9	0,3	-1,8	-4,4	
11-2030	-5,7	-4,5	-2,5	-0,9	1,5	2,3	3,4	5,2	7,1	10,3	9,6	7,2	5,9	3,8	2,8	0,0	-0,8	-3,2	
31-2050	-3,6	-3,0	-1,4	-0,3	1,8	3,0	4,7	5,0	7,0	11,3	10,1	8,2	7,0	5,4	2,8	0,2	-1,2	-2,3	
Мінімальна температура за сценарієм A2																			
86-2005	-4,6	-3,8	-3,1	-1,3	0,1	1,4	3,0	5,0	5,5	8,7	7,1	6,1	4,0	2,4	-0,7	-2,0	-3,9	-4,7	
11-2030	-5,6	-3,8	-2,5	-0,9	0,4	1,8	2,6	4,4	5,5	8,6	7,4	5,7	4,4	2,8	-0,7	-2,3	-3,0	-3,4	
31-2050	-4,2	-2,9	-2,2	-0,1	0,7	2,7	3,8	4,6	6,4	9,7	8,5	6,4	4,5	2,4	1,0	-0,5	-1,3	-3,8	
У шарі 0-50 см																			
Мінімальна температура за сценарієм A1B																			
86-2005	-8,7	-7,2	-6,1	-4,4	-2,3	-1,0	-0,3	1,3	3,5	5,6	5,1	3,2	1,5	-0,3	-2,5	-3,1	-5,2	-7,8	
11-2030	-9,1	-7,9	-5,9	-4,3	-1,9	-1,1	0,0	1,8	3,7	6,9	6,2	3,8	2,5	0,4	-0,6	-3,4	-4,2	-6,6	
31-2050	-7,0	-6,4	-4,8	-3,7	-1,6	-0,4	1,3	1,6	3,6	7,9	6,7	4,8	3,6	2,0	-0,6	-3,2	-4,6	-5,7	
Мінімальна температура за сценарієм A2																			
86-2005	-8,0	-7,2	-6,5	-4,7	-3,3	-2,0	-0,4	1,6	2,1	5,3	3,7	2,7	0,6	-1,0	-4,1	-5,4	-7,3	-8,1	
11-2030	-9,0	-7,2	-5,9	-4,3	-3,0	-1,6	-0,8	1,0	2,1	5,2	4,0	2,3	1,0	-0,6	-4,1	-5,7	-6,4	-6,8	
31-2050	-7,6	-6,3	-5,6	-3,5	-2,7	-0,7	0,4	1,2	3,0	6,3	5,1	3,0	1,1	-1,0	-2,4	-3,9	-4,7	-7,2	

Таблиця 6.74 - Ризики пошкодження винограду сортів Аркадія і Загадка

а) фаза «Початок сокоруху»				
Сценарій А1В				
2011- 2030 рр.				
	Аркадія		Загадка	
	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %
Ізмаїл	4	43	3	40
Сарата	8	59	4	54
2031-2050рр.				
	Аркадія		Загадка	
	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %
Ізмаїл	4	29	3	62
Сарата	3	35	5	69
Сценарій А2				
2011-2030рр.				
	Аркадія		Загадка	
	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %
Ізмаїл	3	42	2	27
Сарата	7	56	5	34
2031-2050рр.				
	Аркадія		Загадка	
	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %
Ізмаїл	5	21	3	25
Сарата	4	35	3	49
б) «Технична стиглість»				
Сценарій А1В				
2011-2030 рр.				
	Аркадія		Загадка	
	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %
Ізмаїл	-	-	1	30
Сарата	-	-	2	24
2031-2050рр.				
	Аркадія		Загадка	
	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %
Ізмаїл	-	-	1	32
Сарата	-	-	3	39



Продовження табл. 6.74				
Сценарій А2				
2011-2030рр.				
	Аркадія		Загадка	
	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %	У шарі 200см, %	У шарі 50 см, %
Ізмаїл	-	-	-	27
Сарата	-	-	-	34
2031-2050рр.				
	Аркадія		Загадка	
	У шарі 2 м, %	У шарі 50 см, %	У шарі 2 м, %	У шарі 50 см, %
Ізмаїл	-	-	-	15
Сарата	-	-	-	19

відбивають ризики для АМС Ізмаїл, а другі – АМС Сарата. За сценарієм А2 цей показник відповідно змінюється від 3-7 до 42-56 % в період 2011-2030 рр. і від 4-5 до 24-35 % - в період 2031-2050рр.

Для пізньостиглого сорту Загадка ризики пошкодження дещо збільшується і за сценарієм А1В за період 2011-2030 рр. змінюється від 3-4 до 40-54 %, а в період 2031-2050рр. – від 3-5 до 60-69 %. За сценарієм А2 від 2-5 до 27-34 % в перший кліматичний період і від до 25-49 % - в період 2031-2050 рр.

В фазу «технічна стиглість» ризики пошкодження винограду сорту Аркадія відсутні за обома сценаріями в обидва сценарні кліматичні періоди як на висоті 200, так і 50 см. Ризики ж пошкодження сорту винограду Загадка дещо змінюються. Так за сценарієм А1В ризики пошкодження його на висоті 200см не перевищують 1-2 % в період 2011-2030 рр. і 1-3 % - в 2031-2050 рр. На висоті 50см ці величини сягають 30-24 і 32-39 %. За сценарієм А2 ризики пошкодження винограду на висоті 200см відсутні в усі періоди, а на висоті 50см досягають відповідно 27-34 і 15-19 %.

### Висновки

Одержані в процесі досліджень результати свідчать про погіршення агрокліматичних умов традиційної зони виноградарства в Україні і можливе зміщення цієї зони в північні і східні регіони країни. За використаними сценаріями зменшується й можлива продуктивність винограду різних сортів. В традиційній зоні, за інших рівних умов, більш сприятливі умови формуються для сортів винограду, які відзначаються меншою вимогливістю до вологості.

Як позитивний фактор треба відзначити покращення для винограду лімітуючи агрокліматичних факторів, насамперед зниження заморозконебезпечності. Ризики пошкодження виноградників заморозками зменшуються за використаними сценаріями.

## 7 МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОКУ РІЧОК УКРАЇНИ

Водні ресурси визначають стан оточуючого середовища, вони пов'язані із соціальним положенням суспільства і здоров'ям людини [1]. Використання водних ресурсів в Україні є одним з найбільш високих у світі й складає до 100 % техногенного перетворення поверхневих вод й до 10–20 % підземних. Зміни глобального клімату, які спостерігаються на протязі останніх десятиріч, обумовлюють й певні зміни водних ресурсів [2].

Поєднання змін кліматичних умов з існуючими водогосподарськими заходами може привести до перегляду стратегії розвитку промисловості, сільського господарства та природоохоронних заходів в Україні. Кліматичні умови впливають не тільки на формування стоку річок України, а й на окремі складові водогосподарських балансів, значення яких залежать від коливань клімату ( норми зрошування, осушування, тощо). Із зміною клімату можуть змінитися доцільність та допустимі межі масштабів водогосподарських заходів [3].

Гідрологічна вивченість водних ресурсів України недостатня для прийняття науково обґрунтованих рішень по експлуатації та управлінню водогосподарськими системами. Тому перед сучасними науковцями стоїть проблема розроблення методів та методик оцінювання характеристик стоку в природних та порушених антропогенною діяльністю умовах на основі математичних моделей стоку, які дозволяють імітувати стан водних ресурсів в залежності від масштабів водогосподарських перетворень та змін клімату.

Актуальність досліджень обумовлена необхідністю визначення можливого стану водних ресурсів України в умовах змін глобального клімату.

Об'єктом дослідження є водні ресурси України, *предметом* – характеристики водних ресурсів в умовах змін клімату.

Метою дослідження є установлення характеристик стоку різних географічних зон України за сценаріями глобального потепління на основі математичного моделювання.

Основним методом досліджень є метод водно-теплогового балансу. На базі цього методу за даними кліматичних сценаріїв визначаються характеристики річного стоку та його внутрішньорічний розподіл.

Новизна роботи полягає у застосуванні моделі “клімат-стік” до визначення стоку за даними сценарію A1B та A2. Базисом є кліматичний стік, визначений за станом кліматичних умов до початку суттєвих змін водного режиму річок України в результаті глобального потепління. За даними В.В.Гребіня переломним роком, коли були установлені статистично значущі зміни температур повітря для території України є 1989 рік [4]. Розрахунки виконувались за періоди 1986-2005 рр.; 2011-2030 рр.; 2031-2050 рр.

## 7.1 Огляд сучасного стану проблеми

Для оцінки впливу змін клімату на річковий стік у майбутньому використовують дві стратегії. Згідно із першою, розглядаються коливання кліматичних чинників формування стоку, за якими робляться висновки про коливання водності, тобто відбувається прогноз змін водних ресурсів за виявленою тенденцією. Згідно із другою стратегією дані кліматичних сценаріїв використовуються у моделях формування стоку.

Прикладом першої стратегії є введення поправок та поправкових коефіцієнтів, які відображають вплив змін клімату на стік, у існуючі розрахункові формули стоку. При дослідженнях характеристик максимального стоку Лівобережного Дніпра (рр. Сейм, Десна, Псел, Ворскла), виконаних Ж.Р. Шакірзановою [5], виявлені статистично значущі убутні тренди у коливаннях максимальних глибин промерзання ґрунту, максимальних запасів води у сніговому покриві, шарів стоку весняного водопілля та максимальних витрат води. Виявлено, що дати початку весняного водопілля зсуваються з кінця березня (30-ті роки минулого сторіччя) на середину лютого (початок ХХІ сторіччя). При цьому у багаторічних коливаннях середніх місячних температур повітря відмічається додатний тренд (1945-2010рр.). Для урахування змін кліматичних чинників формування весняного водопілля приток лівобережного Дніпра Ж.Р.Шакірзановою рекомендовані спеціальні поправкові коефіцієнти, які відображають зміни водності весняного водопілля. Останні рекомендується вводити до розрахункових та прогнозних характеристик максимальних витрат та шарів стоку за період весняного водопілля, що установлені на основі використання середньої багаторічної величини максимального стоку  $q_0$ , визначеної за даними минулих років. Подібний підхід був застосований О.І. Лук'янець та В.О. Балабух для оцінки характеристик річкового стоку Закарпаття [6] Авторами використовувались установлені за даними минулих років статистичні залежності між характеристиками стоку та метеорологічними показниками. Насамперед, був зроблений акцент на чутливість стоку до змін температури повітря й опадів. Найбільш тісні зв'язки установлені для теплого періоду. У холодний період коефіцієнти кореляції між характеристиками стоку та опадами зменшуються. На основі регіональної моделі REMO-ECHAMS для сценарію A1B було отримано, що зменшення середнього річного стоку на 2021-2050 рр. становитиме 2-3% у порівнянні із періодом 1961-1990рр. Стік у теплий період зменшиться на 20-25% за рахунок зростання температур повітря. Стік холодного періоду, навпаки, збільшиться на 10-18% у зв'язку із зростанням опадів. Отримані результати підтверджуються дослідженнями змін гідрометеорологічних характеристик Закарпаття у сучасності [7] при порівнянні із даними після

1989 року, яке показало, що зміни стоку Закарпаття залежать від режиму опадів. Установлено, що влітку стік річок Закарпаття зменшився на 18% за рахунок зменшення опадів (10% ) та зростання температури повітря на  $1,4^{\circ}\text{C}$ . Збільшення стоку восени на 13-24% відповідає збільшенню опадів у цей сезон на 20%. Річний стік при цьому змінився несуттєво.

На теперішній час до розрахунків стоку річок в умовах глобального потепління залучаються математичні моделі стоку, на вході яких використовується метеорологічна інформація. Саме такі моделі придатні для розрахунків і прогнозів змін водних ресурсів за даними сценаріїв глобального потепління. Певну проблему використання сучасних математичних моделей формування стоку становить недостатня роздільна здатність моделей. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океану, які в більшості своїх реалізацій мають роздільну здатність  $2,5^{\circ}\times 2,5^{\circ}$ , не можуть бути використані для досліджень регіональних особливостей кліматичних змін в Україні, оскільки у такому випадку на її територію припадає приблизно 15 вузлів координатної сітки. Тому моделі повинні мати роздільну здатність на порядок вищу, тобто горизонтальні кроки сітки для розрахунків із задовільною точністю мають бути 20-50 км. Таку роздільну здатність є характерною для сучасних гідростатичних моделей прогнозу погоди та клімату. Ще однією вимогою до математичних моделей є можливість розрахунків з різними початковими та граничними даними, а також наявність відносно вільного доступу до цих даних, бажано в мережі Інтернет.

Найбільш сучасними є гідрологічні моделі із розподіленими параметрами, які включають до себе метеорологічні характеристики та характеристики водозбору [8]. Ці моделі дозволяють отримувати ряди поверхневого, підземного стоку, показників якості вод. Основними вхідними даними є матеріали по дощовим опадам або запасам води у сніговому покриві. Європейська гідрологічна система є прикладом гідродинамічної системи з розподіленими параметрами. Вона являє собою систему диференціальних рівнянь, представлених у частинних похідних, які описують процеси, що відбуваються на басейні [9].

На протязі 2012-2014 рр. в Одеському державному екологічному університеті (ОДЕКУ) виконувалась науково-дослідна робота, в якій об'єктом досліджень був Тилігульський лиман: проект 7-ої Рамкової Програми ЄС «Комплексне управління водними ресурсами і прибережною зоною в Європейських лагунах в умовах змін клімату» (FP7-ENV-2011 № 283157 “Integrated water resources and coastal zone management in European lagoons in the context of climate change – Lagoons”). В цьому проекті використовувалась еко-гідрологічна модель SWIM, яка описує взаємодію води й підстильної поверхні [10]. Вона була розроблена на основі двох моделей: SWAT [11] і MATSALU [12]. Модель підходить для розрахунків гідрологічних процесів, рослинності, ерозії і поживних речовин в мезо- та макромасштабних річкових басейнах з площею від  $100\text{ км}^2$  до  $200\,000\text{ км}^2$ .

SWIM є напів-розподіленою еко-гідрологічною моделлю, яка включає до себе математичний опис фізичних, біохімічних і гідрохімічних процесів та спирається на деякі концептуальні та напівемпіричні елементи [13]. SWIM має трьохрівневу схему поділу: басейн - суббасейн – гідротоп (гідротоп - набір одиниць в одному суббасейні, які характеризуються однаковим землекористуванням та типом ґрунту). Передбачається, що ці гідротопи характеризуються рівномірною поведінкою процесів, пов'язаних із гідрологією, рослинністю і поживними речовинами. Перш ніж ці процеси агрегуються на рівні суббасейна, вони розраховуються на рівні гідротопів із добовим кроком. Кліматичні параметри приймаються однаковими на рівні суббасейна. Як і данні про управління, вони є зовнішніми драйверами для моделі.

Модель SWIM була розроблена у Потсдамському інституті досліджень впливу клімату (PIK). Здатність моделі адекватно моделювати гідрологічні процеси, динаміку поживних речовин, урожайності та ерозії була ретельно протестована та підтверджена на багатьох річкових басейнах протягом останніх 15 років. SWIM все ще розробляється далі. Нові модулі вводяться в модель (наприклад, модуль льодовик), інші модулі посилюються в цілях покращення якості моделювання (наприклад, модуль зростання сільськогосподарських культур або модуль динаміки водно-болотних угідь). Розробляються модулі управління водними ресурсами (зрошення, ставки або штучні резервуари) відповідно до конкретної мети дослідження. SWIM був застосований до водозборів різних розмірів, по-перше в Німеччині, а потім і в інших європейських країнах, а також для річкових басейнів в Африці, Азії і Південній Америці. Більшість результатів в плані продуктивності моделювання були задовільними [14].

Кліматичні параметри в моделі є важливими чинниками. Вони визначаються за даними реальних кліматичних станцій, розташованих у межах та навколо області дослідження. Ці реальні виміри кліматичних чинників інтерполюються до центрів тяжіння всіх суббасейнів досліджуваного району. Для кожного суббасейна надається щоденна інформація про мінімальну, максимальну і середню температури [ $^{\circ}\text{C}$ ], кількість опадів [мм], сонячну радіацію [Дж /  $\text{cm}^2$ ] та відносну вологість повітря [%], припускаючи сталість кліматичних параметрів у межах одного суббасейна.

Недоліком такої моделі є вимога до значної щільності розташування кліматичних станцій: не нижче, ніж одна станція на  $100 \text{ km}^2$ . Навряд чи можна домогтися досить задовільних результатів моделювання в областях з малою кількістю доступних кліматичних станцій. У разі відсутності інформації про кількість опадів на водозборі, важко передати їх динаміку у вихідній інформації.

У інституті проблем математичних машин і систем НАН України (м.Київ) для розрахунків стоку використовувались методи динамічної та

статистичної деталізації (даунскелинка) даних моделей загальної циркуляції (МЗЦ). Завдяки статистичному даунскелінгу полів опадів, виникає можливість використання розподілених гідрологічних моделей до прогнозування стоку за сценаріями глобального потепління [15]. У цьому методі статистично оброблюються добові суми опадів, які спостерігались на метеорологічній станції, та за даними МЗЦ [16]. Надалі отримується функція переходу, за якою коректуються дані, отримані за кліматичною моделлю. Саме цим шляхом були визначені дані про опади по Карпатським станціям для періоду 2011-2040 рр. , для сценарію А2 (модель RСА3). Було показано, що частота появи 100-літніх (екстремальних) опадів в Українських Карпатах зросте у зазначений період у два рази. При застосуванні методів даунскелінга до полів опадів при розрахунках рівнів та витрат р.Уж поля опадів були представлені із роздільною здатністю у 1 км [17].

Найчастіше при оцінці впливу змін клімату на водні ресурси використовуються балансові моделі, а саме моделі водного та водно-теплого балансу, у яких сумісно розглядаються складові як водного балансу водозбору, так і теплового балансу підстильної поверхні. Справа у тому, що рівняння водного балансу містить у собі спільну складову – випаровування з поверхні суші, яке визначається, насамперед, температурами повітря. Підхід до визначення випаровування, запропонований французьким вченим L. Turk (1954), був успішно розвинутий польським гідрологом Z. Kaszmarek (1993), та запроваджений до розрахунків змін водних ресурсів України проф. Київського Національного Університету імені Тараса Шевченка Сніжко С.І. [18] за сценарієм А1В (модель REMO). Для досліджень було обрано 18 репрезентативних водних об'єктів (водозборів), розташованих у межах однієї географічної зони. Слід зазначити, що при цьому річки Північно-Західного Причорномор'я не розглядались. Автори отримали, що до 2020р. очікується збільшення водності особливо на півдні та сході. З 2020 по 2040рр. зменшення стоку можливе на річках Південний Буг (-27,2 %), Рось (-23,4 %), Самара (-98,8 %). У наступний період (2041-2080рр.) водність більшості річок прогнозується значно менше “базової”, а у 2081-2100рр. – відбудеться руйнація водних ресурсів у лісостепу та безповоротна руйнація річок у зоні степу. Найменші зміни будуть характерні для річок Карпат та лісової зони [19] . Пізніше за цією ж моделлю була представлена карта ізоліній шарів стоку для різних часових періодів ХХІ сторіччя.

У Одеському державному екологічному університеті під керівництвом проф. Є.Д. Гопченка та проф. Лободи Н.С. на протязі останніх десятиріч розроблялася модель “клімат-стік”, яка дозволяє виконувати розрахунки стоку за метеорологічними даними [20]. Спочатку розроблення такої моделі було актуальним через значну трансформацію стоку річок України водогосподарською діяльністю та нестачу даних спостережень за стоком як у природних, так і порушених водогосподарською діяльністю умовах на півдні

України [21]. Починаючи з 80-х років минулого сторіччя актуальність, теоретична і практична значущість моделі посилилася внаслідок додавання до антропогенних перетворень такого чинника як зміни глобального клімату [22]. Модель була калібрована та апробована на матеріалах про стік річок різних географічних зон України, є чутливою до змін кліматичних чинників, дозволяє із задовільною точністю оцінювати зональний стік та вплив підстильної поверхні, включаючи водогосподарські перетворення [23,24,3].

Методики розрахунків природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) стоку та побутового річного стоку при відсутності даних гідрологічних спостережень, отримані в результаті застосування моделі “клімат-стік”, увійшли до нової редакції нормативних документів ДБН В.2.4-Х:201Х «Визначення розрахункових гідрологічних характеристик» України та ДБН “Определение гидрологических характеристик для условий республики Молдова. СР D.01.05-2012” [25].

## 7.2 Теоретичні основи моделювання водних ресурсів за моделлю “клімат-стік”

Модель “клімат-стік” складається з двох частин. Перша частина дозволяє виконувати оцінку природного річного стоку на основі метеорологічних даних, друга – оцінку побутового (перетвореного водогосподарською діяльністю) стоку. На вході у першу частину моделі використовуються метеорологічні дані, у другу – природний (непорушений водогосподарською діяльністю) річний стік та кількісні показники водогосподарських перетворень. Математичною базою першої частини є рівняння водно-теплогового балансу водозбору, другої – рівняння водогосподарського балансу водозбору, представлене у стохастичній (ймовірнісній) формі. Розглядається ланцюг послідовностей формування стоку: «клімат → кліматичний стік → підстильна поверхня → природний стік → водогосподарські перетворення → побутовий стік». Таким чином, вивчається та моделюється робота водогосподарської системи, яка підлягає зовнішнім (кліматичним) та внутрішнім (водогосподарським) впливам й певним чином реагує на цей вплив. У моделі використовується поняття «кліматичний стік», тобто стік, обумовлений кліматичними чинниками й розрахований за метеорологічними даними.

Перша (кліматична) частина моделі базується на рівнянні водно-теплогового балансу ділянки суші у модифікації В.С. Мезенцева [26], диференціальна форма якого записується наступним чином

$$\frac{\partial \beta_E}{\partial \beta_H} + \frac{\partial \beta_Y}{\partial \beta_H} = 1, \quad (7.1)$$

де  $H$  - характеристика ресурсів зволоження, під якою розуміють опади  $X$ , що випадають за розрахунковий період, та зміни  $w_1 - w_2$  запасів вологи в ґрунті, тобто  $H = X + w_1 - w_2$ ;

$\beta_E, \beta_H, \beta_Y$  - складові рівняння водного балансу представлені у відносних одиницях);

$E$  - випаровування з поверхні суші;

$Y$  - стік води.

Величини  $\beta_E, \beta_H, \beta_Y$  представляють собою відношення складових рівняння водного балансу до характеристики теплоенергетичних ресурсів клімату  $E_m$

$$\beta_H = \frac{H}{E_m}; \beta_E = \frac{E}{E_m}; \beta_Y = \frac{Y}{E_m}. \quad (7.2)$$

Сутність версії методу водно-теплого балансу, представленої В.С. Мезенцевим [27], полягає у розділенні теплового балансу підстильної поверхні на прибуткову та видаткову складові. Прибуткова частина розглядається як граничні ресурси енергії ("теплоенергетичні ресурси клімату"), що забезпечують процес випаровування у визначених кліматичних умовах. Теплоенергетичний еквівалент  $E_m$  є величиною, яка за своїм фізичним змістом близька до поняття випаровуваності або максимально можливого випаровування ( $E_0$ ), що різними авторами визначалося як верхня межа випаровування, але інтерпретувалося по-різному: "випаровування зі зволоженої поверхні" (М.І.Будико); "випаровування з водної поверхні при тому ж комплексі метеорологічних умов, що й над сушею" (М.А.Багров); "випаровування для полів, вкритих рослинністю, коли вологість ґрунту близька до найменшої польової вологості" (А.Р.Константинов).

Величина  $E_m$  входить до прибуткової частини теплового балансу ділянки суші й добуток  $LE_m$  розглядається як граничні ресурси енергії, які забезпечують процес випаровування з поверхні суші у визначених кліматичних умовах

$$LE_m = R^+ + P^+ + (B_1 - B_2), \quad (7.3)$$

де  $R^+$  - позитивна (прибуткова) частина радіаційного балансу;

$P^+$  - позитивна складова турбулентного теплообміну або тепло, що приходить на ділянку суші в зв'язку з рухом повітря, тобто адвективне тепло;

$B_1 - B_2$  - зміна запасів тепла в діяльному шарі ґрунту (теплообмін у ґрунті  $\Delta B$ );

$L$  - приховане тепло пароутворення;



$LE$  - витрата тепла на випар.

Величина  $E_m$  має назву “теплоенергетичний еквівалент” або “максимально можливе випаровування” і являє собою шар води, який міг би випаритися з поверхні суші, якби на процес випаровування були витрачені усі теплоенергетичні ресурси клімату  $LE_m$  [28]

$$E_m = \frac{R^+ + P^+ + (B_1 - B_2)}{L} . \quad (7.4)$$

На відміну від інших підходів до визначення максимально можливого випаровування цей підхід надає однозначності визначенню величини  $E_m$ .

Граничні умови складових рівняння (7.1) записуються наступним чином

$$0 \leq \beta_E \leq 1 \text{ при } 0 \leq \beta_H \leq \infty \text{ та } 0 \leq \beta_Y \leq \beta_H \leq \infty . \quad (7.5)$$

Після наближеного розв’язку (7.1) частинне рівняння зв’язку між складовими водного та теплового балансів записується у такий спосіб

$$\beta_E = (1 + \beta_H^{-n})^{-\frac{1}{n}} , \quad (7.6)$$

де  $n$  - параметр, що інтегрує вплив фізико-географічних умов формування стоку й визначається коефіцієнтом стоку у оптимальних умовах тепло- вологозабезпеченості.

Результати досліджень [29,30] показали, що при розрахунках норм річного стоку достатньо використовувати  $n = 3$  як у гірських, так і рівнинних умовах його формування.

З урахуванням позначень (7.2), визначення випаровування з поверхні суші можна виконувати за рівнянням, отриманим із (7.6)

$$E = E_m \left[ 1 + \left( \frac{H}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}} . \quad (7.7)$$

Тоді рівняння водного балансу ділянки суші ( $H = E + Y$ ) набуде виду

$$H = Y + E_m \left[ 1 + \left( \frac{H}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}} . \quad (7.8)$$

Рівняння (7.8) містить складову, яка входить як у тепловий баланс земної поверхні, так і у рівняння водного балансу. Цією складовою є випаровування з поверхні суші  $E$ , у зв'язку з чим вираз (7.8) отримав назву рівняння водно-теплого балансу.

Рівняння водно-теплого балансу, виражене відносно величини стоку  $Y$ , можна представити в такий спосіб

$$Y = H - E_m \left[ 1 + \left( \frac{H}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}. \quad (7.9)$$

З урахуванням  $H = X + w_1 - w_2$ , рівняння водно-теплого балансу записується у виді

$$Y = X + w_1 - w_2 - E_m \left[ 1 + \left( \frac{X + w_1 - w_2}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}. \quad (7.10)$$

Різниця  $w_1 - w_2$ , яка представляє собою змінення вологовмісту розрахункового шару ґрунту, приймає істотні додатні та від'ємні значення усередині року (місяці, декади) і в окремі роки (групи років).

Для багаторічного періоду, коли виконується умова

$$w_1 - w_2 = 0, \quad (7.11)$$

рівняння водно-теплого балансу набуває виду

$$\bar{Y} = \bar{X} - \bar{E}_m \left[ 1 + \left( \frac{\bar{X}}{\bar{E}_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (7.12)$$

де  $\bar{Y}, \bar{X}, \bar{E}_m$  - середні багаторічні величини (норми) річного стоку, опадів та теплоенергетичного еквівалента, відповідно.

Норма річного стоку  $\bar{Y}$ , визначена за (7.12), обумовлюється кліматичними факторами – нормою річних опадів  $\bar{X}$  й максимально можливого випаровування  $\bar{E}_m$ , які підкоряються закону географічної зональності та можуть бути представлені у вигляді карти ізоліній. Таким

чином, розраховані при постійному  $n$  величини стоку залежать від співвідношення показників ресурсів вологи  $\bar{X}$  та тепла  $\bar{E}_m$  й відображають їхню взаємодію і через те отримали назву “кліматичного” стоку ( $\bar{Y}_K$ ).

У Одеському держаному екологічному університеті під керівництвом проф. Є.Д. Гопченка та проф. Н.С. Лободи було розроблено метод визначення характеристик природного річного стоку на основі реалізації водно-теплого балансу для території України [31]. В результаті були побудовані карти ізоліній норм річних опадів, максимально можливого випаровування та кліматичного стоку для рівнинних територій на топографічній основі 1:500000, а також регіональні залежності цих характеристик від висоти місцевості для гірських територій (Українські Карпати та Гірський Крим). Установлено, що норми річного кліматичного стоку відповідають нормам зонального стоку річок.

За розрахунками кліматичного стоку по даним минулих років (1951-1980 рр.) були отримані залежності, які описують зв'язки між багаторічною мінливістю (коефіцієнтом варіації  $C_V$ ) річного стоку та нормою кліматичного стоку. Для визначення коефіцієнта асиметрії  $C_S$  було виконане районування відношення  $C_S/C_V$ . Проведені просторо-часові узагальнення характеристик річного стоку, визначених за метеорологічними даними, відкривають можливості розрахунків характеристик річного природного стоку як за багаторічний період, так і у роки різної водності для річок з відсутністю даних спостережень або при значній трансформації їхнього стоку водогосподарською діяльністю [32].

Згідно із цим формулюванням максимально можливе випаровування визначається за даними актинометричних станцій, яких у середині минулого сторіччя на території України та Молдови було 19. Пізніше по результатах розрахунків за даними актинометричних станцій були отримані емпіричні залежності, які показують зв'язок між величинами  $E_m$  та температурами повітря. Формули, наведені нижче, описують залежності  $\bar{E}_m$  від сум температур повітря, розроблені для території України Є.Д. Гопченком та Н.С.Лободою [33]

$$\bar{E}_m = 0,224 \sum \bar{T}_{>10} + 226, r = 0.91; \quad (7.13)$$

$$\bar{E}_m = 0,209 \sum \bar{T}_{>0} + 179, r = 0.87, \quad (7.14)$$

$$\bar{E}_m = 13,3 \sum_V^{IX} \bar{T}_M - 307, r = 0.94; \quad (7.15)$$

де  $\sum_V^{IX} \overline{T_M}$  - сума норм середньомісячних температур повітря за літній

період (із травня по вересень, включно);

$\sum T_{>10}$  - сума температур повітря більше  $10^{\circ}\text{C}$ ;

$\sum T_{>0}$  - сума температур повітря більше  $0^{\circ}\text{C}$ .

Апробація моделі "клімат – стік" як способу визначення характеристик природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) річного стоку була виконана на базі даних про річний стік водозборів різних природних зон України [22], а також на даних великих річок [34]. Установлено, що точність визначення статистичних параметрів річного стоку за описаною моделлю знаходиться у межах точності розрахунків цих параметрів за даними гідрометричних спостережень.

### 7.3 Теоретичні основи моделювання водних ресурсів за сценаріями глобального потепління на основі моделі “клімат-стік”

Зміни кліматичних характеристик, обумовлені глобальним потеплінням унаслідок збільшення концентрації парникових газів неминуче приведуть до перерозподілу водних ресурсів як у часі, так і в просторі. Кліматичний стік, величини якого залежать від співвідношення ресурсів вологи та тепла

( $\beta_H = \frac{H}{E_m}$ ), найкращим чином відображає зміни клімату. Визначення норм

кліматичного річного стоку, який в інтегральній формі характеризує поверхневі водні ресурси, відбувається за (7.12). У складові рівняння входять норми опадів та максимально можливого випаровування, які устанавлюються за даними кліматичних сценаріїв.

Рівняння водно-теплогового балансу ділянки суші в умовах глобального потепління для замкненого водозбору представляється у такому вигляді

$$\bar{Y}'_K = (\bar{X} \pm \Delta\bar{X}) - \bar{E}'_m \left[ 1 + \left( \frac{\bar{X} \pm \Delta\bar{X}}{\bar{E}'_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (7.16)$$

де  $\bar{Y}'_K$  - середня багаторічна величина кліматичного річного стоку в умовах змін регіонального клімату, мм;

$\bar{E}'_m$  - середня багаторічна величина максимально можливого випаровування в умовах змін регіонального клімату, мм;

$\bar{X}$  - вихідна норма річних опадів, мм;

$\bar{E}_m$  - вихідна норма максимально можливого випаровування, мм;

$\Delta\bar{X}$  - зміни норм річних опадів, мм.

Числові експерименти, виконані на основі рівняння водно-теплогового балансу (7.12), показали, що зміна норм кліматичного стоку стає значущою, тобто перевищує точність розрахунку даної величини, при зміні річних опадів на  $\pm 3,5\%$  або при зміні сум середньомісячних температур повітря за період червень-серпень на  $\pm 2,5^\circ\text{C}$  [35]. Передбачувані сценаріями зміни метеорологічних характеристик перевищують зазначені межі й, отже, модель “клімат-стік” може успішно застосовуватись при прогнозуванні стану водних ресурсів України за різними сценаріями змін глобального клімату.

Описаний підхід був застосований до визначення середніх багаторічних характеристик стоку за сценаріями ВМО, адаптованими до території України [23].

У сучасних математичних моделях загальної циркуляції атмосфери і океану, які пов'язуються із типом розвитку суспільства, надається просторовий розподіл метеорологічних даних у вузлах регулярної сітки, яка з роками стає більш детальною. За обраними сценаріями для кожного вузла відбираються дані про середні місячні опади, температури повітря по місяцях та вологість ґрунту. Така інформація дозволяє виконувати розрахунки стоку по місяцях та сезонах з використанням рівняння водно-теплогового балансу виду (7.10), яке для умов змін клімату прийме вигляд

$$Y'_K = X' + (w_1 - w_2)' - E'_m \left[ 1 + \left( \frac{X' + (w_1 - w_2)'}{E'_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (7.17)$$

де  $\bar{Y}'_K$  - величина кліматичного стоку за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм;

$E'_m$  - величина максимально можливого випаровування за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм;

$X'$  - сума річних опадів за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм;

$(w_1 - w_2)'$  - зміна запасів води у ґрунті за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм.

Величина  $\bar{E}'_m$  розраховується за (7.15) із використанням середніх місячних температур повітря, наведених у сценаріях.

Проблема розрахунків кліматичного стоку за внутрішньорічні інтервали часу на базі (7.17) полягає у урахуванні процесу накопичення запасів води на водозборі за зимовий сезон та подальшої їх участі у

формуванні весняного водопілля. Більша частина твердих опадів зимового сезону накопичується на водозборі до початку танення снігового покриву і формує поверхневий стік весняного водопілля, а також стік межені за рахунок поповнення водоносних горизонтів інфільтраційними водами. З метою установлення внеску опадів зимового сезону за даними минулих років було виконане співставлення значень кліматичного та фактичного стоку по сезонах і місяцях у різні за водністю роки. Як опорний вибирався водозбір з стійким підземним живленням та незначним впливом водогосподарської діяльності. Шляхом оптимізаційних розрахунків визначалися частки опадів зимового сезону, які мали бути перенесеними на весняний сезон у багатоводні, маловодні та середні за водністю роки для отримання задовільного збігу фактичних та розрахованих величин стоку (табл.7.1, 7.2). Установлено, що для середнього за водністю року (правобережжя України) 40% опадів не приймають участі у формуванні стоку зимового сезону. Проте, тільки 60% від “відібраних” зимових опадів зумовлюють стік сезону весна. У маловодні роки, через відлиги та малу кількість накопичених на водозборі запасів води у снігу перед початком сніготанення, “переніс” опадів зимового сезону на весняний не відбувався.

Таблиця 7.1 – Частки опадів, які переносяться із зимового сезону на весняний і приймають участь у формуванні стоку весняного сезону (багатоводний рік)

Сезон	Правобережна Україна		Лівобережна Україна	
	Ліс, лісостеп	Степ	Ліс, лісостеп	Степ
весна	0,50	1,00	0,65	1,0
літо	0,00	0,00	0,00	0,00
осінь	0,00	0,00	0,00	0,00
зима	0,55	0,30	0,55	0,30

Таблиця 7.2 – Частки опадів (%), які переносяться із зимового сезону на весняний і приймають участь у формуванні стоку весняного сезону (середній за водністю рік)

Сезон	Правобережна Україна		Лівобережна Україна	
	Ліс, лісостеп	Степ	Ліс, лісостеп	Степ
весна	0,60	0,00	0,60	0,50
літо	0,00	0,00	0,00	0,00
осінь	0,00	0,00	0,00	0,00
зима	0,40	0,15	0,30	0,20

Для розрахунків за (7.17) необхідні дані не тільки про річну величину  $E'_{m,pik}$ , а й про її розподіл по місяцям року. Величина максимально

можливого випаровування  $E'_{m,pik}$  обчислювалися для кожного року за сценарними даними про температури повітря із використанням (7.15). Розподіл максимально можливого випаровування по місяцях визначався у частках від річного значення  $E'_{m,pik}$  пропорційно внутрішньорічному розподілу дефіциту вологи у повітрі [28,33]

$$E'_{m,i} = E'_{m,pik} \frac{d_i}{\sum_{i=1}^{12} d_i}, \quad (7.18)$$

де  $E'_{m,i}$  - максимально можливе випаровування для кожного розрахункового місяця або сезону;

$E'_{m,pik}$  - річне значення максимально можливого випаровування;

$d_i$  - значення дефіциту вологи у повітрі.

Оскільки у сценаріях глобального потепління відсутні матеріали про дефіцит вологи у повітрі, для кожного із вузлів сітки за даними минулих років по матеріалах близько розташованих метеорологічних станцій були отримані емпіричні залежності, що дозволяють визначати дефіцит вологи за температурою повітря (табл.7.3).

Перевірні розрахунки кліматичного та фактичного стоку за місяці і сезони, виконані на основі рівняння (7.17), показали, що відносне середнє відхилення розрахованого кліматичного стоку від спостереженого у зоні достатнього зволоження при розрахунках по місяцях становить  $\pm 10\%$ , по сезонах  $-6,7\%$  (табл.7.4,7.5). Проте, у зоні недостатнього зволоження похибки розрахунків у окремі роки можуть бути високими і досягати  $50\%$ . У зв'язку із цим було прийняте рішення про застосування розподілу за моделлю характерних років. Тобто, для кожного періоду надається осереднений розподіл стоку у відсотках для багатоводного, середнього за водністю та маловодного року, окремо.

Таблиця 7.3 – Емпіричні залежності виду  $d_i = f(T_i)$ 

№	Назва метеостанції	Координати		Вид рівняння $d_i = f(T_i)$	
		широта	долгота	1986-2005 рр.	2011-2030 рр.
1	Ізмаїл	45°21'	28°50'	$d_i = 1.432e^{0.095T}$	$d_i = 1.477e^{0.093T}$
2	Миколаїв	46°54'	32°09'	$d_i = 1.107e^{0.096T}$	$d_i = 1.192e^{0.092T}$
3	Кіровоград	48°30'	32°15'	$d_i = 0.988e^{0.115T}$	$d_i = 0.97e^{0.115T}$
4	Вінниця	49°14'	28°28'	$d_i = 1.048e^{0.108T}$	$d_i = 1.013e^{0.109T}$
5	Житомир	50°16'	28°38'	$d_i = 0.949e^{0.107T}$	$d_i = 0.889e^{0.111T}$
6	Суми	50°53'	34°43'	$d_i = 0.828e^{0.120T}$	$d_i = 0.768e^{0.124T}$
7	Броди	50°06'	25°09'	$d_i = 1.088e^{0.096T}$	$d_i = 1.036e^{0.099T}$
8	Сарни	51°21'	26°37'	$d_i = 0.885e^{0.106T}$	$d_i = 0.808e^{0.112T}$
9	Щорс	51°48'	31°57'	$d_i = 0.722e^{0.121T}$	$d_i = 0.658e^{0.128T}$
10	Губиниха	48°49'	35°16'	$d_i = 1.088e^{0.109T}$	$d_i = 1.069e^{0.109T}$
11	Луганськ	48°34'	39°15'	$d_i = 1.039e^{0.116T}$	$d_i = 1.025e^{0.114T}$
12	Мелітополь	46°50'	35°22'	$d_i = 1.052e^{0.107T}$	$d_i = 1.096e^{0.103T}$
13	Сарата	46°01'	29°40'	$d_i = 1.343e^{0.098T}$	$d_i = 1.395e^{0.096T}$
14	Джанкой	45°43'	34°24'	$d_i = 1.23e^{0.101T}$	$d_i = 1.296e^{0.097T}$
15	Чернівці	48°17'	25°56'	$d_i = 1.965e^{0.074T}$	$d_i = 1.929e^{0.074T}$
16	Ужгород	48°36'	22°19'	$d_i = 1.096e^{0.104T}$	$d_i = 1.027e^{0.107T}$
17	Умань	48°46'	30°14'	$d_i = 1.011e^{0.114T}$	$d_i = 1.0e^{0.113T}$
18	Тернопіль	49°34'	25°36'	$d_i = 1.082e^{0.099T}$	$d_i = 1.037e^{0.1T}$
19	Донецьк	48°00'	37°50'	$d_i = 1.114e^{0.112T}$	$d_i = 1.083e^{0.111T}$
20	Миронівка	49°39'	30°59'	$d_i = 0.914e^{0.116T}$	$d_i = 0.891e^{0.116T}$
21	Полтава	49°36'	34°33'	$d_i = 0.992e^{0.113T}$	$d_i = 0.929e^{0.115T}$
22	Харків	49°58'	36°15'	$d_i = 0.882e^{0.121T}$	$d_i = 0.854e^{0.122T}$
23	Славське	48°51'	23°27'	$d_i = 1.75e^{0.076T}$	$d_i = 1.697e^{0.078}$
24	Івано-Франківськ	48°55'	24°42'	$d_i = 1.647e^{0.079T}$	$d_i = 1.605e^{0.08T}$
25	Ковель	51°13'	24°43'	$d_i = 0.912e^{0.103T}$	$d_i = 0.854e^{0.107T}$
26	Самбір	49°31'	23°12'	$d_i = 1.409e^{0.083T}$	$d_i = 1.338e^{0.085T}$
27	Херсон	46°38'	32°36'	$d_i = 1.084e^{0.102T}$	$d_i = 1.15e^{0.098T}$
28	Вознесенськ	47°34'	31°18'	$d_i = 1.097e^{0.11T}$	$d_i = 1.119e^{0.108T}$



Таблиця 7.4– Порівняння кліматичного стоку, розрахованого за рівнянням водно-теплового балансу по календарних місяцях для середнього багаторічного періоду (водозбір р.Дністер-с.Стрілки)

Характеристика	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$X$ , мм	66	80	93	70	92	170	128	121	72	60	67	74
$Et$ , мм	19	21	31	50	81	103	120	112	80	53	34	24
$Yp$ , мм	14	31	80	68	31	79	35	31	15	19	22	24
$Y\phi$ , мм	14	27	70	67	26	67	38	32	21	16	22	23
$\delta$ , %	-3	-16	-15	-1	-21	-18	9	2	25	-20	0.1	-3.2

Таблиця 7.5 – Порівняння кліматичного стоку, розрахованого за рівнянням водно-теплового балансу по сезонах для середнього багаторічного періоду

Характеристика \ Сезон	Зима	Весна	Літо	Осінь
	(XII-II)	(III-V)	(VI-IX)	(X-XI)
Опади $X$ , мм	110	343	513	127
Максимально можливе випаровування $Et$ , мм	58	194	404	71
Розрахована величина стоку $Yp$ , мм	69	179	160	41
Фактична величина стоку $Y\phi$ , мм (за даними р.Дністер – с.Стрілки)	64	163	158	38
Відносне відхилення фактичних и розрахованих значень $\delta$ , %	-7.81	-9.82	-1.3	-7.89

Водність року установлюється в залежності від статистичної забезпеченості (ймовірності перевищення) [36]. Щоб установити забезпеченість водності у розрахункові періоди, наведені у сценаріях змін клімату, було використано співвідношення між ресурсами вологи та тепла  $\left( \beta_H = \frac{H}{E_m} \right)$ . Як показник ресурсів вологи прийнята сума опадів  $X$  та змін вологи  $(w_1 - w_2)$  у ґрунті, що дорівнює  $(H = X + w_1 - w_2)$ . Як характеристика ресурсів тепла використана величина максимально можливого випаровування або тепло-енергетичний еквівалент  $E_m$ . Забезпеченість річного стоку  $P$  приймалася рівній забезпеченості величини  $\beta_H$ .

Справедливість такого підходу проілюстрована на рис. 7.1, де на прикладі р.Савранка, яка розташована на території Північно-Західного Причорномор'я показане існування статистично значущого зв'язку між забезпеченістю величин річного стоку  $q$  та значень  $\beta_H$  [37].

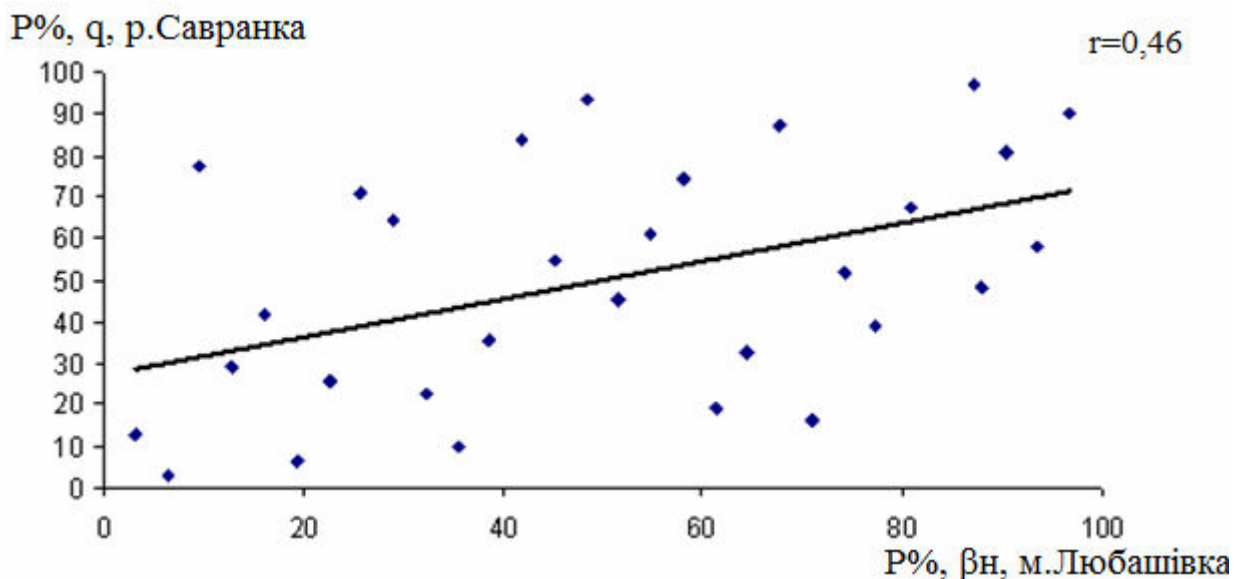


Рисунок 7.1 – Зв'язок між значеннями забезпеченості стоку  $q$  та метеорологічного показника  $\beta_H$ ,  $r$  – коефіцієнт кореляції

Після того як забезпеченість кожного розрахункового року була установленою, визначалися узагальнювалися особливості внутрішньорічного розподілу по місяцях та сезонах для багатоводного, маловодного та середнього за водністю років.

При застосуванні даних прогнозів за сценаріями змін клімату до розрахунків місячних та сезонних величин стоку за рівнянням водно-

теплового балансу пропонується використовувати наступну послідовність розрахунків.

1. Визначення положення вузлової точки (метеорологічної станції), для якої приймаються прогнозні сценарні дані.
2. Визначення місячних, сезонних та річних сум опадів для кожної вузлової точки.
3. Розрахунки річних величин максимально можливого випаровування за середньомісячними даними про температуру повітря на базі рівняння (7.15).
4. Розрахунки значень дефіцитів вологості повітря в залежності від температури повітря  $d_i = f(T_i)$  для кожної вузлової точки.
5. Установлення внутрішньорічного розподілу максимально можливого випаровування за (7.18).
6. Визначення водності року по забезпеченості співвідношення  $\beta_X$ , тобто за співвідношенням ресурсів тепла та вологи.
7. Установлення місячних та сезонних значень стоку за типовим розподілом по моделі характерних років [38].
8. Формування рядів стоку по роках і сезонах та установлення їх характеристик.

#### 7.4 Оцінка змін водних ресурсів України за сценарієм A1B

Характеристикою зволоженості території є співвідношення між ресурсами вологи й тепла, яке використовується у методі водно-теплового балансу [26]

$$\beta_X = \frac{\bar{X}}{\bar{E}_m}, \quad (7.19)$$

де  $\bar{X}$  - середнє багаторічне значення річних опадів, мм;  
 $\bar{E}_m$  - середнє багаторічне значення максимально можливого випаровування, мм.

При цьому за величиною  $\beta_X$  можна виділити області зволоженості або посушливості[39]:

$$\beta_X \geq 1,0 - \text{зона надмірного зволоження}, \quad (7.20)$$

$$0,8 < \beta_X < 1,0 - \text{зона достатнього зволоження}, \quad (7.21)$$

$$0,5 \leq \beta_X < 0,8 - \text{зона недостатнього зволоження}, \quad (7.22)$$

$$0,20 < \beta_X < 0,50 - \text{напіваридна зона}, \quad (7.23)$$

$$0,03 < \beta_X < 0,20 - \text{аридна зона}, \quad (7.24)$$

$$\beta_X < 0,03 - \text{гіпераридна зона}. \quad (7.25)$$

Значення  $\beta_X=0,5$  є межею між зоною недостатнього зволоження та напіваридною зоною.

Середні багаторічні величини кліматичного стоку та показника зволоженості  $\beta_X$ , розраховані за даними по 28 метеорологічних станціях України та відповідних вузлах сітки кліматичного сценарію A1B, були представлені у вигляді карт ізоліній [40]. На рис.7.2-7.5 показаний просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$  у вихідних умовах (до 1989р.) та за періоди 1986-2005 рр., 2011-2030рр., 2031-2050 рр. Аналізуючи просторовий розподіл ізоліній  $\beta_X$  у часі, можна зробити висновок, що ізолінія  $\beta_X=0,5$  буде “підніматися” з півдня до півночі, збільшуючи площу напіваридної зони. Зростання водних ресурсів у порівнянні із минулим сторіччям спостерігалось на півночі країни у 1986-2005 рр., про що свідчить положення ізолінії 0,9.

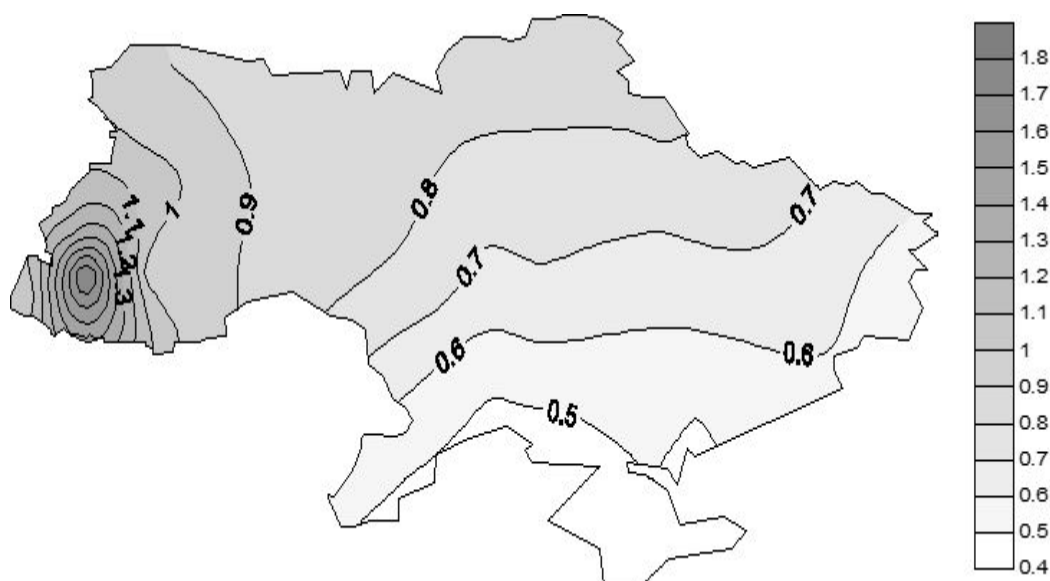


Рисунок 7.2 – Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$ , визначений за даними до 1989 року (до початку значущого впливу глобального потепління)

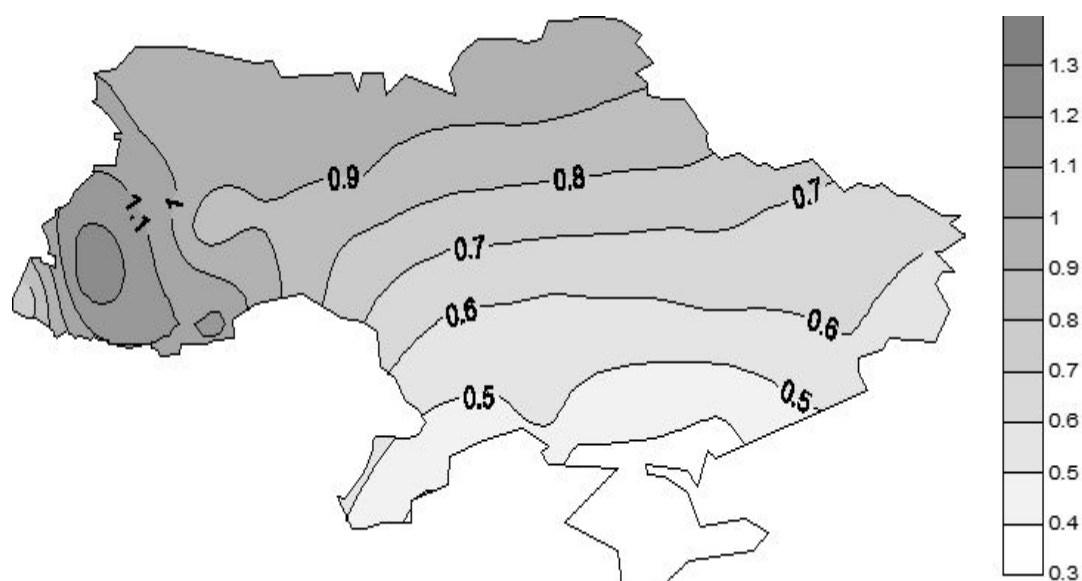


Рисунок 7.3 – Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$  за даними 1986-2005 рр.

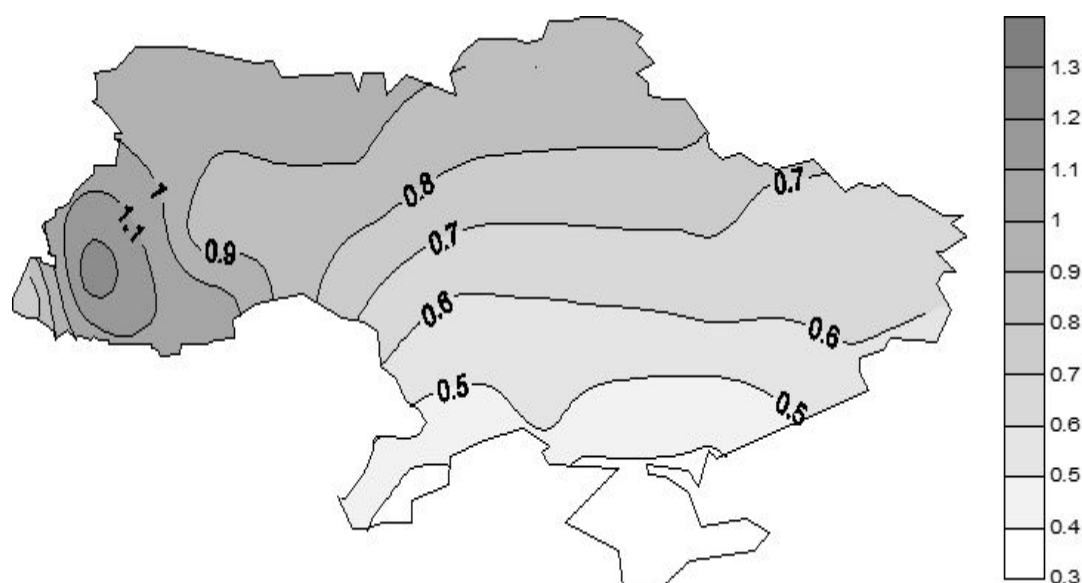


Рисунок 7.4 – Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$  за даними 2011- 2030 рр.

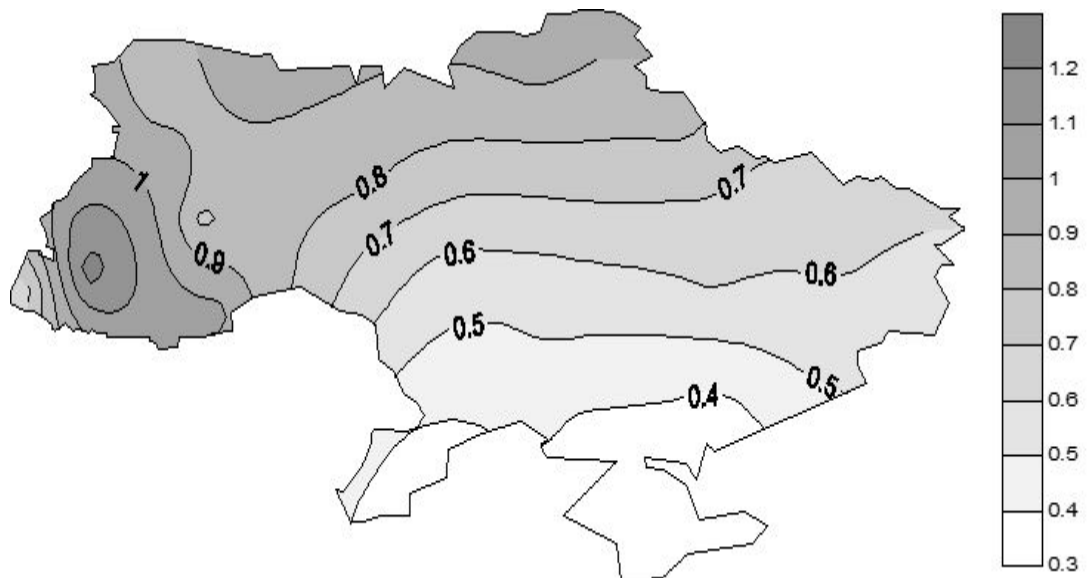


Рисунок 7.5 – Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$  за даними 2031-2050 рр.

Ці результати підтверджуються даними спостережень, згідно з якими водні ресурси річок Полісся на початку XXI сторіччя зростали [41, 23,4]. У періоди 2011-2030рр. та 2031-2050рр. площа території з  $\beta_X > 0.9$  знов зменшуватиметься до початкових розмірів. В усі розрахункові періоди практично не зазнає змін зона надлишкового зволоження  $\beta_X > 1.0$ , розташована в Українських Карпатах.

На рисунках (7.6 – 7.9 ) приведені норми кліматичного річного стоку рівнинної частини України у минулому сторіччі (до початку глобального потепління) які змінювалися від 140 мм на північному заході до 20 мм на півдні (рис.7.6). У XXI столітті відбуватиметься поступове розширення до півночі зони степу, межею якого може бути розглянута ізолінія норми річного кліматичного стоку, яка дорівнює 30 мм. Ізолінія норм річного кліматичного стоку, яка дорівнює 10мм, знаходилася у минулому сторіччі на території степового Криму. У період 2031-2050 рр. ця ізолінія згідно із сценарієм A1B “підніметься” на північ, так само як і ізолінія 30 мм (рис. 7.9).



Рисунок 7.6 – Просторовий розподіл норм річного кліматичного стоку за даними до 1989 р.



Рисунок 7.7– Просторовий розподіл норм річного кліматичного стоку за даними 1986-2005рр.



Рисунок 7.8 – Просторовий розподіл норм річного кліматичного стоку за даними 2011-2030рр.



Рисунок 7.9 – Просторовий розподіл норм річного кліматичного стоку за даними 2031-2050рр.



Більш повну уяву про зміни водних ресурсів України за сценарієм можуть надати ізолінії відносних відхилень  $\delta$  середніх багаторічних величин кліматичного річного стоку за різні розрахункові періоди

$$\delta = \frac{\overline{Y_K}' - \overline{Y_K}}{\overline{Y_K}}, \quad (7.26)$$

де  $\overline{Y_K}'$  - середня багаторічна величина річного кліматичного стоку, розрахована за даними сценарію, мм;

$\overline{Y_K}$  - середня багаторічна величина річного кліматичного стоку, розрахована за даними до 1989 р. (до початку значущого впливу глобального потепління згідно із даними В.В. Гребіня).

У період 1986-2005 рр. відбувалося зменшення норм річного кліматичного стоку на півдні України та Закарпатті. Воно досягло -40% у південній частині Одеської області та -50% - у Херсонській. У північній та північно-західній частинах, навпаки, установлено зростання річного стоку від 10 до 50% (рис. 7.10).

У період 2011-2030 рр. розподіл ізоліній норм річного кліматичного стоку буде суттєво змінюватися: нульова ізолінія має «спуститися» до південного сходу (рис.7.11). Це означає розширення площі, на якій буде відбуватися збільшення водних ресурсів у порівнянні із даними до початку суттєвих змін клімату на території України, тобто до 1989р.

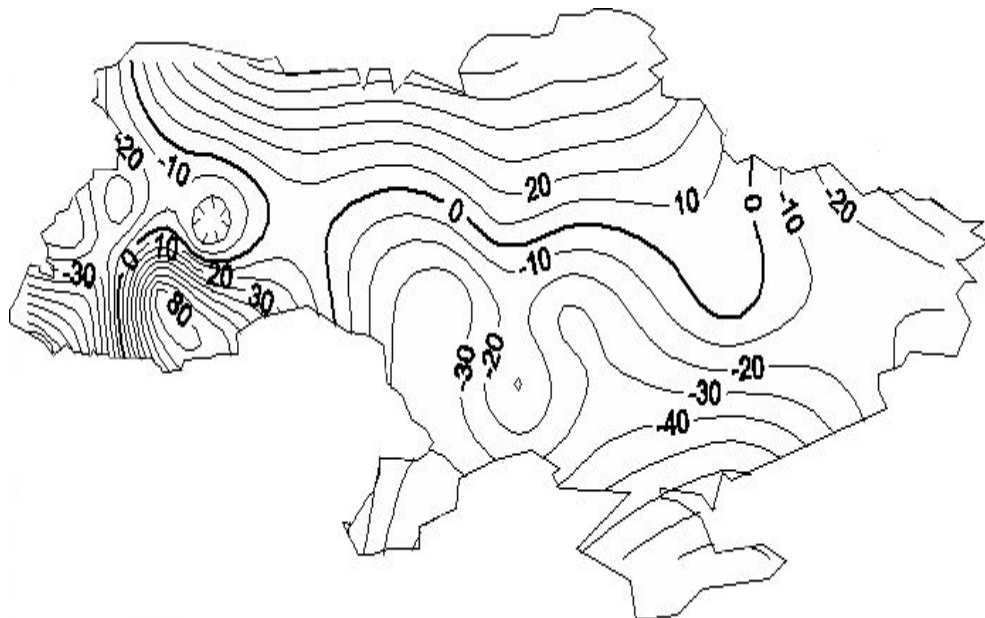


Рисунок 7.10 – Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 1986-2005 рр. у порівнянні із даними до 1989 р., сценарій A1B

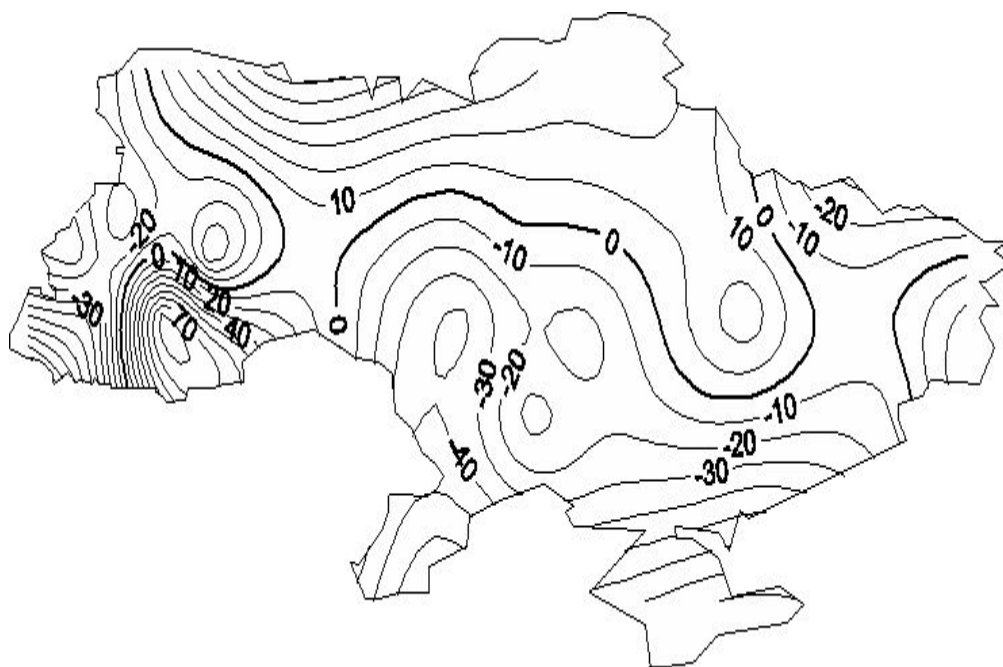


Рисунок 7.11 – Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 2011-2030 рр. у порівнянні із даними до 1989 р., сценарій А1В

У період 2031-2050 рр. зменшення водних ресурсів на півдні України буде посилюватись і досягне 60-70 %. Зростання стоку відбуватиметься у межах водозборів річок Прип'ять та Десна, а також у межах Українських Карпат. Закарпаття та Західний Буг, лівобережні притоки Дністра увійдуть у область зменшення річного стоку (рис.7.12).

На період 2011-2030 рр. у внутрішньорічному розподілі стоку по сезонах для рівнинної зони України очікується зростання відсотку стоку, який припадає на весняний сезон (до 7,6 %). Внесок стоку літньо-осінньої межі буде зменшуватися: до 5,6 % влітку, та до 0,9 % взимку (табл.7.6).

Для гірської зони Українських Карпат зміни внутрішньорічного розподілу стоку несуттєві і не перевищують 2.1 %.

Таблиця 7.6 – Змін внутрішньорічного розподілу стоку (%) за період 2011-2030 рр. у порівнянні із періодом 1986-2005 рр. (сценарій А1В)

Географічна зона	Сезони			
	Зима XII-II	Весна III-V	Літо VI-IX	Осінь X-XI
Гірська зона Українських Карпат	-2.1	-0.50	2.0	0,0
Зона мішаних лісів	1.2	4.8	-5.6	-0.4
Зона лісостепу	-2.3	7.6	-4.4	-0.9
Зона степу	-2.6	3.3	-1.1	-0.3

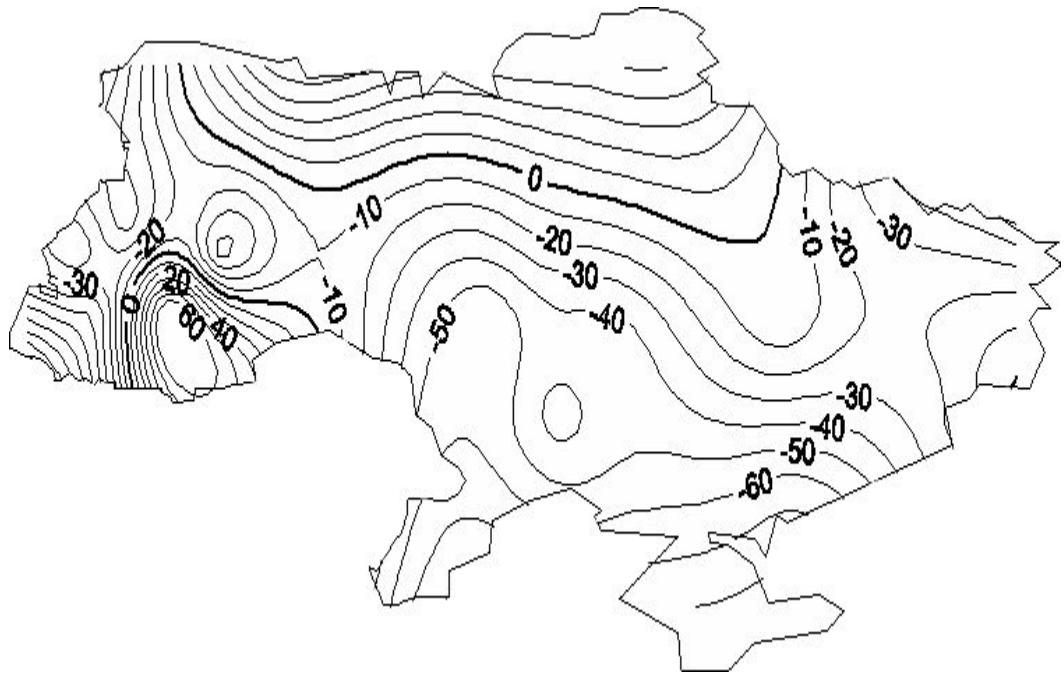


Рисунок 7.12 – Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 2031-2050 рр. у порівнянні із даними до 1989 р. , сценарій А1В

### 7.5 Оцінка змін водних ресурсів України за сценарієм А2

Просторова динаміка показника зволоженості  $\beta_X$  за сценарієм А2 показує, що у десятиріччя 2011-2030 рр. площа напіваридної зони  $\beta_X < 0,5$  буде зменшуватись у порівнянні із 1986-2005 рр. (рис. 7.13, рис.7.14), а у 2031-2050рр. – зростати (рис.7.15). Площі, зайняті зоною надмірного зволоження  $\beta_X > 1,0$ , розширилися на заході у 1986-2005 рр., і надалі практично не змінюватимуться. Ізолінія  $\beta_X = 0,8$ , яка указує на перехід до зони недостатнього зволоження, буде поволі “спускатися” на південному сході і зменшувати площу цієї зони.

При розгляді відносних відхилень середніх багаторічних значень річного кліматичного стоку від його значень до початку змін клімату, тобто до 1989р., можемо зазначити, що область від’ємних змін зайняла весь південь України та Закарпаття у 1985-2005рр.(рис.7.16), але вона дещо має скоротитися у 2011-2030рр. (рис.7.17), й надалі буде знов розширюватися, особливо на сході країни (рис.7.18). На півночі, в центрі та сході України до 2030 р. очікується зростання водних ресурсів до 80% у порівнянні із минулим сторіччям (до 1989р.).

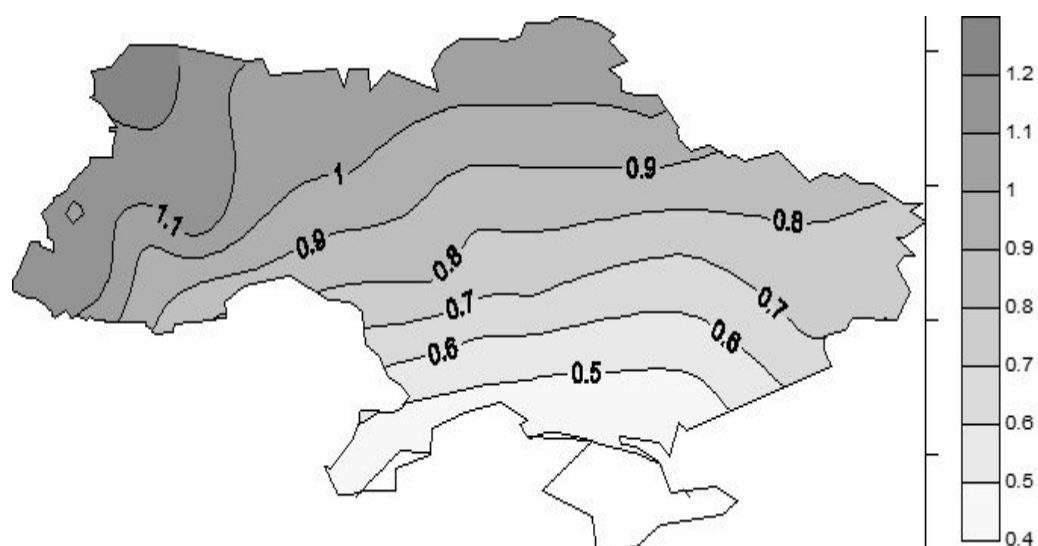


Рисунок 7.13 – Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$  за даними 1986-2005 рр. за сценарієм A2

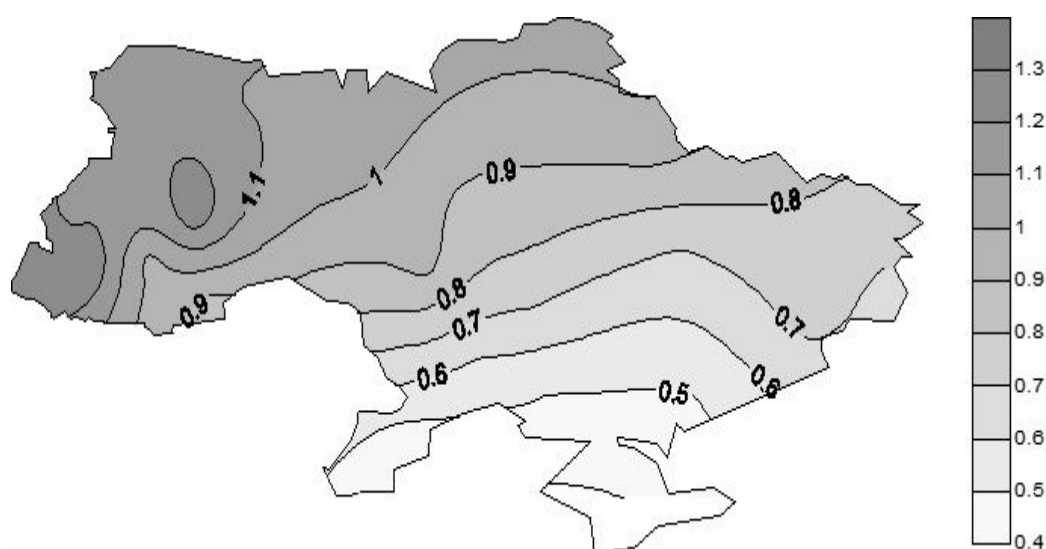


Рисунок 7.14 – Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$  за даними 2011-2030 рр. за сценарієм A2

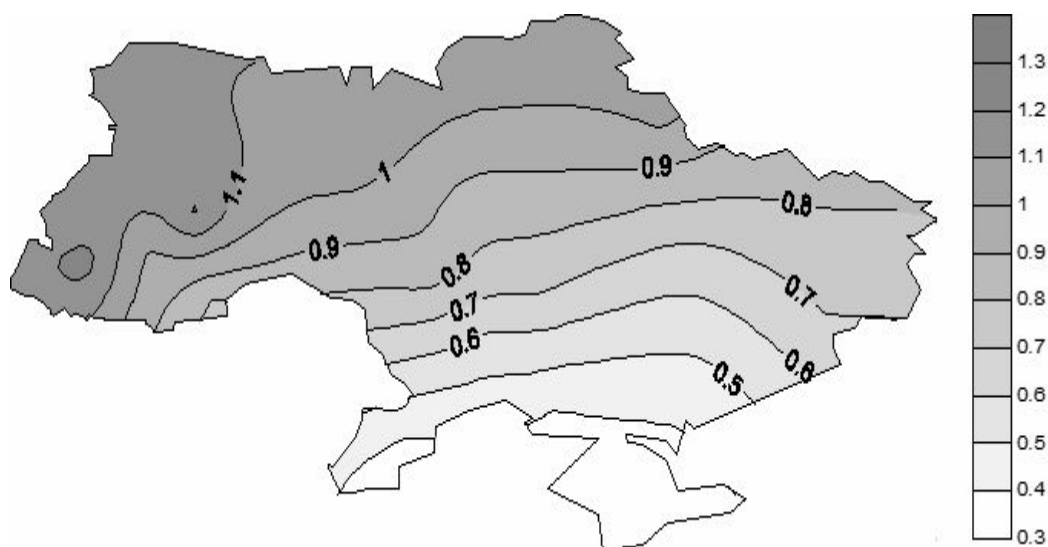


Рисунок 7.15 – Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$  за даними 2031-2050 рр. за сценарієм A2

особливо на сході країни (рис.7.18). На півночі, в центрі та сході України до 2030 р. очікується зростання водних ресурсів до 80% у порівнянні із минулим сторіччям (до 1989р.).

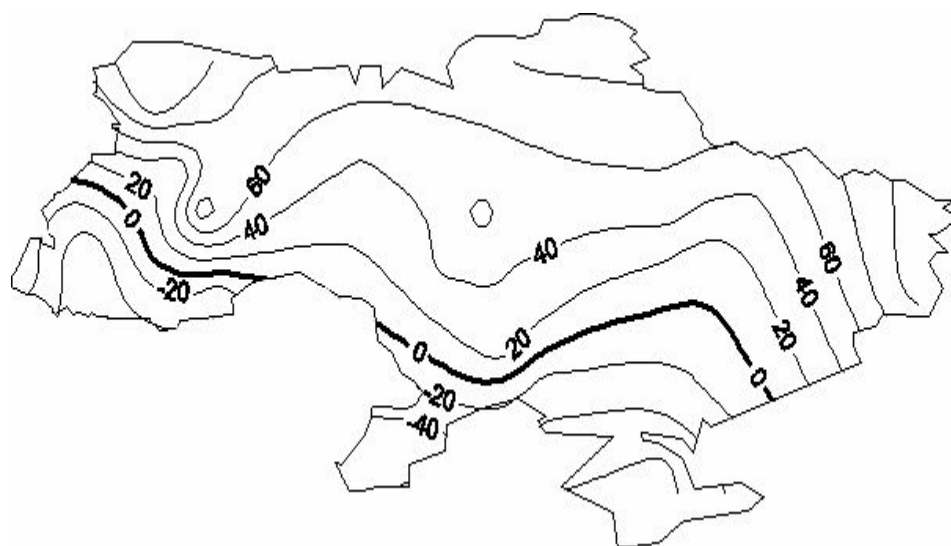


Рисунок 7.16 – Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 1986-2005 рр. у порівнянні із даними до 1989 р. (сценарій A2)

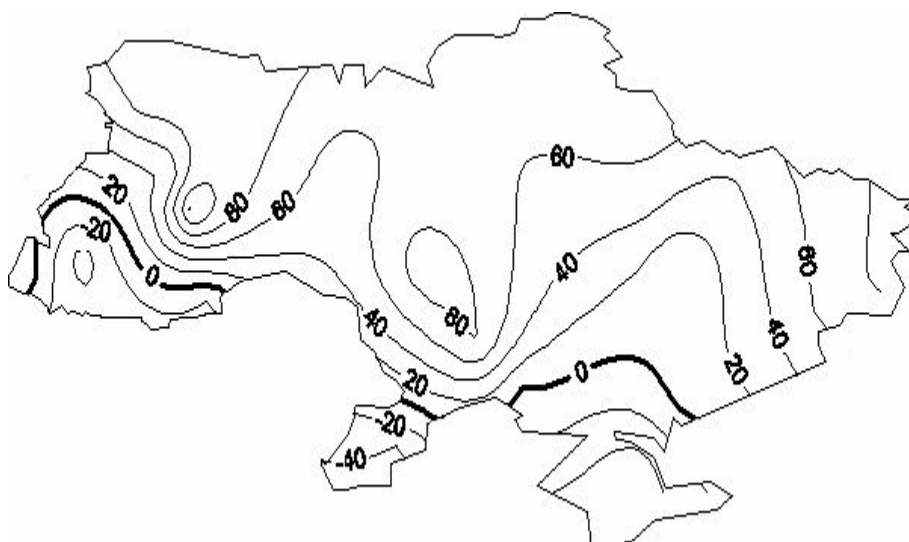


Рисунок 7.17 – Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 2011-2030 рр. у порівнянні із даними до 1989 р. (сценарій А2)

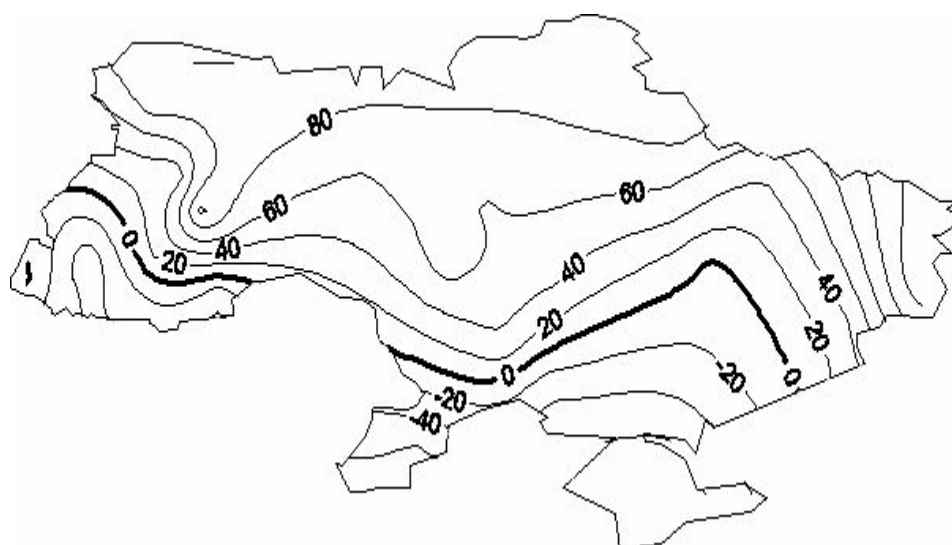


Рисунок 7.18 – Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 2031-2050 рр. у порівнянні із даними до 1989 р. (сценарій А2)

Що стосується внутрішньорічного розподілу стоку, то суттєвих змін не передбачається (табл. 7.7, табл.7.8). Для усіх зон окрім зони степу буде відбуватися зростання внеску у річний стік сезону весна (до 9,9%) за рахунок зменшення стоку у сезон літо (до 8,3%).

Таблиця 7.7 – Зміни внутрішньорічного розподілу стоку (%) за період 2011-2030 рр. у порівнянні із періодом 1986-2005 рр. (сценарій А2)

Географічна зона	Сезони			
	Зима XII-II	Весна III-V	Літо VI-IX	Осінь X-XI
Гірська зона Українських Карпат	0.7	1.5	-2.3	0.0
Зона мішаних лісів	1.0	2.7	-3.4	-0.2
Зона лісостепу	-0.3	6.6	-6.3	0
Зона степу	0.4	-3.4	1.8	1.3

Таблиця 7.8 – Зміни внутрішньорічного розподілу стоку (%) за період 2031-2050 рр. у порівнянні із періодом 1986-2005 рр. (сценарій А2)

Географічна зона	Сезони			
	Зима XII-II	Весна III-V	Літо VI-IX	Осінь X-XI
Гірська зона Українських Карпат	-0.3	3.3	-2.9	-0,2
Зона мішаних лісів	0.1	4.6	-4.3	-0.3
Зона лісостепу	-1.2	9.9	-8.3	-0.4
Зона степу	1.3	-1.1	-1.6	1.4

### Висновки

Моделювання впливу змін клімату на характеристики стоку річок України виконано на основі моделі “клімат-стік”, розробленої в ОДЕКУ під керівництвом проф. Є.Д. Гопченка та проф. Н.С. Лободи. Модель передбачає розрахунки зонального (кліматичного) стоку за метеорологічними даними, урахування впливу підстильної поверхні, оцінки впливу водогосподарської діяльності на стік в залежності від кліматичних умов та масштабів

водогосподарської діяльності. Модель пройшла апробацію на даних малих, середніх та великих водозборів річок України, розташованих в різних географічних зонах. Методики розрахунків природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) стоку та побутового річного стоку при відсутності даних гідрологічних спостережень, отримані в результаті застосування моделі “клімат-стік”, увійшли до нової редакції нормативних документів ДБН В.2.4-Х:201Х «Визначення розрахункових гідрологічних характеристик» України та ДБН “Определение гидрологических характеристик для условий республики Молдова. СР D.01.05-2012.”

На основі моделі “клімат-стік” виконані розрахунки водних ресурсів за метеорологічними даними сценаріїв змін глобального клімату А1В та А2. У роботі використані матеріали 28 метеорологічних станцій та відповідних вузлів сітки наведених сценаріїв.

При оцінці змін водних ресурсів України розглянуті матеріали спостережень про стік та метеорологічні дані до 1989р., а також сценарні дані за періоди 1986-2005 рр.; 2011-2030 рр.; 2031-2050рр.

Оцінка змін водних ресурсів України виконувалася на базі співставлення характеристик середніх багаторічних величин річного стоку за різні періоди спостережень. Ступінь змін водних ресурсів визначалася за рекомендаціями ООН, згідно з якими зменшення середньої багаторічної величини річного стоку на 10% класифікується як значущі зміни водних ресурсів; на 50% – як руйнація водних ресурсів, на 70% – як безповоротна руйнація.

Установлено, що за сценарієм А1В руйнація водних ресурсів можлива на півдні України у період 2031-2050рр. Показано, що до середини ХХІ сторіччя площа напіваридної зони буде розширюватись на північ. Область дії зони недостатнього зволоження поширюватиметься на заході, до неї увійдуть Закарпаття та водозбір Західного Бугу, лівобережні притоки Дністра у його верхній течії). На півночі України та в Українських Карпатах водні ресурси будуть зростати.

Згідно із результатами розрахунків, отриманими за сценарієм А2, до 2050р. Україну очікує зростання водних ресурсів від 80% на півночі до 20% у центрі. У Закарпатті та Буковині можливе зменшення водних ресурсів на 20-30%. На півдні України як і у сценарію А1В буде відбуватися зменшення водних ресурсів, яке у Одеській області досягне 60%, що знов таки означає їх руйнацію.



## ВИСНОВКИ

1. Режим опадів в найближчі декілька десятиріч буде зазнавати значних змін. Як за сюжетною лінією А2, так і А1В для більшості регіонів України, за виключенням південних, очікується збільшення річної суми опадів до 2050 року. Найбільша кількість опадів очікується в західних областях країни, найменша – в південних та АР Крим, що може призвести до збільшення кількості посушливих явищ. За сценарієм А2 більше опадів слід очікувати над північно-західними регіонами, а за сценарієм А1В – над південними.

На формування стійкого і поширеного осередку посухи блокування впливає в тих випадках, якщо його тривалість становить 4 і більше пентад протягом місяця. При цьому основний центр осередку блокування лежить, як правило, на північний захід від області посухи.

Довготривалі процеси блокування одного місяця можуть мати продовжену дію в розвитку та/або зберіганні посухи в наступному місяці, навіть якщо блокування припинилося. Такі умови добре простежуються на весняних посухах 2002-2003 рр., коли процесів блокування в квітні-травні було достатньо, щоб сформувати посуху, яка трималася ще в червні.

Посухи в Україні можуть виникати й без процесу блокування в тому разі, якщо довготривалий період територія країни опиняється під впливом рухомих антициклонів західного типу або смуг підвищеного тиску, що утворюються в південній половині Європи при встановленні зонального типу макроциркуляції і розвитку активної циклонічної діяльності в високих широтах. Такі процеси є вельми стійкими і, в залежності від сезону року, можуть формувати дефіцит опадів на фоні як високих, так й низьких температур повітря.

2. Кліматичні коливання, що прогнозуються на найближче двадцятиріччя, проявиться в тому, що тривалість опалювального періоду на більшій частині території України буде мати також коливальний характер. Зменшення тривалості опалювального періоду буде спостерігатися значно більше в Степової та Лісостепової зонах, чим в Поліссі.

Зменшення тривалості опалювального періоду у всіх природнокліматичних зонах відбувається за рахунок збільшення середньомісячних температур повітря у осінній період, тобто за рахунок настання пізніше дати початку опалювального періоду.

Найбільш менші значення енергоспоживання належать південним частинам України, найбільше значення спостерігаються на півночі, на заході та сході значення практично однакові.

Результати цього дослідження вказують на явну тенденцію потепління клімату, що в свою чергу веде до скорочення тривалості опалювального

періоду та скорочення потреб витрат на паливо та опалення. Це все обумовлює можливість розвитку економіки у зв'язку кліматичними змінами.

3. Згідно сценаріям A2-C4I і A1B –MPI у першій половині XXI ст. (до 2050 року) слід очікувати подальше переважно зменшення сумарної радіації на території України. Це є характерним для значної частини її території, окрім південних регіонів, де, особливо у перехідні сезони, чітко проглядається протилежна тенденція: передбачається збільшення у надходженні сумарної радіації.

Співставлення змін, які відбуваються у паралельних 40-річних (2011-2050 рр.) рядах сумарної радіації і хмарності, дозволяють стверджувати про досить тісний зв'язок між ними. Суттєвий вплив на часові зміни сумарної радіації чинять перебудови, які відбуваються у режимі хмарності: зміни, які можливі в режимі сонячної радіації на кожній станції протягом року, добре корелюються зі змінами в режимі хмарності.

Період часу у першій половині XXI ст. (2011-2050 рр.) за режимом сумарної радіації не можна вважати однорідним. При збереженні загальної тенденції подальшого зменшення сумарної радіації від одного двадцятиріччя до другого швидкість змін помітно різниться: відбувається її уповільнення.

У підсумку зазначимо, що саме варіації світимості Сонця разом з вулканічною діяльністю, за думкою вчених, сприяло змінам клімату в минулому. Щоб пояснити теперішні зміни клімату ці варіації досить слабкі і їх вплив незначний. Тому дійсне і прогнозоване підвищення температури повітря у першій половині 21 ст. за умов зменшення (за складеними сценаріями) сумарної радіації свідчить, на наш погляд, про те, що можливий негативний вплив на режим температури цього явища перекривається збільшенням ролі парникового ефекту, що в свою чергу може бути результатом збільшення термоактивних домішок в атмосфері, тобто її забруднення.

4. Характерною особливістю просторового розподілу середньомісячних швидкостей за даними кліматичної норми, незалежно від сезону, є:

- наявність двох «зон» найбільших швидкостей вітру в Харківській і Донецькій області та в північних областях західного регіону (Луцької та Рівненської) і в Житомирській області північного регіону;
- зони найбільших швидкостей вітру розділені між собою зоною, відносно слабких швидкостей вітру 2,5-3,0 м/с, шириною в 200-300 км, яка у вигляді меридіональної спрямованої смуги простягається від південного (Одеська область) до північного регіону України (Чернігівська область).

Відмінності між швидкостями по кліматичної нормі і швидкостями за сценарієм A2 мають наступні закономірності:

- швидкості вітру збільшуються в середньому на 0,5 м/с у всіх регіонах України відносно «кліматичної норми», крім Східного регіону;

- у східному регіоні, швидкість вітру різко зменшується на 1,0-1,5 м/с особливо взимку і в перехідні сезони, а влітку приблизно відповідає значенням норми 1961-1990 рр.;
- найбільш помітне збільшення швидкості приблизно на 0,5-1,0 м/с, протягом усього року, прогнозується в південному регіоні;
- відмінність між сценаріями, полягає тільки в тому, що значення різниць менше для сценарію А2, ніж для А1В.

Порівняння карт модельованого вітрового режиму з картами «кліматичної норми» свідчить про істотні зміни структури поля швидкості на території України.

Так, наприклад, замість зони максимальних вітрів ( $V > 5 \text{ м/с}$ ) у східному регіоні України з'являється область слабких швидкостей. Змінюється так само географічне положення зон слабких і сильних вітрів на території України та їх абсолютні значення.

Необхідно продовжити вивчення впливу зміни клімату на перетворення часових та просторових полів основних метеорологічних величин на території України.

5. Зміни клімату, як показали проведені розрахунки, супроводжуються зростанням кількості днів з високими значеннями температури. Під час жару зростає кількість смертельних випадків переважно серед осіб похилого віку, що страждають на хронічні захворювання серцево-судинної системи, системи органів дихання, нервової системи та дітей. У майбутньому у всьому світі смертність через літню жару зростатиме (за сучасними розрахунками медиків з Британського міністерства охорони здоров'я і дослідницьких інститутів, до 2020 року на 66 %, а до 2050 року – на 257 %).

Взимку в цілому кількість смертельних випадків може зменшитись через підвищення середньої температури у цей сезон, але низькі температури в окремі дні, які очікуються і в майбутньому, впливають на поширення інфекційних епідемій та «холодових» захворювань і можуть призвести до обморожень різного ступеня.

Для умов України, з її низькими показниками тривалості життя, прогностична оцінка кількості днів з «пороговими» температурами може бути дуже корисною при розробці профілактичних заходів, спрямованих на мінімізацію впливів факторів ризику смертності населення. У подальшому необхідно щоб система охорони здоров'я, органи управління, цивільної оборони, служби соціального захисту країни здійснили комплекс організаційних і профілактичних заходів по запобіганню впливу несприятливих наслідків потепління клімату.

6. Розподіл сум температур у зв'язку з очікуваними змінами клімату змінить картину розподілу кліматичних поясів, всі підпояси зміщуються на один в сторону півночі. Особливо помітна зміна відбуватиметься за умови

реалізації сценарію *GFDL-30* %. В Південному Степу умови будуть відповідати помірно-жаркому під поясові субтропічного поясу. Таке зміщення поясів сприятиме змінам типів рослинності, у тому числі і в наборі сільськогосподарських культур.

Річна кількість опадів за оцінками трьох сценаріїв зміни клімату » збільшиться на всій території країни. При цьому для території Полісся, Лісостепу та Північного Степу найбільше збільшення кількості опадів до 134, 123 і 100 мм відповідно показує сценарій *A2*. Для території Південного Степу найбільшого підвищення кількості річних опадів до 61 мм слід очікувати, якщо зміни клімату будуть відбуватися за сценаріями *GFDL-30* % та *A1B*. Слід зауважити, що збільшення кількості опадів буде нерівномірним по сезонах року, а в літній період опади загалом будуть мати зливовий характер. В Степу кількість опадів зменшиться. Ефективність опадів буде значно меншою, та все це буде відбуватись на фоні підвищення температури повітря, що призведе до збільшення випаровування і погіршення умов вологозабезпеченості.

Найбільші значення врожаїв озимої пшениці слід очікувати на території Степу: на рівні 51 ц/га, раз у 10 років – на рівні 70 ц/га, а практично кожного року гарантований урожай у 21 ц/га. На території Лісостепу середній урожай становить 50 ц/га на сході зони, та 40 ц/га на заході. Раз у 10 років – на рівні 58 та 51 ц/га відповідно. А кожного року забезпечений урожай у 26 ц/га. На території Полісся середній розрахований урожай становить 36 ц/га. Раз у 10 років на рівні 45 ц/га, а майже кожного року гарантовано урожай у 23 ц/га.

Внаслідок змін клімату, які очікуються за усіма сценаріями, фази розвитку ярого ячменю наставатимуть раніше на 35 – 40 днів по всій території України. Погіршаться умови вологозабезпеченості внаслідок зменшення сум опадів, особливо в Південному Степу. В усіх кліматичних зонах України зростатиме фотосинтетичний потенціал та загальний приріст біомаси посівів ярого ячменю.

За умов зміни клімату сприятливими для вирощування соняшнику стануть зона Українського Полісся, Лісостепу та Північного Степу. В зоні Південного Степу врожайність цієї культури буде перебувати в межах збитковості.

Характер розподілу урожаю картоплі на території України неоднорідний. За умов реалізації сценарію зміни клімату *A2* найбільші значення урожаю картоплі спостерігаються в Східному районі Полісся та в Центральному Лісостепу. Мінімальні значення – в Лівобережній і Правобережній частині Південного Степу, а також в АР Крим. За сценарієм зміни клімату *A1B* найбільші значення урожаю картоплі спостерігаються в Західному, Центральному і Східному районах Полісся та в Центральному і Західному районах Лісостепу. Мінімальні значення – в Правобережній частині Північного Степу та в Південному Степу, а також в АР Крим.

Для вирощування цукрового буряку на території Полісся зміни клімату будуть дещо негативними у перший період, а у другому періоді будуть більш сприятливими. Урожай коренеплодів у східному Лісостепу у перший сценарний період зменшиться порівняно з базовим періодом, у другий період – зросте. На території Степу України другий кліматичний період виявився більш несприятливим для вирощування цукрового буряку.

Одержані в процесі досліджень результати свідчать про погіршення агрокліматичних умов традиційної зони виноградарства в Україні і можливе зміщення цієї зони в північні і східні регіони країни. За використаними сценаріями зменшується й можлива продуктивність винограду різних сортів. В традиційній зоні, за інших рівних умов, більш сприятливі умови формуються для сортів винограду, які відзначаються меншою вимогливістю до вологості.

Як позитивний фактор треба відзначити покращення для винограду лімітуючи агрокліматичних факторів, насамперед зниження заморозконебезпечності. Ризики пошкодження виноградників заморозками зменшуються за використаними сценаріями.

7. Оцінка змін водних ресурсів України виконувалася на базі співставлення характеристик середніх багаторічних величин річного стоку за різні періоди спостережень. Ступінь змін водних ресурсів визначалася за рекомендаціями ООН, згідно з якими зменшення середньої багаторічної величини річного стоку на 10 % класифікується як значущі зміни водних ресурсів; на 50 % – як руйнація водних ресурсів, на 70 % – як безповоротна руйнація.

Установлено, що за сценарієм A1B руйнація водних ресурсів можлива на півдні України у період 2031-2050рр. Показано, що до середини XXI сторіччя площа напіваридної зони буде розширюватись на північ. Область дії зони недостатнього зволоження поширюватиметься на захід, до неї увійдуть Закарпаття та водозбір Західного Бугу, лівобережні притоки Дністра у його верхній течії). На півночі України та в Українських Карпатах водні ресурси будуть зростати.

Згідно із результатами розрахунків, отриманими за сценарієм A2, до 2050р. Україну очікує зростання водних ресурсів від 80% на півночі до 20 % у центрі. У Закарпатті та Буковині можливе зменшення водних ресурсів на 20-30 %. На півдні України як і у сценарію A1B буде відбуватися зменшення водних ресурсів, яке у Одеській області досягне 60 %, що знов таки означає їх руйнацію.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

### До розділу 1

1. Пр'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату. – К: Мінприроди України, 2009. – 282 с.
2. Оцінка впливу ліматичних змін на галузі економіки України [монографія] / С.М. Степаненко, А.М. Польовий, Є.П. Школьний, Е.М. Серга, В.М. Хохлов; ред.: С.М. Степаненко; Одес.держ.екол.ун-т. – О.:Екологія, 2011. – 694 с.
3. Jacob D. A note to the simulation of the annual and interannual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin // *Meteorology and Atmospheric Physics*. – 2001. – Vol.77, Issue 1–4. – P. 61–73.
4. Samuelsson P., Jones C., Willén U., Ullerstig A., Gollvik S., Hansson U., Jansson C., Kjellström E., Nikulin G., Wyser K. The Rossby Centre Regional Climate model RCA3: model description and perfomence // *Tellus*. – 2011. – Vol. 63A. – P. 4–23.
5. Врублевская А.А., Гордійчук О.П., Миротворская Н.К. Статистическая оценка поля температуры и осадков с целью выделения климатически однородных регионов на территории Украины // *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. – 2001. – Вип. 44. – С. 3-9.
6. Бучинский И.Е. Засухи и суховеи. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 214 с.
7. Сазонов Б.И. Суровые зимы и засухи. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 240 с.
8. Волеваха В.А., Кошеленко И.В. Анализ блокирующих процессов, приводящих к засушливым явлениям на Украине // *Труды УкрНИГМИ*. – 1969. – Вып. 83. – С. 50–60.
9. Синоптико-климатическая характеристика процессов блокирования в атмосфере. Обзорная информация / Под ред. Н.А. Иванова, Л.В. Гришкина // *Труды ВИИГМИ-МЦД*. - 1989. – Вып.2. – 53 с.
10. Шакина Н.П., Иванова А.Р. Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирования // *Метеорология и гидрология*. – 2010. – № 11. – С. 5–18.
11. Калачикова В.С. Блокирующие антициклоны над Сибирью в холодное полугодие и возможность их прогноза // *Метеорология и гидрология*. – 1973. – № 2. – С. 61–66.
12. Lejenas H., Okland H. Characteristics of Northern hemisphere blocking as determined from a long-time series of observational data // *Tellus*. - 1983. - Vol. 35A. – N 5. – P. 350–362.
13. Lejenas H. Characteristics of Southern hemisphere blocking as determined from a time series of observational data // *Quart. Journ. Roy. Meteorol. Soc.* - 1984. – Vol. 110. – P. 967–979.
14. Tibaldi S., Monteni F. On the operational predictability of blocking // *Tellus*. – 1990. – Vol. 42A. – P.343–365.

15. Barriopedro D., Garcia-Herrera R., Lupo A. R., Hernandez E. Climatology of Northern Hemisphere Blocking // *Journal of Climate*. – V. 19. – P. 1042–1063.
16. Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К., Чайка Д.Ю. Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине // *Геофизический журнал*. – 2006. – Т. 28, № 1. – С. 51–60.
17. Мартазинова В.Ф., Свердлик Т.А. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, её изменения и современное состояние // *Тр. УкрНИГМИ*. – 1998. – Вып. 246. – С. 21–27.
18. Хохлов В.Н., Романова А.В. Повторяемость блокирующих ситуаций над Европой в начале 21-го века // *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. – 2005. – Вип. 49. – С. 82–87.
19. Недострелова Л.В., Хохлов В.Н. Пространственно-временное распределение блокирующих антициклонов // *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. – 2010. – Вип. 51. – С. 36–42.
20. Мохов И.И. Аномальное лето 2010 г. в контексте общих изменений климата и его аномалий // *Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года*. – М.: Триада, лтд., 2011. – С. 41–47.
21. Cherenkova E.A., Kononova N.K., Muratova N.R. Summer drought 2010 in the European Russia // *Geography. Environment. Sustainability*. – 2013 – No. 1, v. 6. – P. 55–66.
22. Черенкова Е.А., Н.К. Кононова. Анализ опасных атмосферных засух 1972 и 2010 гг. и макроциркуляционных условий их формирования на территории европейской части России // *Труды ГГО*. – Выпуск 565. – 2012. – С. 165–187.
23. Кононова Н.К. Особенности циркуляции атмосферы Северного полушария в конце XX - начале XXI века и их отражение в климате // *Сложные системы*. – 2014. – № 2 (11). – С. 11–35.
24. Вангенгейм Г.Я. Процессы блокирования зональных течений и их роль в режиме общей циркуляции атмосферы // *Труды Всесоюз. научн. метеор. совещания*. Т. III. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – С. 3–15.
25. Барабаш М.Б., Емельянова Ж.Л. Закономерности пространственно-временного распределения засушливых условий на Украине // *Труды УкрНИГМИ*. – 1990. – Вып. 238. – С. 94–101.
26. Lejenas H. A comparative study of Southern Hemisphere blocking during global weather experiment // *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* – 1987. – V. 113. – P. 181–188.
27. Пальмен Э., Нютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы; пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 615 с.
28. Семёнова И.Г. Роль процессов блокирования в формировании засух на Украине // *Труды ГГО*. – 2013. – Вып. 569. – С. 124–136.

29. Semenova I.G. Regional atmospheric blocking in the drought periods in Ukraine // J. of Eart. Sci. and Engin. – 2013. – V. 3 (5). – P. 341-348.
30. Груза Г.В., Коровкина Л.В. Климатический мониторинг процессов блокирования западного переноса в Северном полушарии // Метеорология и гидрология. – 1991. – № 8. – С. 11-17.
31. Семёнова И.Г. Характеристика засушливых условий на Украине в конце XX - начале XXI столетия // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2014. – Вып. 1 – С. 20 -29.
32. Семёнова И.Г. Оценка пространственно-временного распределения засух на Украине в вегетационный период // Труды ГГО. – 2014. – Вып. 571. - С. 134-146.
33. Семёнова И.Г. Метеорологические и синоптические условия засухи в Украине осенью 2011 г. // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – Вип. 10. - С. 58-64.
34. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX веке. - М: Изд-во Института географии АН СССР, 1970. - 176 с.
35. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
36. Кононова Н.К. Циркуляция атмосферы в Европейском секторе Северного полушария в XXI веке и колебания температуры в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. - Т. 10. – Вып. 1. – С. 633-639.

## До розділу 2

1. [http://www.ipcc.ch/news\\_and\\_events/docs/ar5/press\\_release\\_ar5\\_wgi\\_ru.pdf](http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/press_release_ar5_wgi_ru.pdf)
2. Шерстюков Б. Г., Исаев А.А. Метод кратной цикличности для анализа временных рядов и сверхдолгосрочных прогнозов на примере отопительного периода в Москве. – Метеорология и гидрология, №8, 1999.
3. Володин Е.М., Галин В.Я. Об интерпретации зимнего потепления на континентах Северного полушария в 1978-1981 гг. – Метеорология и гидрология, 1999, №1, С.20-29.
4. Дегтярев А.Х., Дегтярева Л.Н. Оценка влияния сезонных изменений температуры на энергопотребление на Украине в отопительный период – Метеорология и гидрология, 2002, №12, С. 58-60.
5. Бабиченко В.Н., Гущина Л.М., Николаева Н.В. Продолжительность отопительного периода на Украине. – Труды УкрНИГМИ, вып. 180, 1980.
6. Дати переходу температури повітря в Україні за сучасних умов клімату/ За ред. В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. – Київ, Ніка-Центр, 2010. – 304 с.
7. Клімат України/ За ред. Ліпінського В.М. та ін. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.



### До разделу 3

1. Волощук В.М. та ін. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти. –К.: Вид. – Поліграфічний центр «Київський університет», 2002. – 170 с.
2. Лемешко Н.А.Современные изменения климата. Сценарии глобального потепления. В сб.лекций «Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства». 2007, с. 144-171.
3. Борисенков Е.П. Климат и деятельность человека. М.: Наука, 1982.– 132 с.
4. Борисенков Е.П. Колебания климата за последнее тысячелетие . Л.: Гидрометеиздат 1988. – С. 275.
5. Будыко М.И. Изменение климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. –280 с.
6. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. – Л.: Гидрометеиздат, 1980.–351 с.
7. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 172 с.
8. Головки В.А. Радиационный баланс и чувствительность климата Земли: диагностика и геопроектирование. В «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.» Т.8. №2. 2011.– С.137-149.
9. Головки В.А. Энергетические аспекты изменения климата Земли: взгляд из космоса. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Т.9. №5. 2012. - С. 140-154.
- 10.Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки. За ред. С.М.Степаненка, А.М.Польового. – Одеса: «Екологія», 2011. – 694 с.
11. Радиационные характеристики атмосферы и земной поверхности /Под ред. К.Я. Кондратьева. – Л.:Гидрометеиздат, 1969. – 564 с.
12. Головки В.А., Пахомов Л.А.,Успенский А.Б. Исследование поля уходящего излучения. НИЦ «Планета». Росгидромет, 2012.
13. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана.–М.: Флинта: Наука, 2009. – 532 с.
14. Израэль Ю.А. Эффективный путь сохранения климата на современном уровне – основная цель решения климатической проблемы //Метеорология и гідрологія, 2005, № 10, С.5-9.
15. Израэль Ю.А., Будыко М.И. и др. Предстоящие изменения климата: совместный советско-американский отчет о климате и его изменениях. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 272 с.
16. Манин А.С., Шишков Ю.А. История климата. – Л.:Гидрометеиздат, 1979. – 407 с.
- 17.Мельников В. П., Смульский И.И. Астрономические факторы воздействия на криосферу Земли и проблемы их исследования //Криосфера Земли, 2004, т.VIII, № 1, С. 3-14.
- 18.Абдусаматов Х.И. Солнце и климат. Государственное управление

- ресурсами. 2009. №3, С.22-33;
19. Абдусаматов Х.И. Солнце диктует климат Земли. 2009. Санкт-Петербург. Изд-во «Logos». – 197 с.
  20. Витинский Ю.И. Солнечная активность.- 2 изд.-М.: Наука, 1983.-192с.
  21. Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. – М.: Наука, 1995.- 295 с.
  22. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Радионов В.Ф., Тимохов Л.А., Широчков А.В. Научные исследования в Арктике. Том 1. Научно-исследовательские дрейфующие станции «Северный полюс». – СПб.: Наука, 2005. – 268 с.
  23. Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смоляницкий В.М., Фролов И.Е. Климатические изменения ледяного покрова морей евразийского шельфа. – СПб.: «Наука», 2007.- 136 с.
  24. Агибалов С., Кокорин А.О. Копенгагенское соглашение – новая парадигма решения климатической проблемы // Вопросы экономики, №9, 2010, С.115-132
  25. Кокорин А.О. Современная климатическая политика мирового сообщества и её значимость для России. Всемирный фонд дикой природы. Презентация на круглом столе «Экономика климатических изменений» в рамках Гайдаровского форума (14-18.01.2013).
  26. Кокорин А.Ю. Дурбанская платформа РКИК ООН: действия по новому глобальному соглашению и вторичу периоду Киотского протокола. Обзор международных переговоров по проблеме изменения климата. М., Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. 58 с. <http://www.wwf.ru/climate>.
  27. Справочник по климату СССР. – Вып. 10, ч.1, Л.: Гидрометеиздат, 1966.
  28. Кліматологічні стандартні норми (1961-1990 рр.) – Київ: УкрНДГМІЦГО.2002. – 446 с.
  29. Abdussamatov H.I. Fourth International Conference on Climate Change. Сісago. 2010).

#### До розділу 4

1. Глобальный климат/Под ред. Дж.Т.Хоттона. Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 502 с.
2. Динамика климата /Под ред. С.Манабе. Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. –431 с.
3. Ардашов С.А., Лапшин Ю.С. Анализ ветроэнергетики Украины и выявление перспектив ее развития//Энергетика та енергетичні системи.–2009. –№5. – С. 25-31.
4. Клімат України. Під ред. Липінського В.А. – Київ, 2003.

5. Кадастр України, ГГО. – Київ, 2006.
6. Казаков О.Л. Звіт про науково-дослідну роботу «Кількісні характеристики циркуляційного та турбулентного режиму граничного шару атмосфери Північного причорномор'я для цілей вітроенергетики»./Наук. Кер. Казаков О.Л. – Одеса, 2011 р.
7. <http://gis-vie.ru/index.php?option>
8. <http://greensystem.com.ua/atlas-vetra-ukraina.html>.
9. Говоркова В.А., В.М.Катцов, В.П.Мелешко, Т.В.Павлова, И.М. Школьник, 2008: Часть 2. Оценка пригодности моделей СМІРЗ для расчетов будущих изменений климата. Метеорология и гидрология, №8, 5-19.
10. Мелешко В.П., В.М.Катцов, В.М.Мирвис, В.А.Говоркова, Т.В.Павлова, 2008б: Климат России в XXI веке. Часть 3. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана СМІРЗ. – Метеорология и гидрология, №8, 5-19.
11. Кирпичникова И.М., Соломина Е.В. Возобновляемые источники энергии. Уч. пособие. – ЮУ.ГУ, 2009. – 50 с.
12. Кобышева Н. В. Косвенные расчеты климатических характеристик.– Л., Гидрометеиздат, 1971. – 190 с.
13. Pasquill F., Smith F.R. Atmospheric Diffusion, third edition/John Wiley & Sons Inc. – New York, 1983. – 440 p.
14. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 295 с.
15. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 752 с.
16. Степаненко С.Н. Динамика и моделирование климата. – Одеса: Екологія. – 2013. – 206 с.
17. Hegerl G. and Coauthors, 2004: Detectability of anthropogenic changes in annual temperature and precipitation extremes. J. Climate, 17, 3683-3700.
18. Kharin V.V. and Coauthors, 2007: Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations. J. Climate. DOI: 10.1175/JCL14066.
19. <http://ecost.lviv.ua/ru/grafic/odesa.html>
20. Особенности и условия полезного использования ветровой энергии [Электронный ресурс–<http://www.encon.in.ua/index.php/2012-01-21-04-20-42/2012-01-21-04-24-16>]
21. Украинская ветроэнергетическая ассоциация [Электронный ресурс – [www.uwea.com.ua](http://www.uwea.com.ua)]
22. Randall, D.A. and Coauthors, 2007: Climate Models and Their Evaluation. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, NY, USA.

## До розділу 5

1. Climate Change 2001. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2001. – 881 p.
2. Climate Change 2007, 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P., van der Linden P. J., and Hanson C. E., eds., Cambridge, UK, Cambridge University Press. – 976 p..
3. Climate Change 2007 – The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change – Cambridge University Press, 2007. – 994 pp.
4. Climate change and communicable diseases in the EU Member States. Handbook for national vulnerability, impact and adaptation assessments. European Centre for Diseases Prevention and Control, 2010. – 42 p.
5. Третье, четвёртое и пятое национальные сообщения Украины по вопросам изменения климата подготовленные на выполнение статей 4 и 12

### Рамочной

конвенции ООН об изменении климата и статьи 7 Киотского протокола.

Киев. – 2009. – С. 367.

6. Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу. Под ред. Катцова В.М., Порфирьева Б.Н. Москва: ООО РИФ «Д'АРТ», 2011. – С. 254.
7. Анисимов О.А., Белолуцкая М.А. Оценка влияния изменения климата и деградации вечной мерзлоты на инфраструктуру в северных регионах России // Метеорология и гидрология. – 2002. – №6. – С.15- 22.
8. Анисимов О. А., Величко А. А., Демченко П. Ф., Елисеев А. В., Мохов И. И., Нечаев В. П. Влияние изменений климата на вечную мерзлоту в прошлом, настоящем и будущем, 2004. Физика атмосферы и океана, 38 (1): С.25–С.39.
9. Anisimov O. A. Potential feedback of thawing permafrost to the global climate system through methane emission. Environ. Res. Lett. 2 (2007) in print (7 pp.).
10. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-200 pp.) / За ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. – Київ: «Ніка-Центр», 2006. – 312 с.

11. Материалы к Стратегическому прогнозу изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 годов и их влияния на отрасли экономики России. – М.: Росгидромет, 2005. – 90 с.
12. Выступление Руководителя Росгидромета А. И. Бедрицкого 6 февраля 2008 г. [www.rian.ru/elements/20080206/98497614.html](http://www.rian.ru/elements/20080206/98497614.html).
13. Stern N., 2006. The Economics of Climate Change. Cambridge University Press, 610 pp. [www.sternreview.org.uk](http://www.sternreview.org.uk).
14. Camp C.D. and Tung K.K., Surface warming by the solar cycle as revealed by the composite mean difference projection. Geophysical Research Letters, V. 34, L14703, 5 PP., 2007
15. Корзун В.А. Изменения климата: причины, прогнозы, возможные последствия для мировой экономики. Москва: ИМЭМО РАН, 2012. С.61.
16. Справочник по управлению в области охраны окружающей среды, ПРООН и РБЕС, Братислава, Словацкая Республика, 2003.
17. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменения глобального климата: Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. – 2001. – №5. – С. 5–21.
18. [www.wmo.ch](http://www.wmo.ch).
19. [www.unep.org](http://www.unep.org).
20. [www.meteoinfo.ru](http://www.meteoinfo.ru)].
21. Hales S., Baker M., Howden-Chapman P. Implications of global climate change for housing, human settlements and public health // Rev Environ Health. 2007, Oct-Dec. Vol. 22, N 4. P. 295-302..
22. Изменения климата и здоровье человека: угрозы и ответные меры. Резюме. ВОЗ, ВМО, ЮНЕП, 2003.
23. Revich B., Shaposhnikov D. High Summer Temperatures and Environmental Health, Tver Case Study (Russia) // The Future for Our Children: ISEE Meeting. Hungary, 2003. – P. 40.
24. Обиход А. Человек и жара: оптимизация взаимодействия «Зеркало недели. Украина» №26, 3 августа 2012.
25. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Климатические условия, качество атмосферного воздуха и смертность населения Москвы в 2000-2006 гг. // Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей / Под ред. Б.А.Ревича. – М., 2006. С. 102-141.
26. INVS (Impact sanitaire de la vague de chaleur d'aout 2003 en France. Bilan et perspectives), 2003. Health impact of the heat wave in August 2003 in France. Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice, 120 p.
27. Plan Canicule. Dossier de presentation. Ministere de la Sante et de la protection sociale, 2004. – 46 p.
28. Smoyer K. E. A comparative analysis of heat waves and associated mortality in St. Louis, Missouri –1980 and 1995, Int. J. Biometeorol, 1998. No.1, pp. 44-50.
29. [www.rnw.nl/english/bulletin/heatwave-causes-500-extra-deaths](http://www.rnw.nl/english/bulletin/heatwave-causes-500-extra-deaths).

- 30.Ревич Б.А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения европейской части России летом 2010 г.: результаты предварительной оценки //Экология человека. 2011. № 3.
- 31.Ревич Б.А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010 // Экология человека. 2011. № 7.
- 32.Ревич Б.А., Малеев В.В. Изменения климата и здоровье населения России: анализ ситуации и прогнозные оценки. – М.: ЛЕНАНД, 2010. С.208.
- 33.Medina-Ramon M., Zannobetti A., Cavanagh Dp., and Schwartz J. Modifiers of the effect of extreme temperatures on mortality: A multi-city case-only analysis // Int. Conf. on Environmental Epidemiology and Exposure, ISEE/ISEA (Paris, Sept. 2-6, 2006). – Paris, 2006. – P. 34-39.
- 34.De U. S. and Mukhopadhyay R. K., 1998. Severe heat wave over the Indian subcontinent in 1998, in perspective of global climate, Curr. Sci., vol. 75, pp. 1308-1315.
- 35.Хайнес А., Коватс Р.С., Кемпбелл-Лендрум Д., Корвалан К., 2004. Изменение климата и здоровье человека – воздействия, уязвимость и адаптация, Труді Всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сентября – 3 октября 2004 г., М., Новости, с. 307-322.
36. Kalkstein L. S., Smoyer K. E. The impact of climate change on human health: Some international implications//Experiencia. 1993. № 49. P. 469-479.
- 37.McGeehin M. A., Mirabelli M. The potential impacts of climate variability and change on temperature \_related morbidity and mortality in the United States//Environmental Health Perspectives. 2001.Vol.109. Suppl. 2. P. 185-189.
38. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Семутникова Е.Г. Климатические условия и качество атмосферного воздуха как факторы риска смертности населения Москвы в 2000-2006 гг. //Медицина труда и промышленная экология. 2009. – С. 29-35
39. Diaz J, Lopez Santiago C (2003). Health impact of thermal extremes in Iberia: analysis and trends. cCASHh Workshop on Vulnerability to Thermal Stresses, 5–7 May, Freiburg, Germany.
- 40.Alberdi et al., 1998 Alberdi JC et al. (1998). Daily mortality in Madrid Community (Spain) 1986–1991: relationship with atmospheric variables. *European Journal of Epidemiology*, 14:571–578.
41. Diaz J et al. (2002). Heat waves in Madrid, 1986–1997: effects on the health of the elderly. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75:163–170.).
- 42.База данных «Здоровье для всех» Европейского бюро ВОЗ в [Периоды сильной жары: угрозы и ответные меры. Серия «Здоровье и глобальное изменение окружающей среды» №2. ВОЗ. 2005. – 122 с.
- 43.Kramer L. D., Hardy J. L., and Presser S. B., 1983. Effects of temperature on extrinsic incubation of the vector competence of *Culex tarsalis* for western

- equine encephalomyelitis virus, American J. of Tropical Medicine and Hygiene, vol. 32, pp. 1130–1139
44. Burden of disease statistics. Geneva, World Health Organization, 2006. (<http://www.who.int/entity/healthinfo/tatistics/gbdwhoregionmortality.xls>).
  45. Menne B., Ebi K. Climate change and adaptation strategies for human health. Darmstadt, Steinkopff Verlage, 2005.
  46. Ebi K.L. et al. Climate change and human health impacts in the United States: an update on the results of the US national assessment. Environmental Health Perspectives, 2006. P. 1318-1324.
  47. Chang C.C., Wang Y.C., Wu J., Liu C.M., Sung F.C., Huang Y., Lin W.Y. and Chuang C.Y. The impact of climate change on gastrointestinal diseases in Taiwan. Int. Conf. on Environmental Epidemiology and Exposure, ISEE/ISEA, Paris, 2006, Sept. 2-6. P. 406.
  48. Zhang Y., Bi P., Hiller J. Climatic variables and the transmission of bacillary dysentery: Any differences between northern and southern China? Int. Conf. on Environmental Epidemiology and Exposure, ISEE/ISEA, Paris, 2006, Sept. 2-6. P. 325.
  49. Hu W., Connell D., Mengersen K., Tong S. Climate variability and the transmission of cryptosporidiosis. Int. Conf. on Environmental Epidemiology and Exposure, ISEE/ISEA, Paris, 2006, Sept. 2-6. P. 412.
  50. Jagai J.S., Kosheleva A.A., Castronovo D.A., Chui K.H., Naumova E.N. Climate and water type as indicators for gastroenteric infections in the US Elderly. Int. Conf. on Environmental Epidemiology and Exposure, ISEE/ISEA, Paris, 2006, Sept. 2-6. P. 329.
  51. D'Souza R., Hall G., Becker N., Vally H., Hanigan I. Effect of ambient temperature and age on salmonella notifications in Australia. Int. Conf. on Environmental Epidemiology and Exposure, ISEE/ISEA, Paris, 2006, Sept. 2-6. P. 330.
  52. Лялина Л.В. Проблемы оценки влияния глобальных изменений климата на эпидемический процесс. В кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара 5-6 апреля 2004 г. Под ред. Н.Ф. Измерова, Б.А. Ревича, Э.И. Коренберга. М.: Издательское товарищество «АдамантЪ.» 2004. С. 80-84.
  53. Коротков Ю.С. Постепенная изменчивость паразитарной системы клещевого энцефалита // Вопросы вирусологии, 2005, №3, С. 52-56.
  54. Злобин В. И., Данчинова Г. А., Сунцова О. В., Бадиева Л. Б. Климат как один из факторов, влияющих на уровень заболеваемости клещевым энцефалитом. В кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. 2004-М.: Издательское товарищество «АдамантЪ». -С. 121-124.
  55. Алексеев А. Н. 2006. Влияние глобального изменения климата на кровососущих эктопаразитов и передаваемых ими возбудителей болезней. Вестник РАМН. № 3. С. 21-25.
  56. MIGnews.com.ua // 23.04.2012.

- 57.MIGnews.com.ua // 7.08.2012].
- 58.Hubalek Z., Halouzka J. West Nile Fever – a reemerging mosquito-borne viral disease in Europe. *Emerg Infect Dis* 1999; 5:643-50.
- 59.CDC answers your questions about West Nile Encephalitis. Available from: URL: <http://www.cdc.gov/ncidod/dvbid/arbor/West Nile QA.htm>.
- 60.<http://www.unn.com.ua/ru/exclusive/919569-ses>.
- 61.MIGnews.com.ua // 19.09.2012.
- 62.Ревич Б.А. Изменение здоровья населения России в условиях меняющегося климата. Проблемы прогнозирования, 2008- №3- С. 140-150.
- 63.Семенов С.М., Гельвер Е.С., Ясюкевич В.В. Температурные условия для развития двух видов возбудителей малярии в организме переносчика на территории России в XX веке // Доклады Академии наук, Общая биология. 2002 — том 387, № 1. С. 131-136.
- 64.Parry M.L. et al. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group 11 to the Fourth Assessment Report of IPCC // Cambridge. UK: Cambridge University Press, 2007.
- 65.Клімат України / За ред.В.М. Липінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. – Київ: Вид. Раєвського, 2003. – 343 с.
- 66.<http://www.euro.who.int/globalchange>].
- 67.Меерсон Ф.З. Общий механизм адаптации и профилактики. – М.: Наука, 1973. – 360 с.
- 68.Хлебович И.А. Медико-экологическая оценка природных комплексов. На примере южных районов Средней Сибири. Л.: Наука, 1972. – 128 с.
- 69.Авцин А.П., Жаворонков А.А, Марачев А.Г. Патология человека на Севере. – М.: Медицина, 1985. – 416 с.
- 70.Трофимова И.В., Шмурдак А.Л. Деятельность по адаптации к изменению климата в Украине. Разработка Национального плана Украины по адаптации к изменению климата: проблемы и пути их решения. Тезисы к выступлению на Пятой встрече рабочей группы проекта «Снижение уязвимости к экстремальным наводнениям и изменениям климата в бассейне реки Днестр». Кишинёв, 7 июня 2012 г.

## До розділу 6

1. Агрокліматичний довідник по території України. /За ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. – Кам'янець-Подільськ: 2011. – 107 с.
2. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. /За ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового. – Одеса: Екологія. 2011. – 694 с.
3. Краковская С.В., Паламарчук Л.В., Дюкель Г.А. Региональная модель (РЕМО) в изучении сильных осадков в Карпатах. //Міжрегіональний збірник Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2008. – № 50. – С. 75–80.



4. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. / Под ред. С.М. Семенова.-М. 2012. –511 с.
5. Мищенко З.А. Агроклиматология. – Киев.: КНТ, 2009. – 512 с.
6. *Полевой А.Н.* Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
7. *Тарко А.М.* Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 231 с.
8. Україна та глобальний парниковий ефект. Книга 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату /За ред.. В.В.Васильченка, М.В. Ращуна, І.В. Трохимової. – К: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 1998.– 208 с.
9. *Полювий А.М.* Моделювання впливу підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері на фотосинтез зеленого листка //Український гідрометеорологічний журнал. – 2009, № 4, – С.46–56.
10. *Полювий А.М.* Сільськогосподарська метеорологія. –Одеса.:»ТЕС», 2012.– 635 с.
11. *Израэль Ю.А., Антохин Ю.А.* и др. Последствия изменения климата для России //В сб.: Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. Пределы изменений.– М.: Наука, 2001. – С. 40–64.
12. Волощук В.М., Бойченко С.Г. Вплив загального глобального потепління клімату на середньорічну інтенсивність атмосферних опадів в Україні. // Доп. АН України. – 1998.-№6. – С. 125 – 130.
13. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шедеменко І.П., Дюкель Г.О., Гнатюк Н.В. Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (REMO) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період 1961-1990 рр. //Наук. праці УкрНДГМІ. – 2008. – № 257. – С. 42–60.
14. *Логинов В.Ф.* Причины и следствия климатических изменений. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – 320 с.
15. *Шумова Н.А.* Закономерности формирования водопотребления и водообеспеченности агроценозов в условиях юга Русской равнины.-М.: Наука. 2010. – 234 с.
16. *Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton.* Regional Climate Projections. **In:** Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. – 2007. – 94 pp.
17. *Jacob, D., B.J.J.M. Van den Hurk, U. Andre, G. Elgered, C. Fortelius, L.P. Graham, S.D. Jackson, U. Karstens, Chr. Kopken, R. Lindau, R. Podzun, B. Rockel, F. Rubel, B.H. Sass, R.N.B. Smith, X. Yang:* A comprehensive model

- inter-comparison study investigating the water budget during the BALTEX-PIDCAP period. //Meteor. Atm., 2001. – No. 77. – P.61–73.
18. Roeckner, E., K. Arpe, L. Bengtsson, M. Cristoph, M. Claussen, L. Dumenil, M. Esch, U. Schlese, U. Schulzweida. The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate // Max-Planck-Institute fur Meteorologie, Report.– 1996. – No. 218.
  19. Callinor A.J. Scaling-up crop models for climate variability applications/ A.J.Callinor, F.Ewert, S.Arnold// Journal of Experimental Botany, Juli 2009.vol.60, #10. P.2775–2789.
  20. Lobell D.B. on the use of statistical models to predict to crop yield responses to climate change / D.B. Lobell, M.B.Burke,// Agricultural and Forest Meteorology, 2010, vol.150, #11.P. 1443 – 1452.
  21. Iglesias A. A regional comparison of the effects of climate change on agricultural crops in Europe / A. Iglesias, L. Garrote, S. Quiroga // 2012, vol.112. #1.P. 29 – 46.
  22. Klein T. Adaptation options under climate change for multifunctional agriculture / T.Klein, A. Holzkamper, P. Calanza, J. Fuhrer // Regional Environmental, 2014, vol.14.#1. P. 167 – 184.
  - 23 Зінченко О. І. та ін. Рослинництво: Підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. — К.: Аграрна освіта, 2001.
  - 24 Біологічне рослинництво: Навч. посібник / О. І. Зінченко, О. С. Алексєєва, П. М. Приходько та ін.; За ред. О. І. Зінченка. — К.: Вища шк., 1996.
  - 25 Бугай С. М. Рослинництво. — К.: Вища шк., 1978.
  - 26 Рослинництво з основами програмування врожаю / О. Г. Жатов, Л. Т. Глущенко, Г. О. Жатова та ін. — К.: Урожай, 1995.
  - 27 John Antle<sup>1</sup>, Jianhong E. Mu<sup>2</sup>, John Abatzoglou Climate and the Spatial-Temporal Distribution of Winter Wheat Yields: Evidence from the U.S. Pacific Northwest
  - 28 Agricultural and Forest Meteorology 83 ( 1997) 23 I-246 Climatic model for dry matter production of winter wheat in Hungary 1008
  - 29 ЕАОС, ОБСЕ, ЮНЕП, ПРООН, ЕЭК ООН, РЭЦ, НАТО. Изменение климата и продовольственная безопасность в Восточной Европе. Отчет о проведении практического семинара по разработки сценариев. 2011.
  - 30 UNEP/GRID-Arendal. Climate in Peril: A popular guide to the latest IPCC Reports. Eds: Kirby A., Stuhlberger Ch., Heberlein C., Tveitdal S. 2009. Доступно в интернете: <http://www.grida.no/publications/climate-in-peril>
  - 31 World Bank. Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia. 2008.Доступно в интернете: [http://siteresources.worldbank.org/ECAEXT/Resources/258598-1243892418318/ECA\\_CCA\\_Full\\_Report.pdf](http://siteresources.worldbank.org/ECAEXT/Resources/258598-1243892418318/ECA_CCA_Full_Report.pdf)
  - 32.<http://www.apk-inform.com/ru>

33. Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроєкосистем. //Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2005. – Вип. 1. – С. 79-86.
34. Полевой А.Н.. Моделирование фотосинтеза зеленого листа у растений типа  $C_3$  и  $C_4$  при изменении концентрации  $CO_2$  в атмосфере. – //В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – М.:ИГКЭ. – 2010. – Том XXIII – С. 297-315.
35. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеиздат, 1971 – 362 с.
36. Бахтеев Ф.Х. Ячмень. – М. –Л., Сельхозиздат, 1955.
37. Росс Ю.К. К математическому описанию роста растений. – ДАН АН СССР, 1966, 171, № 2. – С. 481 – 483.
38. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
39. Thornley J. H.M. Mathematical models in plant physiology. A quantitative approach to problems in plant and crop physiology. – London; New York: Acad. Press, 1976, p. 318.
40. Idso S. B. A holocoenotic analysis of environment-plant relationships. – Agr. Exper. Station Univ. Minn., Tech. Bull. N 264, 1968, p. 1 – 147.
41. Stewart D. W., Lemon E. R. The energy budget at the earth's surface: A simulation of net photosynthesis on field corn. – Techn. Rep., ECOM 2-68, 1 – Interim. Rep. 63-3, Dec. 1969, p. 1 – 132.
42. Галямин Е.П., Милютин Н.Н., Сиптиц С.О. Математическое моделирование процессов формирования урожая. – В кн.: Вопросы управления комплексом факторов жизни растений. 1978. – С. 51 – 65.
43. Дмитренко В. П. О моделях расчета урожайности сельскохозяйственных культур с учетом гидрометеорологических факторов // Метеорология и гидрология. – 1971. №5. – С. 84 –91.
44. Антоненко В. С. Моделирование влияния агрометеорологических условий на рост, развитие и формирование урожая озимой пшеницы. //Метеорология, климатология и гидрология, – Одесса, 1998. № 38. – С. 145 – 153.
45. Полевой А.Н., Кульбида Н.И. Моделирование формирование урожая озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации в Украине // Метеорология, климатология и гидрология. – Одесса: 2001. – Вып. 43. – С. 128 – 135.
46. Simulating Biomass and Grain Yields of Barley and Oat Crops with the Sirius Wheat Model A. L. Fletcher, R. J. Martin, J. M. de Ruiter, P. D. Jamieson, R. F. Zyskowski Crop Modeling and Decision Support 2009, pp 192-202.
47. PH—Postharvest Technology: Numerical Simulation Static-Bed Drying of Barley N. Mandasa, M. Habteb Biosystems Engineering Volume 82, Issue 3, July 2002, Pages 313–319.

48. Simulation of competition between barley and wild oats under different managements and climates Robert Grant Ecological Modelling Volume 71, Issue 4, February 1994, Pages 269–287.
49. FORECASTING MODELS FOR BARLEY PRODUCTION IN JORDAN Emad Kamel Al-Karablieh and Amer Zahi Salman Emirates Journal of Food and Agricultural (EJFA) Volume 11, No. (1), pp.59-81.
50. Growth, yield and grain quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) in response to nitrogen uptake R.P. Ellis and B. Marshall Journal of Experimental Botany Volume 49, Issue 323Pp. 1049-1057.
51. Simulation of spring barley yield in different climatic zones of Northern and Central Europe: A comparison of nine crop models. Field Crops Research Volume 133, 11 July 2012, Pages 23–36.
52. Simulation model on barley yield formation. ZOU Wei; LIU Tie-mei; KONG De-yan; TANG Liang; CAO Wei-xing. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 2009 Feb; 20(2):396-402.
53. Prediction of crop yield in Sweden based on mesoscale meteorological analysis Valentin L Foltescu Meteorol. Appl. 7, 313–321 (2000).
54. Using CropSyst Model to Predict Barley Yield under Climate Change Conditions in Egypt Samiha A. Ouda, Fouad A. Khalil, Gamal El Afandi, Mohamed M. Ewis The African Journal of Plant Science and Biotechnology ©2010 Global Science Books.
55. Selection of a Barley Yield Model Using Information–Theoretic Criteria. Marie Jasieniuk, Mark L. Taper, Nicole C. Wagner, Robert N. Stougaard, Monica Brelsford, and Bruce D. Maxwell\* Weed Science 56(4):628-636. 2008.
56. Development and use of a barley crop simulation model to evaluate production management strategies in north-eastern Australia P.J. Goyne, H. Meinke, S. P. Milroy, G. L. Hammer and J. M. Hare Australian Journal of Agricultural Research 47(7) 997 - 1015 Published: 1996.
57. <http://agrosience.com.ua/>
58. Nakienovi N. and R. Swart (eds.), 2000: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, US – 599 pp.
59. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / за ред. док. фіз.-мат. н. С.М. Степаненка, док. геогр. н. А.М.Польового. – Одеса.: Екологія, 2011. – 694 с.
60. <http://www.zerno-ua.com/>
61. Подсолнечник / Научные труды ВАСХНИЛ Под общей редакцией академика В.С. Пустовойта - М.: Колос, 1975. - 591 с.
62. Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 143с.

63. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Агроклиматическое районирование ресурсов влаги в почве под подсолнечником на территории Украины // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. – Вип. 49. – С. 305 – 315.
64. <http://semenovodcheskoe.com.ua/>
65. Васильев Д.С. Агротехника подсолнечника. – М.: Колос. 1983.
66. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем – К.: КНТ, 2007. – 344 с.
67. Kinitry J.R., Blanchet, R., Williams, J.R., Texier, V., Jones, C.A. and Cabelguenne, M., (1992). Sunflower simulation using the EPIC and ALMANAC models. *Field Crops* 30:1992, pp 403-423.
68. Horie T. Simulation of sunflower growth. I. Formulation and parametrization of dry matter production, leaf photosynthesis, respiration and partitioning of photosynthates. – *Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Jap., Ser. A24*, 1977, pp. 45-70.
69. Sridhara, S., Prasad, T.G. A combination of mechanistic and empirical models to predict growth and yield of sunflower as influenced by irrigation and moisture stress. “*HELIA*”, 2002, 25, Nr. 37, pp. 39-50.
70. Agele S.O. Response of sunflower to weather variations in a tropical rainforest zone. “*African Crop science Conference Proceedings*”, 2003. Vol. 6, pp.1-8.
71. Whisler F., Acock B., Baker D., Fye R., Hodges H., Lambert J., Lemmon, H., Mckinion J. & Reddy V. (1986). Crop simulation models in agronomic systems. *Advances in agronomy* 40, pp. 141-208.
72. Slafer G. A. (2003). Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective. *Annals of Applied Biology* 142 (2), pp. 117-128.
73. Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., Sierra, J., Bertuzzi, P., Burger, P., Bussi re, F., Cabidoche, Y.M., Cellier, P., Debaeke, P., Gaudill re, J.P., H nault, C., Maraux, F., Seguin, B. & Sinoquet, H. (2003). An over view of the crop model STICS. *Eur. J. Agron.* 18 (3–4), pp.309–332.
74. Мельник Ю.С. Изменчивость урожая подсолнечника в зависимости от условий погоды // Метеорологія і гідрологія. – 1975. – №6. – с. 89-95.
75. Миуский П.Е., Наумов М.М., Русакова Т.И. О математической модели продукционного процесса подсолнечника // Межвед. научн. сб. Украины.– Метеорологія і гідрологія. – 1989. – Вып. 24. – с. 132-137.
76. Наумов М.М. Прогноз урожайности семян подсолнечника на основе математической модели продукционного процесса // Матеріали міжнародної конференції «Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища – 2002». – Одеса, 2003. – Ч.1. – с. 264-270.
77. Aguera F., Villalobos F. & Orgaz, F. (1997). Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus*, L.) genotypes differing in early vigour using a simulation model. *European Journal of Agronomy* 7 (1-3), pp.109-118.
78. Boote KJ., Kropff MJ. & Bindraban PS. (2001). Physiology and modelling of traits in crop plants: implications for genetic improvement. *Agric Syst* 2001 ; 70 : pp. 395-420.

79. Pereyra-Irujo G.A. & Aguirrezabal L. A. (2007). Sunower yield and oil quality interactions and variability : Analysis through a simple simulation model. *Agricultural and Forest Meteorology* 143 (3-4), pp.252-265.
80. Villalobos et al., 1996 Villalobos, F., Hall, A., Ritchie, J., Orgaz, F., 1996. OILCROP- SUN : a development, growth and yield model of the sunower crop. *Agronomy Journal* 88, pp. 403-415.
81. Cabelguenne M., Debaecke P., & Bouniols A. (1999). EPIC phase, a version of the EPIC model simulating the effects of water and nitrogen stress on biomass and yield, taking account of developmental stages : validation on maize, sunflower, sorghum, soybean and winter wheat. *Agricultural Systems* 60 (3), pp. 175-196.
82. Hammer G. L., Kropff M. J., Sinclair T. R. & Porter, J. R. (2002). Future contributions of crop modeling from heuristics and supporting decision making to understanding genetic regulation and aiding crop improvement. *European Journal of Agronomy* 18 (1-2), pp.15-31.
83. Todorovic M., Albrizio R., Zivotic L., Abi Saab MT., Stöckle C. & Steduto P. (2009). Assessment of AquaCrop, CropSyst, and WOFOST models in the simulation of sunflower growth under different water regimes. *Agron J* 2009 ; 101 : 509-21.
84. Casadebaig P., Guilioni L., Lecoeur J., Christophe A., Champolivier L. & Debaecke P. (2011). SUNFLO, a model to simulate genotype – specific performance of the sunflower crop in contrasting environments. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151 (2011) pp. 163–178.
85. Chapman S., Hammer G. & Meinke H. (1993). A sunflower simulation model : I. model development. *Agronomy Journal* 85, pp. 725-735.
86. Debaecke P., Casadebaig P., Haquin B., Mestries E., Palleau JP. & Salvi F. (2010). Simulation de la réponse variétale du tournesol à l'environnement à l'aide du modèle SUNFLO. *OCL VOL. 17 N° 3 MAI-JUIN 2010*.
88. Аксьонова Л. А. Картопля// Географія. 2000. - № 43. - С. 1-2.
89. Агрохимия. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.:Колос, 1984. –304 с. под ред. Смирнов П.М., Муравин Э.А.
90. Лорх А.Г. Динамика накопления урожая картофеля. –М.: Сельхозгиз, 1948. – 191 с.
91. Лорх А.Г. О картофеле. –М.: Сельхозгиз, 1960. – 151. с
92. Stastna Milada, Dufkova Jana. Potato Simulation Model and its Evaluation in Selected Central European Country. *Agricultural Conspectus Scientificus (ACS)* 01. 2008.
93. K. Somasundaram, V.S. Santhosh Mithra. A Simulation model for Sweet Potato Growth. *Word Journal of Agricultural Sciences*. 4 (2), 2008. P. 214-254.
94. K. Somasundaram, V.S. Santhosh Mithra. Mathematical model of plant growth on the example of potatoes. *Word Journal of Agricultural Sciences*. 4 (2), 2008. P. 260-278.

95. C.J.T. Spitters. An analysis of variation in yield among potato cultivars in terms of light absorption, light utilization and dry matter partitioning. *ISHS Acta Horticultural* 214. Agrometeorology of the Potato Crop.
96. M. Smith, D. Kivumbi. Use of the FAO CROPWAT model in the deficit irrigation studies. Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
97. Joost Wolf. Comparison of two potato simulation models under climate change. Model calibration and sensitivity analyses. *Journal of climate research*. Vol. 21. 2002. P. 173-186.
98. H. Dommermuth. A warning service for combating late blight of potato (*Phytophthora infestans*) in the federal republic of Germany. *ISHS Acta Horticultural* 214. Agrometeorology of the Potato Crop.
99. V. Eremeev, J. Joudu, P. Laaniste, E. Maeorg, A. Selge, A. Tsahkna, M. Noormets. Influence of the thermal shock and pre-sprouting on potato tuber yield. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 6 (1). 2008. P. 105-113.
100. D. Harahagazwe, J.F. Ledent, G. Rusuku. Growth analysis and modeling of CIP potato genotypes for their characterization in two contrasting environments of Burundi. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 7(46). 2012. P. 173 - 185.
101. Биология и селекция сахарной свеклы – М.: Колос, 1968. – 775 с.
102. Глеваский И.В., Кравченко А.А., Поехало Б.И., Бондарчук А.А. – Основы свекловодства – К.: Урожай, 1991. – 213 с.
103. Гоменюк В.О. Буряківництво. – Вінниця: Континент, 1999. – 230 с.
104. Агрономічний зошит з індустріальної технології вирощування цукрових буряків. Під редакцією А.М. Ткаченко. – К.: Урожай, 1986 – 140 с.
105. Растениеводство. / Под ред. П.П. Вавилова. – М.: Колос, 1979. – 519 с.
106. Сахарная свекла: основы агротехники. Под ред. Зубенко В.Ф. – Киев: Урожай, 1979. – 414 с.
107. Кружилин А.С., Шведская З.М. Биология двулетних растений. М.: Наука, 1966. – 327 с.
108. Кошкин Е.И., Гатаулина Г.Г., Дьяков А.Б. и др. Частная физиология полевых культур / Под ред. Е.И. Кошкина. – М.: Колос, 2005. – 344 с.
109. Орошаемое земледелие. Под ред. Б.А. Шумакова. Изд-во министерства сельского хозяйства РСФСР. Москва, 1962. – 192 с.
110. Оканенко А.С., Кекух А.М., Митрофанов Б.А. и др. Фотосинтез сахарной свеклы в условиях орошения на юге Украины. / Физиология и биохимия культурных растений. – 1969, № 1, вып. 2, с. 202-210.
111. Конторщикова О.М. Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий роста сахарной свеклы в Нечерноземной зоне Европейской территории СССР. – М.: Гидрометеиздат, 1982. – 24 с.
112. Гринів С.М. Сорт, добрива, строки збирання - складові підвищення продуктивності цукрових буряків. // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. – 2009, №4. - С.89-95.

113. Конторщикова О.М. Методические указания по составлению прогноза урожайности сахарной свеклы. М.: Гидрометеиздат, 1982. – 24 с.
114. Дмитренко В.П. Метод расчета урожайности озимой пшеницы на территории УССР. // Труды УкрНИГМИ. - 1975. - Вып.139. - С.3-14.
115. Перелет Н.А., Тимошенко Г.Л. О методе прогноза средней областной урожайности и валового сбора сахарной свеклы. // Тр. УкрНИИ Госкомгидромета, 1985, вып. 213, с. 51-56.
116. Brouwer R., Wit de C.T. A simulation model of plant growth with special attention to root growth and its consequences. - Root Growth. Butterworths, London, 1969, P.224-244.
117. Brouwer R., Wit de C.T. The simulation of photosynthetic systems. - In: Prediction and measurement of photosynthetic, productivity. Proc. IBP/PP Technical Meeting, Trebon. Centre Agr. Publ. Doc., Wageningen, 1970, P.44-80. ce, 1976, P.225 - 244.
118. Wit de C.T. Dynamic concepts in biology. In: Prediction and measurement of photosynthetic productivity. Proc. IBP/PP Technical Meeting, Trebon. Centre Agr. Publ. Doc., Wageningen, 1970.
119. Fick G.W. Analysis and simulation of sugar beet (*Beta vulgaris*). - Ph.D.Thesis, Univ.Calif., Davis. Univ. Microfilms Ann Arbor, Mich. (Diss. Asbtr. 32:1957B), 1971.
120. Patefield W.M., Austin R..B. A model for the simulation of the growth of *Beta vulgaris*. - Ann.Bot., 1971, V. 35, No. 143, P. 1227-1250.
121. Monteith J.L. Light distribution and photosynthesis in field crops. - Ann.Bot., 1965, V.29, P.17-37.
122. Fick G.W., Williams W.A., Loomis R.S. Compute simulation of dry matter distribution during sugar beet growth. – Crop Sci., 1973, V. 13, No.4, P.413-417.
123. Ulrich A. The influence of temperature and light factors on the growth and development of sugar beets in controlled climatic conditions. - Agron. J., 1952, V.44, P.66-73.
124. Ulrich A. Growth and development of sugar beet plants at two nitrogen levels in a controlled temperature greenhouse. - Proc.Amer.Soc.Sugar Beet Technol., 1954, No.8(2), P.325-338.
125. Ulrich A. Influence of night temperature and nitrogen nutrition on the growth sucrose accumulation and leaf minerals of sugar beet plants. - Plant Physiol., 1955, No.30, P.250-257.
126. Terry N. Developmental physiology of sugar-beet. II. Effects of temperature and nitrogen supply on the growth soluble carbohydrate content and nitrogen content of leaves and roots. - J.Exp.Bot. 1970, V.21, P.477 - 496.
127. Hashemi F. Sugar beet yield-weather modelling in Iran aimed it forecasting. J.Agric.Met., 1982, V.26, No.3, P.195 - 200.
128. Soltani A., Gholipouri M. and Haji-Zadeh A. A simple model for simulating sugar beet yield. Journal of agricultural science and industry. – 2005. - 19(2):11



129. Gholipouri M., Sharifi R., Sedghi M., Heydari A. A very simple model for simulating sugar beet yield for potential production // *Journal of Phytology*. – 2009.- 1(5), P. 277–284.
130. Vandendriessche, H. J. A model of growth and sugar accumulation of sugar beet for potential production conditions: SUBEMOpO I. Theory and model structure. *Agriculture Systems*. – 2000. - 64: 1-19.
131. A. Kenter, C. Hoffmann, C. and K. W. Jaggard. The Broom's Barn sugar beet growth model and its adaptation to soils with varied available water content. *Europ. J. Agronomy*. – 2005. - 23: 108–122.
132. Robertson G.W. Weather-based mathematical models for estimating development and ripening of crops. // *WMO Tech. Note*, 1983, No.180, XVI, 99 p.
133. Chalabi Z.S., Milford G.F.J., Pay W. Stochastic model of the leaf area expansion of the sugar beet plant in a field crop. *Agr. and Forest Meteorol.*, 1986, V.38, No.4, P.319 - 336.
134. Thornley J.H.M. A balanced quantitative model for root:shoot ratios in vegetable plants. *Ann. Bot.* 1972, No. 36, P. 431 - 441.
135. Bouman B.A.M. Growth models to simulate crop growth, optical reflectance and radar backscatter of sugar beet and winter wheat, calibrated for Flevoland. CABO-DLO report 163. CABO-DLO Wageningen, The Netherlands. - 1992. - 116 p.
136. M. Donatelli, G. Bellocchi, L. Criscuolo, C. Maestrini. Approaching sugar beet (*Beta vulgaris* L.) modelling in Italian environments / *Agroindustria* . - Vol. 5. - № 3. - 2006. - p. 213-220.
137. Charlotte Baeya, Anne Didierb, Sébastien Lemaireb, Fabienne Maupas, Paul-Henry Cournèdea. Modelling the interindividual variability of organogenesis in sugar beet populations using a hierarchical segmented model. / *Ecological Modelling*. Volume 263, 10 August 2013, Pages 56–63.
138. Глушков В. М., Иванов В.В., Яненко В.М. Моделирование развивающихся систем. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. 344 с.
139. Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. - СПб.: изд-во С-Петербур. ун-та, 2006. - 396 с.
140. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 175 с.
141. Вольвач О.В. Агроекологічна оцінка забруднення урожаїв цукрового буряку важкими металами (на прикладі цинку) в Одеській області. // *Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей*. Одесса. – 2008, № 3(7), С. 43 - 51.
142. Костюкевич Т. К. Влияние сроков сева на рост, развитие и формирование урожайности сахарной свеклы. – *Украинский гидрометеорологический журнал*. - 2010. - № 6. – С. 156–163.

143. Костюкевич Т. К. Формирование урожая сахарной свеклы в годы с различными агрометеорологическими условиями. – Украинский гидрометеорологический журнал. - 2010. - № 7. – С. 132–138.
144. Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроєкосистем. //Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2005. – Вип. 1. – С. 79-86.
145. Полевой А.Н.. Моделирование фотосинтеза зеленого листа у растений типа  $C_3$  и  $C_4$  при изменении концентрации  $CO_2$  в атмосфере. – //В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – М.:ИГКЭ. – 2010. – Том XXIII – С. 297-315.
146. Виноградарство / М. О.Дудник, М. М. Коваль, І. М. Козар та ін.; за ред. М. О. Дудника.- К.: Урожай, 1999. - 288 с.
147. Григоришин А.И. Овчинников Г.П. Загрей – перспективный сорт винограда для производства столовых вин высокого качества // Виноградарство и виноделие. «Магарач». – 2004. - №2. – С. 16-19.
148. Давитая Ф.Ф. Климатические зоны винограда в СССР / Ф. Ф. Давитая. - М.: Пищепромиздат, 1948. - 192 с.
149. Ляшенко Г.В. Агро- и микроклиматическое обоснование размещения сельскохозяйственных культур на примере винограда / Г.В. Ляшенко // Виноградарство і виноробство: міжв. Тем. Наук. Зб. – Одеса Optimum, 2005. Вип. 42. – С. 87-95.
150. Ляшенко Г.В. Оцінка мінливості агрокліматичних умов вегетаційного періоду і адаптивних реакцій винограду у зв'язку із зміною клімату / Г.В. Ляшенко, Е.Б. Мельник, В.І. Суздальова // Виноградарство і виноробство: міжв. Тем. Наук. Зб. – Одеса Optimum, 2007. Вип. 44. – С. 59-67.
151. Ляшенко Г.В. Жигайло Т.С. Применение метода математического моделирования для исследования фотосинтетической деятельности винограда на примере сортов Рубин Таировский и Загрей // Виноградарство і виноробство. – Одеса: ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова», 2012 - Вип. 49, С. 125-128.
152. Bindi M. Gozzini B. and ot. Modelling the impact of climate scenarios on yield and yield variability of grapevine// Proc . Intern . Symp. on Applied Agrometeorology and Agroclimatology. – Volos, Greece, 1996, P. 213-224.
153. Jones, G.V., Duchene, E., Tomasi, D., Yuste, J., Braslavksa, O., Schultz, H., Martinez, C., Boso, S., Langellier, F., Perruchot, C., and G. Guimberteau (2005b). Changes in European Winegrape Phenology and Relationships with Climate, GESCO 2005.
154. Методика моніторингу стану виноградних насаджень в період вегетації залежно від агрометеорологічних умов / Г. В. Ляшенко, Е. Б. Мельник, В. М. Ситов, В. І. Суздальова, Т. С. Жигайло, Є. І. Маринін. – Одеса: ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова», 2013. – 34 с.

155. *Marinin E. I.* - Prestazioni e trend indicatori in modalita congelato NNC "Nome IViV V.E.Tairov" // *Italian Science Review*. 2014; 14 (4). PP. 206-209. Available at URL:<http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Marninin.pdf>
156. Ляшенко Г.В., Маринин Е. И. - Оценка рисков повреждения винограда весенними и осенними заморозками в Северо-Западном Причерноморье // Вісник Одеського державного екологічного університету, 2014, вып. 17 – С. 59-65.

### До розділу 7

1. ESPON. The spatial effects and management of natural and technological hazards in Europe. Schmidt-Thome P.2007.]
2. Hattermann FF, Krysanova V, Post J, Dworak Th, Leipprand, A, Kadner S, Kabat P, (2008) Understanding consequences of Climate Change. In “The Adaptiveness of IWRM, an Analysis of European IWRM Research”, IWA Publishing, London, UK. pp 89-112
3. Лобода Н.С. Влияние изменений климата на водные ресурсы Украины (моделирование и прогнозы по данным климатических сценариев) // Глобальные и региональные изменения климата под ред. Шестопалова В.М., Логинова В.Ф.,Осадчего В.И. и др.) – К.: Ніка-Центр, 2011. – С. 340-352.
4. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). –К.: Ніка-центр,2010. -316 с.
5. Шакірманова Ж.Р. Визначення основних факторів весняного водопілля річок Лівобережжя Дніпра при довгострокових прогнозах його характеристик // Український гідрометеорологічний журнал. – Одеса., ТЕС, 2013.- С.99-109.
6. Лук'янець О.І., Балабух Оцінка взаємозв'язку елементів водного балансу в сучасних умовах та впливу кліматичних змін на річковий стік в Закарпатській області // Матеріали VI Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю "Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології". - м. Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2014 р. – С. 187-190.
7. Гребінь В.В., Лук'янець О.І., Андрела С.П. Характер змін режиму водності та повторюваності паводків в холодний і теплий періоди року в басейні р.Тиса (у межах України) // Український гідрометеорологічний журнал. – Одеса., ТЕС, 2013.- С.147-154.
8. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Критический анализ.Л.: Гидрометеониздат, 1988-312с.
9. World Meteorological Organization,2003. 2003: Integration and Coupling of Hydrological Models with Water Quality Models: Applications in Europe (B.

- Arheimer and J. Olsson). WMO Technical Reports in Hydrology and Water Resources, No. 75. WMO/TD-No. 1174. Geneva
10. Krysanova, V., Wechsung, F., SWIM (Soil and Water Integrated model) User Manual. - 2000. - 239 p.
  11. Arnold J.G., Allen P.M., Bernhardt G.. A comprehensive surface-groundwater flow model / Journal of Hydrology. - 1993. - v. 142. - pp. 47-69.
  12. Krysanova, V., Meiner, A., Roosaare, J., Vasilyev, A., Simulation modelling of the coastal waters pollution from agricultural watershed / Ecological Modelling. - 1989. - v. 49. - pp. 7-29.; Krysanova, V. & Luik, H. (eds.), Simulation modelling of a system watershed - river - sea bay. - Tallinn, Valgus, 1989. - 428 p
  13. Krysanova, V., Wechsung F. & Hattermann F. Development of the ecohydrological model SWIM for regional impact studies and vulnerability assessment / Hydrological Processes. - 2005. - v.19. - pp. 763-783.
  14. Krysanova, V., F. Hattermann, Sh. Huang, C. Hesse, T. Vetter, S. Liersch, H. Koch and Z. W. Kundzewicz, 2013. Modelling climate and land use change impacts with SWIM: lessons learnt from multiple applications. Submitted to Hydrological Sciences Journal.
  15. Бойко О.В., Железняк М.Й. Оцінка ефективності протипаводкових заходів на малих річкових водозборах Закарпаття як основа розрахунків розподіленої моделі “опад – стік” // Математичні машини і системи. - 2011. №4.
  16. Piani C., Haerter J.O., Coppola E., 2010. Statistical bias correction for daily precipitation regional climate models over Europe. Theoretical and Applied Climatology, Volume 99, Issue 1-2, pp187-192.
  17. Удовенко О.И., Кивва С.Л., Бойко А.В., Ковалец И.В., Железняк М.И. Моделирование изменений климатических характеристик экстремальных паводков в Украинских Карпатах // Матеріали VI Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю "Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології". - м. Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2014 р. - С. 275-278
  18. Сніжко С. Оценка изменения водного стока рек Украины на основе водно-балансовых моделей / С. Сніжко, І.Купріков, О.Шевченко // Фізична географія та геоморфологія. - 2012. - Вип..2 (66). - С. 157-161.
  19. Сніжко С., Яцюк М., Купріков І., Шевченко О., Струтинська В. Зміна клімату і ресурси місцевого стоку в Україні у ХХІ столітті // Україна: географія цілей та можливостей. Зб. наук.праць. - Н.:ФОРМ "Лисенко М.М.", 2012.-Т.1 - С.77-80.
  20. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплогового балансу // Наук. Праці УкрНДГМІ. - 2001. - Вип.249. - С.106-120.
  21. Лобода Н.С., Гопченко Е.Д. Модели оценки и прогноза состояния водных ресурсов рек бассейна Придунайских озер в естественных и нарушенных

- хозяйственной деятельностью условиях // Міжвід. наук. зб. України. - Метеорологія, кліматологія и гідрологія - Одеса. - 2001. – Вип. 42. - С. 50 - 62.
22. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления // Гидробиологический журнал. - Киев: Институт гидробиологии НАН Украины. - т.36, №3. - 2000. - С. 67 - 78.
  23. Лобода Н.С., Тучковенко Ю.С. Дослідження впливу змін річкового стоку за кліматичними сценаріями на гідроекологічний стан північно-західної частини Чорного моря // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія:біологія . Спеціальний випуск: гідроекологія.- № 3 (44). -2010. – С. 143-145.
  24. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / Под ред. Ю.С. Тучковенко, Е.Д. Гопченко). - Одесса: ТЭС, 2012.-223с.; 24.
  25. Определение гидрологических характеристик для условий республики Молдова. СР D.01.05-2012. (у співавторстві). – 180с.
  26. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края / Мезенцев В.С., Карнацевич И.В., Белоненко Г.В., Плотников Ю.Н., Полисадов С.Д. (Под ред. В.С.Мезенцева). -М.Колос, 1974. -240 с.
  27. Гушля А.В., Мезенцев В.С. Водно-балансовые исследования.К.:Вища школа, 1982. – 229с.
  28. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины - Л.: Гидрометеиздат,1969. - 75с.
  29. Мезенцев В.С. Расчеты водного баланса:Учебное пособие. - Омск,1976.- 76с.
  30. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплогового балансу // Наук. Праці УкрНДГМІ. – 2001. – Вип.249. – С.106-120.
  31. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
  32. Лобода Н.С., Гопченко Е.Д.Нормирование характеристик естественного годового стока рек Украины // Доклады Всероссийского гидрологического съезда (28 сентября – 1 октября,2004г.). Секция 5. Гидрофизические явления и процессы. Формирование и изменчивость годового стока, гидрологические и водохозяйственные расчеты. Часть 2. – Метеоагентство Росгидромета. – Москва. – 2006. - 134-137.
  33. Лобода Н.С., Гопченко Є.Д. Водні ресурси України у зв'язку з кліматичними умовами // Україна: географічні проблеми сталого розвитку. Зб. наук. пр. – Українське географічне товариство, 2004. – С.144-146.
  34. Лобода Н.С. Оцінка припливу прісних вод до північно-західної частини Чорного моря. Постановка проблеми та шляхи вирішення. //

- Причорноморський екологічний бюлетень. 2010. - №2 (36) (червень). – С.63-67.
35. Loboda N.S. The assessment of present and future Ukrainian water resources on meteorological evidence // *Climat and Water*.-1998.-Vol.1.-P.1486-1494.
  36. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. - Л.: Гидрометеиздат,- 1984. - 447с.
  37. Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Куза А.М.,Божок Ю.В. Вплив змін клімату на живлення лиманів північно-західного Причорномор'я прісними водами за сценаріями глобального потепління // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідро екологічні проблеми та шляхи їх вирішення”, 12-14 вересня 2012р., Україна, м. Одеса. – Одеса:ТЕС, 2012. – С.24-27.
  38. Лобода Н.С., Божок Ю.В. Визначення внутрішньорічного розподілу при розрахунках стоку за метеорологічними даними сценаріїв глобального потепління (басейн Тилігульського лиману, сценарій М10 на базі моделі “клімат-стік” // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Лимани Північно-західного Причорномор'я: сучасний гідро екологічний стан; проблеми водного та екологічного менеджменту, рекомендації щодо їх вирішення”. Одеса., ТЕС, 2014. – С.25-27.
  39. Дж.К.Родда Грани гидрологии. Л.: Гидрометеиздат. – 535с
  40. Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В // Український гідрометеорологічний журнал. Одеса, ТЕС, №15, 2014. – С. 149-159.
  41. Лобода Н.С. Закономірності коливань річного стоку річок України при змінах клімату на початку ХХІ сторіччя // Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. Відповідальний редактор Хільчевський В.К. – К. ВГЛ ”Обрії”, Т.18.2010. – С. 62-70 .

## ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Багаторічна (1951-2050 рр.) середня місячна кількість сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>) сценарій А2-С4І

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік	Річна амплі туда
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Щорс	40,9	74,3	137,3	192,3	219,3	226,8	212,8	184,8	136,3	81,6	41,2	29,7	131,4	197,1
2	Сарни	40,1	72,1	134,7	186,2	217,0	221,5	206,9	176,9	131,2	77,6	41,2	28,7	127,8	192,8
3	Суми	44,7	79,8	145,1	195,3	224,5	232,0	221,2	194,1	144,5	87,4	45,2	33,0	137,2	199,0
4	Броди	46,0	79,9	140,9	191,7	224,9	229,5	217,0	188,6	142,1	86,9	48,4	34,5	135,9	195,0
5	Житомир	46,2	80,2	141,0	193,4	220,3	225,8	216,6	187,2	141,3	87,3	47,9	34,8	135,2	191,0
6	Харків	49,3	85,5	152,0	201,5	234,2	244,5	237,8	210,1	157,7	95,4	50,7	37,2	146,3	207,3
7	Тернопіль	50,9	85,6	144,4	192,5	222,6	227,7	218,2	190,8	145,8	90,4	52,5	38,4	138,3	189,3
8	Миронівка	50,3	85,4	147,7	197,4	226,0	237,9	228,5	200,5	151,7	93,4	51,8	38,4	142,4	199,5
9	Полтава	49,6	85,6	151,9	201,6	235,9	247,9	239,7	210,9	158,1	96,8	51,5	38,0	147,3	209,9
10	Вінниця	52,1	87,5	147,9	198,7	227,9	234,8	229,1	200,5	152,8	94,5	54,0	40,1	143,3	194,7
11	Губиниха	52,1	88,8	155,9	207,4	243,5	257,5	253,2	225,6	168,8	104,0	56,7	40,9	154,5	216,6
12	Ужгород	50,4	85,9	151,9	207,9	248,9	264,0	254,5	219,9	165,7	102,4	56,0	39,6	153,9	224,4
13	Луганськ	57,1	96,2	161,7	212,6	247,8	268,5	262,3	231,9	174,2	107,5	58,6	44,0	160,2	224,5
14	Умань	54,6	90,1	153,6	203,8	235,4	247,4	244,2	214,2	163,8	101,0	57,7	42,9	150,7	224,5
15	Кіровоград	54,8	91,0	155,2	206,1	239,5	253,1	248,9	220,1	167,6	103,4	57,8	43,1	153,4	210,0
16	Чернівці	58,7	95,3	153,3	197,2	226,9	235,4	232,8	204,1	159,9	103,4	63,6	47,0	148,1	188,4
17	Донецьк	54,8	92,5	159,1	210,5	244,2	260,0	258,7	232,1	173,5	107,2	58,1	42,5	157,8	217,5
18	Миколаїв	58,8	96,7	164,0	218,0	256,3	273,1	271,2	240,9	183,6	114,8	66,0	47,9	165,9	225,2
19	Мелітополь	58,1	96,8	165,2	219,9	257,0	277,2	275,9	246,7	187,0	117,4	66,3	47,3	167,9	229,9
20	Джанкой	60,0	99,5	168,1	225,1	263,7	282,5	282,6	250,9	190,0	118,0	68,5	49,0	171,5	233,5
21	Сарата	65,1	102,3	167,0	218,8	255,8	269,8	270,9	239,8	186,3	118,3	71,8	53,7	168,3	217,2
22	Ізмаїл	67,0	105,0	168,9	222,4	261,3	277,4	277,1	245,2	190,0	121,0	75,4	56,3	172,2	221,1
Різниця (мах – мін)		<b>29,6</b>	<b>32,9</b>	<b>34,2</b>	<b>38,9</b>	<b>46,7</b>	<b>61,0</b>	<b>75,7</b>	<b>74,0</b>	<b>58,8</b>	<b>43,4</b>	<b>34,2</b>	<b>27,6</b>	<b>44,4</b>	<b>48,1</b>

Таблиця А 2 – Багаторічна (1986-2005 рр.) середня місячна кількість сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>), сценарій А2-С41

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік	Річна амплі- туда
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Щорс	43,3	75,7	140,6	192,9	226,3	220,9	214,9	183,5	141,4	84,5	41,7	32,0	133,1	194,3
2	Сарни	41,5	72,6	139,9	186,4	222,5	218,7	211,7	175,0	136,3	80,0	40,8	31,3	129,7	191,2
3	Суми	47,2	81,4	148,2	199,6	233,3	229,0	224,8	192,4	148,5	91,6	45,8	35,0	131,2	198,3
4	Броди	47,4	79,1	145,1	187,3	230,0	222,8	222,4	190,0	147,4	88,5	47,7	36,7	137,0	193,3
5	Житомир	47,9	81,4	146,9	192,8	225,1	220,8	221,4	189,5	149,4	89,9	48,3	37,0	137,5	188,1
6	Харків	51,5	85,6	154,4	204,5	239,8	245,4	237,8	211,1	160,8	99,5	51,0	38,7	148,3	206,7
7	Тернопіль	52,0	85,3	148,8	190,5	227,6	221,9	223,8	192,4	150,6	91,7	51,8	40,4	139,7	187,2
8	Миронівка	52,6	87,9	150,7	196,8	230,9	231,7	233,6	201,2	156,7	96,1	52,9	41,2	144,4	192,4
9	Полтава	51,8	85,9	154,3	202,5	242,0	247,4	241,5	209,7	160,5	98,3	50,7	40,1	148,7	207,3
10	Вінниця	50,0	89,6	152,0	197,5	232,0	231,4	233,4	200,4	158,0	96,4	54,4	42,6	144,8	190,8
11	Губиниха	53,5	88,5	157,3	208,3	245,4	259,4	253,5	227,5	171,3	106,6	57,8	42,6	156,0	216,8
12	Ужгород	51,0	82,9	155,6	208,1	253,4	257,0	261,2	222,9	167,8	104,3	57,3	41,2	155,2	220,0
13	Луганськ	58,9	94,4	163,3	216,1	253,8	264,3	260,	233,9	173,0	110,9	59,6	45,7	161,2	218,6
14	Умань	56,0	92,0	156,3	203,6	238,3	245,6	246,5	215,0	168,2	102,5	58,8	45,4	152,4	201,1
15	Кіровоград	56,8	92,6	156,6	206,4	242,1	251,5	251,9	221,5	171,2	105,6	59,1	45,8	155,1	206,1
16	Чернівці	58,7	93,3	156,8	198,1	230,8	230,5	240,6	206,0	162,1	102,9	63,2	47,4	149,2	193,2
17	Донецьк	56,2	90,3	160,6	213,2	247,7	261,7	256,2	234,5	174,8	110,4	58,9	43,9	159,0	217,8
18	Миколаїв	60,1	96,2	164,7	221,3	257,2	274,9	273,0	243,6	186,7	116,8	68,3	48,8	167,6	226,1
19	Мелітополь	58,4	96,1	166,9	220,8	257,7	280,3	275,1	249,4	190,1	118,6	67,6	48,2	169,1	232,1
20	Джанкой	60,8	99,3	169,4	226,0	262,5	283,7	282,2	254,4	193,0	118,5	69,5	49,2	172,4	234,5
21	Сарата	65,0	101,7	167,4	223,7	257,9	270,5	271,3	239,4	188,3	117,4	74,0	54,3	169,2	217,0
22	Ізмаїл	67,0	102,9	168,6	227,8	264,7	276,2	279,5	244,2	191,5	120,9	77,4	56,6	173,1	222,9
Різниця (max – min)		<b>25,5</b>	<b>30,3</b>	<b>29,5</b>	<b>41,4</b>	<b>42,2</b>	<b>65,0</b>	<b>70,5</b>	<b>79,4</b>	<b>56,7</b>	<b>40,9</b>	<b>36,6</b>	<b>25,3</b>	<b>43,4</b>	<b>54,1</b>



Таблиця А 3 - Багаторічна (2011-2050 р.) середня місячна кількість сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>), сценарій А2-С4І

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік	Річна амплі- туда
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Щорс	39,7	74,2	133,5	189,5	214,7	224,8	210,2	184,8	136,0	78,5	41,1	28,2	129,6	196,6
2	Сарни	38,4	72,7	131,0	181,1	211,6	217,5	202,5	175,4	130,0	74,3	41,0	26,9	125,2	190,6
3	Суми	43,6	80,4	140,9	190,2	219,2	230,3	219,7	193,3	144,4	84,1	44,8	31,4	135,2	198,9
4	Броди	44,2	81,2	137,4	187,0	218,7	225,7	211,3	186,9	141,3	84,9	48,2	33,0	133,3	192,7
5	Житомир	44,2	80,2	138,0	188,7	214,0	224,5	212,5	182,3	141,5	84,3	48,0	32,8	132,6	191,2
6	Харків	48,1	85,6	147,7	196,7	230,2	241,7	238,2	208,8	156,9	92,9	50,5	35,8	144,4	205,9
7	Тернопіль	49,2	86,4	141,5	187,8	216,4	225,3	212,8	189,5	145,1	88,8	52,5	37,1	136,0	188,2
8	Миронівка	49,1	86,2	143,7	193,9	221,7	233,0	224,5	197,7	151,6	90,5	52,2	36,6	140,1	196,4
9	Полтава	48,7	86,1	148,4	197,5	232,2	245,9	238,5	209,5	158,0	94,9	52,3	36,6	145,7	209,3
10	Вінниця	50,3	87,4	145,1	195,4	222,4	231,4	225,6	198,1	151,8	92,1	54,2	38,0	141,0	193,4
11	Губиниха	51,0	89,8	153,0	204,4	241,8	253,6	254,3	223,8	168,7	102,2	57,1	39,9	153,3	214,4
12	Ужгород	49,8	88,5	149,6	202,7	245,1	264,3	249,3	220,1	164,5	102,4	55,4	37,9	152,5	226,4
13	Луганськ	55,9	96,5	159,4	205,1	245,9	262,7	265,7	228,9	173,8	105,9	58,4	42,7	158,4	223,0
14	Умань	53,5	91,0	150,3	201,7	232,8	245,0	241,2	211,4	163,4	98,5	58,1	41,0	149,0	204,0
15	Кіровоград	53,6	91,6	152,1	203,1	237,4	250,3	247,7	216,3	167,6	100,6	58,4	41,6	151,7	208,7
16	Чернівці	57,5	96,3	150,8	192,8	221,1	233,3	227,5	202,0	159,5	101,6	63,6	46,2	153,4	187,1
17	Донецьк	53,5	93,3	156,5	205,2	243,5	257,9	262,8	230,0	172,1	105,3	58,2	41,7	156,7	221,1
18	Миколаїв	58,0	97,6	161,7	214,4	254,1	269,0	270,8	237,8	183,7	112,7	66,4	47,1	164,4	223,7
19	Мелітополь	57,4	98,7	162,5	216,7	255,9	274,1	277,5	245,1	185,9	115,7	66,1	46,7	166,9	230,8
20	Джанкой	59,1	100,9	166,0	221,8	262,9	279,6	284,7	248,6	189,4	116,8	68,5	48,5	170,6	236,2
21	Сарата	64,4	103,4	164,4	216,6	252,8	265,3	269,8	238,1	186,1	116,4	71,5	52,2	166,8	217,6
22	Ізмаїл	66,7	106,1	166,4	220,0	258,4	273,9	274,6	244,0	189,5	117,9	75,1	55,6	170,7	219,0
Різниця (мах – мін)		<b>28,3</b>	<b>33,4</b>	<b>35,4</b>	<b>40,7</b>	<b>51,3</b>	<b>62,1</b>	<b>82,2</b>	<b>73,2</b>	<b>59,5</b>	<b>43,6</b>	<b>34,1</b>	<b>28,7</b>	<b>45,5</b>	<b>53,9</b>

Таблиця А4 - Багаторічна (2011-2030 рр.) середня місячна кількість сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>), сценарій А2-С4І

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік	Річна амплі- туда
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Щорс	41,8	76,9	136,8	189,6	214,6	222,4	214,5	190,7	135,5	80,0	41,0	28,0		194,4
2	Сарни	40,6	76,1	132,7	180,5	210,3	217,6	206,6	180,0	128,3	76,1	41,3	27,2		190,4
3	Суми	45,2	82,9	144,1	190,4	218,1	227,2	220,3	201,5	143,4	86,0	44,4	31,8		195,4
4	Броди	45,1	83,8	136,4	186,6	217,9	226,5	215,5	190,4	137,8	86,3	48,7	33,5		193,0
5	Житомир	44,9	82,6	139,0	188,6	214,6	223,5	215,7	180,7	139,5	85,4	48,7	33,4		190,1
6	Харків	49,7	87,2	150,9	197,5	229,6	239,3	238,7	214,4	155,3	95,1	50,5	36,7		202,6
7	Тернопіль	49,8	89,5	139,9	186,9	217,9	225,6	217,4	192,1	141,5	89,5	53,3	38,0		187,6
8	Миронівка	49,9	89,0	146,0	195,3	220,1	230,9	225,6	201,3	150,1	92,2	52,5	36,3		194,6
9	Полтава	50,2	88,5	150,4	199,0	230,6	245,1	239,1	214,7	155,2	96,4	52,4	36,9		208,2
10	Вінниця	50,4	90,0	144,9	196,7	222,8	229,9	227,7	201,2	149,3	92,7	54,9	38,3		191,6
11	Губиниха	51,9	91,4	153,7	205,1	240,0	254,0	256,4	227,8	167,3	102,6	57,3	39,9		216,5
12	Ужгород	50,7	89,0	147,8	201,4	242,2	267,9	254,5	222,1	160,1	103,2	55,2	38,0		229,9
13	Луганськ	57,6	98,3	161,4	201,9	244,7	261,0	267,8	230,0	174,6	107,5	59,1	43,6		224,2
14	Умань	53,8	93,2	150,7	202,9	232,0	244,0	242,8	211,6	161,4	98,7	58,5	40,5		203,5
15	Кіровоград	53,6	93,9	154,7	205,1	235,7	250,1	250,4	219,3	165,4	100,9	58,8	41,4		209,0
16	Чернівці	57,2	99,1	149,8	190,8	222,7	235,5	232,1	200,8	154,4	102,0	64,8	46,8		188,7
17	Донецьк	54,6	93,9	156,8	203,5	241,6	256,1	264,1	232,2	171,6	106,2	58,3	42,6		221,5
18	Миколаїв	57,3	99,1	161,7	213,6	268,2	267,4	271,8	237,6	182,3	111,1	67,0	45,9		225,9
19	Мелітополь	57,8	99,9	162,1	213,8	254,9	274,5	279,8	244,6	185,6	113,8	66,5	45,7		234,1
20	Джанкой	58,5	102,4	165,0	218,3	261,4	277,4	285,3	246,3	188,3	114,7	68,5	47,7		237,6
21	Сарата	63,2	105,3	162,4	214,4	252,0	264,3	271,1	233,6	183,3	115,0	72,2	51,7		219,4
22	Ізмаїл	65,5	107,9	164,3	217,9	258,0	272,9	276,4	240,2	186,2	116,5	75,4	55,8		220,6
Різниця (мах – мін)		<b>24,9</b>	<b>31,8</b>	<b>32,3</b>	<b>37,8</b>	<b>51,1</b>	<b>59,8</b>	<b>78,7</b>	<b>66,3</b>	<b>60,0</b>	<b>40,4</b>	<b>34,4</b>	<b>28,6</b>		<b>53,8</b>



min)														
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблиця А.6 - Багаторічна (1951-2050 рр.) середня місячна кількість сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>), сценарій А1В-МРІ

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	15,6	36,7	81,8	155,0	204,1	219,3	223,5	177,2	116,3	61,6	22,0	11,0	110,4
2	Сарни	17,2	39,1	86,4	153,2	200,2	210,6	213,9	170,6	115,9	60,6	23,2	12,2	108,6
3	Суми	18,0	41,5	90,2	161,4	209,3	227,0	230,9	156,6	124,7	66,3	24,5	12,8	113,6
4	Броди	21,9	44,6	92,8	154,3	201,6	212,7	216,8	175,8	120,7	65,5	27,7	15,7	112,5
5	Житомир	20,6	43,8	90,9	159,5	206,7	220,6	225,0	181,9	124,5	68,1	27,6	15,1	114,8
6	Харків	16,5	46,8	99,0	168,1	215,6	234,9	241,8	198,1	136,0	73,1	28,6	15,6	122,8
7	Тернопіль	25,8	50,4	98,4	160,2	207,1	222,1	226,7	185,6	128,5	72,4	32,1	18,8	119,0
8	Миронівка	23,1	48,2	97,1	167,2	214,6	234,2	235,9	194,9	134,3	74,8	31,1	17,5	122,7
9	Полтава	21,4	47,2	98,6	168,1	216,2	234,9	240,5	198,0	137,1	74,5	29,7	16,5	123,6
10	Вінниця	25,2	50,9	100,5	165,7	213,7	232,4	233,9	192,6	133,7	75,2	32,5	18,8	122,9
11	Губиниха	22,0	48,1	104,2	173,0	221,7	242,6	249,2	206,7	143,4	79,2	31,9	16,8	128,2
12	Ужгород	29,9	60,7	112,2	168,9	215,6	234,7	237,4	196,1	138,7	81,2	37,9	23,1	128,0
13	Луганськ	27,3	56,4	111,1	173,2	218,7	247,6	252,5	211,8	144,4	81,9	36,0	20,2	131,8
14	Умань	27,2	55,2	105,5	172,0	220,2	240,7	242,9	202,1	142,3	81,3	35,4	21,2	128,8
15	Кіровоград	26,9	54,4	105,1	171,9	221,4	241,6	245,2	203,2	143,3	81,3	35,0	20,7	129,2
16	Чернівці	34,2	60,0	104,6	157,9	205,8	227,5	229,6	193,8	135,6	80,2	39,2	25,3	124,5
17	Донецьк	26,7	55,2	110,7	173,8	221,1	247,3	253,8	212,7	146,6	83,5	36,1	19,8	132,2
18	Миколаїв	30,7	61,8	117,0	182,4	231,1	257,7	259,8	219,4	156,9	90,5	40,9	24,8	139,4
19	Мелітополь	30,7	61,8	117,7	182,1	231,7	258,7	264,2	222,4	158,1	92,1	40,5	24,6	140,4
20	Джанкой	30,6	58,0	117,0	185,4	235,5	266,5	271,1	227,3	160,4	92,6	40,7	24,1	142,5
21	Сарата	40,3	72,1	121,8	181,7	230,8	258,3	259,4	221,3	161,1	96,2	47,6	32,9	143,6
22	Ізмаїл	40,9	71,7	122,2	180,5	230,0	260,6	262,1	233,3	162,0	97,5	49,3	33,2	145,3







Таблиця А10 – Багаторічна (2031-2050 рр.) середня місячна кількість сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>), сценарій А1В-MRI

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	14,9	34,5	82,6	156,9	198,7	207,0	215,1	171,5	114,6	61,6	23,8	9,7	107,6
2	Сарни	17,0	37,3	87,8	150,3	192,8	202,1	209,4	167,7	112,6	60,8	24,6	10,2	106,0
3	Суми	17,1	38,0	88,6	163,3	204,0	219,1	223,0	158,4	123,3	67,2	25,7	11,9	111,6
4	Броди	21,6	42,2	93,0	153,4	195,9	208,2	211,7	172,5	117,1	66,8	29,5	13,7	110,5
5	Житомир	20,5	42,0	91,5	158,4	203,0	211,2	221,6	180,9	120,5	67,7	29,5	13,5	115,6
6	Харків	15,5	43,5	99,6	163,1	212,2	230,5	236,3	191,7	135,3	76,2	29,7	14,0	120,6
7	Тернопіль	25,6	48,9	98,5	158,6	205,6	218,9	221,0	183,5	125,4	72,9	34,6	17,5	117,5
8	Миронівка	23,1	47,0	97,8	166,7	214,6	227,3	230,8	191,7	131,0	74,9	33,2	16,2	121,2
9	Полтава	21,2	44,4	100,9	167,0	214,9	228,4	235,4	192,2	135,5	76,7	31,2	15,5	121,9
10	Вінниця	24,8	50,0	99,7	164,3	211,3	227,6	231,2	191,3	129,9	75,0	34,0	17,0	120,0
11	Губиниха	22,7	46,7	107,5	169,6	220,6	238,9	247,6	200,0	141,2	82,6	33,0	16,4	127,2
12	Ужгород	30,5	59,6	114,1	167,3	214,1	233,0	234,2	195,3	135,0	80,8	41,7	22,3	127,3
13	Луганськ	26,5	54,0	110,5	167,8	213,3	245,0	251,5	210,6	141,8	86,4	36,9	18,6	130,2
14	Умань	26,2	55,0	108,0	169,2	221,1	235,5	238,5	200,6	139,7	81,4	37,6	20,2	127,8
15	Кіровоград	26,1	53,1	106,4	171,1	225,4	234,2	240,4	200,6	140,4	82,4	37,3	19,5	128,1
16	Чернівці	33,8	58,4	105,5	158,9	207,0	228,0	226,1	193,2	132,2	81,7	41,3	24,3	124,2
17	Донецьк	26,1	52,8	110,8	170,2	219,0	244,2	251,8	209,3	145,2	88,6	36,8	18,3	131,1
18	Миколаїв	30,6	62,5	119,5	182,1	235,1	257,2	259,0	216,9	157,1	92,6	42,7	24,9	140,0
19	Мелітополь	30,1	61,4	121,3	177,9	232,0	257,2	263,0	219,8	159,4	94,1	41,7	24,4	140,2
20	Джанкой	31,7	58,5	120,2	183,0	235,3	266,5	269,1	225,9	160,9	93,6	40,4	24,6	142,5
21	Сарата	38,5	72,4	125,3	181,6	231,2	258,8	257,7	219,6	162,7	96,1	50,1	31,6	143,8
22	Ізмаїл	40,2	72,8	126,3	181,3	232,5	258,7	261,3	221,4	163,0	97,0	51,6	33,1	144,9



Різниця (max – min)														
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблиця А11 – Багаторічна середня місячна хмарність (у частках одиниці) за період 1951 -2050 рр (сценарій А2)

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	0,79	0,78	0,64	0,60	0,60	0,59	0,58	0,57	0,60	0,66	0,77	0,80	0,66
2	Сарни	0,78	0,75	0,65	0,62	0,61	0,61	0,61	0,60	0,62	0,68	0,77	0,79	0,67
3	Суми	0,79	0,75	0,62	0,60	0,59	0,57	0,54	0,53	0,57	0,64	0,76	0,79	0,65
4	Броди	0,72	0,70	0,61	0,59	0,57	0,57	0,56	0,55	0,56	0,62	0,71	0,73	0,62
5	Житомир	0,75	0,72	0,62	0,60	0,59	0,59	0,55	0,55	0,57	0,64	0,74	0,76	0,64
6	Харків	0,78	0,74	0,61	0,58	0,56	0,53	0,48	0,46	0,52	0,61	0,74	0,78	0,62
7	Тернопіль	0,73	0,71	0,64	0,62	0,60	0,59	0,56	0,55	0,56	0,63	0,72	0,73	0,64
8	Миронівка	0,76	0,73	0,62	0,61	0,58	0,57	0,52	0,51	0,55	0,62	0,73	0,76	0,63
9	Полтава	0,76	0,72	0,59	0,57	0,55	0,52	0,47	0,46	0,51	0,60	0,72	0,77	0,60
10	Вінниця	0,73	0,70	0,61	0,59	0,57	0,56	0,51	0,51	0,53	0,61	0,71	0,73	0,61
11	Губиниха	0,74	0,70	0,58	0,56	0,52	0,47	0,40	0,39	0,45	0,56	0,70	0,75	0,57
12	Ужгород	0,66	0,62	0,53	0,51	0,47	0,44	0,39	0,40	0,44	0,51	0,64	0,67	0,52
13	Луганськ	0,76	0,71	0,59	0,55	0,52	0,47	0,38	0,48	0,45	0,57	0,71	0,75	0,57
14	Умань	0,73	0,70	0,59	0,58	0,54	0,52	0,45	0,45	0,48	0,58	0,69	0,72	0,59
15	Кіровоград	0,71	0,68	0,58	0,56	0,53	0,49	0,43	0,42	0,47	0,56	0,68	0,72	0,57
16	Чернівці	0,61	0,60	0,57	0,57	0,55	0,53	0,49	0,46	0,47	0,52	0,58	0,60	0,55
17	Донецьк	0,76	0,72	0,58	0,56	0,52	0,47	0,38	0,37	0,44	0,56	0,71	0,76	0,57
18	Миколаїв	0,69	0,64	0,55	0,53	0,47	0,41	0,31	0,30	0,38	0,50	0,63	0,68	0,51
19	Мелітополь	0,70	0,65	0,54	0,52	0,46	0,38	0,28	0,28	0,36	0,49	0,63	0,69	0,50
20	Джанкой	0,71	0,65	0,54	0,50	0,44	0,35	0,25	0,25	0,34	0,50	0,63	0,69	0,49
21	Сарата	0,63	0,60	0,54	0,53	0,47	0,42	0,33	0,32	0,37	0,49	0,59	0,61	0,49
22	Ізмаїл	0,59	0,57	0,52	0,50	0,43	0,37	0,28	0,28	0,34	0,46	0,55	0,58	0,46

Таблиця А12 – Багаторічна середня місячна хмарність (у частках одиниці) за період 1986 -2005 рр (сценарій А2)

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	0,78	0,76	0,63	0,60	0,57	0,61	0,57	0,58	0,58	0,65	0,77	0,79	0,66
2	Сарни	0,78	0,76	0,64	0,62	0,59	0,62	0,59	0,61	0,59	0,67	0,78	0,78	0,67
3	Суми	0,77	0,77	0,63	0,60	0,56	0,58	0,54	0,55	0,56	0,63	0,75	0,79	0,64
4	Броди	0,73	0,72	0,60	0,60	0,56	0,59	0,63	0,54	0,55	0,62	0,73	0,72	0,62
5	Житомир	0,76	0,74	0,61	0,62	0,58	0,60	0,54	0,55	0,55	0,63	0,74	0,75	0,64
6	Харків	0,76	0,76	0,61	0,59	0,55	0,51	0,48	0,47	0,52	0,60	0,74	0,78	0,61
7	Тернопіль	0,73	0,74	0,63	0,63	0,58	0,60	0,54	0,54	0,55	0,64	0,73	0,73	0,64
8	Миронівка	0,76	0,75	0,62	0,62	0,58	0,57	0,50	0,52	0,53	0,63	0,73	0,76	0,63
9	Полтава	0,74	0,75	0,59	0,57	0,53	0,52	0,47	0,46	0,50	0,59	0,72	0,77	0,60
10	Вінниця	0,74	0,72	0,60	0,60	0,57	0,57	0,50	0,50	0,52	0,62	0,71	0,73	0,62
11	Губиниха	0,73	0,74	0,58	0,60	0,52	0,47	0,41	0,40	0,45	0,55	0,70	0,74	0,57
12	Ужгород	0,65	0,67	0,53	0,50	0,45	0,46	0,37	0,40	0,42	0,51	0,62	0,67	0,52
13	Луганськ	0,75	0,75	0,59	0,57	0,51	0,46	0,38	0,37	0,46	0,56	0,71	0,75	0,57
14	Умань	0,72	0,71	0,59	0,59	0,54	0,52	0,44	0,45	0,47	0,59	0,68	0,72	0,59
15	Кіровоград	0,70	0,70	0,58	0,56	0,52	0,49	0,42	0,42	0,45	0,56	0,67	0,71	0,57
16	Чернівці	0,62	0,63	0,56	0,57	0,54	0,54	0,45	0,47	0,47	0,54	0,59	0,62	0,55
17	Донецьк	0,75	0,76	0,59	0,57	0,52	0,45	0,39	0,37	0,44	0,55	0,71	0,76	0,57
18	Миколаїв	0,69	0,66	0,55	0,52	0,47	0,40	0,30	0,31	0,37	0,51	0,63	0,68	0,51
19	Мелітополь	0,71	0,68	0,53	0,51	0,46	0,37	0,28	0,28	0,35	0,49	0,63	0,70	0,50
20	Джанкой	0,73	0,68	0,53	0,49	0,45	0,34	0,26	0,26	0,32	0,51	0,64	0,70	0,49
21	Сарата	0,63	0,61	0,54	0,51	0,47	0,41	0,32	0,33	0,36	0,51	0,58	0,62	0,49
22	Ізмаїл	0,60	0,59	0,52	0,47	0,42	0,37	0,26	0,29	0,33	0,41	0,55	0,59	0,46

Таблиця А.13 - Багаторічна середня місячна хмарність (у частках одиниці) за період 2011-2050 рр. (сценарій А2)

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	0,79	0,72	0,65	0,62	0,62	0,59	0,58	0,56	0,59	0,67	0,77	0,80	0,66
2	Сарни	0,78	0,72	0,60	0,64	0,64	0,62	0,62	0,60	0,62	0,69	0,77	0,80	0,68
3	Суми	0,79	0,71	0,64	0,62	0,61	0,57	0,54	0,53	0,57	0,65	0,76	0,79	0,65
4	Броди	0,72	0,66	0,63	0,52	0,59	0,58	0,57	0,55	0,56	0,62	0,71	0,74	0,63
5	Житомир	0,75	0,69	0,64	0,62	0,61	0,59	0,57	0,55	0,57	0,64	0,73	0,76	0,64
6	Харків	0,79	0,70	0,62	0,59	0,57	0,53	0,47	0,47	0,51	0,61	0,73	0,77	0,61
7	Тернопіль	0,73	0,68	0,65	0,64	0,62	0,59	0,57	0,55	0,56	0,63	0,71	0,74	0,64
8	Миронівка	0,76	0,69	0,64	0,62	0,60	0,57	0,53	0,51	0,54	0,62	0,72	0,76	0,63
9	Полтава	0,76	0,68	0,61	0,5	0,56	0,51	0,46	0,46	0,50	0,60	0,71	0,76	0,60
10	Вінниця	0,73	0,67	0,63	0,61	0,60	0,56	0,52	0,51	0,53	0,61	0,70	0,74	0,62
11	Губиниха	0,74	0,66	0,60	0,57	0,52	0,48	0,39	0,39	0,45	0,56	0,68	0,74	0,57
12	Ужгород	0,52	0,59	0,53	0,53	0,48	0,43	0,41	0,39	0,43	0,51	0,64	0,68	0,51
13	Луганськ	0,76	0,68	0,60	0,56	0,53	0,46	0,35	0,38	0,45	0,57	0,69	0,75	0,57
14	Умань	0,72	0,65	0,60	0,59	0,55	0,52	0,45	0,45	0,48	0,58	0,67	0,72	0,58
15	Кіровоград	0,71	0,64	0,59	0,58	0,53	0,50	0,42	0,42	0,47	0,56	0,60	0,71	0,56
16	Чернівці	0,60	0,58	0,58	0,59	0,56	0,53	0,48	0,46	0,47	0,52	0,57	0,61	0,55
17	Донецьк	0,76	0,67	0,60	0,57	0,53	0,47	0,36	0,37	0,44	0,56	0,69	0,75	0,56
18	Миколаїв	0,68	0,61	0,57	0,54	0,48	0,42	0,31	0,31	0,38	0,50	0,61	0,67	0,51
19	Мелітополь	0,70	0,61	0,56	0,53	0,47	0,39	0,28	0,28	0,36	0,50	0,62	0,69	0,50
20	Джанкой	0,70	0,62	0,56	0,52	0,44	0,36	0,24	0,25	0,34	0,50	0,62	0,68	0,49
21	Сарата	0,62	0,58	0,55	0,55	0,48	0,43	0,32	0,32	0,37	0,49	0,58	0,61	0,49
22	Ізмаїл	0,58	0,55	0,53	0,51	0,44	0,38	0,28	0,27	0,33	0,47	0,54	0,57	0,45

Таблиця А.14 - Різниця ( $\Delta 2$ ) між багаторічними середніми місячними значеннями хмарності за різні періоди усереднення ( 2011 – 2050 та 1986-2005 рр.)

№ з/п	Станції	М і с я ц і											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	0,01	-0,04	0,02	0,02	0,05	-0,02	0,01	-0,02	0,01	0,02	0	0,01
2	Сарни	0	-0,04	-0,04	0,02	0,03	0	0,03	-0,01	0,03	0,02	-0,01	0,02
3	Суми	0,02	-0,06	0,01	0,02	0,05	-0,01	0	-0,02	0,01	0,02	0,01	0
4	Броди	-0,01	-0,06	0,03	0,02	0,03	-0,01	0,04	0,01	0,01	0	-0,02	0,02
5	Житомир	-0,01	-0,05	0,03	0	0,03	-0,01	0,03	0	0,02	0,01	-0,01	0,01
6	Харків	0,03	-0,06	0,01	0	0,02	0,02	-0,01	0	0	-0,01	-0,01	-0,01
7	Тернопіль	0	-0,06	0,02	0,01	0,04	-0,01	0,03	0,01	0,01	-0,01	-0,02	0,01
8	Миронівка	0	-0,06	0,02	0	0,02	0	0,03	-0,01	0,01	-0,01	-0,01	0
9	Полтава	0,02	-0,07	0,02	0,02	0,03	-0,01	-0,01	0	0	0,01	-0,01	-0,01
10	Вінниця	-0,01	-0,05	0,03	0,01	0,03	-0,01	0,02	0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,01
11	Губиниха	0,01	-0,08	0,02	0,01	0	0,01	-0,02	-0,01	0	0,01	-0,02	0
12	Ужгород	0,01	0,02	0	0,03	0,03	-0,03	0,03	-0,01	0,01	0	0,02	0,01
13	Луганськ	0,01	-0,07	0,01	-0,03	0,02	0	-0,03	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02
14	Умань	0	-0,06	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0,01	-0,01	-0,01	0
15	Кіровоград	0,01	-0,06	0,01	0,02	0,01	0,01	0	0	0,02	0	-0,07	0
16	Чернівці	-0,02	-0,05	0,02	0,02	0,02	-0,01	0,03	-0,01	0	-0,02	-0,02	-0,01
17	Донецьк	0,01	-0,09	0,01	0	0,01	0,02	-0,03	0	0	0,01	-0,02	-0,01
18	Миколаїв	-0,01	-0,05	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0	0,01	-0,01	-0,02	-0,01
19	Мелітополь	-0,01	-0,07	0,03	0,02	0,01	0,02	0	0	0,01	0,01	-0,01	-0,01
20	Джанкой	-0,03	-0,06	0,03	0,03	-0,01	0,02	-0,02	-0,01	0,02	-0,01	-0,02	-0,02
21	Сарата	-0,01	-0,03	0,01	0,04	0,01	0,02	0	-0,01	0,01	-0,02	0	0,01
22	Ізмаїл	-0,02	-0,04	0,01	0,04	0,02	0,01	0,02	-0,02	0	-0,02	-0,01	-0,02

Таблиця А.15 - Різниця ( $\Delta 1$ ) між багаторічними величинами середньої місячної кількості сумарної радіації за різні періоди усереднення  $\Delta 1 = (1986-2005 \text{ та } 1951-2050 \text{ рр. за сценарієм А1В})$

№ з/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	0,2	1,1	2,0	-1,4	-4,8	-6,3	1,1	-4,9	2,2	1,8	-0,4	0	0,4
2	Сарни	-0,1	0,4	2,6	-1,1	-4,1	-3,2	0,4	-2,2	1,0	2,7	-0,4	0,3	-0,3
3	Суми	-0,5	0,6	3,4	-0,1	-3,2	-1,5	-0,8	-11,7	2,3	0,5	-0,8	0,1	-0,9
4	Броди	1,3	0,7	2,3	1,2	-4,9	-0,6	4,2	-1,3	1,5	2,4	-0,1	0,4	0,8
5	Житомир	-0,3	0,9	-2,4	-2,2	-3,5	-6,9	-5,2	-5,6	6,4	1,5	-0,3	0,2	0,5
6	Харків	0,3	0,9	5,1	2,1	-6,3	0,3	1,1	-0,7	2,8	-1,0	-0,9	0,2	0,7
7	Тернопіль	1,3	0,1	2,0	1,4	-4,4	0,4	2,1	-2,3	1,3	2,0	-0,3	0,5	0,1
8	Миронівка	0,2	-0,6	1,4	0,1	-0,8	0,1	-2,6	0,0	1,6	0,4	0,0	-0,1	-0,1
9	Полтава	-0,5	1,8	4,6	0,4	-3,3	1,7	-0,8	-1,1	2,8	-0,4	-1,0	0,3	0,3
10	Вінниця	0,7	0,5	3,0	1,9	0,5	0,4	-3,0	-2,0	-1,7	0,3	0,9	0,4	0,2
11	Губиниха	0,7	1,9	4,2	1,6	4,7	0,5	1,3	1,5	1,6	-1,7	-0,1	0,0	0,6
12	Ужгород	1,0	0,7	-0,2	0,7	-4,7	2,2	-1,8	1,9	3,8	3,6	-0,3	0,6	0,7
13	Луганськ	-0,7	-0,2	3,2	2,7	-6,6	-1,1	7,1	-2,5	5,5	-1,9	-0,3	0,2	0,7
14	Умань	0,7	-0,6	0,8	-0,9	-1,7	1,9	-2,4	0,6	-0,3	-0,7	0,4	0,4	-0,1
15	Кіровоград	0,4	0,0	1,7	-1,6	-4,7	0,6	-2,2	1,8	1,4	-0,9	-0,4	0,5	-0,3
16	Чернівці	1,5	-0,6	0,5	2,1	-9,5	2,6	-1,5	-1,4	-1,4	-0,4	0,1	0,2	-0,6
17	Донецьк	-0,7	0,9	3,1	3,0	-7,2	-0,1	7,0	-1,5	3,2	-1,9	-0,7	0,2	0,5
18	Миколаїв	0,4	-1,3	1,6	-0,4	-5,7	1,9	0,8	3,1	-0,3	-0,9	0,2	0,7	0,0
19	Мелітополь	0,4	-0,1	2,6	2,7	-6,3	1,5	6,0	1,4	-0,1	-0,1	0,6	0,5	0,7
20	Джанкой	0,3	-0,8	2,5	2,7	-6,9	4,2	5,2	2,9	-1,0	-0,3	1,6	-0,3	0,8
21	Сарата	1,1	-2,1	1,9	0,0	2,6	2,6	-0,4	2,9	-3,1	0,1	-0,7	0,5	-0,4

22	Ізмаїл	1,2	-4,2	2,1	2,7	-8,0	1,5	-1,2	-6,6	-2,9	0,5	-0,8	0,9	-1,2
----	--------	-----	------	-----	-----	------	-----	------	------	------	-----	------	-----	------

Таблиця А.16 - Різниця між багаторічними величинами середньої місячної кількості сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>) за різні періоди усереднення  $\Delta 2 (4) = (2011-2050 \text{ та } 1951-2050 \text{ рр. за сценарієм A1B})$

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	-0,4	-2,4	1,2	-3,0	-1,9	0,1	-6,5	0,4	1,4	2,8	0,3	-0,7	-1,2
2	Сарни	-0,1	-2,0	-0,1	-2,4	-4,9	-1,1	-5,5	-0,1	0,0	1,8	-0,2	-0,7	-1,3
3	Суми	-0,4	-2,3	0,8	-3,0	-0,4	1,4	-5,4	0,2	0,3	3,2	0,5	-0,6	-0,4
4	Броди	-0,6	-1,4	-0,4	-0,4	-4,5	-0,8	-5,9	0,3	-0,9	2,9	0,0	-0,6	-1,0
5	Житомир	-0,17	-1,9	1,0	-2,2	-4,0	-1,4	-5,3	1,5	0,9	2,6	-0,3	-0,4	-0,3
6	Харків	-0,6	-2,6	1,2	-3,8	0,4	2,1	-2,7	-1,4	-0,1	3,8	0,0	-0,8	-0,3
7	Тернопіль	-0,6	-1,1	-0,2	-1,0	-2,9	-1,6	-6,3	1,5	0,1	2,8	0,0	-0,2	-0,8
8	Миронівка	0,1	-1,5	1,3	-1,5	-0,9	1,4	-4,4	1,1	0,4	3,3	0,5	-0,4	-0,1
9	Полтава	0,1	-2,0	1,6	0,0	-0,2	1,3	-2,7	-0,7	0,3	3,0	0,4	-0,6	-0,1
10	Вінниця	-0,5	-1,2	-0,4	-1,6	-3,5	-0,4	-4,0	2,1	0,7	2,4	-0,4	-0,5	-0,6
11	Губиниха	6,0	-1,3	2,0	-1,1	0,6	2,1	-2,0	-1,0	0,1	3,2	0,0	0,2	0,3
12	Ужгород	0,0	-1,7	0,9	0,8	-0,9	-1,6	-2,6	1,1	-0,9	2,9	1,1	-0,1	-0,2
13	Луганськ	-0,4	-1,7	-0,4	-3,2	0,6	0,4	-2,9	1,1	-0,8	3,6	-0,7	-0,7	-0,4
14	Умань	-0,4	-0,7	2,1	-1,2	-1,5	0,5	-3,9	1,1	0,8	2,6	0,3	-0,4	0,0
15	Кіровоград	-0,3	-1,0	1,6	0,2	0,9	1,0	-2,5	0,5	0,4	2,8	0,9	-0,4	0,3
16	Чернівці	-1,0	-1,7	-1,0	0,7	-0,4	0,8	-5,8	1,5	-0,6	3,1	-0,1	-0,8	-0,4
17	Донецьк	-0,5	1,0	-0,3	-2,7	0,8	2,1	-2,9	0,6	0,2	3,7	-0,9	-0,4	-0,1
18	Миколаїв	0,1	1,1	1,2	1,0	1,6	1,0	-1,3	0,4	1,5	2,5	0,1	0,3	0,8
19	Мелітополь	-0,1	-0,1	1,7	-2,4	0,1	1,2	-3,6	1,1	1,6	1,9	-0,3	0,5	0,1
20	Джанкой	0,4	0,8	1,3	-2,4	0,2	-0,4	-3,9	0,6	0,9	1,0	-1,4	1,0	-0,2
21	Сарата	-1,0	0,2	-0,4	0,1	0,9	0,6	-2,4	1,2	1,9	0,9	0,6	-0,3	0,2

22	Ізмаїл	-0,2	0,9	-0,7	0,1	2,8	-0,1	-1,4	-8,9	0,6	0,4	0,5	-0,2	-0,5
----	--------	------	-----	------	-----	-----	------	------	------	-----	-----	-----	------	------

Таблиця А.17 - Різниця між багаторічними величинами середньої місячної кількості сумарної радіації (Вт/м<sup>2</sup>) за різні періоди усереднення  $\Delta Z = (2011 - 2050)$  та (1986-2005) . Сценарій А1В-MPI.

№ п/п	Станція	М і с я ц і												Серед за рік
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	-0,6	-3,5	-0,8	-1,6	2,9	6,4	-7,6	5,3	-0,8	1,0	0,7	-0,7	-1,6
2	Сарни	0,0	-2,4	-2,7	-1,3	-0,8	2,1	-5,9	2,1	-1,0	-0,9	0,2	-1,0	-1,0
3	Суми	0,1	-2,9	-2,6	-2,9	2,8	2,9	-4,6	11,9	-2,0	2,7	1,3	-0,7	0,5
4	Броди	-1,9	-2,1	-2,7	-1,6	0,4	-0,2	-10,1	1,6	-2,4	0,5	0,1	-1,0	-1,6
5	Житомир	-0,4	-2,8	-2,2	-3,0	-3,1	-0,2	-3,8	4,3	1,8	1,2	-0,2	-0,4	-0,8
6	Харків	-0,9	-2,9	-3,9	-5,9	6,7	1,8	-3,8	-0,7	-2,9	4,8	0,9	-1,0	-0,7
7	Тернопіль	-1,9	-1,2	-2,2	-2,4	1,5	-2,0	-8,4	3,8	-1,2	0,8	0,3	-0,7	-1,0
8	Миронівка	-0,1	-0,9	0,1	-1,6	-0,1	1,3	-1,8	1,1	-1,2	2,9	0,5	-0,3	0,0
9	Полтава	0,6	-3,8	-3,0	-0,5	3,1	-0,4	-1,9	0,4	-2,5	3,4	1,4	-0,9	-0,4
10	Вінниця	-1,2	-1,7	-3,4	-3,5	-4,0	-0,8	-1,0	4,1	2,4	2,1	-1,3	-0,9	-0,8
11	Губиниха	-0,1	-3,2	-2,2	-2,7	5,9	1,6	-4,3	-2,5	-1,5	4,9	0,1	0,2	-0,3
12	Ужгород	-1,0	-2,4	1,1	0,1	3,8	-3,8	-0,8	-0,8	-4,9	-1,5	1,4	-0,7	-0,8
13	Луганськ	0,3	-1,5	-3,6	-5,9	7,2	1,5	-10,0	3,6	-6,3	5,5	-0,4	-0,9	-0,9
14	Умань	-0,9	-0,1	1,3	-0,2	0,2	-0,6	-1,5	0,5	1,1	2,7	-0,1	-0,8	0,1
15	Кіровоград	-0,7	-1,0	-0,1	1,8	5,6	0,4	-0,3	-1,3	-1,0	3,7	1,3	-0,9	0,6
16	Чернівці	-2,5	-1,1	-1,5	-2,4	9,1	-1,4	-4,3	2,9	0,8	3,5	0,2	-1,0	0,2
17	Донецьк	0,2	-2,9	-3,4	-5,7	8,0	2,2	-9,9	2,1	-3,0	5,6	-0,2	-0,6	-0,6
18	Миколаїв	-0,3	2,4	-0,4	1,4	7,3	-0,9	-2,1	-2,7	1,8	3,4	-0,1	-0,4	0,8
19	Мелітополь	-0,5	0,0	-0,9	-5,1	6,4	-0,3	-9,6	-0,3	1,9	2,0	-0,9	0,0	-0,6
20	Джанкой	0,1	1,6	-1,2	-4,8	7,1	-4,6	9,1	-2,3	1,9	1,3	-3,0	1,3	-1,0
21	Сарата	-2,1	2,3	-2,3	0,1	-1,7	-2,0	-2,0	-1,7	5,0	0,8	1,3	-0,8	0,6
22	Ізмаїл	-1,4	5,1	-2,8	-2,6	10,8	-1,6	-0,2	-2,3	3,5	-0,1	1,3	-1,1	0,7



Таблиця А.18 – Значення середнього квадратичного відхилу (Вт/м<sup>2</sup>)  
середньої місячної сумарної радіації (2011-2050 рр.), А2

№ з/п	Станції	М і с я ц і											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Щорс	6,9	11,5	16,4	19,5	22,0	20,6	21,5	21,5	16,2	9,8	5,8	5,0
2	Сарни	5,8	10,9	16,4	18,3	21,3	20,3	20,3	18,9	16,0	9,9	5,4	4,3
3	Суми	7,5	11,3	15,1	22,1	18,5	23,6	18,5	26,2	17,0	10,1	6,8	6,0
4	Броди	5,8	10,3	15,2	19,0	21,0	19,8	21,3	19,8	15,3	10,8	4,9	4,6
5	Житомир	5,3	10,4	15,8	17,5	20,8	20,7	21,9	20,8	16,2	10,0	5,2	4,4
6	Харків	7,4	11,2	14,4	22,2	21,6	22,9	19,8	26,6	15,8	11,0	6,8	6,6
7	Тернопіль	6,1	10,4	15,3	19,1	20,9	21,6	22,6	21,3	15,7	10,2	50,0	4,8
8	Миронівка	6,3	10,5	16,6	18,7	21,4	19,5	19,1	20,5	16,3	10,3	5,8	4,9
9	Полтава	7,3	10,3	15,1	20,5	20,2	21,6	20,8	24,1	15,9	10,4	7,3	6,0
10	Вінниця	5,5	10,7	15,6	17,4	23,5	20,1	21,6	21,4	16,0	11,2	5,7	4,6
11	Губиниха	6,7	10,0	15,4	18,5	22,7	21,9	20,6	23,1	15,4	10,0	7,6	6,3
12	Ужгород	6,8	11,2	14,8	18,9	16,2	18,6	20,5	19,1	17,7	12,0	5,0	5,1
13	Луганськ	6,5	11,4	13,0	23,4	18,9	22,2	19,9	20,8	15,5	10,2	7,1	6,9
14	Умань	6,5	10,8	16,7	19,6	23,2	21,0	21,1	19,9	17,7	10,9	6,2	5,4
15	Кіровоград	6,3	9,6	16,0	18,8	22,8	20,9	20,8	20,4	16,8	10,5	6,7	5,5
16	Чернівці	5,1	8,6	13,7	16,2	19,2	19,5	20,0	18,6	15,2	11,2	4,9	4,6
17	Донецьк	7,4	11,5	14,5	22,9	21,8	23,1	23,5	23,1	16,5	10,7	7,5	7,5
18	Миколаїв	5,9	9,6	13,9	17,9	21,6	19,2	18,6	18,2	13,7	10,0	6,6	5,2
19	Мелітополь	6,1	10,2	12,1	18,7	21,9	18,3	19,4	17,1	13,6	10,1	7,1	6,1
20	Джанкой	5,4	9,4	11,5	17,2	17,7	17,4	16,1	16,4	15,5	10,8	6,9	5,2
21	Сарата	5,5	9,0	13,4	16,2	17,7	18,8	16,8	15,8	13,4	10,2	6,7	5,1
22	Ізмаїл	5,0	9,2	11,9	15,2	17,4	18,5	15,1	14,2	15,6	11,2	6,8	4,9

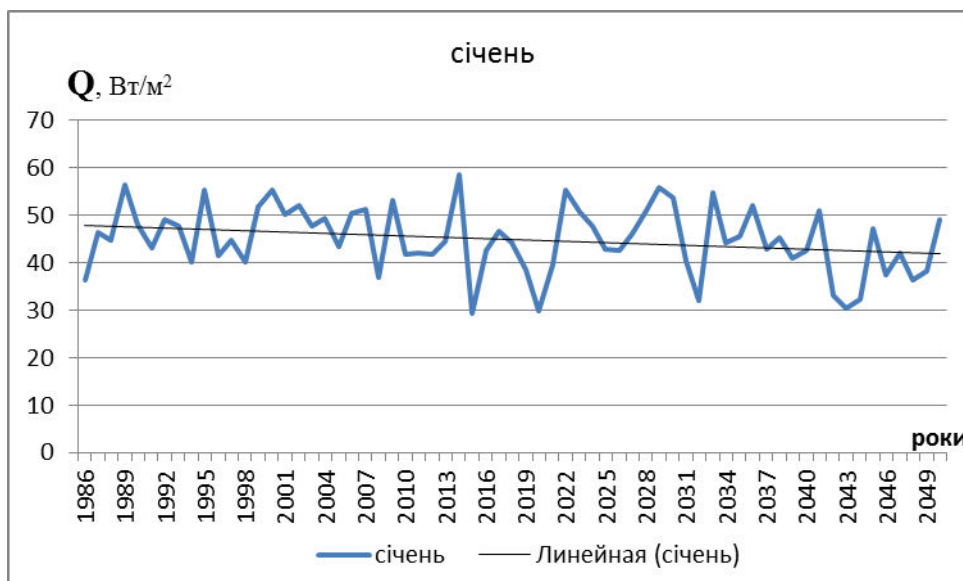


Рисунок А.1 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Січень.1986-2050 рр.

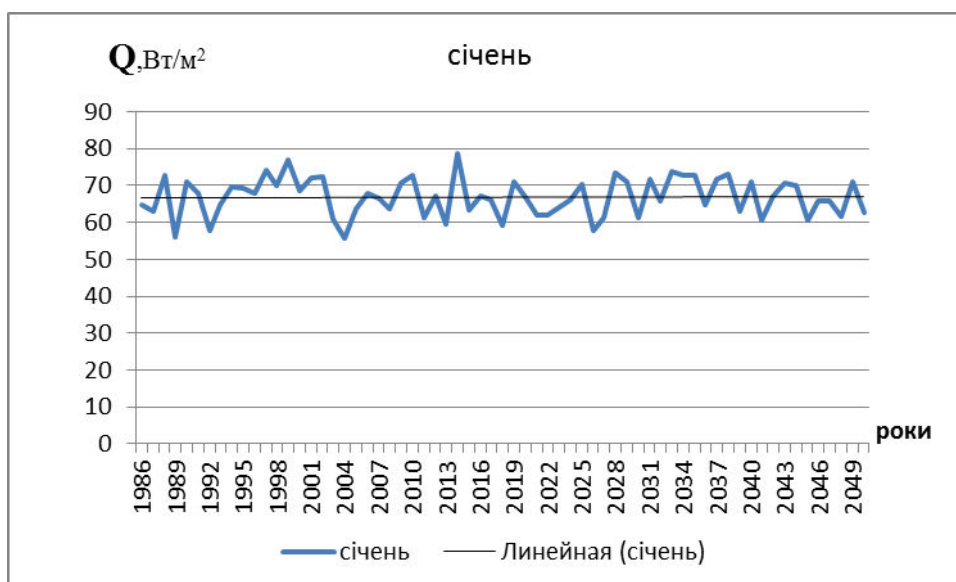


Рисунок А.2 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Січень.1986-2050 рр.



Рисунок А.3 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Липень.1986-2050 рр.



Рисунок А.4 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Липень.1986-2050 рр.

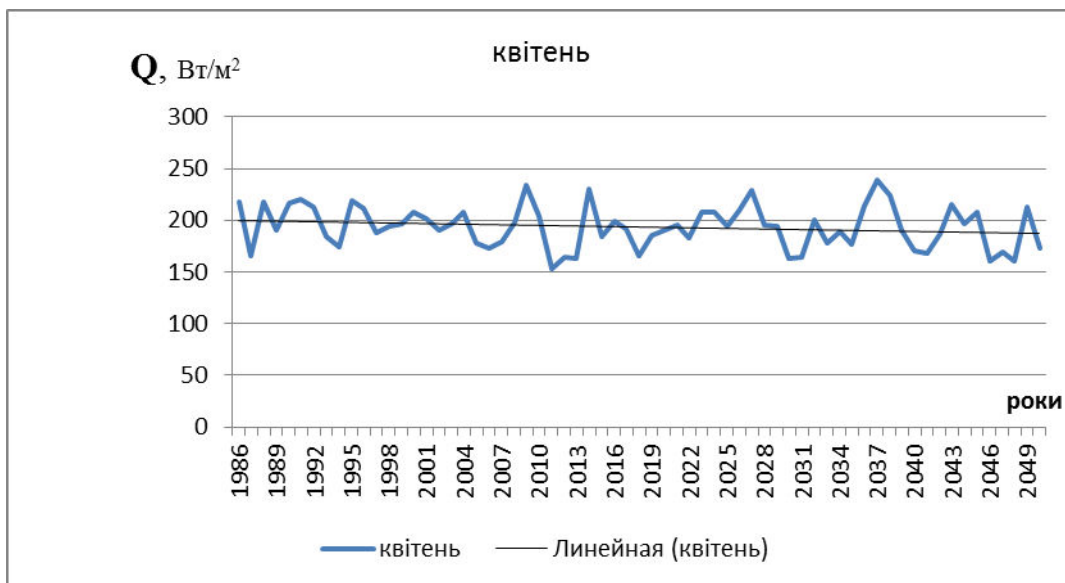


Рисунок А.5 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Квітень. 1986-2050 рр.

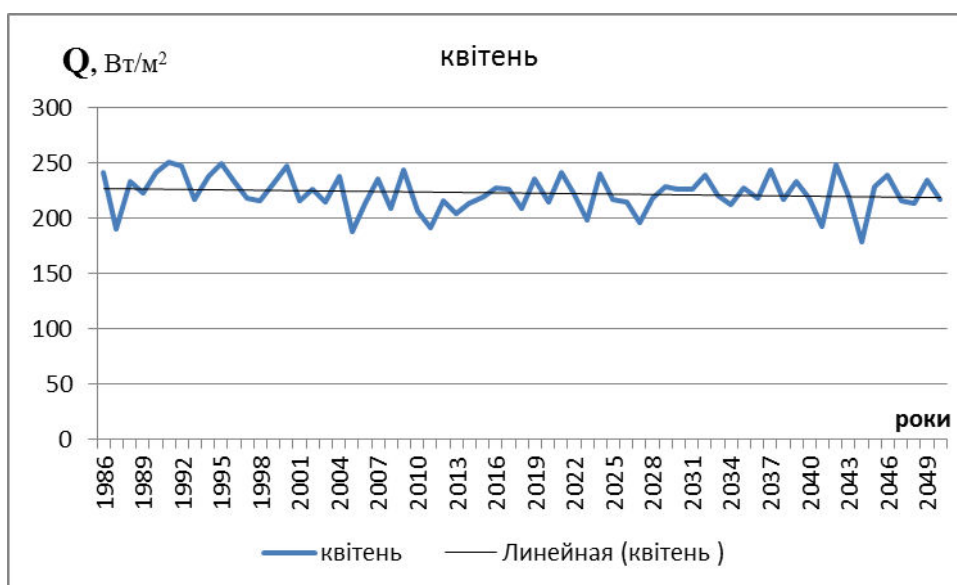


Рисунок А.6 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Квітень. 1986-2050 рр.

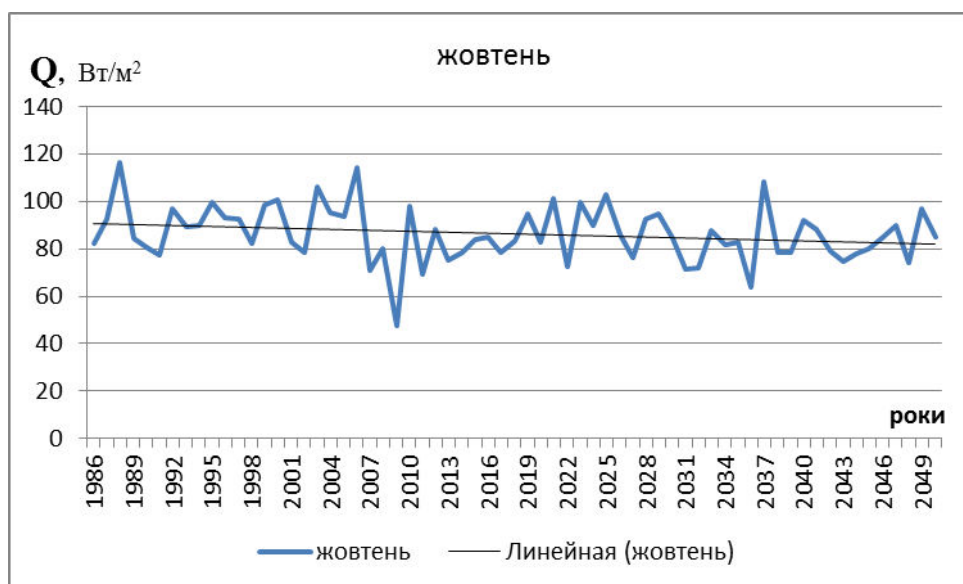


Рисунок А.7– Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Жовтень.1986-2050 рр.

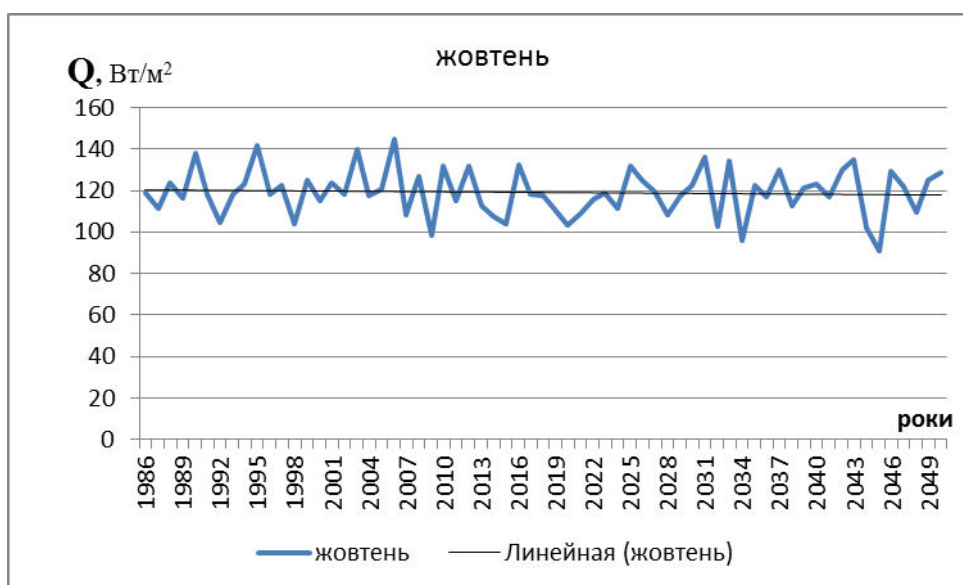


Рисунок А.8 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Жовтень.1986-2050 рр.

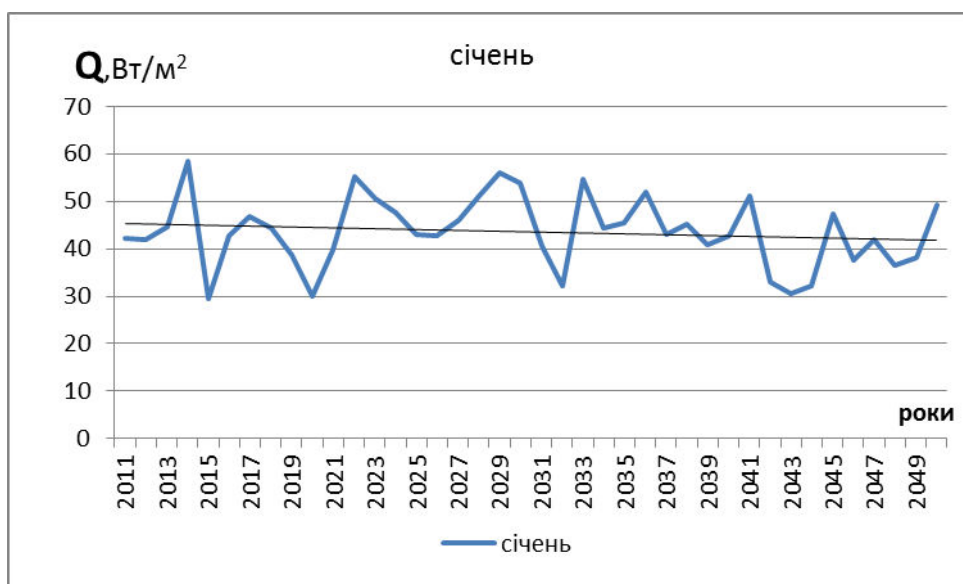


Рисунок А.9– Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Січень. 2011-2050 рр.

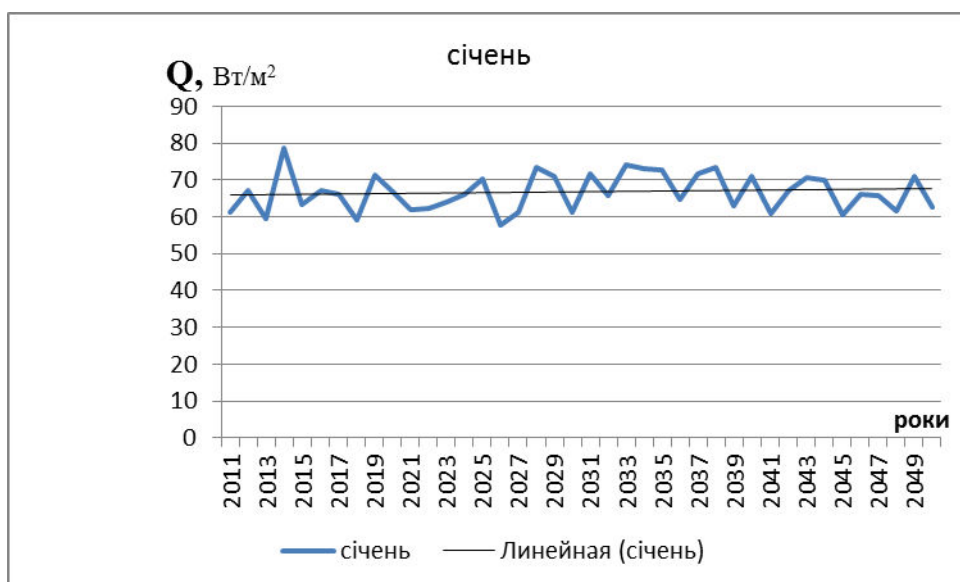


Рисунок А.10– Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Січень. 2011-2050 рр.



Рисунок А.11 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Липень. 2011-2050 рр.



Рисунок А.12 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Липень. 2011-2050 рр.



Рисунок А.13 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Квітень. 2011-2050 рр.

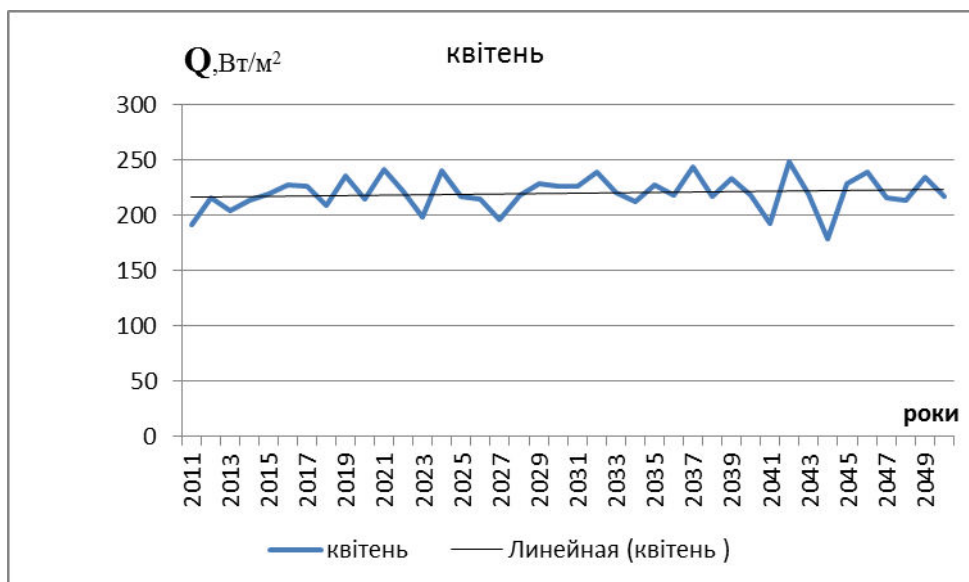


Рисунок А.14– Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Квітень. 2011-2050 рр.





Рисунок А.15— Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Суми. Жовтень. 2011-2050 рр.

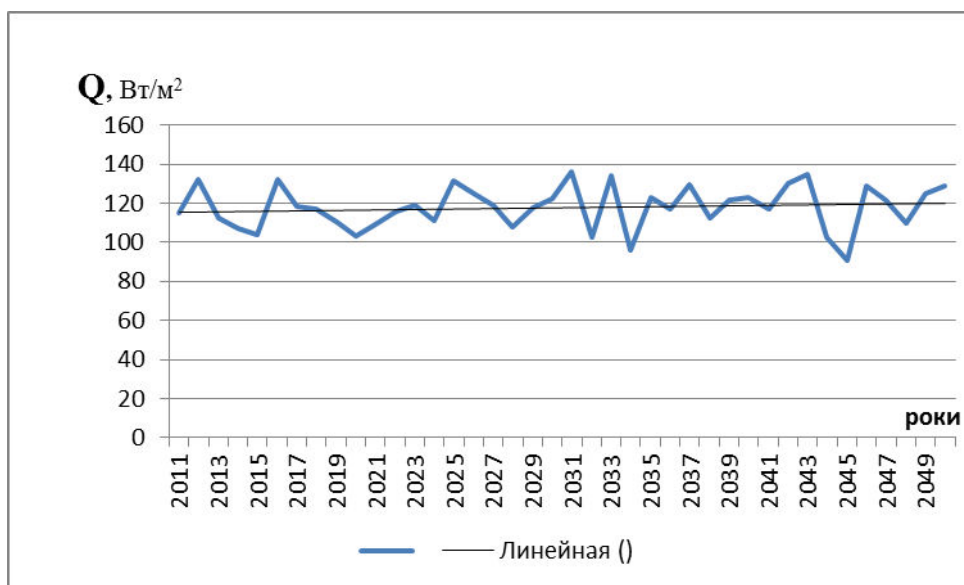


Рисунок А.16 – Часовий розподіл середньої місячної сумарної радіації. Ізмаїл. Жовтень. 2011-2050 рр.

## ДОДАТОК Б

Таблиця Б1 – Статистичні характеристики приземних швидкостей і поривів вітру та швидкостей вітру на висотах 100м, 200м, 300м.  
Сценарій А1В

## 1. Житомир

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,34	1,43	0,23	-0,11	11,62	3,20	0,18	-0,02	6,42	2,12	0,23	-0,11	7,22	2,38	0,23	-0,11	7,74	2,56	0,23	-0,11
2	4,20	1,50	0,48	-0,16	11,30	3,37	0,42	-0,20	6,21	2,21	0,48	-0,16	6,99	2,49	0,48	-0,16	7,49	2,67	0,48	-0,16
3	4,13	1,52	0,40	-0,08	11,41	3,43	0,32	0,07	6,84	2,51	0,39	-0,11	7,97	2,92	0,39	-0,12	8,71	3,20	0,39	-0,12
4	3,95	1,37	0,25	-0,24	11,67	3,46	0,31	0,08	6,56	2,27	0,25	-0,24	7,64	2,65	0,25	-0,24	8,35	2,89	0,25	-0,24
5	3,81	1,31	0,35	-0,24	11,65	3,48	0,41	0,07	6,32	2,18	0,35	-0,24	7,36	2,54	0,35	-0,24	8,04	2,78	0,35	-0,24
6	3,94	1,30	0,38	-0,09	12,29	3,40	0,28	-0,41	6,84	2,26	0,38	-0,08	8,08	2,67	0,38	-0,08	8,91	2,94	0,38	-0,08
7	3,60	1,23	0,25	0,03	11,31	3,38	0,20	-0,42	6,26	2,14	0,25	0,03	7,40	2,52	0,25	0,03	8,15	2,78	0,25	0,03
8	3,82	1,37	0,39	-0,01	11,76	3,45	0,25	-0,26	6,64	2,37	0,39	-0,01	7,84	2,80	0,39	-0,01	8,64	3,09	0,39	-0,01
9	3,82	1,35	0,34	-0,04	11,25	3,35	0,40	0,11	5,66	1,99	0,34	-0,05	6,37	2,24	0,34	-0,06	6,83	2,40	0,34	-0,06
10	3,81	1,48	0,42	0,10	10,96	3,60	0,40	-0,04	5,64	2,19	0,42	0,10	6,35	2,47	0,42	0,10	6,80	2,64	0,42	0,10
11	4,12	1,38	0,17	-0,25	11,50	3,37	0,26	0,22	6,09	2,04	0,17	-0,25	6,86	2,29	0,17	-0,25	7,35	2,45	0,17	-0,25
12	4,40	1,47	0,36	-0,13	11,80	3,31	0,37	0,05	6,50	2,17	0,36	-0,13	7,32	2,45	0,36	-0,13	7,84	2,62	0,36	-0,13
Рік	4,00	1,39	0,33	-0,10	11,54	3,40	0,32	-0,06	6,33	2,20	0,33	-0,10	7,28	2,54	0,33	-0,11	7,90	2,75	0,33	-0,11
2011-2030																				
1	4,24	1,47	0,20	-0,11	11,50	3,47	0,40	0,23	6,27	2,17	0,20	-0,11	7,06	2,44	0,20	-0,11	7,56	2,61	0,20	-0,11
2	4,25	1,45	0,22	-0,37	11,64	3,32	0,34	-0,10	6,29	2,14	0,22	-0,37	7,08	2,41	0,22	-0,37	7,58	2,58	0,22	-0,37
3	4,17	1,39	0,31	-0,04	11,31	3,27	0,33	0,24	6,91	2,32	0,32	-0,04	8,05	2,70	0,32	-0,04	8,80	2,95	0,32	-0,04
4	4,00	1,35	0,35	0,08	11,71	3,43	0,35	-0,14	6,64	2,24	0,35	0,08	7,73	2,60	0,35	0,08	8,45	2,85	0,35	0,08
5	3,73	1,35	0,49	0,26	11,53	3,57	0,34	-0,24	6,20	2,25	0,49	0,26	7,22	2,62	0,49	0,26	7,89	2,86	0,49	0,26
6	3,70	1,26	0,36	0,13	11,61	3,42	0,37	0,15	6,43	2,19	0,36	0,13	7,59	2,58	0,36	0,13	8,37	2,85	0,36	0,12
7	3,62	1,25	0,23	-0,17	11,26	3,36	0,23	-0,19	6,30	2,17	0,23	-0,17	7,44	2,56	0,23	-0,17	8,20	2,83	0,23	-0,17
8	3,76	1,38	0,37	-0,05	11,43	3,62	0,37	0,05	6,53	2,40	0,37	-0,05	7,71	2,84	0,37	-0,05	8,50	3,13	0,37	-0,05
9	3,97	1,41	0,28	-0,33	11,68	3,45	0,18	-0,31	5,88	2,08	0,27	-0,32	6,62	2,34	0,27	-0,32	7,09	2,51	0,26	-0,32
10	3,75	1,39	0,50	-0,07	10,85	3,50	0,41	-0,04	5,55	2,06	0,50	-0,07	6,24	2,32	0,50	-0,07	6,69	2,48	0,50	-0,07
11	4,36	1,56	0,48	0,37	12,22	3,93	0,50	0,19	6,45	2,30	0,48	0,37	7,26	2,59	0,48	0,37	7,78	2,77	0,48	0,37
12	4,19	1,50	0,44	0,03	11,37	3,50	0,48	0,28	6,19	2,22	0,44	0,03	6,97	2,50	0,44	0,03	7,46	2,67	0,44	0,03
Рік	3,98	1,40	0,35	-0,02	11,51	3,49	0,36	0,01	6,30	2,21	0,35	-0,02	7,25	2,54	0,35	-0,02	7,86	2,76	0,35	-0,02
1931-2050																				
1	4,04	1,33	0,11	-0,23	10,90	3,13	0,29	0,23	5,98	1,97	0,11	-0,23	6,72	2,22	0,11	-0,23	7,20	2,37	0,11	-0,23
2	4,11	1,36	0,25	-0,24	11,33	3,24	0,26	-0,01	6,08	2,02	0,25	-0,24	6,84	2,27	0,25	-0,24	7,33	2,43	0,25	-0,24
3	4,02	1,40	0,45	0,38	11,34	3,46	0,53	0,44	6,67	2,32	0,46	0,42	7,77	2,70	0,47	0,43	8,49	2,95	0,47	0,43
4	4,05	1,42	0,20	-0,19	11,96	3,44	0,17	0,00	6,72	2,35	0,20	-0,19	7,82	2,74	0,20	-0,19	8,55	3,00	0,20	-0,19
5	3,79	1,38	0,33	-0,08	11,52	3,72	0,32	0,04	6,29	2,28	0,33	-0,08	7,32	2,66	0,33	-0,08	8,00	2,91	0,33	-0,08
6	3,92	1,31	0,31	-0,19	12,03	3,39	0,21	-0,21	6,81	2,28	0,31	-0,18	8,04	2,69	0,31	-0,18	8,86	2,97	0,31	-0,18
7	3,65	1,27	0,31	-0,24	11,40	3,39	0,28	-0,21	6,34	2,21	0,31	-0,24	7,48	2,61	0,31	-0,24	8,25	2,88	0,31	-0,24
8	3,64	1,34	0,35	0,00	11,24	3,39	0,21	-0,13	6,33	2,34	0,35	0,00	7,47	2,76	0,35	0,00	8,24	3,04	0,35	0,00
9	3,87	1,35	0,28	-0,36	11,51	3,37	0,20	-0,25	5,74	2,01	0,29	-0,35	6,46	2,26	0,29	-0,33	6,92	2,42	0,30	-0,32
10	3,66	1,38	0,46	0,33	10,46	3,43	0,59	0,73	5,41	2,05	0,46	0,33	6,09	2,30	0,46	0,33	6,52	2,47	0,46	0,33
11	4,07	1,59	0,48	0,08	11,27	3,80	0,47	-0,14	6,02	2,35	0,48	0,08	6,77	2,64	0,48	0,08	7,26	2,83	0,48	0,08
12	4,62	1,50	0,28	-0,16	12,44	3,52	0,33	0,00	6,84	2,22	0,28	-0,16	7,69	2,50	0,28	-0,16	8,24	2,67	0,28	-0,16
Рік	3,95	1,39	0,32	-0,08	11,45	3,44	0,32	0,04	6,27	2,20	0,32	-0,07	7,21	2,53	0,32	-0,07	7,82	2,74	0,32	-0,07

Продовження табл. Б1

## 2. Вінниця

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,88	1,32	0,30	0,05	11,41	3,24	0,23	-0,11	5,74	1,96	0,30	0,05	6,46	2,20	0,30	0,05	6,92	2,36	0,30	0,05
2	3,89	1,34	0,41	-0,07	11,33	3,38	0,41	-0,25	5,75	1,98	0,41	-0,07	6,47	2,22	0,41	-0,07	6,93	2,38	0,41	-0,07
3	3,82	1,40	0,47	0,13	11,58	3,62	0,40	0,42	6,34	2,32	0,46	0,09	7,38	2,70	0,46	0,08	8,07	2,95	0,46	0,08
4	3,71	1,26	0,32	-0,18	11,89	3,49	0,39	-0,01	6,16	2,08	0,32	-0,18	7,18	2,43	0,32	-0,18	7,85	2,65	0,32	-0,18
5	3,57	1,26	0,40	-0,15	11,81	3,62	0,36	0,05	5,92	2,10	0,40	-0,15	6,90	2,44	0,40	-0,15	7,54	2,67	0,40	-0,15
6	3,65	1,23	0,47	0,33	12,42	3,50	0,25	-0,24	6,34	2,13	0,47	0,34	7,48	2,52	0,47	0,34	8,25	2,78	0,47	0,34
7	3,36	1,17	0,16	-0,45	11,50	3,34	0,10	-0,53	5,84	2,03	0,16	-0,45	6,89	2,40	0,16	-0,45	7,60	2,65	0,16	-0,45
8	3,56	1,27	0,48	0,00	11,90	3,51	0,27	-0,23	6,19	2,22	0,48	0,00	7,31	2,62	0,48	0,00	8,05	2,88	0,48	0,00
9	3,51	1,24	0,25	0,02	11,29	3,45	0,34	0,02	5,20	1,84	0,24	0,00	5,86	2,07	0,24	0,00	6,28	2,22	0,24	0,00
10	3,46	1,38	0,52	0,24	10,88	3,73	0,56	0,27	5,11	2,04	0,52	0,24	5,75	2,29	0,52	0,24	6,16	2,46	0,52	0,24
11	3,77	1,31	0,26	-0,24	11,43	3,42	0,34	0,12	5,57	1,94	0,26	-0,24	6,27	2,18	0,26	-0,24	6,72	2,34	0,26	-0,24
12	3,95	1,38	0,44	0,00	11,60	3,41	0,42	0,05	5,84	2,04	0,44	0,00	6,57	2,29	0,44	0,00	7,04	2,45	0,44	0,00
Рік	3,68	1,30	0,37	-0,03	11,59	3,48	0,34	-0,04	5,83	2,06	0,37	-0,03	6,71	2,36	0,37	-0,03	7,28	2,57	0,37	-0,03
2011-2030																				
1	3,84	1,37	0,28	0,02	11,40	3,62	0,38	0,16	5,67	2,03	0,28	0,02	6,38	2,28	0,28	0,02	6,84	2,44	0,28	0,02
2	3,89	1,37	0,38	0,18	11,56	3,45	0,36	0,30	5,75	2,03	0,38	0,18	6,47	2,28	0,38	0,18	6,93	2,45	0,38	0,18
3	3,92	1,34	0,29	-0,15	11,57	3,30	0,28	0,10	6,50	2,23	0,29	-0,15	7,57	2,59	0,29	-0,15	8,27	2,84	0,29	-0,15
4	3,79	1,27	0,35	0,16	12,01	3,47	0,31	-0,03	6,28	2,10	0,35	0,16	7,32	2,45	0,35	0,16	8,00	2,68	0,35	0,16
5	3,53	1,27	0,38	0,04	11,78	3,64	0,38	-0,07	5,85	2,11	0,38	0,03	6,81	2,45	0,38	0,03	7,45	2,68	0,38	0,03
6	3,44	1,18	0,43	0,20	11,72	3,45	0,27	-0,14	5,98	2,05	0,43	0,20	7,06	2,42	0,43	0,21	7,79	2,66	0,43	0,21
7	3,36	1,13	0,30	-0,13	11,42	3,30	0,32	-0,14	5,84	1,97	0,30	-0,13	6,90	2,33	0,30	-0,13	7,60	2,57	0,30	-0,13
8	3,50	1,26	0,41	-0,04	11,53	3,51	0,37	0,05	6,09	2,19	0,41	-0,04	7,19	2,58	0,41	-0,04	7,93	2,84	0,41	-0,04
9	3,70	1,29	0,40	-0,10	11,79	3,42	0,25	-0,05	5,49	1,92	0,39	-0,11	6,18	2,16	0,38	-0,12	6,62	2,31	0,38	-0,12
10	3,38	1,23	0,59	0,23	10,68	3,37	0,50	-0,05	5,00	1,83	0,59	0,23	5,63	2,05	0,59	0,23	6,03	2,20	0,59	0,23
11	4,00	1,51	0,48	0,15	12,18	4,01	0,43	-0,09	5,92	2,23	0,48	0,15	6,66	2,51	0,48	0,15	7,13	2,69	0,48	0,15
12	3,81	1,39	0,55	0,23	11,28	3,47	0,45	-0,23	5,64	2,06	0,55	0,23	6,35	2,32	0,55	0,23	6,80	2,48	0,55	0,23
Рік	3,68	1,30	0,40	0,07	11,58	3,50	0,36	-0,02	5,83	2,06	0,40	0,06	6,71	2,37	0,40	0,06	7,28	2,57	0,40	0,06
1931-2050																				
1	3,63	1,24	0,20	-0,33	10,76	3,24	0,33	0,10	5,36	1,83	0,20	-0,33	6,03	2,06	0,20	-0,33	6,47	2,20	0,20	-0,33
2	3,79	1,28	0,40	-0,20	11,33	3,26	0,46	0,32	5,60	1,89	0,40	-0,20	6,30	2,12	0,40	-0,20	6,75	2,27	0,40	-0,20
3	3,77	1,34	0,40	0,15	11,51	3,53	0,45	0,28	6,25	2,21	0,41	0,18	7,28	2,57	0,41	0,19	7,96	2,81	0,41	0,20
4	3,81	1,33	0,33	-0,10	12,16	3,52	0,26	0,16	6,32	2,21	0,33	-0,10	7,36	2,57	0,33	-0,10	8,04	2,82	0,33	-0,10
5	3,50	1,29	0,33	-0,14	11,59	3,63	0,31	-0,14	5,81	2,14	0,33	-0,14	6,77	2,49	0,33	-0,14	7,40	2,72	0,33	-0,14
6	3,66	1,22	0,35	-0,25	12,22	3,38	0,14	-0,50	6,35	2,13	0,36	-0,25	7,50	2,51	0,36	-0,25	8,27	2,77	0,36	-0,25
7	3,41	1,21	0,45	-0,16	11,57	3,42	0,24	-0,43	5,93	2,10	0,45	-0,16	7,00	2,49	0,45	-0,16	7,72	2,74	0,45	-0,16
8	3,41	1,25	0,51	0,08	11,43	3,47	0,36	-0,18	5,93	2,17	0,51	0,08	7,00	2,56	0,51	0,08	7,72	2,83	0,51	0,08
9	3,57	1,25	0,38	-0,06	11,54	3,43	0,28	-0,19	5,28	1,86	0,40	-0,05	5,95	2,10	0,40	-0,04	6,37	2,25	0,41	-0,03
10	3,36	1,27	0,52	0,33	10,42	3,43	0,65	0,70	4,96	1,88	0,52	0,33	5,58	2,11	0,52	0,33	5,98	2,26	0,52	0,33
11	3,64	1,45	0,55	0,31	10,97	3,71	0,58	0,21	5,39	2,15	0,55	0,31	6,06	2,42	0,55	0,31	6,49	2,59	0,55	0,31
12	4,22	1,44	0,29	0,05	12,38	3,76	0,42	0,02	6,23	2,13	0,29	0,05	7,01	2,40	0,29	0,05	7,51	2,57	0,29	0,05
Рік	3,65	1,30	0,39	-0,03	11,49	3,48	0,37	0,03	5,79	2,06	0,40	-0,02	6,65	2,37	0,40	-0,02	7,22	2,57	0,40	-0,02

Продовження табл. Б1

## 3. Суми

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,22	1,44	0,09	-0,50	11,47	3,22	0,09	-0,41	6,24	2,13	0,09	-0,50	7,02	2,39	0,09	-0,50	7,52	2,56	0,09	-0,50
2	4,03	1,40	0,32	-0,24	10,90	3,13	0,12	-0,41	5,96	2,08	0,32	-0,24	6,70	2,34	0,32	-0,24	7,18	2,50	0,32	-0,24
3	4,02	1,44	0,38	0,13	11,09	3,32	0,26	0,01	6,66	2,39	0,38	0,15	7,76	2,79	0,39	0,16	8,48	3,05	0,39	0,16
4	3,91	1,30	0,17	-0,27	11,38	3,20	0,19	-0,04	6,49	2,16	0,17	-0,27	7,56	2,52	0,17	-0,27	8,27	2,76	0,17	-0,27
5	3,75	1,30	0,48	0,28	11,50	3,38	0,32	0,03	6,22	2,15	0,48	0,28	7,25	2,51	0,48	0,28	7,92	2,74	0,48	0,28
6	3,88	1,21	0,25	0,11	11,99	3,35	0,19	-0,14	6,74	2,11	0,25	0,11	7,96	2,49	0,25	0,11	8,77	2,74	0,25	0,11
7	3,39	1,18	0,23	-0,16	10,74	3,16	0,18	0,06	5,89	2,05	0,23	-0,16	6,96	2,42	0,23	-0,16	7,67	2,67	0,23	-0,16
8	3,64	1,25	0,29	-0,30	11,33	3,30	0,17	-0,27	6,32	2,17	0,29	-0,30	7,46	2,56	0,29	-0,30	8,22	2,82	0,29	-0,30
9	3,78	1,34	0,38	-0,04	11,22	3,28	0,33	-0,11	5,60	1,98	0,38	-0,06	6,30	2,23	0,38	-0,06	6,75	2,39	0,38	-0,06
10	3,82	1,47	0,33	-0,03	11,02	3,49	0,25	-0,22	5,64	2,17	0,33	-0,03	6,35	2,44	0,33	-0,03	6,80	2,61	0,33	-0,03
11	4,00	1,37	0,32	-0,27	11,20	3,39	0,44	0,16	5,91	2,03	0,32	-0,27	6,65	2,28	0,32	-0,27	7,13	2,44	0,32	-0,27
12	4,14	1,46	0,32	-0,17	11,26	3,29	0,33	0,07	6,12	2,16	0,32	-0,17	6,88	2,43	0,32	-0,17	7,37	2,60	0,32	-0,17
Рік	3,88	1,35	0,30	-0,12	11,26	3,29	0,24	-0,11	6,15	2,13	0,30	-0,12	7,07	2,45	0,30	-0,12	7,67	2,66	0,30	-0,12
2011-2030																				
1	4,03	1,41	0,27	0,05	11,14	3,28	0,18	-0,13	5,96	2,09	0,27	0,05	6,71	2,35	0,27	0,05	7,19	2,52	0,27	0,05
2	4,04	1,40	0,26	-0,46	11,08	3,25	0,23	-0,08	5,97	2,07	0,26	-0,46	6,72	2,33	0,26	-0,46	7,20	2,50	0,26	-0,46
3	4,10	1,44	0,27	-0,28	11,06	3,24	0,29	-0,22	6,79	2,39	0,27	-0,28	7,91	2,78	0,27	-0,28	8,64	3,04	0,27	-0,28
4	3,85	1,41	0,35	-0,17	11,20	3,43	0,15	-0,58	6,39	2,33	0,35	-0,17	7,44	2,72	0,35	-0,17	8,13	2,97	0,35	-0,17
5	3,72	1,35	0,31	-0,19	11,45	3,59	0,39	-0,05	6,17	2,25	0,31	-0,19	7,18	2,61	0,31	-0,19	7,85	2,86	0,31	-0,19
6	3,51	1,20	0,33	-0,16	11,12	3,36	0,34	0,23	6,09	2,08	0,33	-0,17	7,19	2,46	0,33	-0,18	7,93	2,71	0,33	-0,18
7	3,49	1,24	0,34	-0,19	11,01	3,34	0,35	0,36	6,07	2,15	0,34	-0,19	7,17	2,53	0,34	-0,19	7,90	2,79	0,34	-0,19
8	3,71	1,33	0,38	0,10	11,40	3,46	0,28	0,06	6,45	2,31	0,38	0,10	7,61	2,73	0,38	0,10	8,39	3,01	0,38	0,10
9	3,94	1,47	0,38	-0,01	11,65	3,53	0,26	-0,06	5,84	2,18	0,38	-0,01	6,57	2,45	0,38	-0,02	7,04	2,63	0,38	-0,02
10	3,68	1,40	0,42	0,06	10,72	3,50	0,41	0,22	5,44	2,07	0,42	0,06	6,12	2,33	0,42	0,06	6,56	2,49	0,42	0,06
11	4,15	1,48	0,37	0,19	11,57	3,57	0,37	0,10	6,14	2,19	0,37	0,19	6,90	2,47	0,37	0,19	7,40	2,64	0,37	0,19
12	4,16	1,36	0,34	-0,03	11,32	3,18	0,41	0,40	6,15	2,02	0,34	-0,03	6,92	2,27	0,34	-0,03	7,42	2,43	0,34	-0,03
Рік	3,86	1,38	0,33	-0,09	11,23	3,39	0,31	0,02	6,12	2,18	0,33	-0,09	7,04	2,50	0,33	-0,09	7,64	2,72	0,33	-0,09
1931-2050																				
1	3,99	1,35	0,25	-0,43	10,85	2,98	0,26	-0,12	5,91	1,99	0,25	-0,43	6,64	2,24	0,25	-0,43	7,12	2,40	0,25	-0,43
2	3,95	1,31	0,32	-0,35	10,75	3,05	0,33	0,00	5,84	1,94	0,32	-0,35	6,57	2,18	0,32	-0,35	7,03	2,34	0,32	-0,35
3	3,93	1,39	0,29	-0,07	10,88	3,28	0,29	0,03	6,52	2,31	0,28	-0,09	7,59	2,69	0,28	-0,09	8,30	2,94	0,28	-0,09
4	3,95	1,39	0,24	-0,21	11,52	3,30	0,16	-0,17	6,55	2,31	0,24	-0,21	7,63	2,69	0,24	-0,21	8,34	2,95	0,24	-0,21
5	3,73	1,30	0,26	0,23	11,43	3,46	0,17	0,28	6,18	2,16	0,26	0,23	7,20	2,51	0,26	0,23	7,87	2,75	0,26	0,23
6	3,72	1,24	0,36	0,27	11,59	3,30	0,33	0,16	6,46	2,15	0,36	0,28	7,63	2,54	0,36	0,28	8,40	2,80	0,36	0,28
7	3,49	1,18	0,28	-0,13	11,13	3,24	0,26	0,40	6,08	2,06	0,28	-0,13	7,18	2,43	0,28	-0,13	7,91	2,68	0,28	-0,13
8	3,51	1,21	0,28	-0,10	10,88	3,18	0,17	-0,21	6,09	2,11	0,28	-0,10	7,20	2,49	0,28	-0,10	7,93	2,75	0,28	-0,10
9	3,69	1,27	0,34	-0,36	11,05	3,26	0,20	-0,39	5,47	1,89	0,37	-0,26	6,16	2,13	0,38	-0,22	6,60	2,29	0,39	-0,18
10	3,62	1,39	0,51	0,10	10,33	3,38	0,49	0,06	5,35	2,05	0,51	0,10	6,02	2,31	0,51	0,10	6,45	2,47	0,51	0,10
11	4,06	1,56	0,52	0,10	11,25	3,66	0,45	0,11	6,01	2,30	0,52	0,10	6,76	2,59	0,52	0,10	7,24	2,78	0,52	0,10
12	4,24	1,42	0,11	-0,29	11,60	3,22	0,07	-0,04	6,26	2,09	0,11	-0,29	7,05	2,36	0,11	-0,29	7,55	2,52	0,11	-0,29
Рік	3,82	1,33	0,31	-0,10	11,11	3,28	0,27	0,01	6,06	2,11	0,32	-0,10	6,97	2,43	0,32	-0,09	7,56	2,64	0,32	-0,09

Продовження табл. Б1

## 4. Кіровоград

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,35	1,47	0,26	-0,31	11,74	3,33	0,23	-0,16	6,43	2,17	0,26	-0,31	7,23	2,44	0,26	-0,31	7,75	2,62	0,26	-0,31
2	4,32	1,40	0,19	-0,11	11,65	3,17	0,10	-0,43	6,39	2,06	0,19	-0,11	7,19	2,32	0,19	-0,11	7,70	2,49	0,19	-0,11
3	4,20	1,55	0,41	0,14	11,78	3,66	0,31	-0,10	6,96	2,57	0,42	0,16	8,11	3,00	0,42	0,16	8,86	3,28	0,42	0,16
4	4,12	1,43	0,33	-0,16	12,08	3,54	0,35	0,13	6,84	2,38	0,33	-0,16	7,97	2,77	0,33	-0,16	8,72	3,03	0,33	-0,16
5	3,87	1,40	0,30	-0,27	11,79	3,58	0,21	-0,10	6,42	2,33	0,30	-0,27	7,48	2,71	0,30	-0,27	8,18	2,97	0,30	-0,27
6	3,97	1,29	0,46	0,42	12,32	3,39	0,37	0,26	6,90	2,24	0,46	0,42	8,15	2,65	0,46	0,42	8,99	2,92	0,46	0,42
7	3,60	1,29	0,38	-0,17	11,21	3,34	0,38	-0,12	6,25	2,24	0,38	-0,17	7,38	2,65	0,38	-0,17	8,14	2,92	0,38	-0,17
8	3,82	1,39	0,34	-0,18	11,81	3,63	0,19	-0,48	6,64	2,42	0,34	-0,18	7,84	2,86	0,34	-0,18	8,64	3,15	0,34	-0,18
9	3,90	1,37	0,28	-0,16	11,53	3,54	0,27	0,02	5,77	2,03	0,27	-0,18	6,49	2,29	0,27	-0,18	6,96	2,45	0,27	-0,18
10	3,90	1,53	0,42	-0,09	11,25	3,71	0,40	-0,22	5,77	2,26	0,42	-0,09	6,49	2,54	0,42	-0,09	6,95	2,72	0,42	-0,09
11	4,09	1,43	0,27	-0,12	11,48	3,48	0,29	-0,20	6,05	2,12	0,27	-0,12	6,80	2,38	0,27	-0,12	7,29	2,55	0,27	-0,12
12	4,29	1,48	0,48	0,33	11,61	3,33	0,30	0,03	6,34	2,20	0,48	0,33	7,14	2,47	0,48	0,33	7,65	2,65	0,48	0,33
Рік	4,04	1,42	0,34	-0,06	11,69	3,47	0,28	-0,11	6,40	2,25	0,34	-0,06	7,36	2,59	0,34	-0,06	7,98	2,81	0,34	-0,06
2011-2030																				
1	4,23	1,46	0,27	-0,17	11,67	3,49	0,25	-0,23	6,26	2,16	0,27	-0,17	7,04	2,43	0,27	-0,17	7,54	2,60	0,27	-0,17
2	4,31	1,52	0,15	-0,18	11,87	3,54	0,26	0,33	6,37	2,24	0,15	-0,18	7,17	2,52	0,15	-0,18	7,68	2,71	0,15	-0,18
3	4,37	1,52	0,27	-0,06	11,91	3,47	0,19	-0,08	7,25	2,52	0,27	-0,05	8,44	2,94	0,27	-0,05	9,23	3,21	0,28	-0,05
4	4,19	1,50	0,26	-0,32	12,27	3,77	0,23	-0,10	6,95	2,49	0,26	-0,32	8,10	2,90	0,26	-0,32	8,85	3,17	0,26	-0,32
5	3,81	1,39	0,31	-0,26	11,75	3,58	0,27	-0,02	6,33	2,30	0,31	-0,26	7,37	2,68	0,31	-0,26	8,06	2,93	0,31	-0,26
6	3,68	1,29	0,34	-0,12	11,49	3,42	0,32	0,09	6,40	2,24	0,34	-0,12	7,55	2,64	0,33	-0,12	8,33	2,91	0,33	-0,12
7	3,66	1,30	0,35	-0,25	11,42	3,48	0,33	0,16	6,37	2,27	0,35	-0,25	7,52	2,68	0,35	-0,25	8,29	2,95	0,35	-0,25
8	3,81	1,44	0,51	0,17	11,63	3,77	0,55	0,49	6,62	2,51	0,51	0,17	7,82	2,96	0,51	0,17	8,62	3,26	0,51	0,17
9	4,12	1,48	0,35	0,00	12,06	3,68	0,23	0,10	6,10	2,20	0,35	0,01	6,87	2,47	0,35	0,02	7,36	2,65	0,35	0,02
10	3,67	1,35	0,43	0,18	10,73	3,31	0,27	-0,12	5,43	2,00	0,43	0,18	6,11	2,25	0,43	0,18	6,55	2,41	0,43	0,18
11	4,38	1,63	0,34	-0,18	12,24	3,91	0,35	0,12	6,48	2,41	0,34	-0,18	7,29	2,72	0,34	-0,18	7,81	2,91	0,34	-0,18
12	4,35	1,45	0,29	-0,21	11,77	3,38	0,27	-0,18	6,44	2,14	0,29	-0,21	7,24	2,41	0,29	-0,21	7,76	2,58	0,29	-0,21
Рік	4,05	1,44	0,32	-0,12	11,74	3,57	0,29	0,05	6,42	2,29	0,32	-0,12	7,38	2,63	0,32	-0,12	8,01	2,86	0,32	-0,11
1931-2050																				
1	4,11	1,43	0,25	-0,15	11,18	3,25	0,45	0,61	6,08	2,12	0,25	-0,15	6,84	2,38	0,25	-0,15	7,33	2,55	0,25	-0,15
2	4,19	1,42	0,25	-0,25	11,54	3,37	0,32	0,03	6,20	2,10	0,25	-0,25	6,97	2,37	0,25	-0,25	7,47	2,53	0,25	-0,25
3	4,25	1,56	0,39	0,05	11,82	3,73	0,40	0,16	7,05	2,58	0,39	0,05	8,21	3,00	0,39	0,06	8,97	3,28	0,39	0,06
4	4,16	1,42	0,42	-0,18	12,26	3,55	0,42	0,21	6,90	2,36	0,42	-0,18	8,03	2,75	0,42	-0,18	8,78	3,01	0,42	-0,18
5	3,88	1,33	0,42	0,09	11,82	3,53	0,29	-0,17	6,44	2,21	0,42	0,09	7,50	2,58	0,42	0,09	8,20	2,82	0,42	0,09
6	3,84	1,37	0,42	0,06	11,89	3,58	0,36	-0,17	6,67	2,38	0,43	0,06	7,88	2,81	0,43	0,06	8,68	3,10	0,43	0,06
7	3,64	1,31	0,50	0,11	11,45	3,36	0,33	-0,12	6,32	2,27	0,50	0,11	7,47	2,69	0,50	0,11	8,23	2,96	0,50	0,11
8	3,77	1,39	0,47	0,13	11,50	3,55	0,35	0,06	6,54	2,42	0,47	0,13	7,73	2,86	0,47	0,13	8,52	3,15	0,47	0,13
9	3,92	1,34	0,16	-0,17	11,77	3,57	0,18	-0,20	5,81	2,00	0,18	-0,14	6,54	2,25	0,19	-0,12	7,00	2,42	0,20	-0,10
10	3,65	1,46	0,40	0,01	10,51	3,51	0,30	-0,11	5,40	2,16	0,40	0,01	6,08	2,43	0,40	0,01	6,51	2,60	0,40	0,01
11	4,10	1,56	0,50	0,21	11,37	3,71	0,59	0,30	6,06	2,30	0,50	0,21	6,82	2,59	0,50	0,21	7,31	2,78	0,50	0,21
12	4,54	1,54	0,37	0,11	12,35	3,58	0,35	0,00	6,72	2,27	0,37	0,11	7,56	2,56	0,37	0,11	8,10	2,74	0,37	0,11
Рік	4,00	1,43	0,38	0,00	11,62	3,52	0,36	0,05	6,35	2,26	0,38	0,00	7,30	2,61	0,38	0,01	7,92	2,83	0,38	0,01

Продовження табл. Б1

## 5. Миколаїв

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,49	1,67	0,43	0,03	12,33	3,90	0,28	-0,33	6,65	2,47	0,43	0,03	7,48	2,77	0,43	0,03	8,01	2,97	0,43	0,03
2	4,67	1,61	0,36	0,03	12,61	3,71	0,37	0,38	6,91	2,38	0,36	0,03	7,77	2,67	0,36	0,03	8,32	2,86	0,36	0,03
3	4,36	1,65	0,44	0,06	12,26	3,77	0,34	-0,15	7,22	2,73	0,45	0,07	8,41	3,18	0,45	0,07	9,19	3,48	0,45	0,07
4	3,97	1,46	0,45	0,00	11,84	3,49	0,37	0,01	6,59	2,42	0,45	0,00	7,68	2,82	0,45	0,00	8,40	3,08	0,45	0,00
5	3,72	1,39	0,48	0,19	11,60	3,52	0,31	-0,11	6,17	2,32	0,48	0,19	7,19	2,70	0,48	0,19	7,86	2,95	0,48	0,19
6	3,81	1,28	0,33	-0,03	11,91	3,32	0,27	-0,01	6,62	2,23	0,33	-0,03	7,82	2,64	0,33	-0,03	8,62	2,90	0,33	-0,03
7	3,57	1,31	0,42	-0,06	11,19	3,29	0,32	-0,17	6,21	2,27	0,42	-0,06	7,34	2,68	0,42	-0,06	8,09	2,95	0,42	-0,06
8	3,80	1,40	0,34	-0,33	11,65	3,55	0,25	-0,23	6,60	2,44	0,34	-0,33	7,80	2,88	0,34	-0,33	8,60	3,17	0,34	-0,33
9	3,97	1,52	0,39	-0,13	11,55	3,64	0,33	-0,02	5,88	2,26	0,38	-0,14	6,62	2,54	0,38	-0,15	7,09	2,72	0,38	-0,15
10	4,10	1,74	0,48	-0,15	11,73	4,29	0,48	0,07	6,07	2,58	0,48	-0,15	6,83	2,90	0,48	-0,15	7,31	3,11	0,48	-0,15
11	4,33	1,66	0,36	-0,28	12,19	4,02	0,28	-0,10	6,40	2,45	0,36	-0,28	7,20	2,76	0,36	-0,28	7,71	2,95	0,36	-0,28
12	4,56	1,69	0,49	0,26	12,36	3,95	0,41	0,15	6,75	2,50	0,49	0,26	7,60	2,81	0,49	0,26	8,14	3,01	0,49	0,26
Рік	4,11	1,53	0,41	-0,03	11,93	3,70	0,34	-0,04	6,51	2,42	0,41	-0,03	7,48	2,78	0,41	-0,03	8,11	3,01	0,42	-0,03
2011-2030																				
1	4,67	1,73	0,42	0,00	12,54	3,91	0,40	0,02	6,91	2,56	0,42	0,00	7,77	2,88	0,42	0,00	8,33	3,08	0,42	0,00
2	4,78	1,75	0,30	-0,03	12,67	3,86	0,17	0,14	7,07	2,59	0,30	-0,03	7,95	2,92	0,30	-0,03	8,52	3,12	0,30	-0,03
3	4,49	1,74	0,50	-0,03	12,39	3,78	0,35	-0,06	7,44	2,89	0,50	-0,02	8,66	3,36	0,50	-0,02	9,47	3,68	0,50	-0,02
4	3,98	1,55	0,67	0,28	12,25	3,77	0,36	0,03	6,60	2,57	0,67	0,28	7,69	2,99	0,67	0,28	8,41	3,27	0,67	0,28
5	3,57	1,32	0,47	-0,11	11,37	3,39	0,23	-0,21	5,92	2,18	0,47	-0,11	6,90	2,54	0,47	-0,11	7,54	2,78	0,47	-0,11
6	3,51	1,26	0,52	-0,18	11,32	3,19	0,41	0,10	6,10	2,19	0,52	-0,17	7,21	2,58	0,52	-0,17	7,94	2,85	0,52	-0,17
7	3,64	1,34	0,49	0,00	11,28	3,27	0,38	0,16	6,32	2,33	0,49	0,00	7,46	2,75	0,49	0,00	8,23	3,03	0,49	0,00
8	3,91	1,50	0,53	-0,01	11,56	3,64	0,41	-0,09	6,79	2,61	0,53	-0,01	8,02	3,08	0,53	-0,01	8,84	3,39	0,53	-0,01
9	4,34	1,63	0,40	0,22	12,43	3,94	0,29	-0,16	6,43	2,41	0,40	0,20	7,24	2,71	0,40	0,20	7,76	2,91	0,41	0,20
10	3,89	1,50	0,64	0,59	10,93	3,54	0,34	-0,05	5,75	2,22	0,64	0,59	6,47	2,50	0,64	0,59	6,94	2,68	0,64	0,59
11	4,92	1,90	0,46	-0,09	13,16	4,28	0,40	-0,23	7,28	2,81	0,46	-0,09	8,19	3,16	0,46	-0,09	8,77	3,39	0,46	-0,09
12	4,86	1,80	0,37	-0,28	12,79	4,15	0,46	0,19	7,19	2,67	0,37	-0,28	8,09	3,00	0,37	-0,28	8,67	3,21	0,37	-0,28
Рік	4,21	1,58	0,48	0,03	12,06	3,73	0,35	-0,01	6,65	2,50	0,48	0,03	7,64	2,87	0,48	0,03	8,28	3,12	0,48	0,03
1931-2050																				
1	4,25	1,59	0,42	0,07	11,74	3,77	0,39	0,37	6,29	2,35	0,42	0,07	7,08	2,65	0,42	0,07	7,58	2,84	0,42	0,07
2	4,43	1,58	0,37	-0,26	12,33	3,79	0,37	-0,04	6,56	2,34	0,37	-0,26	7,38	2,63	0,37	-0,26	7,91	2,82	0,37	-0,26
3	4,31	1,67	0,55	0,29	12,05	3,76	0,43	0,13	7,15	2,77	0,55	0,29	8,33	3,22	0,55	0,30	9,10	3,52	0,55	0,30
4	4,03	1,52	0,47	-0,10	12,01	3,59	0,33	-0,08	6,68	2,52	0,47	-0,10	7,78	2,93	0,47	-0,10	8,51	3,20	0,47	-0,10
5	3,75	1,36	0,46	0,10	11,64	3,50	0,37	0,19	6,22	2,26	0,46	0,10	7,24	2,64	0,46	0,10	7,92	2,88	0,46	0,10
6	3,68	1,33	0,45	-0,14	11,57	3,39	0,38	-0,15	6,40	2,31	0,45	-0,13	7,56	2,73	0,45	-0,13	8,33	3,00	0,45	-0,13
7	3,58	1,35	0,61	0,30	11,21	3,37	0,43	-0,02	6,22	2,34	0,61	0,30	7,34	2,77	0,61	0,30	8,09	3,05	0,61	0,30
8	3,90	1,45	0,56	0,21	11,70	3,58	0,45	-0,04	6,77	2,52	0,56	0,21	8,00	2,98	0,56	0,21	8,82	3,28	0,56	0,21
9	4,10	1,41	0,35	-0,15	12,05	3,73	0,42	0,25	6,07	2,10	0,35	-0,15	6,83	2,36	0,35	-0,15	7,32	2,54	0,35	-0,14
10	3,90	1,58	0,52	0,06	10,96	3,79	0,34	-0,35	5,77	2,34	0,52	0,06	6,50	2,64	0,52	0,06	6,96	2,82	0,52	0,06
11	4,37	1,75	0,58	0,25	11,99	4,03	0,53	0,18	6,47	2,58	0,58	0,25	7,28	2,91	0,58	0,25	7,79	3,11	0,58	0,25
12	4,84	1,76	0,56	0,14	13,35	4,14	0,60	0,19	7,16	2,60	0,56	0,14	8,05	2,92	0,56	0,14	8,63	3,13	0,56	0,14
Рік	4,10	1,53	0,49	0,06	11,88	3,70	0,42	0,05	6,48	2,42	0,49	0,06	7,45	2,78	0,49	0,07	8,08	3,02	0,49	0,07

Продовження табл. Б1

## 6. Ізмаїл

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,75	1,75	0,50	0,40	11,79	3,68	0,46	0,09	7,02	2,59	0,50	0,40	7,90	2,91	0,50	0,40	8,46	3,12	0,50	0,40
2	4,94	1,84	0,46	-0,17	12,21	3,74	0,33	-0,09	7,30	2,72	0,46	-0,17	8,21	3,06	0,46	-0,17	8,80	3,27	0,46	-0,17
3	4,37	1,68	0,65	0,27	11,37	3,52	0,57	0,30	7,25	2,78	0,65	0,30	8,44	3,23	0,65	0,31	9,23	3,53	0,66	0,31
4	3,80	1,41	0,47	-0,30	10,43	3,04	0,48	-0,14	6,30	2,34	0,47	-0,30	7,34	2,72	0,47	-0,30	8,02	2,98	0,47	-0,30
5	3,62	1,44	0,70	0,11	10,26	3,23	0,57	0,07	6,01	2,38	0,70	0,11	7,00	2,77	0,70	0,11	7,65	3,03	0,70	0,11
6	3,60	1,31	0,76	0,49	10,49	2,93	0,70	0,68	6,25	2,27	0,76	0,49	7,38	2,68	0,76	0,49	8,14	2,96	0,76	0,50
7	3,67	1,28	0,55	-0,03	10,64	2,86	0,47	0,17	6,38	2,23	0,55	-0,03	7,54	2,63	0,55	-0,03	8,31	2,90	0,55	-0,03
8	3,92	1,49	0,68	0,39	10,94	3,18	0,57	0,32	6,81	2,60	0,68	0,39	8,04	3,07	0,68	0,39	8,86	3,38	0,68	0,39
9	4,20	1,67	0,62	0,14	11,06	3,61	0,53	0,16	6,22	2,47	0,62	0,13	7,00	2,79	0,62	0,13	7,50	2,99	0,61	0,13
10	4,33	1,89	0,70	0,20	11,08	4,10	0,51	0,11	6,40	2,79	0,70	0,20	7,20	3,14	0,70	0,20	7,72	3,36	0,70	0,20
11	4,71	1,80	0,41	-0,13	11,83	3,73	0,27	-0,10	6,97	2,66	0,41	-0,13	7,84	2,99	0,41	-0,13	8,40	3,20	0,41	-0,13
12	4,88	1,88	0,51	0,02	11,96	3,96	0,50	0,13	7,22	2,78	0,51	0,02	8,12	3,13	0,51	0,02	8,70	3,36	0,51	0,02
Рік	4,23	1,62	0,58	0,12	11,17	3,47	0,50	0,14	6,68	2,55	0,58	0,12	7,67	2,93	0,59	0,12	8,32	3,17	0,59	0,12
2011-2030																				
1	4,59	1,74	0,52	0,13	12,07	4,16	0,80	1,10	6,79	2,57	0,52	0,13	7,64	2,89	0,52	0,13	8,18	3,10	0,52	0,13
2	4,57	1,63	0,34	0,21	12,06	3,58	0,24	0,02	6,76	2,42	0,34	0,21	7,61	2,72	0,34	0,21	8,15	2,91	0,34	0,21
3	4,50	1,61	0,47	0,13	11,59	3,52	0,51	0,35	7,47	2,67	0,47	0,12	8,70	3,11	0,47	0,12	9,51	3,40	0,47	0,12
4	4,04	1,53	0,43	0,04	10,74	3,20	0,45	0,05	6,71	2,54	0,43	0,04	7,81	2,95	0,43	0,04	8,54	3,23	0,43	0,04
5	3,77	1,33	0,48	0,16	10,02	3,03	0,59	0,20	6,26	2,20	0,48	0,16	7,29	2,56	0,48	0,16	7,97	2,80	0,48	0,16
6	3,65	1,22	0,35	-0,24	10,15	2,83	0,59	0,21	6,33	2,11	0,35	-0,25	7,48	2,49	0,35	-0,25	8,24	2,75	0,35	-0,25
7	3,66	1,31	0,33	-0,17	10,32	2,91	0,50	0,18	6,35	2,27	0,33	-0,17	7,50	2,68	0,33	-0,17	8,27	2,95	0,33	-0,17
8	3,97	1,49	0,37	-0,17	11,11	3,15	0,41	-0,30	6,91	2,59	0,37	-0,17	8,16	3,05	0,37	-0,17	8,99	3,37	0,37	-0,17
9	4,20	1,56	0,47	0,20	11,52	3,52	0,38	0,25	6,22	2,32	0,50	0,32	7,00	2,61	0,51	0,38	7,50	2,80	0,52	0,42
10	3,98	1,54	0,61	0,42	10,34	3,39	0,67	0,80	5,88	2,28	0,61	0,42	6,62	2,56	0,61	0,42	7,09	2,74	0,61	0,42
11	4,88	1,89	0,62	0,39	12,76	4,43	0,59	0,45	7,21	2,79	0,62	0,39	8,11	3,14	0,62	0,39	8,69	3,36	0,62	0,39
12	4,86	1,79	0,37	-0,11	12,49	4,00	0,31	-0,21	7,19	2,65	0,37	-0,11	8,09	2,98	0,37	-0,11	8,67	3,19	0,37	-0,11
Рік	4,22	1,55	0,45	0,08	11,26	3,48	0,50	0,26	6,67	2,45	0,45	0,09	7,67	2,81	0,45	0,10	8,32	3,05	0,45	0,10
1931-2050																				
1	4,52	1,68	0,55	0,20	11,31	3,60	0,44	0,08	6,69	2,48	0,55	0,20	7,53	2,79	0,55	0,20	8,06	2,99	0,55	0,20
2	4,59	1,65	0,48	0,13	11,58	3,48	0,43	0,07	6,78	2,44	0,48	0,13	7,63	2,75	0,48	0,13	8,17	2,94	0,48	0,13
3	4,38	1,67	0,70	0,43	11,41	3,31	0,44	-0,04	7,27	2,76	0,69	0,43	8,46	3,21	0,69	0,43	9,25	3,51	0,69	0,43
4	3,98	1,54	0,76	0,62	10,84	3,22	0,65	0,42	6,61	2,55	0,76	0,62	7,70	2,97	0,76	0,62	8,42	3,25	0,76	0,62
5	3,53	1,33	0,75	0,33	10,11	3,10	0,69	0,17	5,86	2,20	0,75	0,33	6,82	2,57	0,75	0,33	7,46	2,81	0,75	0,33
6	3,52	1,21	0,59	0,17	10,30	2,72	0,56	0,41	6,11	2,10	0,58	0,17	7,21	2,48	0,58	0,17	7,95	2,73	0,58	0,17
7	3,69	1,33	0,64	0,02	10,71	2,94	0,49	-0,05	6,41	2,31	0,64	0,02	7,57	2,73	0,64	0,02	8,35	3,01	0,64	0,02
8	4,11	1,52	0,82	0,76	11,33	3,04	0,59	0,38	7,13	2,63	0,82	0,76	8,43	3,11	0,82	0,76	9,29	3,43	0,82	0,76
9	4,33	1,59	0,53	0,24	11,54	3,61	0,65	0,91	6,41	2,36	0,54	0,26	7,22	2,65	0,54	0,27	7,73	2,85	0,55	0,28
10	4,25	1,67	0,54	-0,06	10,67	3,57	0,53	0,06	6,28	2,48	0,54	-0,06	7,07	2,79	0,54	-0,06	7,57	2,99	0,54	-0,06
11	4,74	1,90	0,73	0,47	11,69	4,02	0,56	0,02	7,01	2,81	0,73	0,47	7,89	3,16	0,73	0,47	8,45	3,39	0,73	0,47
12	5,22	1,95	0,62	0,32	13,02	4,13	0,55	0,20	7,72	2,88	0,62	0,32	8,68	3,24	0,62	0,32	9,30	3,47	0,62	0,32
Рік	4,24	1,59	0,64	0,30	11,21	3,40	0,55	0,22	6,69	2,50	0,64	0,30	7,68	2,87	0,64	0,31	8,33	3,11	0,64	0,31

Продовження табл. Б1

## 7. Броди

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,61	1,55	0,35	0,02	12,15	3,47	0,36	0,00	6,82	2,29	0,35	0,02	7,67	2,58	0,35	0,02	8,22	2,77	0,35	0,02
2	4,50	1,66	0,48	-0,04	12,04	3,78	0,43	-0,24	6,66	2,46	0,48	-0,04	7,50	2,77	0,48	-0,04	8,03	2,97	0,48	-0,04
3	4,37	1,58	0,43	-0,14	11,87	3,56	0,30	-0,18	7,25	2,62	0,43	-0,13	8,44	3,05	0,43	-0,13	9,22	3,33	0,43	-0,12
4	4,22	1,46	0,38	-0,32	12,25	3,64	0,43	-0,06	7,01	2,43	0,38	-0,32	8,16	2,83	0,38	-0,32	8,93	3,09	0,38	-0,32
5	3,97	1,43	0,36	-0,07	11,97	3,62	0,37	-0,14	6,58	2,37	0,36	-0,07	7,67	2,76	0,36	-0,07	8,38	3,02	0,36	-0,07
6	3,99	1,38	0,41	0,06	12,34	3,69	0,31	-0,18	6,93	2,39	0,41	0,05	8,18	2,82	0,41	0,05	9,02	3,11	0,41	0,04
7	3,65	1,24	0,31	-0,03	11,36	3,27	0,24	-0,35	6,34	2,15	0,31	-0,03	7,49	2,54	0,31	-0,03	8,25	2,80	0,31	-0,03
8	3,89	1,42	0,52	0,35	11,78	3,58	0,46	0,30	6,76	2,47	0,52	0,35	7,98	2,92	0,52	0,35	8,80	3,21	0,52	0,35
9	3,93	1,39	0,48	0,13	11,37	3,44	0,56	0,27	5,81	2,05	0,48	0,12	6,54	2,31	0,47	0,11	7,01	2,47	0,47	0,10
10	4,00	1,49	0,40	0,02	11,25	3,53	0,50	0,30	5,91	2,20	0,40	0,02	6,65	2,48	0,40	0,02	7,13	2,65	0,40	0,02
11	4,34	1,57	0,27	-0,17	11,78	3,64	0,37	0,04	6,42	2,32	0,27	-0,17	7,22	2,61	0,27	-0,17	7,73	2,79	0,27	-0,17
12	4,67	1,60	0,53	0,05	12,26	3,66	0,57	-0,08	6,91	2,36	0,53	0,05	7,77	2,65	0,53	0,05	8,33	2,84	0,53	0,05
Рік	4,18	1,48	0,41	-0,01	11,87	3,57	0,41	-0,03	6,62	2,34	0,41	-0,01	7,61	2,69	0,41	-0,01	8,25	2,92	0,41	-0,01
2011-2030																				
1	4,30	1,45	0,34	0,06	12,16	3,64	0,46	0,00	6,36	2,15	0,34	0,06	7,16	2,42	0,34	0,06	7,67	2,59	0,34	0,06
2	4,28	1,53	0,30	0,00	12,11	3,62	0,26	0,06	6,32	2,26	0,30	0,00	7,11	2,55	0,30	0,00	7,62	2,73	0,30	0,00
3	4,16	1,42	0,35	0,01	11,73	3,51	0,54	0,50	6,90	2,36	0,35	0,01	8,04	2,75	0,35	0,00	8,79	3,00	0,35	0,00
4	4,04	1,40	0,26	-0,18	12,20	3,72	0,29	0,09	6,71	2,33	0,26	-0,18	7,82	2,71	0,26	-0,18	8,55	2,96	0,26	-0,18
5	3,81	1,36	0,41	0,06	11,87	3,77	0,59	0,33	6,32	2,26	0,41	0,06	7,36	2,63	0,41	0,06	8,05	2,88	0,41	0,06
6	3,71	1,25	0,34	-0,05	11,89	3,51	0,22	-0,12	6,44	2,17	0,34	-0,06	7,61	2,56	0,34	-0,06	8,38	2,82	0,34	-0,06
7	3,63	1,23	0,10	-0,21	11,42	3,36	0,11	-0,44	6,31	2,14	0,10	-0,21	7,45	2,53	0,10	-0,21	8,21	2,79	0,10	-0,21
8	3,67	1,35	0,38	0,09	11,43	3,52	0,39	0,02	6,39	2,35	0,38	0,09	7,54	2,78	0,38	0,09	8,31	3,06	0,38	0,09
9	3,93	1,38	0,18	-0,46	11,69	3,44	0,32	-0,37	5,83	2,05	0,17	-0,46	6,56	2,30	0,17	-0,47	7,03	2,47	0,17	-0,47
10	3,87	1,38	0,49	-0,07	11,25	3,50	0,60	0,30	5,72	2,05	0,49	-0,07	6,43	2,30	0,49	-0,07	6,89	2,47	0,49	-0,07
11	4,43	1,59	0,53	0,05	12,69	4,00	0,48	0,37	6,55	2,35	0,53	0,05	7,37	2,64	0,53	0,05	7,90	2,83	0,53	0,05
12	4,15	1,57	0,30	-0,48	11,79	3,89	0,33	-0,28	6,13	2,32	0,30	-0,48	6,90	2,61	0,30	-0,48	7,39	2,80	0,30	-0,48
Рік	4,00	1,41	0,33	-0,10	11,85	3,62	0,38	0,04	6,33	2,23	0,33	-0,10	7,28	2,56	0,33	-0,10	7,90	2,78	0,33	-0,10
1931-2050																				
1	4,26	1,49	0,31	0,00	11,35	3,45	0,48	0,26	6,30	2,20	0,31	0,00	7,09	2,48	0,31	0,00	7,60	2,66	0,31	0,00
2	4,51	1,55	0,36	-0,12	11,93	3,52	0,42	0,09	6,67	2,29	0,36	-0,12	7,50	2,58	0,36	-0,12	8,03	2,76	0,36	-0,12
3	4,26	1,52	0,38	-0,26	11,68	3,64	0,52	0,00	7,07	2,52	0,39	-0,25	8,23	2,93	0,39	-0,25	9,00	3,21	0,39	-0,25
4	4,20	1,54	0,41	-0,05	12,08	3,73	0,30	-0,21	6,96	2,56	0,41	-0,05	8,11	2,98	0,41	-0,05	8,87	3,25	0,41	-0,05
5	3,92	1,41	0,38	0,00	11,79	3,84	0,42	0,08	6,50	2,33	0,38	0,00	7,57	2,72	0,38	0,00	8,28	2,97	0,38	0,00
6	4,03	1,36	0,39	-0,11	12,25	3,55	0,35	-0,05	7,00	2,36	0,39	-0,10	8,26	2,79	0,39	-0,10	9,11	3,07	0,39	-0,10
7	3,64	1,25	0,27	-0,27	11,39	3,37	0,24	-0,13	6,33	2,17	0,27	-0,27	7,47	2,56	0,27	-0,27	8,24	2,82	0,27	-0,27
8	3,69	1,37	0,39	0,06	11,24	3,44	0,34	0,06	6,41	2,39	0,39	0,06	7,57	2,82	0,39	0,06	8,34	3,11	0,39	0,06
9	3,93	1,40	0,43	0,24	11,58	3,56	0,39	0,07	5,82	2,08	0,43	0,21	6,55	2,34	0,43	0,21	7,02	2,51	0,43	0,21
10	3,95	1,48	0,43	0,13	11,11	3,56	0,52	0,22	5,85	2,19	0,43	0,13	6,58	2,46	0,43	0,13	7,05	2,64	0,43	0,13
11	4,35	1,61	0,43	-0,18	11,76	3,76	0,45	-0,16	6,43	2,38	0,43	-0,18	7,24	2,68	0,43	-0,18	7,75	2,87	0,43	-0,18
12	5,04	1,71	0,28	-0,16	13,34	3,97	0,45	0,34	7,46	2,53	0,28	-0,16	8,39	2,84	0,28	-0,16	8,99	3,05	0,28	-0,16
Рік	4,15	1,47	0,37	-0,06	11,79	3,62	0,41	0,05	6,57	2,33	0,37	-0,06	7,55	2,68	0,37	-0,06	8,19	2,91	0,37	-0,06



Продовження табл. Б1

## 8. Сарни

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,16	1,38	0,19	-0,22	11,42	3,19	0,16	0,04	6,15	2,04	0,19	-0,22	6,92	2,29	0,19	-0,22	7,42	2,46	0,19	-0,22
2	4,03	1,50	0,45	-0,05	11,10	3,41	0,40	0,06	5,96	2,22	0,45	-0,05	6,71	2,50	0,45	-0,05	7,19	2,67	0,45	-0,05
3	3,99	1,48	0,40	-0,12	11,20	3,45	0,30	-0,07	6,61	2,44	0,39	-0,14	7,70	2,84	0,39	-0,14	8,42	3,11	0,39	-0,14
4	3,84	1,35	0,34	-0,39	11,60	3,47	0,27	-0,19	6,37	2,24	0,34	-0,39	7,42	2,61	0,34	-0,39	8,11	2,86	0,34	-0,39
5	3,65	1,29	0,28	-0,11	11,39	3,42	0,17	-0,18	6,05	2,14	0,28	-0,11	7,05	2,50	0,28	-0,11	7,71	2,73	0,28	-0,11
6	3,77	1,26	0,38	0,13	11,96	3,45	0,37	0,10	6,55	2,18	0,38	0,13	7,73	2,57	0,38	0,13	8,52	2,84	0,38	0,13
7	3,49	1,17	0,39	0,00	11,20	3,25	0,30	-0,12	6,07	2,03	0,39	0,00	7,17	2,39	0,39	0,00	7,90	2,64	0,39	0,00
8	3,70	1,31	0,41	0,24	11,56	3,46	0,36	0,03	6,43	2,29	0,41	0,24	7,59	2,70	0,41	0,24	8,37	2,97	0,41	0,24
9	3,68	1,27	0,35	-0,09	11,02	3,21	0,40	0,04	5,44	1,88	0,34	-0,09	6,13	2,11	0,34	-0,10	6,57	2,26	0,34	-0,10
10	3,72	1,40	0,36	-0,03	10,80	3,40	0,36	0,04	5,50	2,07	0,36	-0,03	6,19	2,33	0,36	-0,03	6,63	2,50	0,36	-0,03
11	3,96	1,41	0,18	-0,31	11,21	3,44	0,31	0,10	5,86	2,08	0,18	-0,31	6,59	2,34	0,18	-0,31	7,06	2,51	0,18	-0,31
12	4,24	1,42	0,42	-0,10	11,57	3,33	0,44	-0,07	6,27	2,10	0,42	-0,10	7,05	2,36	0,42	-0,10	7,56	2,53	0,42	-0,10
Рік	3,85	1,35	0,35	-0,09	11,33	3,37	0,32	-0,02	6,11	2,14	0,34	-0,09	7,02	2,46	0,34	-0,09	7,62	2,67	0,34	-0,09
2011-2030																				
1	3,95	1,34	0,25	-0,15	11,30	3,34	0,40	0,17	5,85	1,98	0,25	-0,15	6,58	2,23	0,25	-0,15	7,05	2,39	0,25	-0,15
2	3,97	1,39	0,27	-0,33	11,24	3,27	0,18	-0,21	5,87	2,05	0,27	-0,33	6,60	2,31	0,27	-0,33	7,07	2,48	0,27	-0,33
3	3,96	1,32	0,31	-0,30	10,99	3,20	0,52	0,40	6,57	2,19	0,31	-0,29	7,65	2,54	0,31	-0,29	8,37	2,78	0,31	-0,29
4	3,74	1,26	0,25	-0,33	11,59	3,41	0,25	-0,12	6,20	2,10	0,25	-0,33	7,23	2,44	0,25	-0,33	7,90	2,67	0,25	-0,33
5	3,55	1,25	0,50	0,32	11,47	3,54	0,45	0,38	5,90	2,07	0,50	0,32	6,87	2,41	0,50	0,32	7,51	2,64	0,50	0,32
6	3,47	1,15	0,38	0,39	11,51	3,29	0,42	0,25	6,03	2,00	0,37	0,37	7,12	2,36	0,37	0,36	7,85	2,60	0,37	0,36
7	3,43	1,16	0,23	-0,38	11,08	3,37	0,18	-0,24	5,95	2,02	0,23	-0,38	7,03	2,38	0,23	-0,38	7,75	2,63	0,23	-0,38
8	3,57	1,26	0,33	-0,08	11,32	3,50	0,28	-0,06	6,21	2,19	0,33	-0,08	7,34	2,58	0,33	-0,08	8,09	2,85	0,33	-0,08
9	3,79	1,33	0,27	-0,26	11,33	3,38	0,22	-0,23	5,61	1,97	0,27	-0,25	6,31	2,21	0,27	-0,25	6,76	2,37	0,27	-0,25
10	3,64	1,37	0,51	-0,12	10,91	3,49	0,51	0,00	5,39	2,02	0,51	-0,12	6,06	2,28	0,51	-0,12	6,49	2,44	0,51	-0,12
11	4,08	1,45	0,60	0,62	11,85	3,75	0,67	0,61	6,03	2,15	0,60	0,62	6,79	2,42	0,60	0,62	7,27	2,59	0,60	0,62
12	3,89	1,38	0,23	-0,32	11,02	3,45	0,32	0,00	5,75	2,04	0,23	-0,32	6,47	2,29	0,23	-0,32	6,93	2,46	0,23	-0,32
Рік	3,75	1,31	0,34	-0,08	11,30	3,42	0,37	0,08	5,95	2,06	0,34	-0,08	6,84	2,37	0,34	-0,08	7,42	2,57	0,34	-0,08
1931-2050																				
1	3,85	1,30	0,29	-0,01	10,62	3,12	0,41	0,21	5,69	1,92	0,29	-0,01	6,40	2,16	0,29	-0,01	6,86	2,31	0,29	-0,01
2	4,00	1,37	0,36	-0,12	11,07	3,17	0,38	0,27	5,92	2,02	0,36	-0,12	6,66	2,27	0,36	-0,12	7,13	2,44	0,36	-0,12
3	3,85	1,36	0,47	0,20	10,97	3,40	0,48	0,26	6,38	2,25	0,48	0,22	7,43	2,62	0,48	0,23	8,13	2,86	0,49	0,23
4	3,89	1,41	0,22	-0,23	11,69	3,49	0,06	-0,30	6,46	2,34	0,22	-0,23	7,53	2,73	0,22	-0,23	8,23	2,98	0,22	-0,23
5	3,64	1,33	0,37	-0,03	11,37	3,71	0,40	-0,07	6,04	2,21	0,37	-0,03	7,03	2,57	0,37	-0,03	7,69	2,81	0,37	-0,03
6	3,73	1,24	0,23	-0,31	11,76	3,39	0,22	-0,30	6,48	2,15	0,23	-0,30	7,65	2,54	0,23	-0,30	8,44	2,80	0,23	-0,30
7	3,47	1,21	0,20	-0,27	11,14	3,31	0,21	-0,29	6,03	2,10	0,20	-0,27	7,12	2,48	0,20	-0,27	7,84	2,74	0,20	-0,27
8	3,48	1,28	0,34	-0,03	10,88	3,29	0,23	-0,26	6,05	2,22	0,34	-0,03	7,14	2,62	0,34	-0,03	7,87	2,89	0,34	-0,03
9	3,75	1,30	0,38	-0,10	11,31	3,38	0,26	-0,29	5,55	1,93	0,38	-0,11	6,25	2,18	0,38	-0,11	6,69	2,33	0,38	-0,11
10	3,59	1,36	0,45	0,00	10,46	3,45	0,66	0,91	5,31	2,00	0,45	0,00	5,97	2,26	0,45	0,00	6,40	2,42	0,45	0,00
11	4,00	1,50	0,51	0,04	11,26	3,65	0,49	-0,11	5,92	2,22	0,51	0,04	6,66	2,50	0,51	0,04	7,14	2,68	0,51	0,04
12	4,50	1,50	0,29	-0,12	12,40	3,64	0,37	0,17	6,66	2,22	0,29	-0,12	7,49	2,50	0,29	-0,12	8,02	2,68	0,29	-0,12
Рік	3,81	1,35	0,34	-0,08	11,24	3,42	0,35	0,02	6,04	2,13	0,34	-0,08	6,94	2,45	0,34	-0,08	7,54	2,66	0,34	-0,08

Продовження табл. Б1

## 9. Щорс

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,98	1,32	0,10	-0,17	11,34	3,12	0,03	-0,17	5,89	1,96	0,10	-0,17	6,63	2,20	0,10	-0,17	7,10	2,36	0,10	-0,17
2	3,81	1,35	0,35	-0,45	10,87	3,14	0,12	-0,44	5,64	2,00	0,35	-0,45	6,35	2,25	0,35	-0,45	6,80	2,41	0,35	-0,45
3	3,82	1,39	0,43	-0,03	10,99	3,31	0,35	-0,10	6,34	2,30	0,43	-0,01	7,38	2,68	0,43	0,00	8,07	2,93	0,44	0,00
4	3,68	1,25	0,29	-0,25	11,27	3,21	0,35	0,31	6,10	2,07	0,29	-0,25	7,11	2,41	0,29	-0,25	7,77	2,63	0,29	-0,25
5	3,49	1,22	0,40	-0,06	11,29	3,31	0,23	-0,05	5,79	2,03	0,40	-0,06	6,74	2,37	0,40	-0,06	7,37	2,59	0,40	-0,06
6	3,63	1,11	0,34	0,13	11,94	3,28	0,34	0,12	6,31	1,93	0,34	0,13	7,45	2,28	0,34	0,13	8,21	2,51	0,34	0,13
7	3,32	1,11	0,24	0,10	10,95	3,04	0,21	0,22	5,77	1,94	0,24	0,10	6,81	2,29	0,24	0,10	7,50	2,52	0,24	0,10
8	3,52	1,23	0,32	-0,06	11,49	3,41	0,22	-0,16	6,11	2,13	0,32	-0,06	7,21	2,52	0,32	-0,06	7,95	2,77	0,32	-0,06
9	3,60	1,26	0,36	-0,05	11,09	3,27	0,37	-0,01	5,33	1,85	0,36	-0,06	6,00	2,09	0,36	-0,06	6,43	2,23	0,36	-0,07
10	3,62	1,37	0,41	0,07	10,97	3,44	0,35	0,00	5,35	2,02	0,41	0,07	6,02	2,28	0,41	0,07	6,45	2,44	0,41	0,07
11	3,80	1,26	0,26	-0,27	11,17	3,28	0,28	0,04	5,62	1,86	0,26	-0,27	6,33	2,10	0,26	-0,27	6,78	2,25	0,26	-0,27
12	3,99	1,37	0,33	-0,03	11,30	3,30	0,47	0,30	5,90	2,02	0,33	-0,03	6,64	2,28	0,33	-0,03	7,11	2,44	0,33	-0,03
Рік	3,69	1,27	0,32	-0,09	11,22	3,26	0,28	0,01	5,85	2,01	0,32	-0,09	6,72	2,31	0,32	-0,09	7,29	2,51	0,32	-0,09
2011-2030																				
1	4,22	1,48	0,49	0,19	11,06	3,28	0,18	-0,26	6,24	2,18	0,49	0,19	7,02	2,46	0,49	0,19	7,52	2,63	0,49	0,19
2	4,14	1,45	0,31	-0,20	11,17	3,16	0,09	-0,19	6,13	2,14	0,31	-0,20	6,89	2,41	0,31	-0,20	7,39	2,58	0,31	-0,20
3	4,12	1,46	0,39	-0,10	10,99	3,36	0,34	0,18	6,83	2,43	0,39	-0,11	7,95	2,83	0,40	-0,11	8,69	3,10	0,40	-0,11
4	4,03	1,43	0,34	-0,08	11,19	3,24	0,19	-0,46	6,69	2,37	0,34	-0,08	7,79	2,76	0,34	-0,08	8,52	3,01	0,34	-0,08
5	3,76	1,36	0,28	-0,26	11,37	3,55	0,41	0,21	6,24	2,26	0,28	-0,26	7,26	2,64	0,28	-0,26	7,94	2,88	0,28	-0,26
6	3,66	1,23	0,35	0,18	11,25	3,14	0,28	0,46	6,36	2,13	0,35	0,18	7,51	2,52	0,34	0,18	8,28	2,77	0,34	0,18
7	3,51	1,24	0,28	-0,11	11,01	3,26	0,36	0,24	6,10	2,16	0,28	-0,11	7,20	2,55	0,28	-0,11	7,94	2,81	0,28	-0,11
8	3,71	1,33	0,25	-0,09	11,46	3,49	0,24	0,08	6,45	2,30	0,25	-0,09	7,62	2,72	0,25	-0,09	8,40	3,00	0,25	-0,09
9	3,87	1,37	0,30	-0,23	11,52	3,53	0,26	-0,08	5,73	2,03	0,31	-0,20	6,45	2,29	0,31	-0,19	6,91	2,45	0,32	-0,18
10	3,70	1,39	0,53	0,07	10,91	3,51	0,53	0,15	5,47	2,05	0,53	0,07	6,16	2,31	0,53	0,07	6,59	2,48	0,53	0,07
11	4,28	1,54	0,47	0,18	11,68	3,65	0,50	0,06	6,33	2,28	0,47	0,18	7,12	2,57	0,47	0,18	7,62	2,75	0,47	0,18
12	4,09	1,48	0,49	-0,01	11,04	3,30	0,30	0,28	6,05	2,20	0,49	-0,01	6,81	2,47	0,49	-0,01	7,30	2,65	0,49	-0,01
Рік	3,92	1,40	0,37	-0,04	11,22	3,37	0,31	0,06	6,22	2,21	0,37	-0,04	7,15	2,54	0,38	-0,03	7,76	2,76	0,38	-0,03
1931-2050																				
1	3,76	1,25	0,24	-0,37	10,66	2,95	0,29	-0,14	5,56	1,86	0,24	-0,37	6,25	2,09	0,24	-0,37	6,70	2,24	0,24	-0,37
2	3,72	1,25	0,29	-0,32	10,72	3,02	0,37	0,24	5,50	1,86	0,29	-0,32	6,19	2,09	0,29	-0,32	6,63	2,24	0,29	-0,32
3	3,69	1,26	0,34	0,04	10,73	3,04	0,22	-0,01	6,11	2,09	0,34	0,05	7,12	2,43	0,34	0,05	7,78	2,66	0,34	0,05
4	3,72	1,30	0,30	-0,12	11,44	3,27	0,24	-0,14	6,17	2,15	0,30	-0,12	7,19	2,51	0,30	-0,12	7,86	2,74	0,30	-0,12
5	3,56	1,26	0,40	0,19	11,35	3,52	0,36	0,19	5,91	2,09	0,40	0,19	6,88	2,43	0,40	0,19	7,52	2,66	0,40	0,19
6	3,53	1,16	0,29	0,11	11,50	3,15	0,24	0,17	6,13	2,02	0,30	0,12	7,24	2,38	0,30	0,12	7,97	2,62	0,30	0,12
7	3,36	1,16	0,27	-0,18	11,15	3,22	0,21	0,00	5,83	2,01	0,27	-0,18	6,89	2,37	0,27	-0,18	7,59	2,62	0,27	-0,18
8	3,32	1,14	0,21	-0,15	10,87	3,15	0,04	-0,20	5,76	1,98	0,21	-0,15	6,81	2,34	0,21	-0,15	7,50	2,58	0,21	-0,15
9	3,55	1,22	0,28	-0,36	11,08	3,22	0,26	-0,25	5,27	1,81	0,31	-0,31	5,93	2,05	0,32	-0,28	6,35	2,19	0,33	-0,25
10	3,44	1,31	0,49	0,25	10,34	3,39	0,54	0,31	5,09	1,93	0,49	0,25	5,73	2,17	0,49	0,25	6,13	2,33	0,49	0,25
11	3,79	1,44	0,44	-0,04	11,07	3,73	0,54	0,19	5,60	2,14	0,44	-0,04	6,31	2,40	0,44	-0,04	6,76	2,58	0,44	-0,04
12	4,08	1,30	0,19	-0,10	11,68	3,15	0,16	-0,05	6,03	1,92	0,19	-0,10	6,79	2,16	0,19	-0,10	7,27	2,31	0,19	-0,10
Рік	3,62	1,25	0,31	-0,09	11,05	3,23	0,29	0,02	5,75	1,99	0,31	-0,08	6,61	2,28	0,31	-0,08	7,17	2,48	0,32	-0,08

Продовження табл. Б1

## 10. Тернопіль

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,52	1,58	0,49	0,17	11,99	3,59	0,40	-0,03	6,69	2,34	0,49	0,17	7,53	2,64	0,49	0,17	8,06	2,82	0,49	0,17
2	4,50	1,68	0,62	0,06	12,05	3,82	0,51	-0,15	6,66	2,48	0,62	0,06	7,49	2,79	0,62	0,06	8,02	2,99	0,62	0,06
3	4,32	1,60	0,50	0,13	11,79	3,64	0,34	-0,16	7,16	2,64	0,50	0,12	8,33	3,08	0,50	0,12	9,11	3,36	0,50	0,12
4	4,23	1,50	0,44	-0,14	12,31	3,75	0,46	0,07	7,01	2,48	0,44	-0,14	8,17	2,89	0,44	-0,14	8,93	3,16	0,44	-0,14
5	4,02	1,48	0,43	0,02	12,02	3,65	0,33	-0,27	6,68	2,45	0,43	0,02	7,78	2,86	0,43	0,02	8,50	3,12	0,43	0,02
6	4,08	1,46	0,49	0,12	12,49	3,83	0,33	-0,09	7,08	2,54	0,49	0,12	8,36	3,00	0,49	0,12	9,22	3,31	0,49	0,12
7	3,68	1,30	0,38	-0,08	11,47	3,34	0,26	-0,31	6,40	2,25	0,38	-0,08	7,56	2,66	0,38	-0,08	8,33	2,93	0,38	-0,08
8	3,91	1,48	0,58	0,29	11,77	3,74	0,56	0,37	6,79	2,57	0,58	0,29	8,02	3,03	0,58	0,29	8,84	3,34	0,58	0,29
9	3,92	1,43	0,52	0,12	11,34	3,57	0,51	0,11	5,80	2,11	0,51	0,11	6,53	2,38	0,51	0,10	7,00	2,55	0,51	0,09
10	3,92	1,54	0,46	-0,03	11,13	3,78	0,58	0,44	5,81	2,29	0,46	-0,03	6,53	2,57	0,46	-0,03	7,00	2,75	0,46	-0,03
11	4,30	1,61	0,37	-0,03	11,72	3,75	0,40	-0,06	6,36	2,38	0,37	-0,03	7,16	2,68	0,37	-0,03	7,67	2,87	0,37	-0,03
12	4,67	1,69	0,53	-0,04	12,33	3,87	0,47	-0,28	6,90	2,50	0,53	-0,04	7,77	2,81	0,53	-0,04	8,32	3,01	0,53	-0,04
Рік	4,17	1,53	0,49	0,05	11,87	3,69	0,43	-0,03	6,61	2,42	0,48	0,05	7,60	2,78	0,48	0,05	8,25	3,02	0,48	0,05
2011-2030																				
1	4,22	1,48	0,35	-0,01	12,14	3,78	0,48	-0,02	6,23	2,19	0,35	-0,01	7,01	2,46	0,35	-0,01	7,52	2,63	0,35	-0,01
2	4,27	1,59	0,49	0,44	12,10	3,75	0,38	0,12	6,31	2,35	0,49	0,44	7,10	2,64	0,49	0,44	7,61	2,83	0,49	0,44
3	4,20	1,45	0,42	0,22	11,69	3,56	0,52	0,38	6,97	2,40	0,43	0,22	8,12	2,79	0,43	0,22	8,88	3,06	0,43	0,22
4	4,07	1,40	0,24	-0,17	12,31	3,82	0,27	0,19	6,75	2,32	0,24	-0,17	7,87	2,70	0,24	-0,17	8,60	2,95	0,24	-0,17
5	3,82	1,42	0,43	0,05	11,91	3,86	0,45	0,04	6,34	2,36	0,43	0,05	7,38	2,75	0,43	0,05	8,07	3,00	0,43	0,05
6	3,71	1,31	0,32	0,00	12,00	3,64	0,14	-0,25	6,44	2,27	0,32	-0,02	7,60	2,68	0,32	-0,02	8,38	2,96	0,32	-0,03
7	3,65	1,24	0,35	-0,31	11,46	3,43	0,18	-0,47	6,34	2,16	0,35	-0,31	7,48	2,55	0,35	-0,31	8,25	2,81	0,35	-0,31
8	3,71	1,37	0,57	0,30	11,48	3,64	0,44	0,02	6,44	2,38	0,57	0,30	7,61	2,81	0,57	0,30	8,39	3,09	0,57	0,30
9	4,03	1,43	0,33	-0,14	11,70	3,58	0,26	-0,41	5,97	2,11	0,33	-0,13	6,72	2,37	0,33	-0,13	7,20	2,54	0,32	-0,13
10	3,67	1,39	0,63	0,21	10,98	3,55	0,59	0,10	5,43	2,06	0,63	0,21	6,11	2,31	0,63	0,21	6,54	2,48	0,63	0,21
11	4,35	1,68	0,47	-0,12	12,61	4,27	0,62	0,55	6,43	2,49	0,47	-0,12	7,24	2,80	0,47	-0,12	7,75	3,00	0,47	-0,12
12	4,11	1,54	0,50	0,00	11,77	3,89	0,49	-0,11	6,08	2,28	0,50	0,00	6,84	2,56	0,50	0,00	7,33	2,74	0,50	0,00
Рік	3,98	1,44	0,43	0,04	11,85	3,73	0,40	0,01	6,31	2,28	0,43	0,04	7,26	2,62	0,43	0,04	7,88	2,84	0,43	0,04
1931-2050																				
1	4,15	1,51	0,48	0,09	11,18	3,57	0,52	0,11	6,14	2,23	0,48	0,09	6,91	2,51	0,48	0,09	7,40	2,68	0,48	0,09
2	4,46	1,60	0,55	0,12	11,90	3,66	0,50	0,09	6,60	2,37	0,55	0,12	7,43	2,66	0,55	0,12	7,96	2,85	0,55	0,12
3	4,26	1,56	0,47	-0,12	11,69	3,78	0,67	0,46	7,07	2,58	0,48	-0,11	8,23	3,00	0,48	-0,10	9,00	3,28	0,49	-0,10
4	4,24	1,56	0,47	0,00	12,21	3,84	0,37	-0,20	7,03	2,58	0,47	0,00	8,19	3,01	0,47	0,00	8,95	3,29	0,47	0,00
5	3,96	1,45	0,48	0,24	11,91	3,87	0,46	0,18	6,57	2,41	0,48	0,24	7,66	2,80	0,48	0,24	8,37	3,07	0,48	0,24
6	4,10	1,44	0,44	-0,12	12,36	3,74	0,30	-0,20	7,12	2,51	0,44	-0,10	8,41	2,96	0,44	-0,10	9,27	3,26	0,44	-0,10
7	3,70	1,33	0,41	-0,21	11,46	3,51	0,29	-0,40	6,42	2,31	0,41	-0,21	7,59	2,73	0,41	-0,21	8,36	3,01	0,41	-0,21
8	3,71	1,42	0,49	0,13	11,26	3,56	0,33	-0,01	6,45	2,46	0,49	0,13	7,62	2,91	0,49	0,13	8,40	3,21	0,49	0,13
9	3,94	1,45	0,48	0,22	11,62	3,68	0,38	0,07	5,83	2,15	0,48	0,19	6,56	2,42	0,48	0,19	7,03	2,60	0,49	0,19
10	3,86	1,51	0,56	0,24	10,94	3,69	0,56	0,27	5,71	2,23	0,56	0,24	6,42	2,51	0,56	0,24	6,88	2,69	0,56	0,24
11	4,24	1,68	0,45	-0,22	11,53	3,93	0,35	-0,37	6,26	2,48	0,45	-0,22	7,05	2,79	0,45	-0,22	7,55	2,99	0,45	-0,22
12	5,06	1,77	0,32	-0,14	13,35	4,07	0,37	0,09	7,48	2,62	0,32	-0,14	8,41	2,95	0,32	-0,14	9,02	3,16	0,32	-0,14
Рік	4,14	1,52	0,47	0,02	11,79	3,74	0,42	0,01	6,56	2,41	0,47	0,02	7,54	2,77	0,47	0,02	8,18	3,01	0,47	0,02

Продовження табл. Б1

## 11. Умань

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,98	1,36	0,32	-0,04	11,43	3,31	0,29	-0,10	5,89	2,02	0,32	-0,04	6,63	2,27	0,32	-0,04	7,10	2,43	0,32	-0,04
2	4,01	1,34	0,20	-0,22	11,39	3,18	0,25	-0,37	5,93	1,98	0,20	-0,22	6,68	2,22	0,20	-0,22	7,15	2,38	0,20	-0,22
3	3,92	1,45	0,50	0,14	11,65	3,63	0,43	0,09	6,50	2,39	0,50	0,15	7,57	2,79	0,50	0,15	8,28	3,05	0,50	0,15
4	3,83	1,27	0,24	-0,26	11,87	3,49	0,36	0,05	6,36	2,11	0,24	-0,26	7,40	2,46	0,24	-0,26	8,09	2,69	0,24	-0,26
5	3,65	1,31	0,36	-0,27	11,78	3,52	0,26	-0,14	6,06	2,18	0,36	-0,27	7,05	2,54	0,36	-0,27	7,71	2,78	0,36	-0,27
6	3,72	1,22	0,36	0,06	12,37	3,47	0,18	-0,28	6,47	2,13	0,36	0,07	7,63	2,51	0,36	0,07	8,41	2,77	0,36	0,07
7	3,45	1,23	0,16	-0,53	11,42	3,33	0,09	-0,45	6,00	2,14	0,16	-0,53	7,08	2,53	0,16	-0,53	7,81	2,79	0,16	-0,53
8	3,66	1,33	0,42	-0,05	11,93	3,59	0,29	-0,23	6,36	2,31	0,42	-0,05	7,51	2,73	0,42	-0,05	8,28	3,01	0,42	-0,05
9	3,66	1,31	0,30	0,14	11,45	3,63	0,36	0,32	5,42	1,94	0,30	0,12	6,10	2,19	0,30	0,12	6,53	2,34	0,29	0,11
10	3,60	1,43	0,55	0,22	11,00	3,73	0,42	0,08	5,33	2,12	0,55	0,22	5,99	2,38	0,55	0,22	6,42	2,55	0,55	0,22
11	3,85	1,33	0,21	-0,15	11,39	3,40	0,29	0,06	5,69	1,96	0,21	-0,15	6,40	2,21	0,21	-0,15	6,86	2,37	0,21	-0,15
12	4,02	1,40	0,48	0,23	11,51	3,34	0,34	0,13	5,95	2,07	0,48	0,23	6,69	2,33	0,48	0,23	7,17	2,50	0,48	0,23
Рік	3,78	1,33	0,34	-0,06	11,60	3,47	0,30	-0,07	6,00	2,11	0,34	-0,06	6,90	2,43	0,34	-0,06	7,48	2,64	0,34	-0,06
2011-2030																				
1	3,94	1,38	0,27	-0,21	11,42	3,52	0,38	0,06	5,83	2,04	0,27	-0,21	6,56	2,30	0,27	-0,21	7,03	2,46	0,27	-0,21
2	3,97	1,41	0,22	-0,11	11,69	3,49	0,35	0,27	5,88	2,09	0,22	-0,11	6,61	2,35	0,22	-0,11	7,08	2,52	0,22	-0,11
3	4,10	1,44	0,26	-0,30	11,72	3,39	0,20	0,38	6,80	2,39	0,27	-0,30	7,92	2,79	0,27	-0,30	8,66	3,05	0,27	-0,30
4	3,88	1,42	0,30	-0,25	12,09	3,56	0,36	0,11	6,44	2,35	0,30	-0,25	7,50	2,74	0,30	-0,25	8,20	3,00	0,30	-0,25
5	3,60	1,31	0,43	0,20	11,74	3,51	0,30	-0,03	5,98	2,17	0,43	0,20	6,97	2,53	0,43	0,20	7,62	2,76	0,43	0,20
6	3,44	1,16	0,30	-0,01	11,62	3,38	0,30	-0,05	5,98	2,01	0,30	-0,02	7,06	2,37	0,30	-0,02	7,79	2,61	0,29	-0,02
7	3,51	1,19	0,32	-0,23	11,39	3,32	0,25	-0,21	6,09	2,07	0,32	-0,23	7,20	2,45	0,32	-0,23	7,93	2,70	0,32	-0,23
8	3,64	1,32	0,52	0,20	11,69	3,47	0,49	0,24	6,32	2,30	0,52	0,20	7,47	2,72	0,52	0,20	8,23	2,99	0,52	0,20
9	3,89	1,45	0,45	0,17	11,93	3,55	0,23	-0,13	5,75	2,14	0,45	0,17	6,48	2,41	0,45	0,16	6,94	2,58	0,45	0,16
10	3,52	1,29	0,48	-0,12	10,66	3,39	0,30	-0,38	5,20	1,91	0,48	-0,12	5,85	2,15	0,48	-0,12	6,27	2,30	0,48	-0,12
11	4,05	1,51	0,47	0,22	12,13	3,92	0,29	-0,18	5,99	2,23	0,47	0,22	6,74	2,51	0,47	0,22	7,22	2,69	0,47	0,22
12	4,02	1,35	0,38	0,07	11,40	3,42	0,37	-0,12	5,95	1,99	0,38	0,07	6,69	2,24	0,38	0,07	7,17	2,40	0,38	0,07
Рік	3,80	1,35	0,37	-0,03	11,62	3,49	0,32	0,00	6,02	2,14	0,37	-0,03	6,92	2,46	0,37	-0,03	7,51	2,67	0,37	-0,03
1931-2050																				
1	3,75	1,30	0,24	-0,22	10,91	3,32	0,38	0,40	5,54	1,92	0,24	-0,22	6,23	2,16	0,24	-0,22	6,68	2,31	0,24	-0,22
2	3,89	1,31	0,32	-0,28	11,33	3,27	0,37	-0,02	5,75	1,94	0,32	-0,28	6,47	2,18	0,32	-0,28	6,93	2,34	0,32	-0,28
3	3,94	1,43	0,39	0,12	11,71	3,62	0,41	0,21	6,53	2,36	0,39	0,14	7,60	2,75	0,39	0,14	8,31	3,01	0,39	0,14
4	3,91	1,36	0,34	-0,14	12,20	3,57	0,30	0,15	6,49	2,25	0,34	-0,14	7,56	2,62	0,34	-0,14	8,26	2,87	0,34	-0,14
5	3,62	1,31	0,35	-0,22	11,66	3,63	0,32	-0,21	6,00	2,17	0,35	-0,22	6,99	2,53	0,35	-0,22	7,64	2,76	0,35	-0,22
6	3,72	1,26	0,41	-0,02	12,16	3,51	0,28	-0,21	6,46	2,19	0,41	-0,02	7,63	2,59	0,42	-0,02	8,41	2,85	0,42	-0,02
7	3,51	1,27	0,44	-0,08	11,62	3,39	0,20	-0,45	6,10	2,21	0,44	-0,08	7,21	2,61	0,44	-0,08	7,95	2,88	0,44	-0,08
8	3,56	1,30	0,54	0,22	11,55	3,52	0,38	0,17	6,19	2,26	0,54	0,22	7,31	2,66	0,54	0,22	8,06	2,94	0,54	0,22
9	3,71	1,27	0,26	-0,23	11,61	3,43	0,23	-0,18	5,49	1,88	0,28	-0,22	6,18	2,12	0,29	-0,20	6,62	2,28	0,30	-0,19
10	3,45	1,35	0,48	0,20	10,42	3,51	0,46	0,25	5,10	2,00	0,48	0,20	5,74	2,25	0,48	0,20	6,15	2,41	0,48	0,20
11	3,78	1,50	0,57	0,26	11,08	3,74	0,61	0,27	5,59	2,21	0,57	0,26	6,29	2,49	0,57	0,26	6,74	2,67	0,57	0,26
12	4,26	1,47	0,37	0,08	12,31	3,67	0,50	0,52	6,29	2,17	0,37	0,08	7,08	2,45	0,37	0,08	7,59	2,62	0,37	0,08
Рік	3,76	1,34	0,39	-0,03	11,55	3,51	0,37	0,08	5,96	2,13	0,40	-0,02	6,86	2,45	0,40	-0,02	7,44	2,66	0,40	-0,02

Продовження табл. Б1

## 12. Полтава

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,11	1,43	0,27	-0,23	11,78	3,42	0,19	-0,44	6,09	2,12	0,27	-0,23	6,85	2,38	0,27	-0,23	7,34	2,55	0,27	-0,23
2	4,04	1,40	0,41	-0,07	11,45	3,28	0,17	-0,42	5,97	2,07	0,41	-0,07	6,72	2,33	0,41	-0,07	7,20	2,50	0,41	-0,07
3	3,95	1,42	0,41	0,20	11,60	3,52	0,35	0,02	6,54	2,36	0,41	0,22	7,62	2,75	0,42	0,22	8,33	3,00	0,42	0,22
4	3,94	1,34	0,23	-0,11	12,15	3,50	0,22	-0,13	6,54	2,23	0,23	-0,11	7,62	2,60	0,23	-0,11	8,33	2,84	0,23	-0,11
5	3,72	1,27	0,43	0,46	11,99	3,34	0,26	0,19	6,17	2,10	0,43	0,46	7,19	2,45	0,43	0,46	7,86	2,68	0,43	0,46
6	3,83	1,21	0,33	0,23	12,46	3,45	0,19	0,03	6,65	2,11	0,33	0,22	7,85	2,49	0,33	0,22	8,65	2,74	0,32	0,22
7	3,35	1,22	0,31	-0,21	11,12	3,41	0,34	-0,12	5,82	2,11	0,31	-0,21	6,88	2,50	0,31	-0,21	7,58	2,75	0,31	-0,21
8	3,59	1,25	0,30	-0,30	11,89	3,56	0,17	-0,24	6,24	2,18	0,30	-0,30	7,37	2,57	0,30	-0,30	8,13	2,83	0,30	-0,30
9	3,78	1,33	0,29	-0,02	11,78	3,61	0,32	0,12	5,59	1,97	0,29	-0,02	6,30	2,21	0,29	-0,01	6,75	2,37	0,29	0,00
10	3,69	1,43	0,42	-0,05	11,25	3,62	0,28	-0,30	5,46	2,12	0,42	-0,05	6,15	2,38	0,42	-0,05	6,59	2,55	0,42	-0,05
11	3,85	1,36	0,32	-0,24	11,44	3,53	0,37	-0,01	5,70	2,01	0,32	-0,24	6,41	2,26	0,32	-0,24	6,87	2,42	0,32	-0,24
12	4,03	1,46	0,41	0,10	11,57	3,54	0,42	0,08	5,96	2,16	0,41	0,10	6,71	2,43	0,41	0,10	7,18	2,60	0,41	0,10
Рік	3,82	1,34	0,34	-0,02	11,71	3,48	0,27	-0,10	6,06	2,13	0,34	-0,02	6,97	2,45	0,34	-0,02	7,57	2,65	0,34	-0,02
2011-2030																				
1	3,76	1,31	0,26	-0,25	11,52	3,49	0,24	-0,05	5,56	1,94	0,26	-0,25	6,26	2,18	0,26	-0,25	6,71	2,34	0,26	-0,25
2	3,79	1,34	0,24	-0,29	11,53	3,49	0,28	-0,03	5,60	1,99	0,24	-0,29	6,30	2,23	0,24	-0,29	6,75	2,39	0,24	-0,29
3	3,91	1,44	0,30	-0,08	11,71	3,58	0,35	-0,14	6,49	2,38	0,30	-0,09	7,56	2,78	0,30	-0,09	8,26	3,03	0,30	-0,09
4	3,77	1,40	0,25	-0,24	12,01	3,73	0,13	-0,39	6,25	2,32	0,25	-0,24	7,28	2,70	0,25	-0,24	7,96	2,95	0,25	-0,24
5	3,57	1,30	0,33	-0,12	11,80	3,79	0,37	-0,08	5,93	2,16	0,33	-0,12	6,90	2,51	0,33	-0,12	7,55	2,75	0,33	-0,12
6	3,36	1,15	0,26	0,07	11,56	3,41	0,25	0,28	5,84	1,99	0,26	0,06	6,90	2,36	0,25	0,05	7,60	2,60	0,25	0,05
7	3,43	1,14	0,22	-0,14	11,73	3,49	0,28	-0,11	5,96	1,99	0,22	-0,14	7,04	2,35	0,22	-0,14	7,76	2,59	0,22	-0,14
8	3,56	1,25	0,38	0,25	11,86	3,66	0,25	0,05	6,19	2,18	0,38	0,25	7,31	2,57	0,38	0,25	8,05	2,84	0,38	0,25
9	3,79	1,42	0,35	-0,08	12,13	3,75	0,14	-0,28	5,61	2,11	0,35	-0,09	6,31	2,37	0,35	-0,09	6,76	2,55	0,36	-0,09
10	3,43	1,25	0,42	-0,11	10,80	3,44	0,32	-0,26	5,08	1,85	0,42	-0,11	5,72	2,08	0,42	-0,11	6,12	2,23	0,42	-0,11
11	3,88	1,40	0,37	0,22	11,99	3,75	0,37	0,13	5,74	2,06	0,37	0,22	6,46	2,32	0,37	0,22	6,92	2,49	0,37	0,22
12	3,92	1,28	0,31	0,03	11,69	3,34	0,43	0,46	5,79	1,89	0,31	0,03	6,52	2,13	0,31	0,03	6,98	2,28	0,31	0,03
Рік	3,68	1,31	0,31	-0,06	11,69	3,58	0,29	-0,04	5,84	2,07	0,31	-0,06	6,71	2,38	0,31	-0,06	7,29	2,59	0,31	-0,06
1931-2050																				
1	3,89	1,34	0,28	-0,33	11,15	3,32	0,42	0,36	5,75	1,99	0,28	-0,33	6,47	2,24	0,28	-0,33	6,93	2,40	0,28	-0,33
2	3,89	1,36	0,31	-0,19	11,29	3,35	0,30	0,03	5,75	2,02	0,31	-0,19	6,47	2,27	0,31	-0,19	6,93	2,43	0,31	-0,19
3	3,97	1,46	0,38	-0,10	11,62	3,57	0,35	-0,12	6,59	2,42	0,37	-0,14	7,67	2,81	0,37	-0,14	8,38	3,07	0,37	-0,14
4	4,00	1,39	0,35	-0,16	12,18	3,58	0,26	-0,26	6,63	2,30	0,35	-0,16	7,73	2,68	0,35	-0,16	8,45	2,93	0,35	-0,16
5	3,72	1,29	0,38	0,04	11,96	3,65	0,24	-0,30	6,17	2,14	0,38	0,04	7,19	2,49	0,38	0,04	7,86	2,73	0,38	0,04
6	3,67	1,25	0,30	-0,04	12,02	3,55	0,21	-0,08	6,37	2,17	0,30	-0,03	7,52	2,56	0,30	-0,03	8,29	2,82	0,30	-0,03
7	3,46	1,18	0,42	0,16	11,56	3,45	0,46	0,41	6,01	2,06	0,42	0,16	7,10	2,43	0,42	0,16	7,82	2,68	0,42	0,16
8	3,51	1,25	0,33	-0,03	11,46	3,43	0,27	-0,09	6,10	2,16	0,33	-0,03	7,20	2,56	0,33	-0,03	7,94	2,82	0,33	-0,03
9	3,61	1,26	0,27	-0,22	11,52	3,53	0,21	-0,36	5,35	1,87	0,28	-0,17	6,02	2,11	0,29	-0,15	6,45	2,27	0,30	-0,13
10	3,53	1,38	0,50	0,00	10,64	3,55	0,49	-0,09	5,22	2,04	0,50	0,00	5,87	2,30	0,50	0,00	6,29	2,46	0,50	0,00
11	3,92	1,55	0,62	0,36	11,47	3,91	0,69	0,52	5,79	2,29	0,62	0,36	6,52	2,57	0,62	0,36	6,98	2,76	0,62	0,36
12	4,15	1,40	0,29	-0,12	12,06	3,47	0,28	-0,08	6,14	2,07	0,29	-0,12	6,91	2,33	0,29	-0,12	7,40	2,50	0,29	-0,12
Рік	3,78	1,34	0,37	-0,05	11,58	3,53	0,35	-0,01	5,99	2,13	0,37	-0,05	6,89	2,45	0,37	-0,05	7,48	2,66	0,37	-0,05

Продовження табл. Б1

## 13. Харків

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,81	1,32	0,20	-0,46	11,24	3,24	0,11	-0,61	5,64	1,95	0,20	-0,46	6,35	2,19	0,20	-0,46	6,80	2,34	0,20	-0,46
2	3,68	1,29	0,31	-0,20	10,85	3,15	0,26	-0,24	5,44	1,91	0,31	-0,20	6,12	2,15	0,31	-0,20	6,56	2,30	0,31	-0,20
3	3,65	1,35	0,50	0,15	11,15	3,49	0,32	-0,09	6,06	2,24	0,50	0,16	7,05	2,61	0,50	0,16	7,71	2,85	0,50	0,16
4	3,67	1,28	0,25	-0,16	11,84	3,53	0,23	-0,17	6,09	2,13	0,25	-0,16	7,09	2,48	0,25	-0,16	7,76	2,71	0,25	-0,16
5	3,46	1,18	0,47	0,40	11,64	3,26	0,24	0,14	5,74	1,96	0,47	0,40	6,68	2,28	0,47	0,40	7,31	2,50	0,47	0,40
6	3,58	1,11	0,18	0,08	12,18	3,42	0,25	0,12	6,21	1,92	0,18	0,08	7,34	2,27	0,18	0,07	8,09	2,50	0,18	0,07
7	3,20	1,13	0,32	-0,14	11,01	3,31	0,36	0,21	5,56	1,97	0,32	-0,14	6,57	2,33	0,32	-0,14	7,24	2,57	0,32	-0,14
8	3,40	1,17	0,25	-0,41	11,62	3,39	0,17	-0,38	5,91	2,04	0,25	-0,41	6,98	2,41	0,25	-0,41	7,70	2,65	0,25	-0,41
9	3,57	1,26	0,29	-0,06	11,45	3,45	0,35	0,35	5,29	1,87	0,29	-0,06	5,96	2,10	0,29	-0,06	6,38	2,25	0,28	-0,06
10	3,47	1,34	0,32	-0,17	10,92	3,51	0,15	-0,27	5,14	1,98	0,32	-0,17	5,78	2,23	0,32	-0,17	6,19	2,39	0,32	-0,17
11	3,63	1,26	0,33	-0,38	11,10	3,36	0,41	0,22	5,37	1,86	0,33	-0,38	6,04	2,09	0,33	-0,38	6,47	2,24	0,33	-0,38
12	3,78	1,33	0,37	-0,11	11,22	3,40	0,48	0,12	5,59	1,97	0,37	-0,11	6,28	2,22	0,37	-0,11	6,73	2,38	0,37	-0,11
Рік	3,58	1,25	0,32	-0,12	11,35	3,37	0,28	-0,05	5,67	1,98	0,31	-0,12	6,52	2,28	0,31	-0,12	7,08	2,47	0,31	-0,12
2011-2030																				
1	3,90	1,32	0,31	-0,15	11,01	3,26	0,20	-0,18	5,77	1,95	0,31	-0,15	6,49	2,19	0,31	-0,15	6,95	2,35	0,31	-0,15
2	3,85	1,32	0,19	-0,34	10,86	3,30	0,26	0,06	5,70	1,96	0,19	-0,34	6,41	2,20	0,19	-0,34	6,87	2,36	0,19	-0,34
3	3,98	1,50	0,40	-0,18	11,24	3,45	0,33	-0,24	6,60	2,48	0,41	-0,17	7,69	2,89	0,41	-0,17	8,40	3,16	0,41	-0,17
4	3,82	1,41	0,37	0,00	11,60	3,67	0,18	-0,28	6,34	2,34	0,37	0,00	7,38	2,73	0,37	0,00	8,07	2,98	0,37	0,00
5	3,58	1,29	0,28	-0,26	11,66	3,63	0,31	0,05	5,94	2,14	0,28	-0,26	6,92	2,49	0,28	-0,26	7,57	2,72	0,28	-0,26
6	3,39	1,17	0,31	0,07	11,25	3,36	0,41	0,24	5,89	2,02	0,31	0,05	6,95	2,39	0,31	0,05	7,66	2,63	0,31	0,04
7	3,49	1,16	0,28	-0,26	11,55	3,26	0,29	0,05	6,06	2,01	0,28	-0,26	7,16	2,37	0,28	-0,26	7,89	2,62	0,28	-0,26
8	3,63	1,32	0,42	-0,01	11,66	3,47	0,30	0,17	6,30	2,30	0,42	-0,01	7,44	2,71	0,42	-0,01	8,20	2,99	0,42	-0,01
9	3,86	1,47	0,40	-0,09	11,89	3,65	0,13	-0,54	5,72	2,18	0,40	-0,08	6,44	2,46	0,40	-0,08	6,90	2,63	0,41	-0,07
10	3,47	1,27	0,31	-0,16	10,65	3,35	0,34	-0,04	5,14	1,88	0,31	-0,16	5,78	2,11	0,31	-0,16	6,19	2,26	0,31	-0,16
11	3,92	1,45	0,43	0,05	11,40	3,50	0,31	0,16	5,80	2,14	0,43	0,05	6,53	2,41	0,43	0,05	6,99	2,58	0,43	0,05
12	3,98	1,32	0,40	0,36	11,31	3,13	0,52	0,76	5,89	1,96	0,40	0,36	6,62	2,20	0,40	0,36	7,10	2,36	0,40	0,36
Рік	3,74	1,33	0,34	-0,08	11,34	3,42	0,30	0,02	5,93	2,11	0,34	-0,08	6,82	2,43	0,34	-0,08	7,40	2,64	0,34	-0,08
1931-2050																				
1	3,62	1,24	0,19	-0,33	10,70	3,07	0,23	0,13	5,35	1,83	0,19	-0,33	6,02	2,06	0,19	-0,33	6,45	2,20	0,19	-0,33
2	3,60	1,25	0,33	-0,20	10,72	3,22	0,36	-0,07	5,32	1,84	0,33	-0,20	5,98	2,07	0,33	-0,20	6,41	2,22	0,33	-0,20
3	3,69	1,33	0,41	-0,14	11,25	3,45	0,38	0,08	6,12	2,20	0,40	-0,15	7,13	2,56	0,40	-0,15	7,79	2,80	0,40	-0,15
4	3,77	1,28	0,31	-0,02	11,98	3,51	0,28	-0,01	6,25	2,12	0,31	-0,02	7,28	2,47	0,31	-0,02	7,96	2,70	0,31	-0,02
5	3,48	1,23	0,39	0,20	11,59	3,58	0,24	-0,14	5,77	2,04	0,39	0,20	6,72	2,37	0,39	0,20	7,35	2,59	0,39	0,20
6	3,43	1,15	0,38	0,20	11,75	3,42	0,21	-0,05	5,96	1,99	0,38	0,21	7,03	2,35	0,38	0,21	7,75	2,59	0,38	0,21
7	3,29	1,13	0,25	0,21	11,33	3,29	0,18	0,04	5,72	1,96	0,25	0,21	6,76	2,32	0,25	0,21	7,45	2,55	0,25	0,21
8	3,34	1,17	0,34	0,12	11,25	3,36	0,30	0,14	5,80	2,03	0,34	0,12	6,85	2,40	0,34	0,12	7,55	2,65	0,34	0,12
9	3,39	1,21	0,38	-0,30	11,19	3,45	0,31	-0,32	5,03	1,81	0,39	-0,24	5,66	2,04	0,40	-0,21	6,07	2,19	0,41	-0,18
10	3,37	1,29	0,49	-0,05	10,48	3,40	0,48	-0,09	4,98	1,90	0,49	-0,05	5,61	2,14	0,49	-0,05	6,01	2,29	0,49	-0,05
11	3,69	1,43	0,54	0,28	11,11	3,58	0,49	0,18	5,45	2,11	0,54	0,28	6,13	2,38	0,54	0,28	6,57	2,55	0,54	0,28
12	3,85	1,29	0,24	-0,16	11,64	3,31	0,21	-0,11	5,70	1,91	0,24	-0,16	6,41	2,15	0,24	-0,16	6,87	2,30	0,24	-0,16
Рік	3,54	1,25	0,35	-0,02	11,25	3,39	0,31	-0,02	5,62	1,98	0,35	-0,01	6,47	2,28	0,36	-0,01	7,02	2,47	0,36	-0,01

Продовження табл. Б1

## 14. Губиниха

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,20	1,48	0,35	-0,13	11,40	3,31	0,29	-0,28	6,21	2,19	0,35	-0,13	6,98	2,46	0,35	-0,13	7,48	2,64	0,35	-0,13
2	4,14	1,43	0,41	0,10	11,28	3,24	0,14	-0,34	6,13	2,12	0,41	0,10	6,90	2,38	0,41	0,10	7,39	2,55	0,41	0,10
3	4,03	1,49	0,49	0,25	11,33	3,45	0,38	0,02	6,68	2,47	0,49	0,27	7,77	2,88	0,49	0,28	8,50	3,15	0,50	0,28
4	3,96	1,41	0,37	-0,02	11,75	3,58	0,30	-0,24	6,58	2,34	0,37	-0,02	7,66	2,73	0,37	-0,02	8,37	2,98	0,37	-0,02
5	3,68	1,30	0,40	0,10	11,31	3,29	0,32	-0,10	6,11	2,16	0,40	0,10	7,12	2,52	0,40	0,10	7,78	2,75	0,40	0,10
6	3,82	1,22	0,24	0,01	11,89	3,26	0,26	0,13	6,64	2,11	0,24	0,01	7,84	2,49	0,24	0,01	8,64	2,74	0,24	0,01
7	3,47	1,23	0,35	-0,15	10,89	3,32	0,43	0,08	6,03	2,13	0,35	-0,15	7,12	2,52	0,35	-0,15	7,85	2,77	0,35	-0,15
8	3,67	1,30	0,34	-0,31	11,50	3,46	0,26	-0,25	6,37	2,27	0,34	-0,31	7,52	2,68	0,34	-0,31	8,29	2,95	0,34	-0,31
9	3,84	1,40	0,27	-0,17	11,33	3,47	0,23	0,01	5,69	2,07	0,27	-0,17	6,41	2,33	0,27	-0,17	6,87	2,49	0,27	-0,17
10	3,76	1,47	0,35	-0,21	10,90	3,49	0,25	-0,31	5,56	2,18	0,35	-0,21	6,25	2,45	0,35	-0,21	6,70	2,63	0,35	-0,21
11	3,93	1,42	0,35	-0,23	11,11	3,49	0,37	-0,08	5,81	2,10	0,35	-0,23	6,53	2,37	0,35	-0,23	7,00	2,53	0,35	-0,23
12	4,11	1,51	0,45	0,14	11,35	3,55	0,49	0,23	6,08	2,23	0,45	0,14	6,84	2,51	0,45	0,14	7,33	2,69	0,45	0,14
Рік	3,88	1,39	0,36	-0,05	11,34	3,41	0,31	-0,09	6,16	2,20	0,36	-0,05	7,08	2,53	0,36	-0,05	7,68	2,74	0,36	-0,05
2011-2030																				
1	3,72	1,24	0,13	-0,34	11,33	3,41	0,27	-0,05	5,50	1,84	0,13	-0,34	6,19	2,06	0,13	-0,34	6,63	2,21	0,13	-0,34
2	3,77	1,29	0,14	-0,28	11,24	3,41	0,23	-0,03	5,57	1,91	0,14	-0,28	6,27	2,15	0,14	-0,28	6,72	2,30	0,14	-0,28
3	3,86	1,46	0,43	-0,11	11,46	3,54	0,33	-0,05	6,39	2,43	0,43	-0,11	7,45	2,83	0,43	-0,11	8,14	3,09	0,43	-0,11
4	3,65	1,38	0,38	-0,05	11,59	3,68	0,18	-0,28	6,05	2,29	0,38	-0,05	7,05	2,67	0,38	-0,05	7,71	2,92	0,38	-0,05
5	3,38	1,23	0,24	-0,47	11,23	3,55	0,27	-0,11	5,62	2,04	0,24	-0,47	6,54	2,38	0,24	-0,47	7,15	2,60	0,24	-0,47
6	3,17	1,12	0,27	-0,06	10,94	3,28	0,37	0,49	5,50	1,94	0,26	-0,08	6,49	2,30	0,26	-0,08	7,16	2,53	0,26	-0,08
7	3,28	1,10	0,32	-0,06	11,26	3,16	0,24	-0,20	5,70	1,91	0,32	-0,06	6,73	2,25	0,32	-0,06	7,42	2,49	0,32	-0,06
8	3,42	1,25	0,36	0,12	11,41	3,62	0,36	-0,03	5,94	2,18	0,36	0,12	7,01	2,57	0,36	0,12	7,73	2,84	0,36	0,12
9	3,66	1,39	0,31	0,08	11,82	3,70	0,15	-0,39	5,42	2,06	0,31	0,08	6,10	2,32	0,31	0,08	6,54	2,49	0,31	0,08
10	3,31	1,18	0,30	-0,23	10,42	3,27	0,28	-0,27	4,90	1,75	0,30	-0,23	5,51	1,96	0,30	-0,23	5,90	2,10	0,30	-0,23
11	3,76	1,37	0,32	-0,11	11,69	3,66	0,41	0,22	5,56	2,03	0,32	-0,11	6,25	2,28	0,32	-0,11	6,70	2,44	0,32	-0,11
12	3,82	1,28	0,34	0,27	11,39	3,28	0,43	0,55	5,65	1,90	0,34	0,27	6,36	2,14	0,34	0,27	6,81	2,29	0,34	0,27
Рік	3,57	1,28	0,30	-0,10	11,32	3,46	0,29	-0,01	5,65	2,02	0,30	-0,11	6,50	2,33	0,30	-0,11	7,05	2,52	0,30	-0,11
1931-2050																				
1	3,94	1,41	0,30	-0,15	10,87	3,37	0,50	0,62	5,83	2,08	0,30	-0,15	6,56	2,34	0,30	-0,15	7,02	2,51	0,30	-0,15
2	4,02	1,44	0,30	-0,19	11,08	3,30	0,36	0,25	5,94	2,13	0,30	-0,19	6,68	2,39	0,30	-0,19	7,16	2,57	0,30	-0,19
3	4,06	1,54	0,50	0,13	11,45	3,59	0,41	0,15	6,74	2,55	0,49	0,11	7,85	2,96	0,49	0,10	8,58	3,24	0,49	0,10
4	4,03	1,43	0,32	0,00	11,80	3,56	0,29	-0,03	6,69	2,37	0,32	0,00	7,80	2,76	0,32	0,00	8,53	3,02	0,32	0,00
5	3,71	1,32	0,40	-0,10	11,33	3,51	0,26	-0,34	6,16	2,19	0,40	-0,10	7,18	2,55	0,40	-0,10	7,84	2,79	0,40	-0,10
6	3,62	1,31	0,35	-0,13	11,38	3,49	0,22	-0,30	6,28	2,27	0,36	-0,13	7,42	2,68	0,36	-0,12	8,18	2,96	0,36	-0,12
7	3,53	1,23	0,27	0,00	11,12	3,45	0,44	0,23	6,13	2,14	0,27	0,00	7,24	2,53	0,27	0,00	7,98	2,79	0,27	0,00
8	3,62	1,34	0,33	0,13	11,18	3,46	0,36	0,44	6,29	2,33	0,33	0,13	7,43	2,75	0,33	0,13	8,19	3,03	0,33	0,13
9	3,70	1,30	0,28	-0,18	11,21	3,41	0,27	-0,26	5,49	1,95	0,30	-0,16	6,18	2,20	0,30	-0,14	6,62	2,36	0,31	-0,12
10	3,61	1,44	0,52	-0,10	10,34	3,44	0,46	-0,09	5,34	2,13	0,52	-0,10	6,01	2,40	0,52	-0,10	6,43	2,57	0,52	-0,10
11	3,97	1,61	0,59	0,48	11,12	3,83	0,61	0,46	5,88	2,39	0,59	0,48	6,61	2,68	0,59	0,48	7,08	2,88	0,59	0,48
12	4,25	1,45	0,41	-0,11	11,84	3,39	0,46	0,27	6,28	2,14	0,41	-0,11	7,06	2,41	0,41	-0,11	7,57	2,58	0,41	-0,11
Рік	3,84	1,40	0,38	-0,02	11,23	3,48	0,39	0,12	6,09	2,22	0,38	-0,02	7,00	2,56	0,38	-0,02	7,60	2,77	0,38	-0,01

Продовження табл. Б1

## 15. Донецьк

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,55	1,24	0,26	-0,28	11,51	3,34	0,22	-0,29	5,25	1,83	0,26	-0,28	5,91	2,06	0,26	-0,28	6,33	2,21	0,26	-0,28
2	3,43	1,21	0,26	-0,32	11,27	3,27	0,19	-0,32	5,08	1,79	0,26	-0,32	5,71	2,02	0,26	-0,32	6,12	2,16	0,26	-0,32
3	3,41	1,25	0,46	0,28	11,61	3,63	0,42	0,16	5,65	2,08	0,47	0,28	6,58	2,42	0,47	0,28	7,20	2,65	0,47	0,28
4	3,40	1,19	0,36	0,07	12,18	3,58	0,19	-0,18	5,64	1,97	0,36	0,07	6,57	2,30	0,36	0,07	7,18	2,51	0,36	0,07
5	3,10	1,09	0,41	0,05	11,58	3,48	0,38	-0,07	5,14	1,81	0,41	0,05	5,98	2,11	0,41	0,05	6,54	2,30	0,41	0,05
6	3,20	1,01	0,22	-0,24	12,13	3,37	0,19	-0,51	5,55	1,75	0,21	-0,27	6,56	2,06	0,21	-0,28	7,23	2,27	0,21	-0,29
7	2,97	1,00	0,36	0,02	11,32	3,37	0,44	-0,13	5,16	1,73	0,36	0,02	6,09	2,05	0,36	0,02	6,71	2,26	0,36	0,02
8	3,07	1,05	0,39	-0,20	11,75	3,38	0,30	-0,22	5,33	1,82	0,39	-0,20	6,29	2,15	0,39	-0,20	6,93	2,37	0,39	-0,20
9	3,22	1,14	0,26	-0,32	11,50	3,43	0,30	0,04	4,77	1,70	0,27	-0,27	5,37	1,91	0,28	-0,24	5,75	2,05	0,28	-0,22
10	3,14	1,16	0,30	-0,32	11,06	3,46	0,38	0,10	4,65	1,72	0,30	-0,32	5,23	1,93	0,30	-0,32	5,60	2,07	0,30	-0,32
11	3,32	1,21	0,40	-0,24	11,32	3,52	0,42	0,06	4,91	1,79	0,40	-0,24	5,52	2,01	0,40	-0,24	5,91	2,15	0,40	-0,24
12	3,48	1,21	0,43	0,17	11,46	3,43	0,49	0,37	5,14	1,80	0,43	0,17	5,78	2,02	0,43	0,17	6,20	2,17	0,43	0,17
Рік	3,27	1,15	0,34	-0,11	11,56	3,44	0,33	-0,08	5,19	1,82	0,34	-0,11	5,97	2,09	0,34	-0,11	6,48	2,26	0,34	-0,11
2011-2030																				
1	3,58	1,21	0,21	-0,25	11,37	3,22	0,22	0,13	5,30	1,80	0,21	-0,25	5,96	2,02	0,21	-0,25	6,39	2,16	0,21	-0,25
2	3,62	1,26	0,11	-0,30	11,35	3,34	0,21	-0,04	5,35	1,87	0,11	-0,30	6,02	2,10	0,11	-0,30	6,45	2,25	0,11	-0,30
3	3,76	1,40	0,35	-0,40	11,74	3,64	0,18	-0,37	6,24	2,32	0,36	-0,39	7,26	2,71	0,36	-0,39	7,94	2,96	0,36	-0,38
4	3,60	1,33	0,49	0,06	11,92	3,60	0,27	-0,25	5,98	2,20	0,49	0,06	6,96	2,57	0,49	0,06	7,61	2,81	0,49	0,06
5	3,38	1,18	0,23	-0,32	11,65	3,37	0,22	-0,22	5,62	1,96	0,23	-0,32	6,54	2,28	0,23	-0,32	7,15	2,49	0,23	-0,32
6	3,17	1,11	0,37	-0,01	11,25	3,34	0,37	0,26	5,51	1,92	0,37	-0,02	6,51	2,27	0,37	-0,02	7,18	2,50	0,37	-0,02
7	3,19	1,02	0,37	-0,13	11,37	3,24	0,32	-0,10	5,54	1,78	0,37	-0,13	6,55	2,10	0,37	-0,13	7,22	2,32	0,37	-0,13
8	3,35	1,15	0,33	0,17	11,73	3,41	0,25	-0,03	5,81	2,00	0,33	0,17	6,87	2,37	0,33	0,17	7,57	2,61	0,33	0,17
9	3,56	1,33	0,35	-0,16	12,10	3,80	0,28	-0,09	5,28	1,97	0,35	-0,17	5,94	2,21	0,35	-0,17	6,37	2,37	0,35	-0,17
10	3,27	1,19	0,41	-0,18	10,70	3,15	0,28	-0,25	4,83	1,77	0,41	-0,18	5,44	1,99	0,41	-0,18	5,82	2,13	0,41	-0,18
11	3,61	1,31	0,31	-0,07	11,64	3,49	0,39	0,25	5,34	1,94	0,31	-0,07	6,00	2,19	0,31	-0,07	6,43	2,34	0,31	-0,07
12	3,68	1,25	0,26	-0,18	11,48	3,26	0,21	0,21	5,44	1,86	0,26	-0,18	6,13	2,09	0,26	-0,18	6,56	2,24	0,26	-0,18
Рік	3,48	1,23	0,32	-0,15	11,52	3,40	0,27	-0,04	5,52	1,95	0,32	-0,15	6,35	2,24	0,32	-0,15	6,89	2,43	0,32	-0,15
1931-2050																				
1	3,34	1,17	0,21	-0,33	11,09	3,37	0,35	0,30	4,94	1,73	0,21	-0,33	5,55	1,95	0,21	-0,33	5,95	2,09	0,21	-0,33
2	3,37	1,19	0,26	-0,27	11,28	3,39	0,38	0,15	4,99	1,75	0,26	-0,27	5,61	1,97	0,26	-0,27	6,01	2,11	0,26	-0,27
3	3,39	1,27	0,37	0,02	11,71	3,70	0,35	0,24	5,63	2,10	0,36	0,01	6,55	2,44	0,36	0,00	7,16	2,67	0,36	0,00
4	3,43	1,20	0,39	0,02	12,27	3,65	0,32	-0,05	5,69	1,99	0,39	0,02	6,62	2,32	0,39	0,02	7,24	2,53	0,39	0,02
5	3,17	1,12	0,38	-0,13	11,75	3,62	0,26	-0,05	5,26	1,86	0,38	-0,13	6,12	2,16	0,38	-0,13	6,69	2,37	0,38	-0,13
6	3,00	1,04	0,35	-0,12	11,49	3,40	0,15	-0,36	5,21	1,81	0,36	-0,12	6,16	2,13	0,36	-0,11	6,78	2,35	0,36	-0,11
7	2,99	1,04	0,36	0,05	11,39	3,37	0,30	0,08	5,19	1,80	0,36	0,05	6,13	2,13	0,36	0,05	6,76	2,35	0,36	0,05
8	3,07	1,04	0,38	0,22	11,51	3,32	0,42	0,45	5,34	1,81	0,38	0,22	6,31	2,14	0,38	0,22	6,95	2,36	0,38	0,22
9	3,06	1,08	0,45	-0,04	11,37	3,42	0,34	-0,05	4,54	1,62	0,46	-0,02	5,11	1,82	0,46	0,00	5,47	1,96	0,47	0,02
10	3,11	1,23	0,59	0,04	10,81	3,54	0,53	0,04	4,60	1,82	0,59	0,04	5,18	2,05	0,59	0,04	5,55	2,20	0,59	0,04
11	3,35	1,30	0,39	-0,01	11,24	3,67	0,46	0,40	4,96	1,92	0,39	-0,01	5,58	2,16	0,39	-0,01	5,98	2,32	0,39	-0,01
12	3,54	1,21	0,28	-0,38	11,83	3,35	0,33	-0,09	5,24	1,78	0,28	-0,38	5,89	2,01	0,28	-0,38	6,31	2,15	0,28	-0,38
Рік	3,24	1,16	0,37	-0,08	11,48	3,48	0,35	0,09	5,13	1,83	0,37	-0,08	5,90	2,11	0,37	-0,07	6,41	2,29	0,37	-0,07



Продовження табл. Б1

## 16. Луганськ

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,00	1,43	0,24	-0,55	11,71	3,50	0,13	-0,57	5,91	2,12	0,24	-0,55	6,65	2,38	0,24	-0,55	7,13	2,55	0,24	-0,55
2	3,82	1,41	0,24	-0,46	11,25	3,42	0,24	-0,41	5,65	2,09	0,24	-0,46	6,35	2,35	0,24	-0,46	6,80	2,52	0,24	-0,46
3	3,89	1,49	0,51	0,31	11,89	3,87	0,57	0,46	6,45	2,47	0,51	0,31	7,51	2,87	0,51	0,31	8,21	3,14	0,51	0,31
4	3,91	1,41	0,34	-0,08	12,50	3,85	0,30	-0,09	6,49	2,34	0,34	-0,08	7,56	2,72	0,34	-0,08	8,26	2,98	0,34	-0,08
5	3,60	1,30	0,33	-0,18	12,03	3,62	0,33	-0,17	5,97	2,16	0,33	-0,18	6,96	2,51	0,33	-0,18	7,61	2,75	0,33	-0,18
6	3,76	1,25	0,26	0,02	12,61	3,62	0,26	-0,08	6,53	2,16	0,25	-0,01	7,71	2,55	0,25	-0,02	8,50	2,81	0,25	-0,03
7	3,44	1,23	0,35	-0,06	11,73	3,55	0,36	-0,02	5,98	2,13	0,35	-0,06	7,06	2,52	0,35	-0,06	7,78	2,77	0,35	-0,06
8	3,52	1,24	0,41	-0,18	12,01	3,56	0,27	-0,25	6,13	2,16	0,41	-0,18	7,23	2,55	0,41	-0,18	7,97	2,82	0,41	-0,18
9	3,64	1,28	0,24	-0,38	11,78	3,52	0,40	0,45	5,40	1,90	0,26	-0,34	6,07	2,15	0,26	-0,31	6,51	2,30	0,27	-0,30
10	3,56	1,35	0,26	-0,37	11,26	3,66	0,33	-0,09	5,26	1,99	0,26	-0,37	5,92	2,24	0,26	-0,37	6,35	2,40	0,26	-0,37
11	3,75	1,41	0,42	-0,12	11,52	3,75	0,46	0,15	5,55	2,08	0,42	-0,12	6,25	2,34	0,42	-0,12	6,69	2,51	0,42	-0,12
12	3,88	1,40	0,47	0,18	11,55	3,50	0,43	0,07	5,73	2,07	0,47	0,18	6,45	2,33	0,47	0,18	6,91	2,50	0,47	0,18
Рік	3,73	1,35	0,34	-0,16	11,82	3,62	0,34	-0,05	5,92	2,14	0,34	-0,16	6,81	2,46	0,34	-0,15	7,39	2,67	0,34	-0,15
2011-2030																				
1	4,18	1,54	0,44	-0,03	11,44	3,37	0,21	-0,20	6,18	2,27	0,44	-0,03	6,96	2,56	0,44	-0,03	7,45	2,74	0,44	-0,03
2	4,26	1,56	0,32	-0,20	11,37	3,46	0,28	-0,12	6,30	2,30	0,32	-0,20	7,09	2,59	0,32	-0,20	7,60	2,77	0,32	-0,20
3	4,15	1,60	0,46	-0,05	12,05	3,83	0,30	-0,45	6,88	2,66	0,46	-0,05	8,01	3,10	0,47	-0,05	8,76	3,39	0,47	-0,05
4	3,99	1,42	0,46	-0,23	12,33	3,82	0,32	-0,15	6,62	2,36	0,46	-0,23	7,71	2,75	0,46	-0,23	8,43	3,01	0,46	-0,23
5	3,69	1,33	0,39	-0,32	12,06	3,62	0,17	-0,42	6,13	2,21	0,39	-0,32	7,13	2,58	0,39	-0,32	7,80	2,82	0,39	-0,32
6	3,62	1,23	0,49	0,10	11,60	3,45	0,49	0,50	6,29	2,13	0,49	0,09	7,43	2,52	0,49	0,09	8,19	2,77	0,49	0,09
7	3,51	1,22	0,42	-0,29	11,64	3,37	0,45	0,02	6,10	2,12	0,42	-0,29	7,20	2,50	0,42	-0,29	7,94	2,76	0,42	-0,29
8	3,69	1,29	0,42	-0,15	11,87	3,44	0,29	-0,05	6,42	2,24	0,42	-0,15	7,58	2,65	0,42	-0,15	8,36	2,92	0,42	-0,15
9	4,02	1,49	0,35	-0,20	12,34	3,82	0,29	-0,38	5,95	2,21	0,35	-0,21	6,69	2,49	0,35	-0,21	7,17	2,67	0,35	-0,22
10	3,65	1,37	0,59	0,13	11,00	3,39	0,44	-0,06	5,40	2,02	0,59	0,13	6,07	2,27	0,59	0,13	6,51	2,43	0,59	0,13
11	4,30	1,63	0,40	-0,11	11,77	3,68	0,36	0,12	6,37	2,41	0,40	-0,11	7,16	2,71	0,40	-0,11	7,67	2,91	0,40	-0,11
12	4,22	1,56	0,44	-0,04	11,55	3,37	0,28	-0,12	6,24	2,31	0,44	-0,04	7,02	2,60	0,44	-0,04	7,52	2,79	0,44	-0,04
Рік	3,94	1,44	0,43	-0,12	11,75	3,55	0,32	-0,11	6,24	2,27	0,43	-0,12	7,17	2,61	0,43	-0,12	7,78	2,83	0,43	-0,12
1931-2050																				
1	3,74	1,31	0,14	-0,46	11,24	3,34	0,31	0,26	5,54	1,94	0,14	-0,46	6,23	2,19	0,14	-0,46	6,67	2,34	0,14	-0,46
2	3,84	1,35	0,19	-0,40	11,47	3,47	0,33	-0,18	5,68	2,00	0,19	-0,40	6,39	2,25	0,19	-0,40	6,85	2,41	0,19	-0,40
3	3,88	1,44	0,31	-0,10	11,98	3,79	0,38	0,22	6,43	2,39	0,31	-0,10	7,49	2,78	0,31	-0,10	8,18	3,04	0,31	-0,10
4	3,92	1,40	0,41	0,15	12,58	3,85	0,41	0,27	6,50	2,32	0,41	0,15	7,57	2,70	0,41	0,15	8,28	2,95	0,41	0,15
5	3,65	1,32	0,38	-0,12	12,21	3,76	0,35	-0,12	6,06	2,19	0,38	-0,12	7,06	2,56	0,38	-0,12	7,72	2,79	0,38	-0,12
6	3,50	1,25	0,40	-0,10	11,88	3,61	0,34	-0,07	6,08	2,17	0,40	-0,09	7,18	2,56	0,40	-0,09	7,91	2,82	0,40	-0,09
7	3,43	1,24	0,37	0,00	11,75	3,55	0,28	0,04	5,97	2,15	0,37	0,00	7,05	2,54	0,37	0,00	7,77	2,80	0,37	0,00
8	3,50	1,20	0,31	-0,15	11,76	3,49	0,40	0,10	6,09	2,09	0,31	-0,15	7,19	2,47	0,31	-0,15	7,92	2,72	0,31	-0,15
9	3,45	1,27	0,54	0,16	11,48	3,58	0,46	0,25	5,11	1,90	0,56	0,19	5,75	2,14	0,57	0,22	6,17	2,30	0,58	0,24
10	3,54	1,40	0,54	-0,06	11,11	3,66	0,46	-0,09	5,24	2,07	0,54	-0,06	5,89	2,33	0,54	-0,06	6,31	2,49	0,54	-0,06
11	3,78	1,49	0,36	-0,17	11,51	3,75	0,40	0,33	5,59	2,21	0,36	-0,17	6,29	2,49	0,36	-0,17	6,74	2,66	0,36	-0,17
12	3,96	1,38	0,27	-0,29	12,01	3,45	0,20	-0,17	5,85	2,04	0,27	-0,29	6,59	2,30	0,27	-0,29	7,06	2,46	0,27	-0,29
Рік	3,68	1,34	0,35	-0,13	11,75	3,61	0,36	0,07	5,84	2,12	0,35	-0,12	6,72	2,44	0,35	-0,12	7,30	2,65	0,36	-0,12

Продовження табл. Б1

## 17. Сарата

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,43	1,66	0,40	0,23	12,11	3,76	0,44	0,07	6,55	2,46	0,40	0,23	7,36	2,77	0,40	0,23	7,89	2,96	0,40	0,23
2	4,72	1,70	0,41	-0,02	12,64	3,79	0,41	0,08	6,98	2,51	0,41	-0,02	7,85	2,82	0,41	-0,02	8,41	3,02	0,41	-0,02
3	4,36	1,59	0,53	-0,03	12,23	3,73	0,48	0,22	7,22	2,64	0,53	-0,01	8,41	3,07	0,53	-0,01	9,19	3,36	0,54	-0,01
4	3,95	1,43	0,49	-0,03	11,54	3,40	0,41	-0,20	6,55	2,37	0,49	-0,03	7,63	2,76	0,49	-0,03	8,34	3,02	0,49	-0,03
5	3,78	1,37	0,65	0,16	11,33	3,48	0,55	0,20	6,28	2,28	0,65	0,16	7,31	2,66	0,65	0,16	7,99	2,90	0,65	0,16
6	3,79	1,29	0,52	0,09	11,54	3,20	0,53	0,40	6,58	2,24	0,52	0,09	7,77	2,64	0,52	0,09	8,56	2,91	0,52	0,09
7	3,64	1,24	0,49	-0,22	11,24	3,02	0,47	0,13	6,33	2,15	0,49	-0,22	7,47	2,54	0,49	-0,22	8,23	2,79	0,49	-0,22
8	3,80	1,38	0,53	-0,01	11,60	3,31	0,54	0,34	6,60	2,39	0,53	-0,01	7,79	2,83	0,53	-0,01	8,59	3,12	0,53	-0,01
9	3,96	1,52	0,50	0,03	11,55	3,60	0,46	0,07	5,87	2,25	0,50	0,02	6,61	2,53	0,50	0,01	7,08	2,71	0,50	0,01
10	4,05	1,71	0,53	-0,11	11,48	4,04	0,51	0,23	5,99	2,53	0,53	-0,11	6,74	2,84	0,53	-0,11	7,22	3,05	0,53	-0,11
11	4,29	1,63	0,31	-0,29	11,99	3,68	0,24	-0,11	6,34	2,42	0,31	-0,29	7,13	2,72	0,31	-0,29	7,64	2,91	0,31	-0,29
12	4,50	1,69	0,49	0,08	12,16	3,81	0,57	0,25	6,66	2,50	0,49	0,08	7,49	2,81	0,49	0,08	8,03	3,01	0,49	0,08
Рік	4,10	1,52	0,49	-0,01	11,78	3,57	0,47	0,14	6,49	2,39	0,49	-0,01	7,46	2,75	0,49	-0,01	8,10	2,98	0,49	-0,01
2011-2030																				
1	4,46	1,72	0,41	-0,20	12,37	4,01	0,46	-0,05	6,60	2,55	0,41	-0,20	7,42	2,86	0,41	-0,20	7,95	3,07	0,41	-0,20
2	4,61	1,70	0,32	0,14	12,58	3,64	0,19	0,31	6,82	2,51	0,32	0,14	7,68	2,82	0,32	0,14	8,23	3,02	0,32	0,14
3	4,48	1,62	0,48	0,11	12,30	3,59	0,41	0,00	7,43	2,69	0,48	0,11	8,65	3,13	0,48	0,11	9,46	3,42	0,48	0,11
4	4,11	1,50	0,53	-0,12	11,99	3,58	0,28	-0,40	6,82	2,48	0,53	-0,12	7,95	2,89	0,53	-0,12	8,69	3,16	0,53	-0,12
5	3,70	1,30	0,50	-0,16	11,17	3,22	0,45	-0,10	6,14	2,15	0,50	-0,16	7,15	2,50	0,50	-0,16	7,82	2,74	0,50	-0,16
6	3,63	1,20	0,48	-0,10	11,12	2,94	0,43	-0,03	6,31	2,08	0,48	-0,10	7,45	2,46	0,48	-0,10	8,21	2,71	0,48	-0,10
7	3,63	1,30	0,56	-0,19	10,97	3,11	0,50	0,18	6,31	2,25	0,56	-0,19	7,45	2,66	0,56	-0,19	8,21	2,93	0,56	-0,19
8	3,91	1,41	0,49	-0,21	11,70	3,29	0,45	-0,12	6,80	2,45	0,49	-0,21	8,03	2,90	0,49	-0,21	8,85	3,20	0,49	-0,21
9	4,29	1,57	0,45	0,18	12,20	3,58	0,31	0,05	6,35	2,32	0,45	0,18	7,15	2,61	0,45	0,18	7,66	2,79	0,45	0,18
10	3,78	1,46	0,64	0,45	10,80	3,39	0,63	0,71	5,59	2,16	0,64	0,45	6,29	2,42	0,64	0,45	6,73	2,60	0,64	0,45
11	4,68	1,86	0,49	0,25	12,91	4,23	0,45	0,25	6,92	2,75	0,49	0,25	7,78	3,09	0,49	0,25	8,34	3,31	0,49	0,25
12	4,65	1,77	0,42	-0,12	12,59	3,94	0,40	-0,01	6,88	2,62	0,42	-0,12	7,74	2,95	0,42	-0,12	8,30	3,16	0,42	-0,12
Рік	4,16	1,53	0,48	0,00	11,89	3,54	0,41	0,07	6,58	2,42	0,48	0,00	7,56	2,78	0,48	0,00	8,20	3,01	0,48	0,00
1931-2050																				
1	4,18	1,58	0,43	-0,08	11,56	3,67	0,47	0,41	6,18	2,34	0,43	-0,08	6,96	2,63	0,43	-0,08	7,45	2,82	0,43	-0,08
2	4,39	1,57	0,39	-0,14	12,10	3,55	0,28	-0,12	6,49	2,33	0,39	-0,14	7,30	2,62	0,39	-0,14	7,83	2,81	0,39	-0,14
3	4,37	1,59	0,57	0,23	12,23	3,54	0,47	0,06	7,24	2,64	0,57	0,24	8,43	3,07	0,57	0,25	9,21	3,36	0,58	0,26
4	4,12	1,51	0,63	0,24	11,94	3,48	0,59	0,32	6,83	2,50	0,63	0,24	7,96	2,91	0,63	0,24	8,70	3,18	0,63	0,24
5	3,76	1,32	0,58	0,08	11,24	3,34	0,51	0,23	6,24	2,20	0,58	0,08	7,27	2,56	0,58	0,08	7,94	2,80	0,58	0,08
6	3,70	1,23	0,51	-0,04	11,34	3,08	0,46	-0,01	6,42	2,13	0,51	-0,04	7,58	2,52	0,51	-0,04	8,36	2,78	0,51	-0,04
7	3,66	1,32	0,67	0,11	11,28	3,08	0,49	0,01	6,37	2,29	0,67	0,11	7,52	2,70	0,67	0,11	8,29	2,98	0,67	0,11
8	4,00	1,44	0,83	0,78	11,93	3,21	0,67	0,80	6,96	2,50	0,83	0,78	8,21	2,95	0,83	0,78	9,05	3,25	0,83	0,78
9	4,16	1,45	0,48	-0,12	12,09	3,59	0,63	0,44	6,16	2,14	0,49	-0,10	6,93	2,41	0,49	-0,09	7,43	2,58	0,50	-0,08
10	3,95	1,55	0,44	-0,34	11,14	3,50	0,44	-0,11	5,85	2,30	0,44	-0,34	6,58	2,59	0,44	-0,34	7,05	2,77	0,44	-0,34
11	4,34	1,70	0,60	0,29	11,88	3,84	0,46	0,07	6,42	2,51	0,60	0,29	7,22	2,82	0,60	0,29	7,74	3,02	0,60	0,29
12	4,76	1,74	0,57	0,25	13,02	3,93	0,50	0,09	7,04	2,58	0,57	0,25	7,92	2,90	0,57	0,25	8,48	3,11	0,57	0,25
Рік	4,12	1,50	0,56	0,10	11,81	3,48	0,50	0,18	6,52	2,37	0,56	0,11	7,49	2,72	0,56	0,11	8,13	2,95	0,56	0,11

Продовження табл. Б1

## 18. Мелітополь

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,35	1,60	0,31	-0,20	11,79	3,50	0,26	-0,08	6,43	2,36	0,31	-0,20	7,23	2,66	0,31	-0,20	7,75	2,85	0,31	-0,20
2	4,50	1,61	0,46	0,10	12,23	3,67	0,43	0,04	6,66	2,38	0,46	0,10	7,49	2,68	0,46	0,10	8,03	2,87	0,46	0,10
3	4,28	1,66	0,63	0,31	12,06	3,82	0,49	0,01	7,10	2,75	0,63	0,32	8,27	3,20	0,63	0,33	9,04	3,50	0,63	0,33
4	3,98	1,52	0,54	0,24	11,86	3,69	0,46	0,25	6,60	2,52	0,54	0,24	7,69	2,94	0,54	0,24	8,41	3,21	0,54	0,24
5	3,64	1,38	0,57	0,33	11,23	3,55	0,54	0,29	6,03	2,30	0,57	0,33	7,03	2,67	0,57	0,33	7,68	2,92	0,57	0,33
6	3,67	1,24	0,29	-0,05	11,40	3,32	0,35	-0,20	6,37	2,16	0,29	-0,06	7,52	2,55	0,29	-0,07	8,29	2,81	0,28	-0,07
7	3,61	1,23	0,39	-0,14	11,12	3,15	0,38	-0,15	6,27	2,13	0,39	-0,14	7,41	2,52	0,39	-0,14	8,16	2,77	0,39	-0,14
8	3,73	1,36	0,52	0,14	11,48	3,45	0,51	0,21	6,47	2,36	0,52	0,14	7,65	2,78	0,52	0,14	8,43	3,07	0,52	0,14
9	4,00	1,54	0,44	-0,07	11,59	3,68	0,38	-0,14	5,92	2,29	0,45	-0,05	6,66	2,57	0,45	-0,04	7,14	2,76	0,46	-0,03
10	3,95	1,64	0,52	-0,11	11,35	4,02	0,46	-0,10	5,84	2,43	0,52	-0,11	6,57	2,73	0,52	-0,11	7,04	2,93	0,52	-0,11
11	4,07	1,58	0,43	-0,11	11,50	3,80	0,34	-0,21	6,02	2,33	0,43	-0,11	6,77	2,62	0,43	-0,11	7,26	2,81	0,43	-0,11
12	4,36	1,68	0,45	0,25	11,85	3,90	0,47	0,43	6,45	2,48	0,45	0,25	7,25	2,79	0,45	0,25	7,77	2,99	0,45	0,25
Рік	4,01	1,50	0,46	0,06	11,62	3,63	0,42	0,03	6,35	2,37	0,46	0,06	7,30	2,73	0,46	0,06	7,92	2,96	0,46	0,06
2011-2030																				
1	4,31	1,50	0,26	-0,24	11,90	3,50	0,23	0,07	6,37	2,22	0,26	-0,24	7,17	2,50	0,26	-0,24	7,68	2,68	0,26	-0,24
2	4,41	1,58	0,14	-0,33	12,13	3,63	0,23	-0,01	6,52	2,34	0,14	-0,33	7,34	2,64	0,14	-0,33	7,86	2,82	0,14	-0,33
3	4,37	1,79	0,59	0,01	12,12	4,01	0,41	-0,30	7,24	2,98	0,59	0,01	8,43	3,47	0,59	0,01	9,22	3,79	0,59	0,01
4	4,00	1,51	0,55	0,26	11,80	3,61	0,41	0,14	6,63	2,50	0,55	0,26	7,72	2,91	0,55	0,26	8,45	3,19	0,55	0,26
5	3,70	1,32	0,43	-0,13	11,29	3,42	0,38	-0,12	6,14	2,19	0,43	-0,13	7,16	2,55	0,43	-0,13	7,83	2,78	0,43	-0,13
6	3,54	1,19	0,52	0,27	10,93	3,12	0,55	0,71	6,15	2,06	0,52	0,28	7,27	2,43	0,52	0,28	8,01	2,68	0,52	0,28
7	3,60	1,22	0,46	-0,11	11,06	3,07	0,41	-0,09	6,26	2,13	0,46	-0,11	7,39	2,51	0,46	-0,11	8,14	2,77	0,46	-0,11
8	3,83	1,41	0,47	0,29	11,57	3,48	0,45	0,65	6,66	2,45	0,47	0,29	7,87	2,89	0,47	0,29	8,67	3,19	0,47	0,29
9	4,21	1,60	0,54	0,33	12,20	3,79	0,26	-0,23	6,24	2,37	0,54	0,32	7,02	2,67	0,55	0,32	7,52	2,87	0,55	0,33
10	3,65	1,43	0,35	-0,20	10,49	3,40	0,23	-0,51	5,39	2,11	0,35	-0,20	6,07	2,37	0,35	-0,20	6,50	2,54	0,35	-0,20
11	4,30	1,64	0,45	-0,18	12,19	3,81	0,38	-0,17	6,36	2,43	0,45	-0,18	7,16	2,74	0,45	-0,18	7,67	2,93	0,45	-0,18
12	4,36	1,66	0,49	0,26	11,97	3,86	0,41	0,22	6,45	2,46	0,49	0,26	7,26	2,76	0,49	0,26	7,78	2,96	0,49	0,26
Рік	4,02	1,49	0,44	0,02	11,64	3,56	0,36	0,03	6,37	2,35	0,44	0,02	7,32	2,70	0,44	0,02	7,94	2,93	0,44	0,02
1931-2050																				
1	4,10	1,57	0,45	0,19	11,40	3,75	0,39	0,42	6,06	2,33	0,45	0,19	6,82	2,62	0,45	0,19	7,31	2,80	0,45	0,19
2	4,26	1,56	0,43	-0,21	11,88	3,79	0,48	-0,10	6,31	2,31	0,43	-0,21	7,10	2,60	0,43	-0,21	7,60	2,79	0,43	-0,21
3	4,18	1,70	0,54	0,08	11,83	3,97	0,44	-0,04	6,93	2,82	0,54	0,08	8,07	3,28	0,54	0,08	8,82	3,59	0,54	0,08
4	4,02	1,54	0,57	0,06	11,88	3,69	0,48	-0,19	6,68	2,56	0,57	0,06	7,78	2,98	0,57	0,06	8,51	3,26	0,57	0,06
5	3,69	1,35	0,49	-0,01	11,23	3,45	0,37	-0,02	6,12	2,23	0,49	-0,01	7,12	2,60	0,49	-0,01	7,79	2,85	0,49	-0,01
6	3,55	1,28	0,54	0,00	11,05	3,33	0,42	-0,08	6,16	2,22	0,54	0,00	7,28	2,63	0,54	0,00	8,02	2,89	0,54	0,01
7	3,62	1,29	0,40	0,27	11,19	3,33	0,41	0,22	6,29	2,25	0,40	0,27	7,42	2,65	0,40	0,27	8,18	2,92	0,40	0,27
8	3,84	1,39	0,53	0,23	11,60	3,34	0,36	-0,11	6,68	2,42	0,53	0,23	7,89	2,86	0,53	0,23	8,69	3,15	0,53	0,23
9	3,87	1,36	0,37	-0,22	11,72	3,60	0,47	0,37	5,73	2,03	0,39	-0,19	6,46	2,29	0,40	-0,16	6,92	2,46	0,41	-0,14
10	3,78	1,60	0,68	0,16	10,69	3,71	0,51	-0,30	5,59	2,37	0,68	0,16	6,29	2,67	0,68	0,16	6,74	2,86	0,68	0,16
11	4,11	1,74	0,59	0,33	11,37	4,00	0,44	-0,04	6,08	2,58	0,59	0,33	6,84	2,90	0,59	0,33	7,33	3,11	0,59	0,33
12	4,45	1,64	0,43	-0,16	12,44	3,89	0,63	0,46	6,58	2,42	0,43	-0,16	7,40	2,73	0,43	-0,16	7,93	2,92	0,43	-0,16
Рік	3,96	1,50	0,50	0,06	11,52	3,66	0,45	0,05	6,27	2,38	0,50	0,06	7,21	2,73	0,50	0,07	7,82	2,97	0,50	0,07

Продовження табл. Б1

## 19. Джанкой

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,82	1,90	0,38	0,10	12,57	4,09	0,27	-0,06	7,14	2,80	0,38	0,10	8,03	3,16	0,38	0,10	8,60	3,38	0,38	0,10
2	4,99	1,94	0,59	0,30	13,00	4,06	0,52	0,25	7,38	2,87	0,59	0,30	8,31	3,23	0,59	0,30	8,90	3,46	0,59	0,30
3	4,65	2,03	0,73	0,46	12,59	4,47	0,57	0,23	7,71	3,36	0,73	0,48	8,97	3,91	0,73	0,48	9,81	4,27	0,73	0,49
4	4,03	1,75	0,74	0,51	11,52	3,95	0,56	0,08	6,68	2,91	0,74	0,51	7,78	3,39	0,74	0,51	8,51	3,71	0,74	0,51
5	3,76	1,63	0,79	0,88	10,94	3,82	0,68	0,40	6,25	2,70	0,79	0,88	7,28	3,14	0,79	0,88	7,96	3,44	0,79	0,88
6	3,69	1,45	0,46	-0,37	10,77	3,53	0,50	-0,19	6,42	2,52	0,46	-0,37	7,58	2,98	0,46	-0,37	8,35	3,28	0,46	-0,37
7	3,67	1,31	0,44	-0,23	10,80	3,09	0,44	-0,05	6,38	2,28	0,44	-0,23	7,53	2,69	0,44	-0,23	8,30	2,96	0,44	-0,23
8	3,78	1,46	0,62	0,13	11,11	3,56	0,68	0,45	6,56	2,54	0,62	0,13	7,75	3,00	0,62	0,13	8,55	3,31	0,62	0,13
9	4,32	1,85	0,68	0,28	11,89	4,10	0,56	0,08	6,41	2,75	0,69	0,29	7,21	3,10	0,69	0,30	7,73	3,32	0,69	0,31
10	4,38	2,05	0,67	0,08	11,89	4,59	0,53	-0,04	6,48	3,03	0,67	0,08	7,29	3,41	0,67	0,08	7,81	3,65	0,67	0,08
11	4,54	1,93	0,62	0,26	12,27	4,44	0,58	0,22	6,72	2,85	0,62	0,26	7,56	3,21	0,62	0,26	8,10	3,44	0,62	0,26
12	4,99	1,96	0,43	0,02	12,86	4,22	0,41	-0,06	7,39	2,90	0,43	0,02	8,31	3,26	0,43	0,02	8,90	3,49	0,43	0,02
Рік	4,30	1,77	0,60	0,20	11,85	3,99	0,52	0,11	6,79	2,79	0,60	0,20	7,80	3,21	0,60	0,21	8,46	3,48	0,60	0,21
2011-2030																				
1	4,88	1,79	0,27	-0,28	12,91	3,94	0,00	-0,34	7,22	2,64	0,27	-0,28	8,12	2,97	0,27	-0,28	8,70	3,18	0,27	-0,28
2	4,97	1,81	0,28	-0,15	12,96	3,95	0,27	-0,03	7,35	2,68	0,28	-0,15	8,27	3,02	0,28	-0,15	8,86	3,23	0,28	-0,15
3	4,72	2,12	0,72	0,19	12,61	4,51	0,55	-0,05	7,83	3,52	0,72	0,20	9,11	4,10	0,72	0,20	9,96	4,49	0,72	0,20
4	4,18	1,81	0,70	0,41	11,70	4,14	0,75	0,53	6,93	3,01	0,70	0,41	8,08	3,50	0,70	0,41	8,83	3,83	0,70	0,41
5	3,72	1,48	0,51	-0,19	10,74	3,47	0,57	0,01	6,17	2,45	0,51	-0,19	7,19	2,85	0,51	-0,19	7,86	3,12	0,51	-0,19
6	3,56	1,34	0,58	0,10	10,39	3,28	0,68	0,34	6,19	2,32	0,58	0,11	7,31	2,74	0,58	0,11	8,05	3,02	0,59	0,11
7	3,57	1,34	0,46	-0,02	10,48	3,11	0,50	0,21	6,21	2,32	0,46	-0,02	7,33	2,74	0,46	-0,02	8,08	3,02	0,46	-0,02
8	3,97	1,53	0,51	0,12	11,39	3,57	0,48	0,08	6,91	2,66	0,51	0,12	8,16	3,14	0,51	0,12	8,99	3,46	0,51	0,12
9	4,53	1,94	0,64	0,42	12,33	4,26	0,52	0,23	6,72	2,87	0,65	0,43	7,56	3,23	0,66	0,44	8,10	3,46	0,66	0,44
10	4,03	1,75	0,51	0,02	10,90	3,78	0,35	-0,29	5,96	2,59	0,51	0,02	6,70	2,92	0,51	0,02	7,18	3,12	0,51	0,02
11	4,86	1,98	0,47	-0,13	13,04	4,40	0,49	-0,03	7,18	2,93	0,47	-0,13	8,08	3,30	0,47	-0,13	8,66	3,54	0,47	-0,13
12	4,92	2,00	0,55	0,30	12,99	4,43	0,38	-0,16	7,28	2,95	0,55	0,30	8,19	3,32	0,55	0,30	8,78	3,56	0,55	0,30
Рік	4,33	1,74	0,52	0,07	11,87	3,90	0,46	0,04	6,83	2,75	0,52	0,07	7,84	3,15	0,52	0,07	8,50	3,42	0,52	0,07
1931-2050																				
1	4,51	1,80	0,52	0,18	12,01	4,04	0,42	0,05	6,67	2,67	0,52	0,18	7,51	3,00	0,52	0,18	8,04	3,21	0,52	0,18
2	4,78	1,87	0,40	-0,12	12,68	4,27	0,40	-0,38	7,08	2,76	0,40	-0,12	7,96	3,11	0,40	-0,12	8,53	3,33	0,40	-0,12
3	4,52	1,94	0,58	0,01	12,24	4,26	0,48	-0,20	7,50	3,22	0,57	0,00	8,73	3,74	0,57	0,00	9,54	4,09	0,57	0,00
4	4,10	1,71	0,63	0,31	11,64	3,91	0,56	0,07	6,80	2,84	0,63	0,31	7,92	3,30	0,63	0,31	8,65	3,61	0,63	0,31
5	3,71	1,57	0,56	-0,10	10,67	3,68	0,56	0,06	6,16	2,60	0,56	-0,10	7,18	3,03	0,56	-0,10	7,85	3,31	0,56	-0,10
6	3,60	1,46	0,52	-0,17	10,51	3,38	0,45	-0,11	6,25	2,54	0,52	-0,16	7,37	3,00	0,52	-0,16	8,13	3,30	0,52	-0,16
7	3,62	1,38	0,59	0,29	10,80	3,28	0,63	0,72	6,29	2,40	0,59	0,29	7,43	2,83	0,59	0,29	8,19	3,12	0,59	0,29
8	4,02	1,57	0,72	0,29	11,53	3,54	0,53	-0,11	6,98	2,73	0,72	0,29	8,25	3,23	0,72	0,29	9,09	3,56	0,72	0,29
9	4,17	1,65	0,49	0,15	11,79	3,88	0,53	0,52	6,18	2,45	0,49	0,12	6,96	2,76	0,49	0,12	7,46	2,96	0,49	0,12
10	4,21	1,95	0,73	0,25	11,22	4,10	0,53	-0,14	6,23	2,89	0,73	0,25	7,01	3,25	0,73	0,25	7,51	3,48	0,73	0,25
11	4,64	2,12	0,61	0,38	12,17	4,45	0,42	0,00	6,86	3,13	0,61	0,38	7,71	3,52	0,61	0,38	8,26	3,77	0,61	0,38
12	5,12	1,94	0,40	-0,18	13,47	4,30	0,48	0,14	7,57	2,87	0,40	-0,18	8,52	3,22	0,40	-0,18	9,13	3,46	0,40	-0,18
Рік	4,25	1,75	0,56	0,11	11,73	3,92	0,50	0,05	6,71	2,76	0,56	0,10	7,71	3,17	0,56	0,10	8,37	3,43	0,56	0,10

Продовження табл. Б1

## 20. Ужгород

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	2,93	1,00	0,50	0,82	10,13	2,88	0,70	1,11	4,33	1,48	0,50	0,82	4,87	1,67	0,50	0,82	5,22	1,79	0,50	0,82
2	3,08	1,14	0,74	0,65	10,79	3,22	0,60	-0,02	4,56	1,69	0,74	0,65	5,13	1,90	0,74	0,65	5,50	2,04	0,74	0,65
3	3,28	1,18	0,75	0,51	11,44	3,35	0,61	0,13	5,43	1,96	0,74	0,49	6,32	2,28	0,74	0,49	6,91	2,49	0,74	0,50
4	3,19	1,04	0,57	0,37	11,78	3,11	0,36	-0,11	5,29	1,72	0,57	0,37	6,16	2,01	0,57	0,37	6,74	2,19	0,57	0,37
5	2,93	1,03	0,73	0,54	11,31	3,32	0,58	-0,10	4,87	1,70	0,73	0,54	5,67	1,98	0,73	0,54	6,20	2,17	0,73	0,54
6	2,73	0,90	0,78	0,87	11,03	3,06	0,55	0,34	4,74	1,57	0,78	0,88	5,59	1,86	0,78	0,89	6,16	2,04	0,78	0,89
7	2,73	0,94	0,91	1,27	10,82	2,96	0,69	0,54	4,75	1,64	0,91	1,27	5,61	1,94	0,91	1,27	6,18	2,14	0,91	1,27
8	2,67	0,87	0,71	0,53	10,49	2,81	0,70	0,31	4,64	1,51	0,71	0,53	5,47	1,78	0,71	0,53	6,03	1,96	0,71	0,53
9	2,75	0,94	0,78	0,70	10,49	3,02	0,80	0,58	4,08	1,39	0,77	0,70	4,59	1,57	0,77	0,69	4,92	1,68	0,77	0,69
10	2,74	0,98	0,69	0,63	10,06	3,08	0,82	1,14	4,05	1,46	0,69	0,63	4,56	1,64	0,69	0,63	4,88	1,75	0,69	0,63
11	2,99	1,08	0,63	0,14	10,58	3,19	0,64	0,25	4,43	1,60	0,63	0,14	4,98	1,80	0,63	0,14	5,34	1,92	0,63	0,14
12	2,81	0,99	0,76	1,52	9,76	2,91	0,82	1,35	4,16	1,46	0,76	1,52	4,68	1,64	0,76	1,52	5,01	1,76	0,76	1,52
Рік	2,90	1,01	0,71	0,71	10,72	3,07	0,66	0,46	4,61	1,60	0,71	0,71	5,30	1,84	0,71	0,71	5,76	1,99	0,71	0,71
2011-2030																				
1	2,80	0,93	0,55	0,33	9,96	2,98	0,69	0,44	4,15	1,38	0,55	0,33	4,67	1,56	0,55	0,33	5,00	1,67	0,55	0,33
2	2,99	1,12	0,70	0,52	10,46	3,13	0,67	0,20	4,42	1,65	0,70	0,52	4,98	1,86	0,70	0,52	5,33	1,99	0,70	0,52
3	3,23	1,16	0,47	0,07	11,25	3,22	0,53	0,26	5,35	1,93	0,48	0,09	6,23	2,24	0,48	0,10	6,81	2,45	0,48	0,10
4	3,21	1,09	0,51	0,25	11,93	3,32	0,54	0,32	5,33	1,82	0,51	0,25	6,21	2,11	0,51	0,25	6,79	2,31	0,51	0,25
5	2,97	1,04	0,59	0,11	11,44	3,31	0,62	0,48	4,93	1,73	0,59	0,11	5,75	2,01	0,59	0,11	6,28	2,20	0,59	0,11
6	2,72	0,95	0,64	0,49	10,92	3,12	0,51	0,09	4,73	1,66	0,64	0,49	5,59	1,96	0,64	0,50	6,16	2,15	0,64	0,50
7	2,68	0,84	0,47	-0,26	10,53	2,73	0,48	-0,07	4,66	1,47	0,47	-0,26	5,51	1,73	0,47	-0,26	6,07	1,91	0,47	-0,26
8	2,80	0,93	0,49	0,01	10,81	2,80	0,49	0,11	4,87	1,62	0,49	0,01	5,76	1,92	0,49	0,01	6,34	2,11	0,49	0,01
9	2,86	0,97	0,67	0,41	10,79	3,04	0,59	0,19	4,24	1,45	0,69	0,49	4,78	1,63	0,69	0,52	5,12	1,75	0,70	0,55
10	2,74	0,91	0,81	0,91	10,15	2,80	0,76	0,56	4,05	1,35	0,81	0,91	4,55	1,52	0,81	0,91	4,88	1,63	0,81	0,91
11	3,16	1,21	0,78	1,01	11,22	3,72	0,74	0,61	4,67	1,79	0,78	1,01	5,26	2,01	0,78	1,01	5,63	2,16	0,78	1,01
12	2,98	0,99	0,63	0,90	10,33	2,89	0,50	0,44	4,40	1,47	0,63	0,90	4,95	1,65	0,63	0,90	5,31	1,77	0,63	0,90
Рік	2,93	1,01	0,61	0,39	10,81	3,09	0,59	0,30	4,65	1,61	0,61	0,40	5,35	1,85	0,61	0,41	5,81	2,01	0,61	0,41
1931-2050																				
1	2,94	1,02	0,63	1,40	10,10	2,87	0,63	0,95	4,35	1,51	0,63	1,40	4,90	1,70	0,63	1,40	5,25	1,82	0,63	1,40
2	2,92	1,02	0,79	1,36	10,14	2,91	0,69	0,92	4,32	1,51	0,79	1,36	4,86	1,70	0,79	1,36	5,21	1,82	0,79	1,36
3	3,16	1,08	0,56	0,54	11,26	3,09	0,41	0,00	5,25	1,79	0,57	0,55	6,11	2,08	0,57	0,55	6,68	2,28	0,57	0,55
4	3,19	1,10	0,68	0,64	11,80	3,26	0,47	-0,17	5,29	1,83	0,68	0,64	6,16	2,13	0,68	0,64	6,74	2,33	0,68	0,64
5	2,95	1,04	0,71	0,49	11,35	3,35	0,77	0,80	4,90	1,73	0,71	0,49	5,71	2,01	0,71	0,49	6,24	2,20	0,71	0,49
6	2,67	0,88	0,68	0,29	10,82	3,06	0,56	0,22	4,64	1,53	0,68	0,29	5,48	1,81	0,68	0,29	6,04	2,00	0,68	0,29
7	2,68	0,93	0,71	0,32	10,71	2,95	0,62	0,23	4,66	1,61	0,71	0,32	5,51	1,90	0,71	0,32	6,07	2,10	0,71	0,32
8	2,69	0,89	0,71	0,45	10,43	2,80	0,50	-0,16	4,67	1,55	0,71	0,45	5,51	1,83	0,71	0,45	6,08	2,01	0,71	0,45
9	2,74	0,87	0,66	0,74	10,32	2,76	0,73	0,97	4,06	1,29	0,66	0,70	4,57	1,46	0,66	0,69	4,89	1,56	0,67	0,69
10	2,81	0,97	0,64	0,56	10,14	2,91	0,70	0,36	4,16	1,43	0,64	0,56	4,68	1,61	0,64	0,56	5,01	1,72	0,64	0,56
11	2,81	1,00	0,58	0,56	9,90	3,02	0,88	1,17	4,15	1,48	0,58	0,56	4,67	1,66	0,58	0,56	5,00	1,78	0,58	0,56
12	2,92	1,05	0,68	0,42	10,52	3,15	0,56	0,31	4,32	1,55	0,68	0,42	4,86	1,74	0,68	0,42	5,21	1,87	0,68	0,42
Рік	2,87	0,99	0,67	0,65	10,62	3,01	0,63	0,47	4,56	1,57	0,67	0,64	5,25	1,80	0,67	0,64	5,70	1,96	0,67	0,64

Продовження табл. Б1

## 21. Чернівці

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,51	1,57	0,62	0,10	10,65	3,83	0,41	-0,06	5,19	2,33	0,62	0,10	5,84	2,62	0,62	0,10	6,26	2,80	0,62	0,10
2	3,69	1,59	0,80	0,43	11,11	3,96	0,74	0,29	5,45	2,34	0,80	0,43	6,14	2,64	0,80	0,43	6,57	2,83	0,80	0,43
3	3,63	1,54	0,76	0,72	11,18	3,83	0,50	0,09	6,02	2,54	0,75	0,66	7,02	2,96	0,74	0,64	7,67	3,23	0,74	0,64
4	3,51	1,42	0,67	0,06	11,39	3,93	0,62	0,02	5,83	2,35	0,67	0,06	6,79	2,74	0,67	0,06	7,42	2,99	0,67	0,06
5	3,49	1,40	0,64	0,05	11,54	3,76	0,41	-0,18	5,80	2,32	0,64	0,05	6,75	2,71	0,64	0,05	7,38	2,96	0,64	0,05
6	3,57	1,48	0,76	0,38	12,01	4,11	0,49	-0,25	6,20	2,56	0,76	0,38	7,32	3,03	0,76	0,38	8,07	3,34	0,76	0,38
7	3,28	1,27	0,63	-0,06	11,02	3,49	0,49	-0,07	5,70	2,21	0,63	-0,06	6,73	2,61	0,63	-0,06	7,42	2,88	0,63	-0,06
8	3,39	1,40	0,69	0,05	11,18	3,85	0,51	-0,14	5,90	2,43	0,69	0,05	6,96	2,87	0,69	0,05	7,68	3,16	0,69	0,05
9	3,26	1,41	0,67	0,20	10,55	3,85	0,61	0,10	4,83	2,08	0,67	0,19	5,43	2,35	0,67	0,18	5,82	2,51	0,67	0,18
10	3,12	1,47	0,94	0,75	10,17	4,08	0,85	0,76	4,61	2,18	0,94	0,75	5,19	2,45	0,94	0,75	5,56	2,62	0,94	0,75
11	3,45	1,55	0,61	0,05	10,69	4,00	0,52	-0,09	5,10	2,29	0,61	0,05	5,73	2,57	0,61	0,05	6,14	2,76	0,61	0,05
12	3,69	1,74	0,65	-0,16	11,07	4,26	0,45	-0,35	5,46	2,58	0,65	-0,16	6,14	2,90	0,65	-0,16	6,58	3,11	0,65	-0,16
Рік	3,47	1,49	0,70	0,21	11,05	3,91	0,55	0,01	5,51	2,35	0,70	0,21	6,34	2,70	0,70	0,21	6,88	2,93	0,70	0,21
2011-2030																				
1	3,51	1,64	0,75	0,25	10,95	4,24	0,66	0,45	5,19	2,42	0,75	0,25	5,84	2,72	0,75	0,25	6,26	2,92	0,75	0,25
2	3,67	1,67	0,61	-0,06	11,25	4,20	0,44	-0,30	5,43	2,47	0,61	-0,06	6,11	2,78	0,61	-0,06	6,55	2,98	0,61	-0,06
3	3,58	1,55	0,78	0,57	10,94	4,02	0,62	0,16	5,94	2,57	0,79	0,57	6,92	3,00	0,79	0,57	7,56	3,28	0,79	0,57
4	3,64	1,42	0,57	-0,01	11,80	4,09	0,53	-0,17	6,04	2,36	0,57	-0,01	7,03	2,75	0,57	-0,01	7,69	3,01	0,57	-0,01
5	3,50	1,45	0,51	-0,16	11,42	3,86	0,33	-0,40	5,81	2,40	0,51	-0,16	6,77	2,80	0,51	-0,16	7,40	3,06	0,51	-0,16
6	3,38	1,29	0,55	-0,16	11,35	3,64	0,33	-0,33	5,87	2,25	0,54	-0,17	6,94	2,65	0,54	-0,18	7,64	2,92	0,54	-0,18
7	3,26	1,28	0,65	0,02	10,89	3,69	0,54	-0,18	5,67	2,23	0,65	0,02	6,69	2,63	0,65	0,02	7,38	2,90	0,65	0,02
8	3,35	1,38	0,78	0,43	10,92	3,81	0,67	0,20	5,82	2,39	0,78	0,43	6,87	2,82	0,78	0,43	7,57	3,11	0,78	0,43
9	3,44	1,39	0,63	0,14	11,08	3,76	0,46	-0,17	5,10	2,07	0,63	0,11	5,74	2,33	0,63	0,11	6,15	2,50	0,63	0,10
10	3,05	1,32	0,81	0,32	9,90	3,69	0,75	0,40	4,51	1,96	0,81	0,32	5,07	2,20	0,81	0,32	5,43	2,36	0,81	0,32
11	3,63	1,75	0,70	-0,03	11,44	4,66	0,58	0,01	5,37	2,60	0,70	-0,03	6,05	2,92	0,70	-0,03	6,48	3,13	0,70	-0,03
12	3,37	1,61	0,84	0,56	10,42	4,05	0,67	0,23	4,99	2,37	0,84	0,56	5,61	2,67	0,84	0,56	6,01	2,86	0,84	0,56
Рік	3,45	1,48	0,68	0,16	11,03	3,98	0,55	-0,01	5,48	2,34	0,68	0,15	6,30	2,69	0,68	0,15	6,84	2,92	0,68	0,15
1931-2050																				
1	3,12	1,43	0,75	0,31	9,80	3,60	0,60	0,05	4,62	2,12	0,75	0,31	5,19	2,38	0,75	0,31	5,56	2,55	0,75	0,31
2	3,55	1,59	0,74	0,20	10,93	4,03	0,58	0,00	5,25	2,36	0,74	0,20	5,91	2,65	0,74	0,20	6,33	2,84	0,74	0,20
3	3,61	1,50	0,65	0,06	11,20	4,03	0,68	0,42	5,98	2,49	0,65	0,08	6,96	2,90	0,66	0,08	7,61	3,17	0,66	0,08
4	3,69	1,47	0,78	0,53	11,82	4,02	0,61	0,21	6,12	2,43	0,78	0,53	7,13	2,83	0,78	0,53	7,79	3,10	0,78	0,53
5	3,40	1,34	0,67	0,43	11,26	3,89	0,72	0,59	5,65	2,23	0,67	0,43	6,58	2,59	0,67	0,43	7,19	2,83	0,67	0,43
6	3,51	1,38	0,51	-0,12	11,65	3,83	0,40	-0,14	6,10	2,40	0,51	-0,12	7,20	2,84	0,51	-0,11	7,93	3,13	0,51	-0,11
7	3,22	1,29	0,75	0,02	10,86	3,65	0,57	0,13	5,59	2,25	0,75	0,02	6,60	2,66	0,75	0,02	7,27	2,93	0,75	0,02
8	3,24	1,35	0,77	0,62	10,73	3,70	0,52	0,00	5,64	2,35	0,77	0,62	6,66	2,78	0,77	0,62	7,34	3,06	0,77	0,62
9	3,34	1,40	0,78	0,62	10,93	3,89	0,52	-0,11	4,94	2,08	0,78	0,59	5,56	2,34	0,77	0,58	5,96	2,51	0,77	0,58
10	3,14	1,49	0,77	0,18	9,98	3,91	0,69	0,37	4,64	2,21	0,77	0,18	5,22	2,48	0,77	0,18	5,59	2,66	0,77	0,18
11	3,26	1,54	0,61	0,14	10,16	3,94	0,54	0,08	4,83	2,28	0,61	0,14	5,43	2,56	0,61	0,14	5,82	2,74	0,61	0,14
12	3,93	1,79	0,61	-0,01	11,88	4,53	0,56	0,32	5,82	2,64	0,61	-0,01	6,55	2,97	0,61	-0,01	7,01	3,19	0,61	-0,01
Рік	3,42	1,47	0,70	0,25	10,93	3,92	0,58	0,16	5,43	2,32	0,70	0,25	6,25	2,67	0,70	0,25	6,78	2,89	0,70	0,25

Продовження табл. Б1

## 22. Миронівка

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,10	1,35	0,21	-0,09	11,44	3,18	0,27	-0,10	6,07	2,00	0,21	-0,09	6,83	2,25	0,21	-0,09	7,32	2,41	0,21	-0,09
2	4,00	1,34	0,22	-0,25	11,15	3,11	0,15	-0,44	5,91	1,98	0,22	-0,25	6,65	2,22	0,22	-0,25	7,12	2,38	0,22	-0,25
3	3,92	1,41	0,49	0,31	11,36	3,45	0,40	0,12	6,49	2,34	0,49	0,33	7,56	2,73	0,49	0,33	8,26	2,98	0,49	0,33
4	3,82	1,30	0,35	0,01	11,65	3,45	0,51	0,54	6,34	2,15	0,35	0,01	7,39	2,51	0,35	0,01	8,08	2,74	0,35	0,01
5	3,58	1,29	0,40	-0,21	11,40	3,34	0,25	-0,26	5,94	2,14	0,40	-0,21	6,91	2,49	0,40	-0,21	7,56	2,72	0,40	-0,21
6	3,73	1,22	0,38	-0,07	12,11	3,36	0,35	-0,08	6,49	2,12	0,38	-0,07	7,66	2,50	0,38	-0,07	8,44	2,76	0,38	-0,07
7	3,41	1,21	0,19	-0,37	11,06	3,26	0,17	-0,45	5,92	2,10	0,19	-0,37	7,00	2,48	0,19	-0,37	7,71	2,73	0,19	-0,37
8	3,66	1,30	0,44	-0,06	11,75	3,48	0,25	-0,38	6,36	2,26	0,44	-0,06	7,51	2,67	0,44	-0,06	8,28	2,94	0,44	-0,06
9	3,70	1,29	0,28	0,02	11,39	3,51	0,40	0,17	5,48	1,91	0,27	0,01	6,17	2,15	0,27	0,01	6,61	2,30	0,27	0,00
10	3,67	1,42	0,38	0,02	10,96	3,55	0,30	-0,22	5,43	2,10	0,38	0,02	6,11	2,36	0,38	0,02	6,54	2,53	0,38	0,02
11	3,88	1,29	0,15	0,11	11,35	3,31	0,22	0,01	5,74	1,91	0,15	0,11	6,46	2,15	0,15	0,11	6,92	2,31	0,15	0,11
12	4,13	1,38	0,38	0,13	11,51	3,23	0,30	-0,01	6,11	2,04	0,38	0,13	6,88	2,30	0,38	0,13	7,37	2,46	0,38	0,13
Рік	3,80	1,32	0,32	-0,04	11,43	3,35	0,30	-0,09	6,02	2,09	0,32	-0,04	6,93	2,40	0,32	-0,04	7,52	2,60	0,32	-0,04
2011-2030																				
1	4,01	1,36	0,22	-0,24	11,35	3,35	0,27	-0,01	5,94	2,01	0,22	-0,24	6,68	2,27	0,22	-0,24	7,16	2,43	0,22	-0,24
2	4,06	1,35	0,16	-0,38	11,54	3,23	0,25	-0,03	6,01	1,99	0,16	-0,38	6,76	2,24	0,16	-0,38	7,24	2,40	0,16	-0,38
3	4,03	1,38	0,25	-0,27	11,37	3,28	0,24	-0,03	6,68	2,28	0,26	-0,27	7,78	2,66	0,26	-0,26	8,50	2,91	0,26	-0,26
4	3,87	1,35	0,36	-0,06	11,72	3,50	0,36	0,25	6,43	2,24	0,36	-0,06	7,49	2,61	0,36	-0,06	8,19	2,86	0,36	-0,06
5	3,58	1,27	0,37	-0,01	11,49	3,48	0,32	-0,07	5,94	2,10	0,37	-0,01	6,91	2,45	0,37	-0,01	7,56	2,68	0,37	-0,01
6	3,44	1,20	0,37	0,00	11,24	3,21	0,30	0,02	5,97	2,09	0,37	-0,01	7,06	2,47	0,37	-0,01	7,78	2,72	0,37	-0,01
7	3,46	1,21	0,37	-0,31	11,16	3,35	0,43	0,26	6,00	2,10	0,37	-0,31	7,09	2,49	0,37	-0,31	7,82	2,74	0,37	-0,31
8	3,66	1,33	0,47	0,05	11,57	3,58	0,51	0,22	6,37	2,32	0,47	0,05	7,52	2,74	0,47	0,05	8,29	3,02	0,47	0,05
9	3,90	1,39	0,38	-0,09	11,86	3,54	0,22	-0,09	5,78	2,05	0,37	-0,09	6,50	2,30	0,37	-0,09	6,97	2,47	0,37	-0,09
10	3,54	1,31	0,51	-0,04	10,69	3,44	0,45	-0,01	5,23	1,94	0,51	-0,04	5,89	2,18	0,51	-0,04	6,31	2,33	0,51	-0,04
11	4,13	1,50	0,35	0,03	12,04	3,88	0,27	-0,24	6,11	2,22	0,35	0,03	6,88	2,49	0,35	0,03	7,37	2,67	0,35	0,03
12	4,05	1,33	0,32	-0,06	11,31	3,27	0,38	0,11	5,99	1,97	0,32	-0,06	6,74	2,22	0,32	-0,06	7,22	2,37	0,32	-0,06
Рік	3,81	1,33	0,34	-0,11	11,45	3,43	0,33	0,03	6,04	2,11	0,34	-0,11	6,94	2,43	0,34	-0,11	7,53	2,63	0,34	-0,11
1931-2050																				
1	3,88	1,27	0,19	-0,28	10,91	3,01	0,34	0,30	5,74	1,88	0,19	-0,28	6,46	2,12	0,19	-0,28	6,92	2,27	0,19	-0,28
2	3,93	1,25	0,24	-0,25	11,21	3,08	0,34	0,23	5,81	1,85	0,24	-0,25	6,54	2,08	0,24	-0,25	7,00	2,23	0,24	-0,25
3	3,91	1,41	0,32	-0,03	11,39	3,51	0,38	0,21	6,48	2,33	0,33	-0,01	7,54	2,71	0,33	-0,01	8,25	2,97	0,33	0,00
4	3,89	1,32	0,21	-0,28	11,91	3,35	0,22	0,07	6,46	2,19	0,21	-0,28	7,53	2,55	0,21	-0,28	8,23	2,78	0,21	-0,28
5	3,60	1,29	0,29	-0,19	11,37	3,50	0,29	-0,19	5,97	2,14	0,29	-0,19	6,96	2,49	0,29	-0,19	7,61	2,73	0,29	-0,19
6	3,69	1,24	0,39	-0,09	11,82	3,36	0,27	-0,19	6,40	2,15	0,39	-0,09	7,56	2,54	0,39	-0,08	8,33	2,80	0,39	-0,08
7	3,47	1,24	0,34	-0,21	11,36	3,34	0,24	-0,35	6,03	2,15	0,34	-0,21	7,13	2,54	0,34	-0,21	7,85	2,79	0,34	-0,21
8	3,53	1,29	0,43	0,02	11,30	3,39	0,24	0,04	6,13	2,23	0,43	0,02	7,24	2,64	0,43	0,02	7,98	2,91	0,43	0,02
9	3,70	1,24	0,22	-0,28	11,52	3,35	0,10	-0,24	5,48	1,84	0,24	-0,24	6,17	2,08	0,25	-0,21	6,62	2,23	0,26	-0,19
10	3,47	1,34	0,44	0,21	10,34	3,47	0,47	0,40	5,14	1,99	0,44	0,21	5,78	2,24	0,44	0,21	6,19	2,39	0,44	0,21
11	3,89	1,51	0,50	0,18	11,16	3,77	0,53	0,28	5,75	2,23	0,50	0,18	6,47	2,51	0,50	0,18	6,93	2,69	0,50	0,18
12	4,31	1,43	0,23	-0,10	12,15	3,43	0,30	0,22	6,38	2,11	0,23	-0,10	7,17	2,38	0,23	-0,10	7,69	2,55	0,23	-0,10
Рік	3,77	1,32	0,32	-0,11	11,37	3,38	0,31	0,07	5,98	2,09	0,32	-0,10	6,88	2,41	0,32	-0,10	7,47	2,61	0,32	-0,10

Таблиця Б2 – Статистичні характеристики приземних швидкостей і поривів вітру та швидкостей вітру на висотах 100м, 200м, 300м.  
Сценарій А2

1. Житомир

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,06	1,46	0,30	-0,20	10,58	3,93	0,31	-0,18	6,00	2,16	0,30	-0,20	6,75	2,43	0,30	-0,20	7,23	2,60	0,30	-0,20
2	3,91	1,30	0,24	-0,23	10,51	3,71	0,22	-0,20	5,79	1,92	0,24	-0,23	6,51	2,16	0,24	-0,23	6,98	2,31	0,24	-0,23
3	3,95	1,44	0,35	-0,07	10,36	3,86	0,32	-0,05	6,56	2,39	0,34	-0,09	7,63	2,78	0,34	-0,09	8,34	3,04	0,34	-0,09
4	3,50	1,27	0,43	0,36	9,51	3,54	0,31	-0,17	5,81	2,10	0,43	0,36	6,77	2,45	0,43	0,36	7,40	2,68	0,43	0,36
5	3,20	1,18	0,24	-0,28	8,53	3,28	0,25	-0,28	5,32	1,96	0,24	-0,28	6,19	2,28	0,24	-0,28	6,77	2,49	0,24	-0,28
6	3,29	1,21	0,31	-0,31	8,81	3,26	0,20	-0,47	5,72	2,10	0,31	-0,30	6,75	2,48	0,31	-0,30	7,44	2,73	0,31	-0,30
7	3,24	1,16	0,33	-0,15	8,74	3,27	0,41	-0,23	5,63	2,02	0,33	-0,15	6,65	2,39	0,33	-0,15	7,33	2,63	0,33	-0,15
8	3,05	1,13	0,39	-0,11	8,22	3,25	0,30	-0,36	5,31	1,96	0,39	-0,11	6,27	2,32	0,39	-0,11	6,91	2,56	0,39	-0,11
9	3,34	1,23	0,47	0,19	9,06	3,49	0,31	-0,02	4,95	1,81	0,47	0,19	5,57	2,04	0,47	0,19	5,97	2,19	0,47	0,18
10	3,37	1,27	0,47	0,19	8,94	3,66	0,29	-0,28	4,98	1,88	0,47	0,19	5,61	2,12	0,47	0,19	6,01	2,27	0,47	0,19
11	3,88	1,36	0,25	-0,19	10,56	3,90	0,19	-0,27	5,74	2,01	0,25	-0,19	6,45	2,26	0,25	-0,19	6,91	2,42	0,25	-0,19
12	4,14	1,38	0,18	0,05	10,96	3,86	0,05	-0,20	6,12	2,04	0,18	0,05	6,89	2,29	0,18	0,05	7,38	2,45	0,18	0,05
Рік	3,58	1,28	0,33	-0,06	9,56	3,58	0,26	-0,23	5,66	2,03	0,33	-0,06	6,50	2,33	0,33	-0,06	7,06	2,53	0,33	-0,06
2011-2030																				
1	4,13	1,43	0,28	-0,15	11,01	3,97	0,31	-0,10	6,10	2,12	0,28	-0,15	6,87	2,38	0,28	-0,15	7,36	2,55	0,28	-0,15
2	4,09	1,37	0,32	-0,09	10,86	3,98	0,46	0,11	6,05	2,03	0,32	-0,09	6,80	2,28	0,32	-0,09	7,29	2,44	0,32	-0,09
3	3,67	1,37	0,29	-0,41	9,69	3,61	0,17	-0,37	6,09	2,26	0,29	-0,41	7,09	2,63	0,29	-0,40	7,75	2,88	0,29	-0,40
4	3,46	1,27	0,53	0,30	9,25	3,46	0,34	-0,13	5,74	2,10	0,53	0,30	6,68	2,45	0,53	0,30	7,31	2,68	0,53	0,30
5	3,38	1,25	0,51	0,26	9,11	3,35	0,32	-0,11	5,60	2,07	0,51	0,26	6,53	2,41	0,51	0,26	7,14	2,63	0,51	0,26
6	3,15	1,15	0,25	-0,30	8,54	3,27	0,36	-0,02	5,47	2,00	0,25	-0,30	6,45	2,36	0,25	-0,30	7,11	2,60	0,25	-0,30
7	3,25	1,22	0,42	-0,05	8,88	3,47	0,41	-0,01	5,65	2,12	0,42	-0,05	6,67	2,51	0,42	-0,05	7,36	2,77	0,42	-0,05
8	3,12	1,17	0,44	-0,11	8,43	3,28	0,36	-0,20	5,42	2,03	0,44	-0,11	6,41	2,39	0,44	-0,11	7,06	2,64	0,44	-0,11
9	3,25	1,18	0,37	-0,06	8,82	3,38	0,36	-0,14	4,81	1,75	0,36	-0,08	5,41	1,97	0,37	-0,09	5,80	2,11	0,37	-0,09
10	3,38	1,27	0,36	-0,20	9,19	3,66	0,24	-0,41	5,00	1,88	0,36	-0,20	5,63	2,11	0,36	-0,20	6,03	2,27	0,36	-0,20
11	3,90	1,33	0,15	-0,48	10,67	3,77	0,13	-0,34	5,77	1,97	0,15	-0,48	6,49	2,22	0,15	-0,48	6,96	2,38	0,15	-0,48
12	3,94	1,32	0,25	-0,11	10,60	3,63	0,18	-0,33	5,83	1,95	0,25	-0,11	6,56	2,19	0,25	-0,11	7,03	2,35	0,25	-0,11
Рік	3,56	1,28	0,35	-0,12	9,59	3,57	0,30	-0,17	5,63	2,02	0,35	-0,12	6,47	2,33	0,35	-0,12	7,02	2,52	0,35	-0,12
1931-2050																				
1	4,36	1,34	0,14	-0,19	11,64	3,61	0,16	-0,39	6,45	1,98	0,14	-0,19	7,26	2,23	0,14	-0,19	7,77	2,39	0,14	-0,19
2	3,94	1,39	0,40	0,03	10,45	3,89	0,44	0,16	5,83	2,05	0,40	0,03	6,56	2,31	0,40	0,03	7,03	2,47	0,40	0,03
3	3,70	1,36	0,42	-0,25	9,70	3,57	0,31	-0,43	6,13	2,26	0,43	-0,24	7,14	2,63	0,43	-0,24	7,80	2,87	0,43	-0,24
4	3,60	1,35	0,52	0,42	9,65	3,69	0,31	-0,22	5,98	2,23	0,52	0,42	6,97	2,60	0,52	0,42	7,62	2,85	0,52	0,42
5	3,28	1,22	0,35	0,33	8,71	3,31	0,20	-0,16	5,45	2,03	0,35	0,33	6,35	2,37	0,35	0,33	6,94	2,59	0,35	0,33
6	3,21	1,18	0,36	0,01	8,64	3,25	0,34	-0,21	5,58	2,04	0,36	0,01	6,59	2,41	0,36	0,01	7,26	2,66	0,36	0,01
7	3,16	1,11	0,35	0,06	8,57	3,18	0,24	-0,33	5,49	1,94	0,35	0,06	6,49	2,29	0,35	0,06	7,15	2,52	0,35	0,06
8	3,36	1,17	0,38	0,14	9,03	3,38	0,39	0,15	5,83	2,04	0,38	0,14	6,89	2,41	0,38	0,14	7,59	2,66	0,38	0,14
9	3,35	1,17	0,49	0,34	9,15	3,39	0,32	-0,03	4,97	1,74	0,49	0,30	5,59	1,96	0,49	0,29	5,99	2,10	0,49	0,29
10	3,46	1,24	0,24	-0,21	9,44	3,47	0,04	-0,25	5,12	1,83	0,24	-0,21	5,76	2,06	0,24	-0,21	6,17	2,20	0,24	-0,21
11	3,82	1,29	0,39	0,12	10,54	3,72	0,26	-0,01	5,65	1,91	0,39	0,12	6,35	2,15	0,39	0,12	6,81	2,30	0,39	0,12
12	4,20	1,40	0,35	0,34	11,36	3,87	0,19	0,10	6,21	2,07	0,35	0,34	6,99	2,33	0,35	0,34	7,49	2,50	0,35	0,34
Рік	3,62	1,27	0,37	0,09	9,74	3,53	0,27	-0,14	5,72	2,01	0,37	0,09	6,58	2,31	0,37	0,09	7,13	2,51	0,37	0,09



Продовження табл. Б2

## 2. Вінниця

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,82	1,35	0,29	-0,18	10,31	3,80	0,18	-0,29	5,65	2,00	0,29	-0,18	6,35	2,25	0,29	-0,18	6,81	2,41	0,29	-0,18
2	3,74	1,28	0,24	-0,14	10,21	3,80	0,34	-0,10	5,53	1,89	0,24	-0,14	6,22	2,12	0,24	-0,14	6,66	2,28	0,24	-0,14
3	3,86	1,41	0,35	-0,05	10,31	3,77	0,32	-0,16	6,39	2,34	0,35	-0,04	7,45	2,72	0,35	-0,04	8,14	2,98	0,35	-0,04
4	3,42	1,24	0,40	0,16	9,39	3,58	0,28	-0,26	5,68	2,05	0,40	0,16	6,62	2,39	0,40	0,16	7,23	2,62	0,40	0,16
5	3,14	1,17	0,34	-0,15	8,46	3,26	0,35	0,02	5,21	1,94	0,34	-0,15	6,06	2,26	0,34	-0,15	6,63	2,47	0,34	-0,15
6	3,19	1,19	0,30	-0,30	8,82	3,34	0,24	-0,48	5,54	2,06	0,30	-0,30	6,54	2,44	0,31	-0,30	7,21	2,69	0,31	-0,30
7	3,08	1,12	0,33	-0,14	8,54	3,18	0,27	-0,28	5,35	1,95	0,33	-0,14	6,32	2,30	0,33	-0,14	6,97	2,53	0,33	-0,14
8	2,96	1,09	0,40	-0,06	8,19	3,15	0,24	-0,30	5,14	1,89	0,40	-0,06	6,07	2,23	0,40	-0,06	6,69	2,46	0,40	-0,06
9	3,21	1,20	0,51	0,25	8,88	3,38	0,33	-0,11	4,75	1,76	0,51	0,26	5,35	1,98	0,51	0,26	5,73	2,13	0,51	0,26
10	3,23	1,22	0,56	0,19	9,06	3,55	0,24	-0,37	4,77	1,81	0,56	0,19	5,37	2,03	0,56	0,19	5,75	2,18	0,56	0,19
11	3,69	1,35	0,39	-0,15	10,54	3,96	0,21	-0,34	5,46	1,99	0,39	-0,15	6,14	2,24	0,39	-0,15	6,58	2,40	0,39	-0,15
12	3,96	1,34	0,29	-0,08	10,89	3,86	0,12	-0,20	5,85	1,98	0,29	-0,08	6,58	2,23	0,29	-0,08	7,05	2,38	0,29	-0,08
Рік	3,44	1,25	0,37	-0,05	9,47	3,55	0,26	-0,24	5,44	1,97	0,37	-0,05	6,26	2,27	0,37	-0,05	6,79	2,46	0,37	-0,05
2011-2030																				
1	3,97	1,39	0,48	0,11	10,87	4,00	0,31	-0,19	5,87	2,06	0,48	0,11	6,60	2,31	0,48	0,11	7,07	2,48	0,48	0,11
2	3,87	1,33	0,35	-0,05	10,57	3,89	0,51	0,20	5,72	1,96	0,35	-0,05	6,44	2,21	0,35	-0,05	6,90	2,36	0,35	-0,05
3	3,56	1,31	0,35	-0,31	9,64	3,59	0,26	-0,34	5,90	2,17	0,35	-0,31	6,87	2,53	0,35	-0,31	7,51	2,76	0,35	-0,31
4	3,39	1,26	0,50	0,27	9,22	3,54	0,33	-0,09	5,63	2,09	0,50	0,27	6,56	2,44	0,50	0,27	7,17	2,66	0,50	0,27
5	3,28	1,22	0,57	0,28	9,11	3,35	0,40	0,07	5,45	2,02	0,57	0,28	6,35	2,35	0,57	0,28	6,94	2,57	0,57	0,28
6	3,06	1,12	0,31	-0,34	8,48	3,14	0,28	-0,34	5,32	1,94	0,31	-0,34	6,28	2,29	0,31	-0,34	6,92	2,52	0,31	-0,34
7	3,13	1,22	0,49	-0,03	8,73	3,55	0,50	-0,01	5,43	2,12	0,49	-0,03	6,42	2,51	0,49	-0,03	7,07	2,76	0,49	-0,03
8	2,99	1,18	0,56	0,24	8,31	3,31	0,42	0,01	5,20	2,04	0,56	0,24	6,14	2,41	0,56	0,24	6,77	2,66	0,56	0,24
9	3,12	1,14	0,39	0,06	8,63	3,37	0,27	-0,27	4,61	1,68	0,39	0,06	5,19	1,89	0,39	0,06	5,57	2,03	0,39	0,06
10	3,23	1,23	0,44	0,03	9,01	3,62	0,25	-0,39	4,77	1,83	0,44	0,03	5,37	2,06	0,44	0,03	5,75	2,20	0,44	0,03
11	3,68	1,28	0,27	-0,50	10,34	3,75	0,24	-0,41	5,44	1,90	0,27	-0,50	6,12	2,14	0,27	-0,50	6,56	2,29	0,27	-0,50
12	3,71	1,29	0,33	-0,02	10,10	3,78	0,20	-0,39	5,49	1,91	0,33	-0,02	6,18	2,15	0,33	-0,02	6,62	2,30	0,33	-0,02
Рік	3,42	1,25	0,42	-0,02	9,42	3,57	0,33	-0,18	5,40	1,98	0,42	-0,02	6,21	2,27	0,42	-0,02	6,74	2,47	0,42	-0,02
1931-2050																				
1	4,12	1,30	0,23	-0,20	11,22	3,88	0,13	-0,36	6,09	1,92	0,23	-0,20	6,85	2,16	0,23	-0,20	7,34	2,31	0,23	-0,20
2	3,78	1,35	0,42	0,08	10,35	3,83	0,38	0,08	5,60	1,99	0,42	0,08	6,30	2,24	0,42	0,08	6,74	2,40	0,42	0,08
3	3,62	1,32	0,45	-0,30	9,77	3,51	0,29	-0,35	6,00	2,19	0,45	-0,30	6,99	2,55	0,45	-0,30	7,64	2,79	0,45	-0,30
4	3,51	1,31	0,55	0,44	9,64	3,66	0,26	-0,03	5,83	2,17	0,55	0,44	6,78	2,53	0,55	0,44	7,42	2,77	0,55	0,44
5	3,18	1,20	0,43	0,31	8,60	3,31	0,29	-0,14	5,28	1,98	0,43	0,31	6,15	2,31	0,43	0,31	6,73	2,53	0,43	0,31
6	3,09	1,14	0,49	-0,05	8,50	3,21	0,41	-0,30	5,36	1,98	0,49	-0,04	6,33	2,34	0,49	-0,04	6,98	2,58	0,49	-0,04
7	3,07	1,09	0,30	-0,19	8,47	3,05	0,31	-0,30	5,34	1,89	0,30	-0,19	6,30	2,23	0,30	-0,19	6,95	2,46	0,30	-0,19
8	3,24	1,17	0,48	0,25	8,97	3,36	0,47	0,46	5,63	2,04	0,48	0,25	6,64	2,41	0,48	0,25	7,32	2,66	0,48	0,25
9	3,18	1,15	0,52	0,62	8,87	3,36	0,26	-0,14	4,71	1,70	0,52	0,62	5,30	1,91	0,52	0,61	5,68	2,05	0,52	0,61
10	3,28	1,18	0,31	0,00	9,17	3,50	0,10	-0,23	4,85	1,75	0,31	0,00	5,45	1,97	0,31	0,00	5,84	2,11	0,31	0,00
11	3,59	1,25	0,37	0,05	10,20	3,85	0,18	-0,01	5,32	1,85	0,37	0,05	5,98	2,08	0,37	0,05	6,41	2,23	0,37	0,05
12	3,95	1,36	0,47	0,30	10,88	4,05	0,22	-0,25	5,84	2,02	0,47	0,30	6,57	2,27	0,47	0,30	7,04	2,43	0,47	0,30
Рік	3,47	1,23	0,42	0,11	9,55	3,55	0,28	-0,13	5,49	1,96	0,42	0,11	6,30	2,25	0,42	0,11	6,84	2,44	0,42	0,11

Продовження табл. Б2

## 3. Суми

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,92	1,45	0,22	-0,59	10,48	3,79	0,12	-0,50	5,80	2,14	0,22	-0,59	6,52	2,41	0,22	-0,59	6,99	2,58	0,22	-0,59
2	3,90	1,43	0,28	-0,11	10,52	3,73	0,21	-0,12	5,76	2,11	0,28	-0,11	6,48	2,38	0,28	-0,11	6,95	2,55	0,28	-0,11
3	3,92	1,39	0,31	-0,43	10,31	3,64	0,22	-0,44	6,49	2,31	0,31	-0,43	7,56	2,69	0,31	-0,43	8,27	2,94	0,31	-0,43
4	3,50	1,25	0,38	-0,03	9,45	3,42	0,27	-0,16	5,81	2,08	0,38	-0,03	6,76	2,42	0,38	-0,03	7,39	2,65	0,38	-0,03
5	3,24	1,15	0,43	0,23	8,77	3,21	0,26	-0,46	5,37	1,91	0,43	0,23	6,26	2,23	0,43	0,23	6,84	2,43	0,43	0,23
6	3,09	1,19	0,31	-0,06	8,54	3,45	0,32	-0,31	5,36	2,07	0,31	-0,06	6,33	2,45	0,31	-0,05	6,98	2,70	0,31	-0,05
7	3,09	1,07	0,34	-0,18	8,45	3,12	0,45	-0,24	5,37	1,85	0,34	-0,18	6,34	2,19	0,34	-0,18	6,99	2,41	0,34	-0,18
8	3,00	1,09	0,42	0,26	8,21	3,12	0,46	0,24	5,22	1,90	0,42	0,26	6,16	2,24	0,42	0,26	6,79	2,47	0,42	0,26
9	3,32	1,20	0,43	-0,12	9,08	3,54	0,36	-0,17	4,92	1,77	0,44	-0,12	5,54	1,99	0,44	-0,12	5,94	2,13	0,44	-0,12
10	3,35	1,28	0,48	0,34	9,04	3,64	0,31	0,02	4,96	1,89	0,48	0,34	5,58	2,13	0,48	0,34	5,98	2,28	0,48	0,34
11	3,68	1,30	0,32	-0,21	10,28	3,77	0,23	-0,03	5,44	1,93	0,32	-0,21	6,12	2,17	0,32	-0,21	6,55	2,32	0,32	-0,21
12	4,01	1,40	0,22	-0,17	10,76	3,81	0,09	0,01	5,92	2,08	0,22	-0,17	6,67	2,33	0,22	-0,17	7,14	2,50	0,22	-0,17
Рік	3,50	1,27	0,34	-0,09	9,49	3,52	0,27	-0,18	5,53	2,00	0,34	-0,09	6,36	2,30	0,34	-0,09	6,90	2,50	0,34	-0,09
2011-2030																				
1	4,12	1,43	0,29	-0,11	11,14	3,92	0,09	-0,26	6,09	2,12	0,29	-0,11	6,86	2,38	0,29	-0,11	7,34	2,55	0,29	-0,11
2	4,05	1,35	0,40	0,08	10,89	3,67	0,23	-0,25	5,99	2,00	0,40	0,08	6,74	2,25	0,40	0,08	7,22	2,41	0,40	0,08
3	3,71	1,38	0,35	-0,30	9,85	3,58	0,24	-0,33	6,15	2,28	0,36	-0,29	7,16	2,66	0,37	-0,28	7,83	2,91	0,37	-0,28
4	3,37	1,34	0,41	-0,14	9,18	3,76	0,28	-0,38	5,59	2,23	0,41	-0,14	6,51	2,59	0,41	-0,14	7,11	2,84	0,41	-0,14
5	3,29	1,24	0,30	-0,31	8,95	3,47	0,25	-0,28	5,46	2,06	0,30	-0,31	6,36	2,40	0,30	-0,31	6,95	2,62	0,30	-0,31
6	3,00	1,13	0,37	0,17	8,23	3,28	0,45	0,11	5,22	1,96	0,37	0,17	6,16	2,31	0,37	0,17	6,79	2,55	0,37	0,18
7	3,04	1,15	0,40	-0,11	8,37	3,36	0,49	0,05	5,29	2,00	0,40	-0,11	6,25	2,36	0,40	-0,11	6,89	2,60	0,40	-0,11
8	3,00	1,15	0,43	-0,09	8,06	3,20	0,33	-0,44	5,21	2,00	0,43	-0,09	6,15	2,37	0,43	-0,09	6,78	2,61	0,43	-0,09
9	3,23	1,09	0,37	-0,31	8,81	3,15	0,31	-0,39	4,79	1,62	0,37	-0,33	5,39	1,82	0,37	-0,34	5,77	1,96	0,37	-0,34
10	3,34	1,24	0,40	0,13	9,04	3,60	0,33	0,04	4,94	1,83	0,40	0,13	5,56	2,06	0,40	0,13	5,96	2,20	0,40	0,13
11	3,80	1,30	0,23	-0,23	10,53	3,63	0,11	-0,28	5,63	1,92	0,23	-0,23	6,33	2,16	0,23	-0,23	6,78	2,31	0,23	-0,23
12	3,86	1,36	0,19	-0,41	10,32	3,58	0,09	-0,46	5,71	2,01	0,19	-0,41	6,42	2,26	0,19	-0,41	6,88	2,42	0,19	-0,41
Рік	3,48	1,26	0,35	-0,14	9,45	3,51	0,27	-0,24	5,50	2,00	0,35	-0,14	6,32	2,30	0,35	-0,14	6,86	2,50	0,35	-0,14
1931-2050																				
1	4,19	1,31	0,19	-0,53	11,45	3,57	0,08	-0,32	6,20	1,94	0,19	-0,53	6,98	2,18	0,19	-0,53	7,48	2,34	0,19	-0,53
2	3,81	1,46	0,41	0,02	10,08	3,91	0,35	-0,02	5,64	2,15	0,41	0,02	6,35	2,42	0,41	0,02	6,80	2,60	0,41	0,02
3	3,68	1,32	0,31	-0,20	9,75	3,52	0,19	-0,20	6,10	2,19	0,32	-0,19	7,10	2,55	0,32	-0,19	7,76	2,79	0,32	-0,19
4	3,52	1,25	0,32	-0,25	9,54	3,47	0,18	-0,42	5,84	2,07	0,32	-0,25	6,81	2,41	0,32	-0,25	7,44	2,64	0,32	-0,25
5	3,27	1,22	0,58	0,57	8,89	3,39	0,41	0,13	5,43	2,03	0,58	0,57	6,33	2,37	0,58	0,57	6,92	2,59	0,58	0,57
6	3,07	1,15	0,54	0,52	8,30	3,20	0,40	0,14	5,32	1,99	0,52	0,50	6,29	2,35	0,52	0,49	6,93	2,59	0,52	0,49
7	2,94	1,10	0,36	0,16	8,02	3,09	0,42	-0,11	5,12	1,91	0,36	0,16	6,04	2,26	0,36	0,16	6,66	2,49	0,36	0,16
8	3,20	1,09	0,14	-0,24	8,77	3,16	0,26	-0,05	5,56	1,89	0,14	-0,24	6,56	2,23	0,14	-0,24	7,24	2,46	0,14	-0,24
9	3,26	1,17	0,42	0,09	8,84	3,43	0,36	0,02	4,82	1,73	0,42	0,07	5,43	1,94	0,42	0,06	5,82	2,08	0,42	0,06
10	3,37	1,16	0,19	-0,11	9,11	3,30	0,11	-0,02	4,99	1,71	0,19	-0,11	5,61	1,93	0,19	-0,11	6,01	2,06	0,19	-0,11
11	3,74	1,22	0,33	-0,24	10,30	3,52	0,37	0,03	5,53	1,81	0,33	-0,24	6,23	2,03	0,33	-0,24	6,67	2,18	0,33	-0,24
12	4,05	1,34	0,18	0,02	11,00	3,45	0,03	0,00	6,00	1,98	0,18	0,02	6,74	2,22	0,18	0,02	7,23	2,38	0,18	0,02
Рік	3,51	1,23	0,33	-0,02	9,50	3,42	0,26	-0,07	5,55	1,95	0,33	-0,02	6,37	2,24	0,33	-0,02	6,91	2,43	0,33	-0,02

Продовження табл. Б2

## 4. Кіровоград

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,29	1,58	0,38	-0,04	10,85	4,07	0,36	-0,03	6,35	2,34	0,38	-0,04	7,14	2,63	0,38	-0,04	7,65	2,82	0,38	-0,04
2	4,20	1,46	0,23	-0,19	10,89	3,75	0,06	-0,08	6,22	2,16	0,23	-0,19	7,00	2,43	0,23	-0,19	7,50	2,61	0,23	-0,19
3	4,24	1,51	0,26	-0,04	10,72	3,73	0,16	-0,07	7,03	2,50	0,26	-0,03	8,19	2,91	0,26	-0,03	8,95	3,18	0,26	-0,03
4	3,79	1,37	0,34	0,07	9,66	3,49	0,22	-0,17	6,28	2,28	0,34	0,07	7,32	2,65	0,34	0,07	8,00	2,90	0,34	0,07
5	3,53	1,27	0,42	-0,02	9,03	3,32	0,29	-0,25	5,86	2,11	0,42	-0,02	6,83	2,45	0,42	-0,02	7,47	2,68	0,42	-0,02
6	3,37	1,28	0,38	0,08	8,71	3,38	0,16	-0,45	5,86	2,22	0,37	0,08	6,92	2,63	0,37	0,08	7,62	2,89	0,37	0,08
7	3,29	1,19	0,27	-0,17	8,47	3,11	0,26	-0,13	5,72	2,06	0,27	-0,17	6,76	2,43	0,27	-0,17	7,45	2,68	0,27	-0,17
8	3,28	1,21	0,34	-0,11	8,46	3,25	0,33	-0,23	5,70	2,10	0,34	-0,11	6,73	2,48	0,34	-0,11	7,42	2,73	0,34	-0,11
9	3,58	1,39	0,55	0,23	9,21	3,64	0,49	0,24	5,31	2,06	0,55	0,22	5,97	2,31	0,55	0,22	6,40	2,48	0,54	0,22
10	3,60	1,34	0,37	0,07	9,24	3,68	0,20	-0,25	5,32	1,98	0,37	0,07	5,99	2,23	0,37	0,07	6,42	2,39	0,37	0,07
11	3,91	1,44	0,33	-0,24	10,37	3,93	0,11	-0,51	5,78	2,14	0,33	-0,24	6,50	2,40	0,33	-0,24	6,97	2,57	0,33	-0,24
12	4,32	1,52	0,28	-0,29	11,10	3,98	0,09	-0,27	6,39	2,25	0,28	-0,29	7,18	2,53	0,28	-0,29	7,70	2,71	0,28	-0,29
Рік	3,78	1,38	0,35	-0,05	9,73	3,61	0,23	-0,18	5,99	2,18	0,35	-0,05	6,88	2,51	0,35	-0,06	7,46	2,72	0,35	-0,06
2011-2030																				
1	4,43	1,59	0,34	-0,21	11,51	4,20	0,18	-0,49	6,56	2,35	0,34	-0,21	7,38	2,64	0,34	-0,21	7,90	2,83	0,34	-0,21
2	4,21	1,43	0,30	-0,32	10,70	3,68	0,26	-0,20	6,23	2,12	0,30	-0,32	7,01	2,38	0,30	-0,32	7,51	2,55	0,30	-0,32
3	3,99	1,48	0,24	-0,58	10,24	3,75	0,10	-0,50	6,62	2,46	0,25	-0,58	7,71	2,86	0,25	-0,58	8,43	3,13	0,25	-0,58
4	3,75	1,39	0,38	-0,08	9,68	3,59	0,26	-0,08	6,23	2,31	0,38	-0,08	7,25	2,69	0,38	-0,08	7,93	2,94	0,38	-0,08
5	3,51	1,34	0,27	-0,39	9,15	3,56	0,24	-0,40	5,83	2,22	0,27	-0,39	6,79	2,59	0,27	-0,39	7,42	2,83	0,27	-0,39
6	3,37	1,22	0,37	-0,06	8,68	3,21	0,26	-0,30	5,85	2,12	0,37	-0,06	6,91	2,50	0,37	-0,06	7,61	2,76	0,37	-0,06
7	3,40	1,30	0,56	0,04	8,86	3,47	0,46	-0,17	5,91	2,26	0,56	0,04	6,98	2,66	0,56	0,04	7,70	2,94	0,56	0,04
8	3,31	1,20	0,42	0,04	8,47	3,09	0,29	-0,39	5,74	2,09	0,42	0,04	6,78	2,47	0,42	0,04	7,48	2,72	0,42	0,04
9	3,48	1,28	0,45	-0,13	8,99	3,29	0,19	-0,41	5,16	1,89	0,44	-0,16	5,80	2,13	0,43	-0,17	6,22	2,28	0,43	-0,18
10	3,55	1,32	0,34	-0,25	9,22	3,68	0,29	-0,15	5,26	1,96	0,34	-0,25	5,91	2,20	0,34	-0,25	6,34	2,36	0,34	-0,25
11	3,95	1,37	0,29	-0,31	10,51	3,75	0,22	-0,09	5,85	2,02	0,29	-0,31	6,58	2,27	0,29	-0,31	7,05	2,44	0,29	-0,31
12	4,02	1,43	0,27	0,03	10,34	3,71	0,11	-0,26	5,94	2,11	0,27	0,03	6,68	2,37	0,27	0,03	7,16	2,54	0,27	0,03
Рік	3,75	1,36	0,35	-0,19	9,70	3,58	0,24	-0,29	5,93	2,16	0,35	-0,19	6,82	2,48	0,35	-0,19	7,39	2,69	0,35	-0,19
1931-2050																				
1	4,49	1,37	0,26	-0,29	11,53	3,64	0,04	-0,35	6,64	2,03	0,26	-0,29	7,46	2,28	0,26	-0,29	8,00	2,44	0,26	-0,29
2	4,05	1,51	0,40	0,10	10,39	3,93	0,21	0,17	5,99	2,24	0,40	0,10	6,74	2,52	0,40	0,10	7,22	2,70	0,40	0,10
3	3,98	1,46	0,34	-0,38	10,21	3,78	0,16	-0,52	6,60	2,43	0,34	-0,39	7,68	2,84	0,33	-0,39	8,40	3,10	0,33	-0,39
4	3,86	1,46	0,40	-0,12	10,01	3,79	0,13	-0,48	6,41	2,43	0,40	-0,12	7,46	2,83	0,40	-0,12	8,16	3,09	0,40	-0,12
5	3,53	1,33	0,34	0,16	9,11	3,46	0,20	-0,15	5,86	2,20	0,34	0,16	6,82	2,57	0,34	0,16	7,46	2,81	0,34	0,16
6	3,37	1,23	0,55	0,31	8,67	3,30	0,48	-0,19	5,85	2,14	0,55	0,31	6,91	2,53	0,54	0,31	7,61	2,78	0,54	0,31
7	3,26	1,21	0,30	-0,14	8,43	3,15	0,24	-0,44	5,66	2,10	0,30	-0,14	6,69	2,47	0,30	-0,14	7,37	2,73	0,30	-0,14
8	3,58	1,28	0,31	-0,09	9,21	3,36	0,22	-0,15	6,22	2,23	0,31	-0,09	7,34	2,63	0,31	-0,09	8,09	2,90	0,31	-0,09
9	3,48	1,29	0,46	0,12	9,03	3,38	0,14	-0,23	5,15	1,91	0,46	0,12	5,80	2,14	0,45	0,12	6,22	2,30	0,45	0,12
10	3,54	1,26	0,32	-0,13	9,20	3,40	0,24	-0,03	5,23	1,86	0,32	-0,13	5,88	2,09	0,32	-0,13	6,30	2,24	0,32	-0,13
11	3,92	1,32	0,41	0,04	10,27	3,63	0,23	0,18	5,79	1,95	0,41	0,04	6,52	2,20	0,41	0,04	6,98	2,35	0,41	0,04
12	4,30	1,48	0,44	0,34	11,08	3,94	0,21	-0,18	6,36	2,19	0,44	0,34	7,15	2,46	0,44	0,34	7,66	2,64	0,44	0,34
Рік	3,78	1,35	0,38	-0,01	9,76	3,56	0,21	-0,20	5,98	2,14	0,38	-0,01	6,87	2,46	0,38	-0,01	7,46	2,67	0,38	-0,01

Продовження табл. Б2

## 5. Миколаїв

1986-2005																				
Mic	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,73	1,59	0,35	-0,14	10,68	3,83	0,31	-0,07	5,52	2,35	0,35	-0,14	6,21	2,65	0,35	-0,14	6,65	2,84	0,35	-0,14
2	3,84	1,46	0,31	0,03	10,80	3,82	0,27	-0,06	5,68	2,16	0,31	0,03	6,39	2,43	0,31	0,03	6,84	2,61	0,31	0,03
3	3,92	1,52	0,40	0,10	10,73	3,74	0,24	-0,17	6,51	2,53	0,40	0,10	7,58	2,94	0,40	0,10	8,28	3,22	0,40	0,10
4	3,67	1,35	0,44	0,04	9,82	3,49	0,28	-0,27	6,09	2,24	0,44	0,04	7,09	2,61	0,44	0,04	7,75	2,85	0,44	0,04
5	3,55	1,24	0,25	-0,44	9,26	3,19	0,35	-0,18	5,89	2,06	0,25	-0,44	6,86	2,40	0,25	-0,44	7,50	2,62	0,25	-0,44
6	3,43	1,23	0,35	-0,11	9,07	3,20	0,21	-0,03	5,96	2,13	0,35	-0,11	7,03	2,52	0,35	-0,11	7,75	2,78	0,35	-0,11
7	3,35	1,20	0,28	-0,22	8,88	2,85	0,10	-0,05	5,83	2,09	0,28	-0,22	6,88	2,47	0,28	-0,22	7,59	2,72	0,28	-0,22
8	3,31	1,21	0,19	-0,48	8,79	2,93	0,16	-0,41	5,76	2,10	0,19	-0,48	6,80	2,48	0,19	-0,48	7,50	2,73	0,19	-0,48
9	3,49	1,36	0,56	0,10	9,53	3,43	0,40	0,00	5,17	2,01	0,56	0,09	5,82	2,26	0,57	0,09	6,24	2,42	0,57	0,09
10	3,34	1,42	0,40	-0,19	9,55	3,69	0,22	-0,34	4,93	2,09	0,40	-0,19	5,55	2,36	0,40	-0,19	5,95	2,52	0,40	-0,19
11	3,44	1,57	0,38	-0,18	10,56	4,17	0,17	-0,41	5,10	2,32	0,38	-0,18	5,73	2,61	0,38	-0,18	6,14	2,80	0,38	-0,18
12	3,68	1,54	0,31	-0,41	10,99	4,01	0,12	-0,35	5,44	2,28	0,31	-0,41	6,12	2,57	0,31	-0,41	6,56	2,75	0,31	-0,41
Рік	3,56	1,39	0,35	-0,16	9,89	3,53	0,24	-0,19	5,66	2,20	0,35	-0,16	6,51	2,52	0,35	-0,16	7,06	2,74	0,35	-0,16
2011-2030																				
1	4,06	1,64	0,32	-0,45	11,92	4,12	0,17	-0,51	6,01	2,42	0,32	-0,45	6,76	2,73	0,32	-0,45	7,24	2,92	0,32	-0,45
2	3,73	1,49	0,27	-0,24	10,64	3,78	0,26	0,04	5,51	2,21	0,27	-0,24	6,20	2,49	0,27	-0,24	6,64	2,66	0,27	-0,24
3	3,76	1,46	0,30	-0,21	10,49	3,74	0,08	-0,40	6,24	2,42	0,30	-0,20	7,26	2,82	0,30	-0,20	7,94	3,09	0,30	-0,20
4	3,66	1,34	0,35	-0,15	9,69	3,46	0,32	0,04	6,07	2,23	0,35	-0,15	7,07	2,60	0,35	-0,15	7,72	2,84	0,35	-0,15
5	3,46	1,28	0,33	-0,30	9,34	3,36	0,41	-0,04	5,75	2,12	0,33	-0,30	6,69	2,47	0,33	-0,30	7,32	2,70	0,33	-0,30
6	3,43	1,22	0,37	-0,26	9,04	3,15	0,38	-0,02	5,97	2,12	0,36	-0,27	7,05	2,50	0,36	-0,27	7,76	2,75	0,36	-0,27
7	3,49	1,28	0,43	0,08	9,30	3,06	0,36	-0,05	6,07	2,23	0,43	0,08	7,16	2,64	0,43	0,08	7,90	2,90	0,43	0,08
8	3,34	1,18	0,25	-0,45	8,81	2,83	0,08	-0,29	5,81	2,06	0,25	-0,45	6,86	2,43	0,25	-0,45	7,56	2,68	0,25	-0,45
9	3,31	1,32	0,47	-0,01	9,18	3,24	0,13	-0,62	4,90	1,95	0,46	-0,03	5,51	2,20	0,46	-0,03	5,91	2,35	0,46	-0,04
10	3,25	1,40	0,35	-0,25	9,46	3,73	0,26	-0,16	4,81	2,08	0,35	-0,25	5,42	2,34	0,35	-0,25	5,80	2,50	0,35	-0,25
11	3,37	1,50	0,35	-0,32	10,62	4,14	0,32	0,18	4,99	2,22	0,35	-0,32	5,61	2,50	0,35	-0,32	6,01	2,68	0,35	-0,32
12	3,48	1,53	0,47	-0,06	10,45	3,88	0,26	-0,22	5,14	2,27	0,47	-0,06	5,79	2,55	0,47	-0,06	6,20	2,73	0,47	-0,06
Рік	3,53	1,39	0,35	-0,22	9,91	3,54	0,25	-0,17	5,60	2,19	0,35	-0,22	6,45	2,52	0,35	-0,22	7,00	2,73	0,35	-0,22
1931-2050																				
1	3,81	1,48	0,17	-0,35	11,13	3,74	0,06	-0,31	5,64	2,19	0,17	-0,35	6,35	2,47	0,17	-0,35	6,80	2,64	0,17	-0,35
2	3,63	1,51	0,33	-0,10	10,20	3,94	0,22	-0,18	5,36	2,24	0,33	-0,10	6,03	2,52	0,33	-0,10	6,46	2,70	0,33	-0,10
3	3,80	1,44	0,33	-0,41	10,30	3,75	0,24	-0,33	6,31	2,38	0,33	-0,41	7,35	2,78	0,33	-0,41	8,03	3,04	0,32	-0,41
4	3,82	1,42	0,44	-0,21	10,23	3,64	0,24	-0,46	6,33	2,36	0,44	-0,21	7,38	2,74	0,44	-0,21	8,06	3,00	0,44	-0,21
5	3,59	1,31	0,44	-0,18	9,38	3,28	0,34	-0,19	5,95	2,17	0,44	-0,18	6,93	2,52	0,44	-0,18	7,58	2,76	0,44	-0,18
6	3,45	1,19	0,49	0,28	9,05	3,04	0,66	0,60	5,99	2,06	0,49	0,27	7,07	2,43	0,49	0,26	7,79	2,68	0,48	0,26
7	3,35	1,21	0,28	-0,11	8,86	2,86	0,35	0,23	5,81	2,11	0,28	-0,11	6,87	2,49	0,28	-0,11	7,57	2,74	0,28	-0,11
8	3,64	1,30	0,48	0,44	9,70	3,17	0,42	0,53	6,33	2,25	0,48	0,44	7,48	2,66	0,48	0,44	8,24	2,93	0,48	0,44
9	3,38	1,31	0,41	0,12	9,23	3,23	0,13	-0,16	5,00	1,93	0,41	0,12	5,63	2,17	0,41	0,12	6,03	2,33	0,41	0,12
10	3,18	1,31	0,33	-0,13	9,24	3,48	0,28	0,04	4,70	1,94	0,33	-0,13	5,28	2,18	0,33	-0,13	5,66	2,34	0,33	-0,13
11	3,39	1,44	0,34	-0,07	10,26	3,84	0,30	-0,19	5,02	2,13	0,34	-0,07	5,64	2,39	0,34	-0,07	6,05	2,56	0,34	-0,07
12	3,74	1,59	0,39	0,01	11,17	4,05	0,15	-0,25	5,53	2,35	0,39	0,01	6,22	2,64	0,39	0,01	6,66	2,83	0,39	0,01
Рік	3,56	1,37	0,37	-0,06	9,90	3,50	0,28	-0,06	5,66	2,17	0,37	-0,06	6,52	2,50	0,37	-0,06	7,08	2,71	0,37	-0,06

Продовження табл. Б2

## 6. Ізмаїл

1986-2005																				
Mic	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,69	1,44	0,39	0,08	10,30	3,48	0,24	-0,06	5,46	2,13	0,39	0,08	6,15	2,39	0,39	0,08	6,59	2,57	0,39	0,08
2	3,81	1,45	0,23	-0,56	10,50	3,77	0,26	0,49	5,64	2,15	0,23	-0,56	6,34	2,42	0,23	-0,56	6,80	2,59	0,23	-0,56
3	3,84	1,42	0,51	0,23	10,53	3,81	0,35	-0,10	6,37	2,36	0,51	0,24	7,42	2,75	0,52	0,24	8,11	3,01	0,52	0,24
4	3,61	1,24	0,47	0,00	9,80	3,29	0,32	-0,08	5,99	2,06	0,47	0,00	6,98	2,40	0,47	0,00	7,63	2,62	0,47	0,00
5	3,48	1,17	0,45	0,11	9,42	2,99	0,40	0,32	5,78	1,94	0,45	0,11	6,73	2,26	0,45	0,11	7,36	2,47	0,45	0,11
6	3,43	1,21	0,57	-0,21	9,58	2,92	0,33	0,16	5,95	2,11	0,57	-0,20	7,03	2,49	0,57	-0,20	7,75	2,74	0,57	-0,20
7	3,31	1,13	0,62	0,14	9,49	2,64	0,24	-0,13	5,76	1,97	0,62	0,14	6,80	2,33	0,62	0,14	7,49	2,56	0,62	0,14
8	3,23	1,16	0,51	-0,27	9,34	2,73	0,14	-0,28	5,62	2,01	0,51	-0,27	6,63	2,38	0,51	-0,27	7,31	2,62	0,51	-0,27
9	3,24	1,24	0,56	-0,12	9,43	3,23	0,46	0,21	4,79	1,83	0,56	-0,13	5,40	2,06	0,56	-0,13	5,78	2,21	0,56	-0,13
10	3,19	1,36	0,50	-0,12	9,61	3,64	0,27	0,03	4,72	2,01	0,50	-0,12	5,32	2,27	0,50	-0,12	5,69	2,43	0,50	-0,12
11	3,41	1,50	0,42	-0,13	10,61	3,89	0,28	-0,27	5,04	2,22	0,42	-0,13	5,67	2,50	0,42	-0,13	6,07	2,68	0,42	-0,13
12	3,72	1,55	0,37	-0,09	10,91	3,98	0,29	-0,21	5,50	2,29	0,37	-0,09	6,19	2,58	0,37	-0,09	6,63	2,76	0,37	-0,09
Рік	3,50	1,32	0,47	-0,08	9,96	3,36	0,30	0,01	5,55	2,09	0,47	-0,08	6,39	2,40	0,47	-0,08	6,93	2,60	0,47	-0,08
2011-2030																				
1	3,93	1,57	0,37	-0,12	11,18	4,29	0,41	-0,06	5,81	2,33	0,37	-0,12	6,54	2,62	0,37	-0,12	7,01	2,81	0,37	-0,12
2	3,66	1,38	0,26	0,05	10,19	3,53	0,31	0,22	5,41	2,03	0,26	0,05	6,08	2,29	0,26	0,05	6,52	2,45	0,26	0,05
3	3,66	1,37	0,59	0,19	10,14	3,71	0,30	-0,30	6,07	2,26	0,58	0,19	7,06	2,64	0,58	0,19	7,72	2,88	0,58	0,20
4	3,61	1,26	0,33	0,03	9,76	3,31	0,24	0,00	5,99	2,08	0,33	0,03	6,97	2,43	0,33	0,03	7,62	2,65	0,33	0,03
5	3,42	1,13	0,56	0,31	9,56	3,13	0,49	0,40	5,68	1,87	0,56	0,31	6,62	2,18	0,56	0,31	7,23	2,39	0,56	0,31
6	3,35	1,16	0,66	0,55	9,30	2,85	0,48	0,61	5,82	2,01	0,65	0,52	6,87	2,37	0,65	0,51	7,57	2,62	0,65	0,50
7	3,45	1,23	0,55	-0,12	9,73	2,95	0,25	-0,08	5,99	2,13	0,55	-0,12	7,07	2,52	0,55	-0,12	7,80	2,77	0,55	-0,12
8	3,27	1,20	0,59	0,10	9,34	2,88	0,50	0,47	5,68	2,08	0,59	0,10	6,71	2,46	0,59	0,10	7,39	2,71	0,59	0,10
9	3,19	1,25	0,56	-0,11	9,27	3,09	0,22	-0,16	4,72	1,85	0,56	-0,13	5,31	2,08	0,56	-0,13	5,70	2,23	0,56	-0,14
10	3,20	1,43	0,47	-0,35	9,41	3,66	0,26	-0,31	4,74	2,12	0,47	-0,35	5,33	2,39	0,47	-0,35	5,71	2,56	0,47	-0,35
11	3,25	1,46	0,37	-0,35	10,24	3,93	0,33	-0,13	4,81	2,16	0,37	-0,35	5,41	2,43	0,37	-0,35	5,80	2,60	0,37	-0,35
12	3,34	1,54	0,54	0,23	9,99	3,89	0,35	-0,13	4,94	2,27	0,54	0,23	5,55	2,56	0,54	0,23	5,95	2,74	0,54	0,23
Рік	3,44	1,33	0,49	0,03	9,84	3,44	0,35	0,04	5,47	2,10	0,49	0,03	6,29	2,41	0,49	0,03	6,83	2,62	0,49	0,03
1931-2050																				
1	3,72	1,46	0,20	-0,23	10,74	3,93	0,18	-0,18	5,50	2,16	0,20	-0,23	6,19	2,43	0,20	-0,23	6,63	2,61	0,20	-0,23
2	3,53	1,41	0,48	0,27	9,94	3,84	0,29	-0,36	5,22	2,09	0,48	0,27	5,87	2,35	0,48	0,27	6,29	2,52	0,48	0,27
3	3,74	1,36	0,30	-0,17	10,26	3,66	0,26	-0,28	6,20	2,25	0,29	-0,16	7,22	2,62	0,29	-0,16	7,89	2,87	0,29	-0,16
4	3,68	1,24	0,48	-0,12	10,06	3,46	0,45	0,00	6,10	2,05	0,48	-0,12	7,11	2,39	0,48	-0,12	7,77	2,61	0,48	-0,12
5	3,48	1,21	0,47	0,01	9,42	3,15	0,23	-0,22	5,78	2,00	0,47	0,01	6,73	2,33	0,47	0,01	7,36	2,55	0,47	0,01
6	3,40	1,12	0,62	0,18	9,34	2,88	0,48	0,65	5,90	1,95	0,62	0,18	6,96	2,30	0,62	0,19	7,68	2,53	0,62	0,19
7	3,35	1,11	0,42	-0,24	9,46	2,64	0,22	0,04	5,82	1,93	0,42	-0,24	6,87	2,28	0,42	-0,24	7,57	2,52	0,42	-0,24
8	3,53	1,24	0,70	0,57	10,06	2,65	0,35	0,18	6,13	2,16	0,70	0,57	7,23	2,55	0,70	0,57	7,97	2,81	0,70	0,57
9	3,17	1,22	0,68	0,48	9,29	2,98	0,15	0,32	4,70	1,81	0,67	0,47	5,28	2,04	0,67	0,47	5,66	2,18	0,67	0,46
10	3,05	1,32	0,67	0,39	9,30	3,62	0,44	-0,13	4,51	1,95	0,67	0,39	5,08	2,19	0,67	0,39	5,44	2,34	0,67	0,39
11	3,39	1,46	0,44	0,13	10,20	3,77	0,28	-0,12	5,01	2,16	0,44	0,13	5,64	2,43	0,44	0,13	6,04	2,60	0,44	0,13
12	3,62	1,56	0,19	-0,22	10,63	4,17	0,17	-0,13	5,35	2,31	0,19	-0,22	6,02	2,60	0,19	-0,22	6,45	2,79	0,19	-0,22
Рік	3,47	1,31	0,47	0,09	9,89	3,40	0,29	-0,02	5,52	2,07	0,47	0,09	6,35	2,38	0,47	0,09	6,90	2,58	0,47	0,09

Продовження табл. Б2

## 7. Броди

1986-2005																				
Mic	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,48	1,68	0,34	-0,23	11,47	4,43	0,34	-0,23	6,62	2,48	0,34	-0,23	7,45	2,79	0,34	-0,23	7,98	2,99	0,34	-0,23
2	4,28	1,45	0,29	-0,15	11,04	4,17	0,49	-0,09	6,33	2,14	0,29	-0,15	7,12	2,41	0,29	-0,15	7,63	2,58	0,29	-0,15
3	4,18	1,58	0,36	-0,28	10,66	4,06	0,33	-0,31	6,93	2,61	0,35	-0,29	8,07	3,04	0,35	-0,29	8,82	3,32	0,35	-0,29
4	3,72	1,33	0,42	-0,02	9,73	3,59	0,32	-0,30	6,18	2,20	0,42	-0,02	7,20	2,57	0,42	-0,02	7,87	2,81	0,42	-0,02
5	3,33	1,18	0,32	-0,02	8,61	3,26	0,36	0,04	5,53	1,96	0,32	-0,02	6,44	2,28	0,32	-0,02	7,04	2,49	0,32	-0,02
6	3,50	1,19	0,26	-0,44	9,11	3,24	0,20	-0,51	6,09	2,08	0,26	-0,44	7,19	2,45	0,26	-0,44	7,92	2,70	0,26	-0,44
7	3,37	1,24	0,33	-0,14	8,85	3,38	0,38	-0,04	5,86	2,16	0,33	-0,14	6,92	2,55	0,33	-0,14	7,62	2,81	0,33	-0,14
8	3,23	1,14	0,40	0,24	8,48	3,14	0,29	-0,46	5,62	1,99	0,40	0,24	6,63	2,35	0,40	0,24	7,31	2,59	0,40	0,24
9	3,57	1,27	0,34	0,07	9,36	3,53	0,26	-0,27	5,29	1,88	0,34	0,06	5,96	2,12	0,34	0,06	6,38	2,27	0,33	0,06
10	3,57	1,39	0,41	-0,40	9,40	3,79	0,31	-0,40	5,29	2,06	0,41	-0,40	5,95	2,31	0,41	-0,40	6,37	2,48	0,41	-0,40
11	4,27	1,55	0,29	-0,14	11,38	4,20	0,18	-0,07	6,31	2,29	0,29	-0,14	7,10	2,58	0,29	-0,14	7,61	2,76	0,29	-0,14
12	4,54	1,49	0,18	-0,51	11,72	3,86	-0,03	-0,39	6,71	2,20	0,18	-0,51	7,55	2,47	0,18	-0,51	8,09	2,65	0,18	-0,51
Рік	3,84	1,37	0,33	-0,17	9,98	3,72	0,29	-0,25	6,06	2,17	0,33	-0,17	6,96	2,49	0,33	-0,17	7,55	2,70	0,33	-0,17
2011-2030																				
1	4,53	1,54	0,11	-0,06	11,66	4,23	0,23	-0,19	6,70	2,28	0,11	-0,06	7,53	2,57	0,11	-0,06	8,07	2,75	0,11	-0,06
2	4,50	1,56	0,22	-0,32	11,54	4,23	0,23	-0,43	6,66	2,31	0,22	-0,32	7,49	2,59	0,22	-0,32	8,03	2,78	0,22	-0,32
3	3,99	1,44	0,29	-0,43	10,33	3,73	0,23	-0,31	6,62	2,39	0,29	-0,44	7,71	2,78	0,29	-0,44	8,43	3,04	0,29	-0,44
4	3,72	1,32	0,46	0,23	9,71	3,56	0,30	-0,25	6,17	2,19	0,46	0,23	7,18	2,55	0,46	0,23	7,85	2,78	0,46	0,23
5	3,60	1,26	0,38	0,28	9,43	3,33	0,20	-0,08	5,97	2,10	0,38	0,28	6,96	2,44	0,38	0,28	7,61	2,67	0,38	0,28
6	3,33	1,24	0,40	-0,12	8,78	3,30	0,35	-0,11	5,78	2,15	0,40	-0,12	6,82	2,54	0,40	-0,12	7,52	2,81	0,40	-0,12
7	3,39	1,31	0,48	0,44	9,00	3,56	0,45	0,34	5,89	2,27	0,48	0,44	6,96	2,68	0,48	0,44	7,67	2,95	0,48	0,44
8	3,30	1,12	0,47	0,02	8,67	3,09	0,33	-0,39	5,73	1,94	0,47	0,02	6,77	2,30	0,47	0,02	7,46	2,53	0,47	0,02
9	3,50	1,29	0,48	0,09	9,17	3,62	0,34	-0,23	5,19	1,92	0,48	0,08	5,84	2,16	0,47	0,08	6,25	2,31	0,47	0,08
10	3,73	1,38	0,50	0,12	9,84	3,96	0,34	-0,32	5,52	2,04	0,50	0,12	6,21	2,29	0,50	0,12	6,65	2,45	0,50	0,12
11	4,30	1,42	0,15	-0,47	11,35	3,87	0,04	-0,40	6,35	2,10	0,15	-0,47	7,15	2,36	0,15	-0,47	7,66	2,53	0,15	-0,47
12	4,33	1,45	0,17	-0,21	11,11	3,96	0,24	-0,05	6,41	2,15	0,17	-0,21	7,21	2,41	0,17	-0,21	7,72	2,59	0,17	-0,21
Рік	3,85	1,36	0,34	-0,03	10,05	3,70	0,27	-0,20	6,08	2,15	0,34	-0,04	6,99	2,47	0,34	-0,04	7,58	2,68	0,34	-0,04
1931-2050																				
1	4,79	1,50	0,16	-0,12	12,31	4,07	0,16	-0,38	7,08	2,22	0,16	-0,12	7,96	2,50	0,16	-0,12	8,53	2,68	0,16	-0,12
2	4,21	1,48	0,30	-0,12	10,93	4,20	0,39	-0,01	6,22	2,19	0,30	-0,12	7,00	2,46	0,30	-0,12	7,50	2,64	0,30	-0,12
3	3,89	1,43	0,38	-0,24	9,93	3,74	0,24	-0,36	6,45	2,37	0,38	-0,24	7,51	2,76	0,39	-0,24	8,21	3,02	0,39	-0,24
4	3,76	1,31	0,32	-0,14	9,80	3,62	0,18	-0,46	6,23	2,18	0,32	-0,14	7,26	2,53	0,32	-0,14	7,94	2,77	0,32	-0,14
5	3,50	1,33	0,38	0,07	9,17	3,65	0,29	-0,21	5,81	2,21	0,38	0,07	6,76	2,57	0,38	0,07	7,39	2,81	0,38	0,07
6	3,39	1,23	0,30	-0,23	8,84	3,31	0,27	-0,40	5,88	2,14	0,30	-0,22	6,95	2,53	0,30	-0,22	7,65	2,79	0,30	-0,22
7	3,36	1,21	0,42	-0,08	8,81	3,33	0,34	-0,28	5,84	2,10	0,42	-0,08	6,89	2,48	0,42	-0,08	7,60	2,73	0,42	-0,08
8	3,54	1,26	0,32	0,08	9,31	3,55	0,36	0,01	6,15	2,20	0,32	0,08	7,27	2,59	0,32	0,08	8,01	2,86	0,32	0,08
9	3,57	1,29	0,34	-0,13	9,45	3,72	0,33	-0,19	5,29	1,91	0,34	-0,14	5,95	2,15	0,35	-0,14	6,38	2,31	0,35	-0,14
10	3,80	1,36	0,30	-0,21	10,08	3,78	0,23	-0,38	5,62	2,01	0,30	-0,21	6,32	2,26	0,30	-0,21	6,78	2,42	0,30	-0,21
11	4,19	1,41	0,40	0,23	11,04	3,97	0,29	-0,14	6,20	2,08	0,40	0,23	6,98	2,34	0,40	0,23	7,48	2,51	0,40	0,23
12	4,60	1,54	0,27	-0,07	12,07	4,33	0,17	-0,12	6,80	2,27	0,27	-0,07	7,65	2,56	0,27	-0,07	8,19	2,74	0,27	-0,07
Рік	3,88	1,36	0,33	-0,08	10,15	3,77	0,27	-0,24	6,13	2,16	0,33	-0,08	7,04	2,48	0,33	-0,08	7,64	2,69	0,33	-0,08

Продовження табл. Б2

## 8. Сарни

1986-2005																				
Mic	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,87	1,43	0,36	-0,18	10,32	4,04	0,35	-0,20	5,72	2,12	0,36	-0,18	6,44	2,38	0,36	-0,18	6,90	2,55	0,36	-0,18
2	3,71	1,26	0,22	-0,30	10,14	3,64	0,31	-0,23	5,49	1,87	0,22	-0,30	6,18	2,10	0,22	-0,30	6,62	2,26	0,22	-0,30
3	3,77	1,38	0,32	-0,13	10,12	3,84	0,33	-0,20	6,26	2,28	0,31	-0,15	7,29	2,66	0,31	-0,16	7,96	2,91	0,31	-0,16
4	3,32	1,17	0,41	0,23	9,03	3,33	0,35	-0,20	5,51	1,94	0,41	0,23	6,42	2,26	0,41	0,23	7,01	2,47	0,41	0,23
5	3,07	1,09	0,31	-0,03	8,22	3,10	0,31	-0,27	5,09	1,81	0,31	-0,03	5,93	2,11	0,31	-0,03	6,48	2,30	0,31	-0,03
6	3,22	1,10	0,16	-0,44	8,75	3,10	0,17	-0,39	5,59	1,91	0,16	-0,44	6,61	2,25	0,16	-0,44	7,28	2,48	0,16	-0,44
7	3,17	1,11	0,33	-0,23	8,64	3,23	0,42	0,02	5,51	1,93	0,33	-0,23	6,50	2,28	0,33	-0,23	7,17	2,51	0,33	-0,23
8	2,97	1,07	0,42	0,05	8,14	3,07	0,38	-0,24	5,17	1,85	0,42	0,05	6,10	2,19	0,42	0,05	6,72	2,41	0,42	0,05
9	3,25	1,15	0,33	-0,07	9,00	3,38	0,26	-0,29	4,81	1,70	0,32	-0,08	5,42	1,91	0,32	-0,09	5,81	2,05	0,32	-0,09
10	3,26	1,28	0,48	-0,11	8,83	3,59	0,28	-0,32	4,83	1,89	0,48	-0,11	5,43	2,13	0,48	-0,11	5,82	2,28	0,48	-0,11
11	3,76	1,32	0,28	-0,12	10,51	3,79	0,16	-0,04	5,56	1,95	0,28	-0,12	6,25	2,19	0,28	-0,12	6,70	2,35	0,28	-0,12
12	3,93	1,32	0,16	-0,42	10,76	3,77	0,09	-0,52	5,81	1,96	0,16	-0,42	6,53	2,20	0,16	-0,42	7,00	2,36	0,16	-0,42
Рік	3,44	1,22	0,32	-0,15	9,37	3,49	0,28	-0,24	5,45	1,93	0,31	-0,15	6,26	2,22	0,31	-0,15	6,79	2,41	0,31	-0,15
2011-2030																				
1	3,88	1,36	0,13	-0,40	10,49	3,83	0,28	-0,20	5,74	2,01	0,13	-0,40	6,46	2,27	0,13	-0,40	6,92	2,43	0,13	-0,40
2	3,96	1,37	0,24	-0,07	10,59	3,87	0,29	-0,17	5,86	2,03	0,24	-0,07	6,59	2,28	0,24	-0,07	7,06	2,44	0,24	-0,07
3	3,57	1,30	0,27	-0,39	9,56	3,53	0,12	-0,52	5,92	2,15	0,26	-0,40	6,89	2,51	0,26	-0,40	7,54	2,74	0,26	-0,40
4	3,36	1,20	0,54	0,24	9,06	3,35	0,35	-0,13	5,58	1,99	0,54	0,24	6,50	2,32	0,54	0,24	7,11	2,53	0,54	0,24
5	3,25	1,14	0,47	0,12	8,83	3,21	0,35	-0,13	5,40	1,89	0,47	0,12	6,29	2,20	0,47	0,12	6,87	2,41	0,47	0,12
6	3,02	1,07	0,23	-0,08	8,26	3,07	0,29	-0,02	5,25	1,86	0,23	-0,08	6,20	2,19	0,23	-0,08	6,83	2,42	0,23	-0,08
7	3,17	1,15	0,34	0,07	8,74	3,32	0,35	-0,01	5,52	2,01	0,34	0,07	6,51	2,37	0,34	0,07	7,18	2,61	0,34	0,07
8	3,08	1,05	0,32	-0,06	8,41	3,07	0,38	-0,20	5,35	1,82	0,32	-0,06	6,32	2,15	0,32	-0,06	6,96	2,37	0,32	-0,06
9	3,18	1,15	0,45	0,17	8,69	3,38	0,33	-0,22	4,70	1,70	0,44	0,15	5,29	1,92	0,44	0,14	5,67	2,06	0,44	0,14
10	3,33	1,22	0,35	-0,20	9,19	3,65	0,30	-0,24	4,93	1,80	0,35	-0,20	5,55	2,03	0,35	-0,20	5,94	2,17	0,35	-0,20
11	3,80	1,28	0,15	-0,44	10,59	3,69	0,05	-0,40	5,61	1,90	0,15	-0,44	6,32	2,14	0,15	-0,44	6,77	2,29	0,15	-0,44
12	3,83	1,27	0,18	-0,05	10,45	3,57	0,06	-0,03	5,66	1,89	0,18	-0,05	6,37	2,12	0,18	-0,05	6,82	2,27	0,18	-0,05
Рік	3,45	1,21	0,31	-0,09	9,40	3,46	0,26	-0,19	5,46	1,92	0,30	-0,09	6,27	2,21	0,30	-0,09	6,81	2,39	0,30	-0,09
1931-2050																				
1	4,18	1,34	0,11	-0,10	11,42	3,77	0,10	-0,14	6,18	1,98	0,11	-0,10	6,96	2,23	0,11	-0,10	7,45	2,39	0,11	-0,10
2	3,74	1,35	0,24	-0,17	10,10	3,97	0,39	-0,04	5,53	1,99	0,24	-0,17	6,22	2,24	0,24	-0,17	6,67	2,40	0,24	-0,17
3	3,49	1,30	0,32	-0,41	9,19	3,46	0,23	-0,45	5,79	2,15	0,33	-0,40	6,75	2,50	0,33	-0,40	7,38	2,74	0,33	-0,40
4	3,42	1,24	0,30	-0,16	9,33	3,59	0,20	-0,57	5,67	2,05	0,30	-0,16	6,61	2,39	0,30	-0,16	7,22	2,61	0,30	-0,16
5	3,19	1,16	0,34	0,16	8,59	3,26	0,30	-0,15	5,29	1,93	0,34	0,16	6,16	2,24	0,34	0,16	6,74	2,45	0,34	0,16
6	3,15	1,09	0,25	-0,08	8,54	3,05	0,22	-0,32	5,48	1,89	0,25	-0,08	6,47	2,23	0,25	-0,08	7,13	2,46	0,25	-0,08
7	3,04	1,08	0,33	-0,10	8,30	3,17	0,34	-0,15	5,28	1,88	0,33	-0,10	6,24	2,22	0,33	-0,10	6,88	2,44	0,33	-0,10
8	3,29	1,08	0,36	0,21	8,93	3,20	0,41	0,21	5,71	1,89	0,36	0,21	6,75	2,23	0,36	0,21	7,44	2,45	0,36	0,21
9	3,30	1,17	0,30	-0,12	9,06	3,53	0,23	-0,15	4,89	1,73	0,31	-0,10	5,50	1,96	0,32	-0,09	5,90	2,10	0,32	-0,08
10	3,44	1,27	0,30	-0,16	9,58	3,58	0,14	-0,33	5,09	1,88	0,30	-0,16	5,73	2,11	0,30	-0,16	6,13	2,26	0,30	-0,16
11	3,76	1,28	0,31	0,06	10,45	3,68	0,22	-0,28	5,56	1,89	0,31	0,06	6,25	2,13	0,31	0,06	6,70	2,28	0,31	0,06
12	4,07	1,36	0,26	-0,33	11,19	3,82	0,01	-0,38	6,02	2,02	0,26	-0,33	6,77	2,27	0,26	-0,33	7,25	2,43	0,26	-0,33
Рік	3,51	1,23	0,29	-0,10	9,56	3,51	0,23	-0,23	5,54	1,94	0,29	-0,10	6,37	2,23	0,29	-0,10	6,91	2,42	0,29	-0,10

Продовження табл. Б2

## 9.. Щорс

1986-2005																				
Mic	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,66	1,31	0,27	-0,46	9,92	3,53	0,26	-0,32	5,41	1,94	0,27	-0,46	6,08	2,18	0,27	-0,46	6,52	2,33	0,27	-0,46
2	3,60	1,25	0,24	-0,04	9,90	3,47	0,10	-0,27	5,32	1,85	0,24	-0,04	5,98	2,09	0,24	-0,04	6,41	2,23	0,24	-0,04
3	3,64	1,30	0,19	-0,27	9,88	3,55	0,18	-0,18	6,04	2,15	0,18	-0,29	7,03	2,50	0,18	-0,29	7,68	2,74	0,18	-0,29
4	3,24	1,16	0,42	-0,07	8,96	3,30	0,30	-0,15	5,38	1,93	0,42	-0,07	6,26	2,25	0,42	-0,07	6,85	2,46	0,42	-0,07
5	2,98	1,11	0,22	-0,24	8,22	3,26	0,33	0,00	4,94	1,84	0,22	-0,24	5,75	2,14	0,22	-0,24	6,29	2,34	0,22	-0,24
6	3,01	1,09	0,39	-0,14	8,48	3,22	0,25	-0,40	5,23	1,89	0,39	-0,14	6,18	2,23	0,39	-0,14	6,81	2,46	0,39	-0,14
7	2,99	1,05	0,32	-0,02	8,46	3,11	0,34	-0,38	5,20	1,82	0,32	-0,02	6,14	2,14	0,32	-0,02	6,77	2,36	0,32	-0,02
8	2,82	1,04	0,35	-0,10	7,93	3,15	0,34	-0,15	4,89	1,81	0,35	-0,10	5,78	2,14	0,35	-0,10	6,37	2,36	0,35	-0,10
9	3,09	1,14	0,44	0,17	8,71	3,38	0,16	-0,31	4,58	1,68	0,44	0,18	5,15	1,89	0,44	0,19	5,52	2,02	0,44	0,19
10	3,15	1,17	0,41	0,14	8,74	3,41	0,24	-0,21	4,66	1,73	0,41	0,14	5,24	1,95	0,41	0,14	5,62	2,09	0,41	0,14
11	3,46	1,20	0,17	-0,24	9,96	3,54	0,15	0,00	5,12	1,77	0,17	-0,24	5,76	1,99	0,17	-0,24	6,17	2,13	0,17	-0,24
12	3,77	1,24	0,16	-0,37	10,44	3,65	0,20	-0,12	5,57	1,84	0,16	-0,37	6,27	2,07	0,16	-0,37	6,72	2,22	0,16	-0,37
Рік	3,28	1,17	0,30	-0,14	9,13	3,38	0,24	-0,21	5,19	1,85	0,30	-0,13	5,97	2,13	0,30	-0,13	6,48	2,31	0,30	-0,13
2011-2030																				
1	3,76	1,32	0,29	0,09	10,35	3,65	0,18	0,02	5,56	1,95	0,29	0,09	6,26	2,19	0,29	0,09	6,70	2,35	0,29	0,09
2	3,79	1,22	0,42	0,28	10,50	3,47	0,28	-0,18	5,61	1,81	0,42	0,28	6,31	2,03	0,42	0,28	6,76	2,18	0,42	0,28
3	3,43	1,27	0,23	-0,44	9,36	3,44	0,11	-0,39	5,68	2,10	0,23	-0,43	6,62	2,44	0,23	-0,43	7,23	2,67	0,23	-0,43
4	3,19	1,17	0,42	-0,23	8,90	3,43	0,32	-0,29	5,30	1,94	0,42	-0,23	6,18	2,26	0,42	-0,23	6,75	2,47	0,42	-0,23
5	3,08	1,12	0,30	-0,21	8,51	3,21	0,27	-0,29	5,12	1,86	0,30	-0,21	5,96	2,17	0,30	-0,21	6,51	2,37	0,30	-0,21
6	2,80	1,05	0,20	-0,05	7,92	3,29	0,40	0,23	4,86	1,83	0,20	-0,05	5,74	2,16	0,20	-0,05	6,33	2,38	0,20	-0,05
7	2,96	1,07	0,28	-0,19	8,32	3,14	0,27	-0,08	5,14	1,86	0,28	-0,19	6,07	2,20	0,28	-0,19	6,69	2,42	0,28	-0,19
8	2,85	1,11	0,41	-0,02	7,83	3,10	0,22	-0,49	4,95	1,93	0,41	-0,02	5,84	2,28	0,41	-0,02	6,44	2,51	0,41	-0,02
9	3,06	1,05	0,19	-0,29	8,49	3,11	0,12	-0,48	4,54	1,56	0,19	-0,31	5,11	1,76	0,20	-0,32	5,47	1,89	0,20	-0,32
10	3,16	1,17	0,42	-0,03	8,85	3,46	0,30	0,01	4,67	1,73	0,42	-0,03	5,26	1,94	0,42	-0,03	5,63	2,08	0,42	-0,03
11	3,61	1,25	0,20	-0,35	10,23	3,52	0,02	-0,45	5,34	1,84	0,20	-0,35	6,00	2,07	0,20	-0,35	6,43	2,22	0,20	-0,35
12	3,65	1,24	0,19	-0,33	10,10	3,33	0,17	-0,26	5,40	1,83	0,19	-0,33	6,08	2,06	0,19	-0,33	6,51	2,21	0,19	-0,33
Рік	3,28	1,17	0,29	-0,15	9,11	3,35	0,22	-0,22	5,18	1,85	0,29	-0,15	5,95	2,13	0,30	-0,15	6,46	2,31	0,30	-0,15
1931-2050																				
1	3,92	1,24	0,14	-0,41	10,92	3,36	0,07	-0,16	5,80	1,83	0,14	-0,41	6,53	2,06	0,14	-0,41	6,99	2,20	0,14	-0,41
2	3,65	1,31	0,45	0,10	9,95	3,72	0,38	-0,01	5,40	1,93	0,45	0,10	6,07	2,17	0,45	0,10	6,51	2,33	0,45	0,10
3	3,44	1,25	0,38	-0,18	9,24	3,32	0,19	-0,35	5,70	2,08	0,39	-0,17	6,64	2,42	0,39	-0,17	7,26	2,65	0,39	-0,17
4	3,31	1,13	0,46	-0,13	9,15	3,27	0,30	-0,42	5,49	1,88	0,46	-0,13	6,39	2,19	0,46	-0,13	6,99	2,39	0,46	-0,13
5	3,08	1,08	0,45	0,20	8,48	3,06	0,25	-0,14	5,12	1,79	0,45	0,20	5,96	2,09	0,45	0,20	6,52	2,29	0,45	0,20
6	2,96	1,07	0,48	0,23	8,21	3,07	0,33	-0,22	5,14	1,86	0,47	0,24	6,07	2,20	0,47	0,24	6,69	2,42	0,47	0,24
7	2,84	1,06	0,45	0,36	7,96	3,13	0,47	0,07	4,93	1,84	0,45	0,36	5,82	2,17	0,45	0,36	6,41	2,39	0,45	0,36
8	3,05	1,02	0,14	-0,25	8,56	3,08	0,24	-0,05	5,30	1,77	0,14	-0,25	6,26	2,10	0,14	-0,25	6,90	2,31	0,14	-0,25
9	3,13	1,06	0,36	-0,14	8,78	3,15	0,34	-0,16	4,64	1,57	0,36	-0,17	5,22	1,76	0,36	-0,18	5,59	1,89	0,36	-0,19
10	3,22	1,12	0,21	-0,28	9,08	3,27	0,19	-0,21	4,77	1,66	0,21	-0,28	5,36	1,86	0,21	-0,28	5,74	2,00	0,21	-0,28
11	3,55	1,16	0,40	-0,03	10,06	3,41	0,26	-0,06	5,25	1,71	0,40	-0,03	5,91	1,92	0,40	-0,03	6,33	2,06	0,40	-0,03
12	3,85	1,23	0,24	0,11	10,67	3,34	0,14	-0,05	5,69	1,82	0,24	0,11	6,40	2,05	0,24	0,11	6,86	2,20	0,24	0,11
Рік	3,33	1,14	0,35	-0,04	9,26	3,26	0,26	-0,15	5,27	1,81	0,35	-0,04	6,05	2,08	0,35	-0,04	6,57	2,26	0,35	-0,04



Продовження табл. Б2

## 10. Тернопіль

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,47	1,70	0,43	-0,12	11,44	4,61	0,35	-0,24	6,62	2,52	0,43	-0,12	7,45	2,83	0,43	-0,12	7,98	3,03	0,43	-0,12
2	4,26	1,49	0,48	0,03	11,01	4,41	0,57	0,08	6,31	2,21	0,48	0,03	7,10	2,48	0,48	0,03	7,60	2,66	0,48	0,03
3	4,18	1,61	0,38	-0,23	10,67	4,14	0,35	-0,31	6,93	2,66	0,37	-0,25	8,07	3,10	0,37	-0,25	8,82	3,39	0,37	-0,25
4	3,77	1,35	0,42	-0,01	9,96	3,60	0,26	-0,32	6,26	2,23	0,42	-0,01	7,29	2,60	0,42	-0,01	7,97	2,84	0,42	-0,01
5	3,33	1,21	0,47	0,26	8,70	3,23	0,39	0,15	5,52	2,01	0,47	0,26	6,43	2,34	0,47	0,26	7,03	2,56	0,47	0,26
6	3,50	1,24	0,31	-0,48	9,32	3,30	0,29	-0,53	6,09	2,15	0,31	-0,48	7,19	2,54	0,31	-0,47	7,92	2,80	0,31	-0,47
7	3,31	1,25	0,43	-0,10	8,90	3,39	0,37	-0,24	5,75	2,17	0,43	-0,10	6,79	2,56	0,43	-0,10	7,49	2,83	0,43	-0,10
8	3,16	1,12	0,45	0,18	8,46	3,09	0,22	-0,49	5,49	1,95	0,45	0,18	6,48	2,31	0,45	0,18	7,14	2,54	0,45	0,18
9	3,50	1,31	0,55	0,25	9,34	3,54	0,38	-0,20	5,18	1,93	0,54	0,24	5,84	2,17	0,54	0,24	6,25	2,33	0,54	0,24
10	3,52	1,40	0,50	-0,26	9,32	3,82	0,40	-0,39	5,20	2,07	0,50	-0,26	5,85	2,33	0,50	-0,26	6,27	2,49	0,50	-0,26
11	4,22	1,59	0,35	-0,22	11,30	4,25	0,20	-0,14	6,25	2,35	0,35	-0,22	7,03	2,64	0,35	-0,22	7,53	2,83	0,35	-0,22
12	4,56	1,52	0,22	-0,48	11,70	4,05	0,01	-0,44	6,74	2,25	0,22	-0,48	7,58	2,53	0,22	-0,48	8,12	2,71	0,22	-0,48
Рік	3,82	1,40	0,42	-0,10	10,01	3,79	0,31	-0,26	6,03	2,21	0,41	-0,10	6,92	2,54	0,41	-0,10	7,51	2,75	0,41	-0,10
2011-2030																				
1	4,57	1,59	0,27	0,10	11,91	4,48	0,21	-0,22	6,76	2,36	0,27	0,10	7,61	2,65	0,27	0,10	8,15	2,84	0,27	0,10
2	4,47	1,58	0,34	-0,16	11,49	4,39	0,27	-0,27	6,62	2,34	0,34	-0,16	7,44	2,64	0,34	-0,16	7,97	2,83	0,34	-0,16
3	4,01	1,48	0,38	-0,40	10,43	3,73	0,32	-0,31	6,64	2,45	0,38	-0,41	7,74	2,86	0,38	-0,41	8,46	3,12	0,38	-0,41
4	3,77	1,38	0,47	0,34	9,85	3,70	0,25	-0,11	6,25	2,30	0,47	0,34	7,28	2,68	0,47	0,34	7,96	2,92	0,47	0,34
5	3,61	1,29	0,46	0,26	9,58	3,36	0,28	-0,09	5,99	2,14	0,46	0,26	6,98	2,50	0,46	0,26	7,63	2,73	0,46	0,26
6	3,31	1,27	0,44	-0,18	8,91	3,39	0,36	-0,25	5,74	2,21	0,44	-0,17	6,78	2,60	0,44	-0,17	7,48	2,87	0,44	-0,17
7	3,36	1,33	0,61	0,44	9,13	3,60	0,52	0,27	5,85	2,32	0,61	0,44	6,90	2,73	0,61	0,44	7,61	3,01	0,61	0,44
8	3,26	1,15	0,62	0,52	8,75	3,17	0,39	-0,26	5,67	1,99	0,62	0,52	6,70	2,36	0,62	0,52	7,38	2,60	0,62	0,52
9	3,44	1,30	0,55	0,15	9,16	3,61	0,40	-0,16	5,09	1,93	0,54	0,15	5,73	2,17	0,54	0,14	6,14	2,32	0,54	0,14
10	3,67	1,43	0,60	0,24	9,77	4,01	0,34	-0,32	5,42	2,12	0,60	0,24	6,10	2,38	0,60	0,24	6,54	2,55	0,60	0,24
11	4,22	1,44	0,23	-0,51	11,20	4,01	0,12	-0,50	6,24	2,14	0,23	-0,51	7,02	2,40	0,23	-0,51	7,52	2,57	0,23	-0,51
12	4,28	1,51	0,34	-0,14	11,01	4,31	0,28	-0,21	6,33	2,24	0,34	-0,14	7,12	2,52	0,34	-0,14	7,63	2,70	0,34	-0,14
Рік	3,83	1,40	0,44	0,06	10,10	3,81	0,31	-0,20	6,05	2,21	0,44	0,06	6,95	2,54	0,44	0,05	7,54	2,76	0,44	0,05
1931-2050																				
1	4,78	1,57	0,34	0,01	12,23	4,36	0,19	-0,34	7,06	2,32	0,34	0,01	7,95	2,61	0,34	0,01	8,51	2,80	0,34	0,01
2	4,24	1,52	0,39	0,09	10,98	4,30	0,47	0,24	6,27	2,24	0,39	0,09	7,06	2,53	0,39	0,09	7,56	2,71	0,39	0,09
3	3,93	1,47	0,48	-0,02	10,07	3,82	0,33	-0,21	6,52	2,44	0,48	-0,02	7,59	2,85	0,48	-0,02	8,30	3,11	0,48	-0,02
4	3,80	1,35	0,41	0,02	10,04	3,71	0,27	-0,20	6,31	2,25	0,41	0,02	7,35	2,62	0,41	0,02	8,04	2,86	0,41	0,02
5	3,50	1,35	0,47	0,23	9,27	3,65	0,34	-0,15	5,81	2,25	0,47	0,23	6,77	2,62	0,47	0,23	7,40	2,86	0,47	0,23
6	3,36	1,27	0,39	-0,06	9,00	3,43	0,34	-0,30	5,84	2,20	0,39	-0,05	6,89	2,60	0,39	-0,05	7,60	2,87	0,39	-0,05
7	3,32	1,21	0,47	-0,03	8,96	3,27	0,38	-0,24	5,77	2,10	0,47	-0,03	6,82	2,48	0,47	-0,03	7,51	2,74	0,47	-0,03
8	3,50	1,29	0,46	0,29	9,36	3,56	0,40	-0,07	6,07	2,24	0,46	0,29	7,17	2,64	0,46	0,29	7,91	2,91	0,46	0,29
9	3,48	1,32	0,51	0,16	9,36	3,73	0,40	-0,04	5,16	1,96	0,51	0,13	5,80	2,20	0,51	0,13	6,22	2,36	0,52	0,13
10	3,70	1,34	0,36	-0,10	9,91	3,71	0,20	-0,26	5,47	1,99	0,36	-0,10	6,15	2,23	0,36	-0,10	6,59	2,39	0,36	-0,10
11	4,07	1,47	0,50	0,17	10,74	4,24	0,29	-0,23	6,02	2,18	0,50	0,17	6,78	2,45	0,50	0,17	7,26	2,62	0,50	0,17
12	4,53	1,59	0,38	0,02	11,96	4,58	0,22	-0,08	6,70	2,36	0,38	0,02	7,54	2,65	0,38	0,02	8,08	2,84	0,38	0,02
Рік	3,85	1,40	0,43	0,07	10,16	3,86	0,32	-0,16	6,08	2,21	0,43	0,06	6,99	2,54	0,43	0,06	7,58	2,76	0,43	0,06

Продовження табл. Б2

## 11. Умань

1986-2005																				
Mic	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,97	1,38	0,31	0,00	10,20	3,65	0,30	0,14	5,87	2,04	0,31	0,00	6,60	2,30	0,31	0,00	7,07	2,46	0,31	0,00
2	3,89	1,35	0,13	-0,38	10,34	3,78	0,02	-0,25	5,75	1,99	0,13	-0,38	6,47	2,24	0,13	-0,38	6,93	2,40	0,13	-0,38
3	4,03	1,43	0,31	-0,09	10,49	3,59	0,10	-0,06	6,68	2,38	0,31	-0,08	7,78	2,77	0,31	-0,07	8,50	3,03	0,31	-0,07
4	3,59	1,31	0,42	0,04	9,59	3,50	0,26	-0,14	5,96	2,18	0,42	0,04	6,94	2,54	0,42	0,04	7,59	2,77	0,42	0,04
5	3,32	1,24	0,44	-0,08	8,76	3,41	0,41	-0,22	5,51	2,06	0,44	-0,08	6,42	2,40	0,44	-0,08	7,02	2,62	0,44	-0,08
6	3,27	1,23	0,33	-0,10	8,75	3,24	0,16	-0,48	5,69	2,13	0,32	-0,10	6,72	2,52	0,32	-0,10	7,40	2,78	0,32	-0,10
7	3,16	1,13	0,29	-0,36	8,49	3,06	0,22	-0,44	5,49	1,97	0,29	-0,36	6,49	2,33	0,29	-0,36	7,15	2,56	0,29	-0,36
8	3,12	1,15	0,50	0,21	8,35	3,22	0,38	-0,09	5,43	2,00	0,50	0,21	6,41	2,36	0,50	0,21	7,06	2,60	0,50	0,21
9	3,37	1,27	0,54	0,27	9,05	3,54	0,42	0,17	4,98	1,88	0,55	0,28	5,61	2,11	0,55	0,29	6,01	2,26	0,55	0,29
10	3,42	1,26	0,44	0,17	9,16	3,62	0,18	-0,37	5,06	1,87	0,44	0,17	5,69	2,10	0,44	0,17	6,09	2,25	0,44	0,17
11	3,75	1,36	0,33	-0,19	10,31	3,84	0,19	-0,44	5,55	2,02	0,33	-0,19	6,25	2,27	0,33	-0,19	6,69	2,43	0,33	-0,19
12	4,08	1,38	0,36	-0,09	10,82	3,88	0,13	-0,26	6,03	2,05	0,36	-0,09	6,78	2,30	0,36	-0,09	7,27	2,47	0,36	-0,09
Рік	3,58	1,29	0,37	-0,05	9,53	3,53	0,23	-0,20	5,67	2,05	0,37	-0,05	6,51	2,35	0,37	-0,05	7,07	2,55	0,37	-0,05
2011-2030																				
1	4,15	1,45	0,53	0,31	10,98	4,00	0,31	-0,13	6,13	2,15	0,53	0,31	6,90	2,42	0,53	0,31	7,39	2,59	0,53	0,31
2	4,00	1,33	0,33	-0,07	10,54	3,67	0,37	-0,05	5,91	1,96	0,33	-0,07	6,65	2,21	0,33	-0,07	7,13	2,37	0,33	-0,07
3	3,73	1,38	0,26	-0,47	9,86	3,62	0,14	-0,46	6,18	2,29	0,26	-0,46	7,19	2,67	0,26	-0,46	7,86	2,92	0,26	-0,46
4	3,55	1,32	0,49	0,16	9,42	3,50	0,31	-0,12	5,89	2,19	0,49	0,16	6,86	2,55	0,49	0,16	7,50	2,78	0,49	0,16
5	3,36	1,27	0,41	-0,16	9,09	3,36	0,34	-0,05	5,58	2,10	0,41	-0,16	6,50	2,45	0,41	-0,16	7,10	2,68	0,41	-0,16
6	3,18	1,16	0,35	-0,04	8,59	3,20	0,32	-0,32	5,53	2,02	0,35	-0,04	6,53	2,38	0,35	-0,04	7,19	2,63	0,35	-0,04
7	3,24	1,26	0,48	0,04	8,77	3,44	0,34	-0,17	5,62	2,19	0,48	0,04	6,64	2,58	0,48	0,04	7,32	2,85	0,48	0,04
8	3,12	1,22	0,54	0,24	8,37	3,26	0,27	-0,45	5,42	2,12	0,54	0,24	6,40	2,50	0,54	0,24	7,05	2,76	0,54	0,24
9	3,29	1,20	0,41	-0,19	8,75	3,30	0,20	-0,42	4,87	1,78	0,40	-0,21	5,48	2,00	0,40	-0,22	5,87	2,15	0,40	-0,22
10	3,37	1,27	0,39	-0,17	9,12	3,66	0,25	-0,43	4,99	1,88	0,39	-0,17	5,61	2,12	0,39	-0,17	6,01	2,27	0,39	-0,17
11	3,77	1,28	0,28	-0,42	10,37	3,74	0,23	-0,32	5,58	1,90	0,28	-0,42	6,28	2,14	0,28	-0,42	6,73	2,29	0,28	-0,42
12	3,84	1,33	0,28	0,24	10,14	3,66	0,18	-0,12	5,68	1,97	0,28	0,24	6,38	2,21	0,28	0,24	6,84	2,37	0,28	0,24
Рік	3,55	1,29	0,40	-0,04	9,50	3,54	0,27	-0,25	5,61	2,04	0,40	-0,05	6,45	2,35	0,40	-0,05	7,00	2,55	0,40	-0,05
1931-2050																				
1	4,21	1,32	0,30	-0,29	11,21	3,70	-0,03	-0,36	6,23	1,95	0,30	-0,29	7,01	2,19	0,30	-0,29	7,51	2,35	0,30	-0,29
2	3,91	1,40	0,39	0,03	10,34	3,77	0,22	0,13	5,78	2,08	0,39	0,03	6,50	2,34	0,39	0,03	6,96	2,50	0,39	0,03
3	3,78	1,39	0,41	-0,28	9,97	3,59	0,21	-0,46	6,28	2,30	0,41	-0,29	7,31	2,68	0,41	-0,29	7,99	2,94	0,41	-0,29
4	3,66	1,38	0,54	0,26	9,82	3,71	0,16	-0,32	6,08	2,29	0,54	0,26	7,08	2,66	0,54	0,26	7,74	2,91	0,54	0,26
5	3,33	1,24	0,41	0,12	8,91	3,27	0,21	-0,18	5,53	2,06	0,41	0,12	6,45	2,40	0,41	0,12	7,05	2,62	0,41	0,12
6	3,23	1,18	0,55	0,22	8,69	3,25	0,42	-0,35	5,61	2,05	0,55	0,23	6,62	2,43	0,55	0,23	7,30	2,67	0,55	0,23
7	3,18	1,13	0,32	-0,19	8,55	2,97	0,28	-0,15	5,53	1,96	0,32	-0,19	6,54	2,32	0,32	-0,19	7,20	2,55	0,32	-0,19
8	3,41	1,25	0,42	0,22	9,24	3,37	0,32	0,05	5,92	2,17	0,42	0,22	6,99	2,56	0,42	0,22	7,71	2,82	0,42	0,22
9	3,28	1,20	0,51	0,33	8,91	3,31	0,17	-0,20	4,85	1,77	0,50	0,33	5,46	1,99	0,50	0,32	5,85	2,13	0,50	0,32
10	3,37	1,21	0,25	-0,11	9,18	3,45	0,13	-0,18	4,98	1,79	0,25	-0,11	5,61	2,01	0,25	-0,11	6,01	2,15	0,25	-0,11
11	3,71	1,25	0,42	-0,02	10,19	3,70	0,16	-0,06	5,49	1,85	0,42	-0,02	6,18	2,08	0,42	-0,02	6,62	2,22	0,42	-0,02
12	4,07	1,39	0,56	0,39	10,77	4,01	0,31	-0,25	6,01	2,05	0,56	0,39	6,77	2,31	0,56	0,39	7,25	2,47	0,56	0,39
Рік	3,59	1,28	0,42	0,06	9,65	3,51	0,21	-0,20	5,69	2,03	0,42	0,06	6,54	2,33	0,42	0,06	7,10	2,53	0,42	0,06

Продовження табл. Б2

## 12. Полтава

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,25	1,62	0,39	-0,23	11,05	4,26	0,23	-0,11	6,28	2,40	0,39	-0,23	7,07	2,70	0,39	-0,23	7,57	2,89	0,39	-0,23
2	4,15	1,56	0,32	-0,08	10,89	4,08	0,13	-0,34	6,14	2,30	0,32	-0,08	6,90	2,59	0,32	-0,08	7,40	2,78	0,32	-0,08
3	4,16	1,49	0,34	-0,04	10,66	3,75	0,20	-0,05	6,90	2,48	0,34	-0,04	8,03	2,89	0,34	-0,04	8,78	3,15	0,34	-0,04
4	3,73	1,38	0,42	0,01	9,80	3,60	0,21	-0,25	6,20	2,28	0,42	0,01	7,22	2,66	0,42	0,01	7,89	2,91	0,42	0,01
5	3,49	1,23	0,38	0,05	9,16	3,34	0,27	-0,40	5,80	2,03	0,38	0,05	6,75	2,37	0,38	0,05	7,38	2,59	0,38	0,05
6	3,27	1,27	0,50	0,26	8,67	3,52	0,35	-0,30	5,68	2,20	0,50	0,27	6,70	2,60	0,50	0,27	7,39	2,87	0,50	0,27
7	3,25	1,18	0,36	-0,22	8,51	3,18	0,38	-0,14	5,65	2,04	0,36	-0,22	6,67	2,41	0,36	-0,22	7,35	2,66	0,36	-0,22
8	3,24	1,18	0,42	0,32	8,44	3,21	0,40	0,19	5,63	2,05	0,42	0,32	6,65	2,43	0,42	0,32	7,33	2,67	0,42	0,32
9	3,59	1,33	0,43	-0,09	9,40	3,68	0,37	-0,12	5,32	1,97	0,43	-0,09	5,98	2,21	0,43	-0,09	6,41	2,37	0,42	-0,09
10	3,58	1,38	0,53	0,22	9,34	3,82	0,28	-0,12	5,30	2,04	0,53	0,22	5,96	2,30	0,53	0,22	6,38	2,46	0,53	0,22
11	3,85	1,40	0,37	-0,15	10,41	3,95	0,23	-0,27	5,70	2,07	0,37	-0,15	6,41	2,33	0,37	-0,15	6,86	2,50	0,37	-0,15
12	4,22	1,53	0,29	-0,07	11,04	4,14	0,20	0,00	6,24	2,27	0,29	-0,07	7,02	2,55	0,29	-0,07	7,52	2,73	0,29	-0,07
Рік	3,73	1,38	0,40	0,00	9,78	3,71	0,27	-0,16	5,90	2,18	0,40	0,00	6,78	2,50	0,40	0,00	7,36	2,71	0,40	0,00
2011-2030																				
1	4,43	1,59	0,34	-0,05	11,68	4,18	0,17	-0,33	6,55	2,35	0,34	-0,05	7,36	2,64	0,34	-0,05	7,89	2,83	0,34	-0,05
2	4,29	1,50	0,44	0,17	11,13	3,88	0,24	-0,20	6,34	2,22	0,44	0,17	7,14	2,50	0,44	0,17	7,65	2,67	0,44	0,17
3	4,00	1,49	0,33	-0,35	10,39	3,79	0,18	-0,51	6,64	2,48	0,33	-0,34	7,73	2,89	0,34	-0,34	8,45	3,16	0,34	-0,34
4	3,66	1,40	0,51	0,15	9,63	3,84	0,32	-0,24	6,07	2,33	0,51	0,15	7,07	2,71	0,51	0,15	7,73	2,97	0,51	0,15
5	3,47	1,37	0,31	-0,36	9,22	3,68	0,19	-0,51	5,76	2,27	0,31	-0,36	6,71	2,65	0,31	-0,36	7,34	2,90	0,31	-0,36
6	3,34	1,19	0,42	0,03	8,67	3,27	0,39	-0,02	5,80	2,06	0,41	0,04	6,85	2,44	0,41	0,04	7,55	2,69	0,41	0,04
7	3,30	1,24	0,49	-0,11	8,64	3,34	0,57	0,19	5,73	2,15	0,49	-0,11	6,77	2,53	0,49	-0,11	7,46	2,79	0,49	-0,11
8	3,27	1,20	0,50	0,06	8,37	3,18	0,37	-0,20	5,68	2,08	0,50	0,06	6,71	2,46	0,50	0,06	7,40	2,71	0,50	0,06
9	3,47	1,22	0,45	-0,14	8,99	3,30	0,28	-0,38	5,14	1,81	0,44	-0,15	5,78	2,04	0,44	-0,15	6,20	2,18	0,44	-0,16
10	3,53	1,32	0,44	0,15	9,28	3,72	0,32	-0,29	5,23	1,95	0,44	0,15	5,88	2,19	0,44	0,15	6,30	2,35	0,44	0,15
11	3,93	1,34	0,31	-0,19	10,61	3,76	0,23	-0,22	5,82	1,98	0,31	-0,19	6,55	2,23	0,31	-0,19	7,02	2,39	0,31	-0,19
12	3,98	1,49	0,25	-0,25	10,39	3,92	0,22	-0,35	5,89	2,20	0,25	-0,25	6,63	2,47	0,25	-0,25	7,10	2,65	0,25	-0,25
Рік	3,72	1,36	0,40	-0,07	9,75	3,66	0,29	-0,25	5,89	2,16	0,40	-0,07	6,76	2,48	0,40	-0,07	7,34	2,69	0,40	-0,07
1931-2050																				
1	4,41	1,36	0,23	-0,33	11,76	3,65	0,03	-0,50	6,52	2,00	0,23	-0,33	7,33	2,26	0,23	-0,33	7,86	2,42	0,23	-0,33
2	4,02	1,57	0,50	0,22	10,38	4,15	0,31	-0,11	5,94	2,32	0,50	0,22	6,68	2,61	0,50	0,22	7,16	2,80	0,50	0,22
3	3,91	1,40	0,35	-0,27	10,23	3,69	0,21	-0,23	6,49	2,33	0,35	-0,27	7,56	2,72	0,35	-0,27	8,26	2,97	0,35	-0,28
4	3,80	1,41	0,42	0,05	10,02	3,79	0,13	-0,47	6,31	2,34	0,42	0,05	7,35	2,72	0,42	0,05	8,04	2,98	0,42	0,05
5	3,50	1,32	0,46	0,28	9,18	3,59	0,30	-0,28	5,82	2,19	0,46	0,28	6,77	2,55	0,46	0,28	7,41	2,79	0,46	0,28
6	3,32	1,22	0,63	0,78	8,73	3,32	0,52	-0,01	5,77	2,12	0,62	0,75	6,82	2,51	0,61	0,74	7,51	2,76	0,61	0,74
7	3,21	1,18	0,28	-0,15	8,32	3,17	0,24	-0,43	5,58	2,06	0,28	-0,15	6,59	2,43	0,28	-0,15	7,26	2,68	0,28	-0,15
8	3,49	1,20	0,17	-0,24	9,08	3,34	0,26	-0,28	6,07	2,09	0,17	-0,24	7,17	2,47	0,17	-0,24	7,90	2,72	0,17	-0,24
9	3,46	1,28	0,49	0,05	9,03	3,53	0,37	-0,18	5,12	1,90	0,49	0,03	5,76	2,14	0,49	0,03	6,17	2,29	0,49	0,02
10	3,51	1,23	0,27	-0,25	9,17	3,37	0,17	-0,23	5,20	1,81	0,27	-0,25	5,85	2,04	0,27	-0,25	6,27	2,19	0,27	-0,25
11	3,87	1,33	0,39	-0,05	10,32	3,76	0,31	-0,15	5,72	1,96	0,39	-0,05	6,44	2,21	0,39	-0,05	6,90	2,37	0,39	-0,05
12	4,24	1,44	0,30	0,22	11,22	3,73	0,09	-0,07	6,28	2,13	0,30	0,22	7,06	2,40	0,30	0,22	7,56	2,57	0,30	0,22
Рік	3,73	1,33	0,37	0,03	9,79	3,59	0,24	-0,24	5,90	2,11	0,37	0,02	6,78	2,42	0,37	0,02	7,36	2,63	0,37	0,02

Продовження табл. Б2

## 13. Харків

1986-2005																				
Mic	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,00	1,52	0,40	-0,36	10,99	4,15	0,24	-0,29	5,91	2,25	0,40	-0,36	6,65	2,53	0,40	-0,36	7,12	2,71	0,40	-0,36
2	3,94	1,45	0,37	-0,10	10,80	3,95	0,31	-0,14	5,83	2,15	0,37	-0,10	6,55	2,42	0,37	-0,10	7,02	2,59	0,37	-0,10
3	3,89	1,42	0,36	-0,18	10,50	3,85	0,25	-0,20	6,45	2,35	0,35	-0,19	7,51	2,73	0,35	-0,18	8,21	2,99	0,35	-0,18
4	3,52	1,26	0,39	0,05	9,70	3,62	0,24	-0,34	5,84	2,08	0,39	0,05	6,80	2,43	0,39	0,05	7,44	2,65	0,39	0,05
5	3,32	1,20	0,51	0,26	9,22	3,38	0,29	-0,25	5,51	1,99	0,51	0,26	6,41	2,31	0,51	0,26	7,01	2,53	0,51	0,26
6	3,06	1,16	0,55	0,17	8,62	3,48	0,56	-0,01	5,31	2,01	0,55	0,17	6,27	2,37	0,55	0,17	6,92	2,62	0,55	0,17
7	3,06	1,09	0,35	-0,23	8,43	3,13	0,33	-0,22	5,31	1,90	0,35	-0,23	6,27	2,24	0,35	-0,23	6,92	2,47	0,35	-0,23
8	3,07	1,13	0,50	0,34	8,41	3,26	0,54	0,40	5,33	1,96	0,50	0,34	6,30	2,32	0,50	0,34	6,94	2,56	0,50	0,34
9	3,36	1,21	0,43	-0,18	9,35	3,62	0,26	-0,47	4,98	1,79	0,43	-0,18	5,60	2,01	0,43	-0,17	6,00	2,15	0,43	-0,17
10	3,36	1,31	0,61	0,40	9,28	3,85	0,35	-0,15	4,97	1,94	0,61	0,40	5,59	2,19	0,61	0,40	5,99	2,34	0,61	0,40
11	3,67	1,31	0,47	0,10	10,50	3,93	0,28	0,21	5,43	1,94	0,47	0,10	6,10	2,19	0,47	0,10	6,54	2,34	0,47	0,10
12	3,98	1,44	0,25	-0,20	11,03	4,08	0,15	-0,24	5,88	2,13	0,25	-0,20	6,62	2,39	0,25	-0,20	7,09	2,57	0,25	-0,20
Рік	3,52	1,29	0,43	0,01	9,74	3,69	0,32	-0,14	5,56	2,04	0,43	0,01	6,39	2,34	0,43	0,01	6,93	2,54	0,43	0,01
2011-2030																				
1	4,18	1,48	0,30	-0,07	11,67	4,14	0,02	-0,28	6,19	2,19	0,30	-0,07	6,96	2,47	0,30	-0,07	7,46	2,64	0,30	-0,07
2	4,04	1,42	0,37	0,03	11,18	3,92	0,26	-0,35	5,97	2,10	0,37	0,03	6,72	2,37	0,37	0,03	7,20	2,53	0,37	0,03
3	3,79	1,42	0,41	-0,15	10,39	3,88	0,25	-0,20	6,28	2,35	0,42	-0,14	7,32	2,74	0,42	-0,14	8,00	2,99	0,42	-0,14
4	3,40	1,36	0,58	0,42	9,52	3,99	0,41	-0,24	5,65	2,26	0,58	0,42	6,58	2,64	0,58	0,42	7,19	2,88	0,58	0,42
5	3,31	1,29	0,35	-0,30	9,24	3,71	0,23	-0,45	5,50	2,15	0,35	-0,30	6,40	2,50	0,35	-0,30	7,00	2,74	0,35	-0,30
6	3,11	1,15	0,48	0,32	8,60	3,39	0,51	0,35	5,40	2,00	0,48	0,32	6,38	2,36	0,48	0,33	7,03	2,60	0,48	0,33
7	3,06	1,12	0,44	-0,19	8,50	3,27	0,61	0,19	5,31	1,95	0,44	-0,19	6,27	2,30	0,44	-0,19	6,91	2,54	0,44	-0,19
8	3,06	1,09	0,44	-0,02	8,27	3,07	0,42	-0,13	5,32	1,90	0,44	-0,02	6,28	2,24	0,44	-0,02	6,92	2,47	0,44	-0,02
9	3,23	1,15	0,45	-0,14	8,98	3,27	0,27	-0,29	4,78	1,70	0,44	-0,14	5,38	1,91	0,44	-0,14	5,77	2,05	0,44	-0,14
10	3,30	1,25	0,38	0,02	9,24	3,77	0,28	-0,17	4,88	1,84	0,38	0,02	5,49	2,07	0,38	0,02	5,89	2,22	0,38	0,02
11	3,72	1,28	0,26	-0,27	10,60	3,89	0,31	-0,24	5,50	1,89	0,26	-0,27	6,19	2,12	0,26	-0,27	6,63	2,27	0,26	-0,27
12	3,77	1,39	0,29	-0,35	10,38	3,89	0,14	-0,51	5,57	2,06	0,29	-0,35	6,27	2,32	0,29	-0,35	6,72	2,48	0,29	-0,35
Рік	3,50	1,28	0,40	-0,06	9,71	3,68	0,31	-0,19	5,53	2,03	0,40	-0,06	6,35	2,34	0,40	-0,06	6,89	2,54	0,40	-0,06
1931-2050																				
1	4,12	1,30	0,20	-0,48	11,67	3,67	0,19	-0,20	6,09	1,93	0,20	-0,48	6,85	2,17	0,20	-0,48	7,34	2,33	0,20	-0,48
2	3,80	1,49	0,50	0,09	10,29	4,14	0,36	-0,11	5,62	2,21	0,50	0,09	6,33	2,48	0,50	0,09	6,78	2,66	0,50	0,09
3	3,68	1,32	0,39	-0,12	10,14	3,76	0,24	-0,25	6,10	2,19	0,39	-0,13	7,11	2,56	0,39	-0,13	7,77	2,80	0,39	-0,13
4	3,54	1,29	0,40	0,24	9,78	3,68	0,27	-0,16	5,87	2,14	0,40	0,24	6,84	2,49	0,40	0,24	7,48	2,72	0,40	0,24
5	3,32	1,24	0,47	0,27	9,22	3,56	0,31	-0,17	5,51	2,06	0,47	0,27	6,41	2,40	0,47	0,27	7,01	2,62	0,47	0,27
6	3,10	1,19	0,58	0,43	8,55	3,41	0,56	0,08	5,38	2,06	0,57	0,38	6,35	2,43	0,56	0,36	7,00	2,67	0,56	0,36
7	3,01	1,08	0,37	0,06	8,29	3,07	0,33	-0,44	5,22	1,88	0,37	0,06	6,17	2,22	0,37	0,06	6,80	2,45	0,37	0,06
8	3,24	1,11	0,20	-0,13	9,02	3,25	0,24	-0,12	5,63	1,93	0,20	-0,13	6,64	2,28	0,20	-0,13	7,32	2,51	0,20	-0,13
9	3,22	1,24	0,49	0,00	9,00	3,69	0,42	-0,01	4,78	1,84	0,48	-0,02	5,38	2,07	0,48	-0,03	5,76	2,22	0,48	-0,03
10	3,30	1,16	0,37	-0,17	9,14	3,33	0,26	-0,14	4,88	1,72	0,37	-0,17	5,49	1,93	0,37	-0,17	5,88	2,07	0,37	-0,17
11	3,66	1,25	0,32	-0,16	10,35	3,81	0,22	-0,19	5,41	1,85	0,32	-0,16	6,09	2,08	0,32	-0,16	6,52	2,23	0,32	-0,16
12	3,99	1,34	0,19	-0,07	11,13	3,68	0,12	-0,16	5,90	1,98	0,19	-0,07	6,64	2,23	0,19	-0,07	7,12	2,38	0,19	-0,07
Рік	3,50	1,25	0,37	0,00	9,71	3,59	0,29	-0,16	5,53	1,98	0,37	-0,01	6,36	2,28	0,37	-0,01	6,90	2,47	0,37	-0,01

Продовження табл. Б2

## 14. Губиниха

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,00	1,50	0,37	-0,25	10,34	3,81	0,24	-0,32	5,92	2,22	0,37	-0,25	6,66	2,50	0,37	-0,25	7,13	2,68	0,37	-0,25
2	3,98	1,44	0,35	-0,14	10,33	3,71	0,19	-0,31	5,88	2,12	0,35	-0,14	6,62	2,39	0,35	-0,14	7,09	2,56	0,35	-0,14
3	3,95	1,45	0,40	0,05	10,20	3,66	0,19	-0,21	6,54	2,41	0,40	0,06	7,62	2,81	0,41	0,06	8,33	3,07	0,41	0,06
4	3,57	1,33	0,44	0,11	9,37	3,58	0,28	-0,27	5,92	2,21	0,44	0,11	6,89	2,57	0,44	0,11	7,53	2,82	0,44	0,11
5	3,38	1,22	0,46	0,01	8,88	3,28	0,33	-0,28	5,61	2,03	0,46	0,01	6,53	2,37	0,46	0,01	7,14	2,59	0,46	0,01
6	3,15	1,17	0,62	0,27	8,38	3,31	0,51	-0,12	5,47	2,04	0,62	0,27	6,46	2,41	0,62	0,27	7,12	2,66	0,62	0,27
7	3,10	1,17	0,30	-0,35	8,10	3,09	0,32	-0,37	5,39	2,03	0,30	-0,35	6,37	2,40	0,30	-0,35	7,02	2,64	0,30	-0,35
8	3,20	1,12	0,48	0,30	8,21	3,01	0,38	0,11	5,57	1,95	0,48	0,30	6,57	2,30	0,48	0,30	7,25	2,54	0,48	0,30
9	3,49	1,30	0,44	-0,04	9,11	3,52	0,31	-0,28	5,16	1,92	0,44	-0,05	5,81	2,16	0,44	-0,06	6,23	2,32	0,44	-0,06
10	3,43	1,33	0,51	0,09	8,89	3,76	0,36	-0,27	5,08	1,97	0,51	0,09	5,71	2,22	0,51	0,09	6,12	2,37	0,51	0,09
11	3,71	1,36	0,38	-0,02	10,05	3,91	0,33	-0,05	5,49	2,01	0,38	-0,02	6,17	2,26	0,38	-0,02	6,61	2,42	0,38	-0,02
12	3,98	1,43	0,31	0,02	10,43	3,87	0,24	0,12	5,89	2,12	0,31	0,02	6,62	2,38	0,31	0,02	7,10	2,55	0,31	0,02
Рік	3,58	1,32	0,42	0,00	9,36	3,54	0,31	-0,19	5,66	2,09	0,42	0,00	6,50	2,40	0,42	0,00	7,06	2,60	0,42	0,00
2011-2030																				
1	4,26	1,50	0,25	-0,12	11,22	3,98	0,19	-0,32	6,30	2,22	0,25	-0,12	7,08	2,50	0,25	-0,12	7,59	2,68	0,25	-0,12
2	4,03	1,43	0,35	-0,01	10,41	3,73	0,25	-0,22	5,96	2,12	0,35	-0,01	6,71	2,38	0,35	-0,01	7,19	2,55	0,35	-0,01
3	3,86	1,46	0,33	-0,26	10,09	3,85	0,16	-0,46	6,40	2,42	0,34	-0,26	7,45	2,82	0,34	-0,26	8,14	3,08	0,34	-0,26
4	3,53	1,38	0,55	0,35	9,45	3,82	0,46	0,10	5,87	2,29	0,55	0,35	6,83	2,66	0,55	0,35	7,47	2,91	0,55	0,35
5	3,37	1,29	0,33	-0,29	8,96	3,54	0,16	-0,58	5,59	2,14	0,33	-0,29	6,52	2,50	0,33	-0,29	7,12	2,73	0,33	-0,29
6	3,25	1,19	0,42	0,03	8,45	3,21	0,33	-0,11	5,65	2,07	0,41	0,03	6,67	2,44	0,41	0,03	7,35	2,69	0,41	0,03
7	3,19	1,17	0,44	0,05	8,35	3,15	0,58	0,23	5,55	2,03	0,44	0,05	6,56	2,40	0,44	0,05	7,23	2,65	0,44	0,05
8	3,21	1,09	0,38	0,17	8,11	2,90	0,29	-0,36	5,58	1,90	0,38	0,17	6,59	2,24	0,38	0,17	7,27	2,47	0,38	0,17
9	3,36	1,21	0,52	-0,15	8,72	3,20	0,23	-0,47	4,97	1,79	0,51	-0,15	5,59	2,02	0,51	-0,15	6,00	2,16	0,51	-0,15
10	3,38	1,26	0,48	0,12	8,92	3,69	0,36	-0,32	5,00	1,86	0,48	0,12	5,63	2,10	0,48	0,12	6,03	2,25	0,48	0,12
11	3,74	1,32	0,26	-0,36	10,20	3,94	0,30	-0,28	5,53	1,95	0,26	-0,36	6,22	2,19	0,26	-0,36	6,66	2,35	0,26	-0,36
12	3,77	1,41	0,31	-0,40	9,89	3,80	0,24	-0,47	5,57	2,08	0,31	-0,40	6,27	2,34	0,31	-0,40	6,72	2,51	0,31	-0,40
Рік	3,58	1,31	0,38	-0,07	9,40	3,57	0,30	-0,27	5,66	2,07	0,38	-0,07	6,51	2,38	0,38	-0,07	7,06	2,58	0,38	-0,07
1931-2050																				
1	4,13	1,27	0,18	-0,38	10,91	3,42	0,13	-0,32	6,11	1,88	0,18	-0,38	6,87	2,12	0,18	-0,38	7,36	2,27	0,18	-0,38
2	3,83	1,46	0,48	0,26	9,92	3,91	0,26	-0,06	5,67	2,17	0,48	0,26	6,38	2,44	0,48	0,26	6,84	2,61	0,48	0,26
3	3,75	1,36	0,35	-0,38	9,92	3,71	0,17	-0,45	6,23	2,26	0,35	-0,38	7,25	2,64	0,35	-0,39	7,93	2,88	0,35	-0,39
4	3,68	1,38	0,38	0,02	9,78	3,70	0,14	-0,49	6,11	2,29	0,38	0,02	7,11	2,66	0,38	0,02	7,78	2,91	0,38	0,02
5	3,41	1,29	0,40	0,19	8,96	3,45	0,31	-0,23	5,66	2,14	0,40	0,19	6,60	2,49	0,40	0,19	7,21	2,72	0,40	0,19
6	3,22	1,19	0,59	0,73	8,41	3,24	0,48	0,03	5,59	2,06	0,58	0,69	6,61	2,43	0,58	0,68	7,28	2,67	0,58	0,68
7	3,13	1,12	0,32	-0,13	8,08	2,98	0,29	-0,23	5,43	1,95	0,32	-0,13	6,42	2,31	0,32	-0,13	7,07	2,54	0,32	-0,13
8	3,42	1,16	0,33	-0,11	8,85	3,14	0,38	0,08	5,94	2,01	0,33	-0,11	7,02	2,38	0,33	-0,11	7,74	2,62	0,33	-0,11
9	3,33	1,28	0,55	0,10	8,69	3,50	0,39	-0,32	4,93	1,90	0,54	0,08	5,55	2,13	0,54	0,07	5,95	2,29	0,54	0,07
10	3,33	1,19	0,37	-0,19	8,67	3,32	0,21	-0,31	4,93	1,77	0,37	-0,19	5,55	1,99	0,37	-0,19	5,94	2,13	0,37	-0,19
11	3,69	1,32	0,42	-0,06	9,83	3,81	0,32	-0,16	5,45	1,95	0,42	-0,06	6,14	2,19	0,42	-0,06	6,57	2,35	0,42	-0,06
12	4,06	1,39	0,28	0,28	10,76	3,70	0,10	-0,13	6,00	2,05	0,28	0,28	6,76	2,31	0,28	0,28	7,24	2,47	0,28	0,28
Рік	3,58	1,28	0,39	0,03	9,40	3,49	0,26	-0,22	5,67	2,03	0,39	0,02	6,52	2,34	0,39	0,02	7,08	2,54	0,39	0,02

Продовження табл. Б2

## 15. Донецьк

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,66	1,29	0,38	-0,24	10,34	3,81	0,33	-0,25	5,41	1,90	0,38	-0,24	6,09	2,14	0,38	-0,24	6,52	2,30	0,38	-0,24
2	3,63	1,28	0,35	-0,09	10,32	3,72	0,36	-0,09	5,37	1,90	0,35	-0,09	6,04	2,13	0,35	-0,09	6,47	2,29	0,35	-0,09
3	3,57	1,32	0,38	0,03	10,20	3,71	0,23	-0,14	5,92	2,19	0,38	0,04	6,89	2,55	0,38	0,04	7,53	2,78	0,38	0,04
4	3,25	1,17	0,32	-0,01	9,55	3,47	0,29	-0,28	5,39	1,94	0,32	-0,01	6,28	2,26	0,32	-0,01	6,86	2,47	0,32	-0,01
5	3,09	1,18	0,49	0,13	9,03	3,46	0,32	-0,28	5,13	1,96	0,49	0,13	5,98	2,28	0,49	0,13	6,54	2,50	0,49	0,13
6	2,88	1,07	0,52	0,24	8,28	3,22	0,55	0,10	5,00	1,86	0,52	0,24	5,90	2,20	0,52	0,24	6,50	2,43	0,52	0,24
7	2,83	1,03	0,20	-0,48	8,03	2,89	0,21	-0,31	4,92	1,79	0,20	-0,48	5,81	2,11	0,20	-0,48	6,41	2,32	0,20	-0,48
8	2,97	1,01	0,35	0,01	8,41	2,80	0,20	-0,31	5,16	1,76	0,35	0,01	6,09	2,08	0,35	0,01	6,71	2,29	0,35	0,01
9	3,18	1,12	0,41	-0,21	9,21	3,28	0,23	-0,28	4,70	1,66	0,42	-0,22	5,29	1,87	0,42	-0,21	5,67	2,01	0,42	-0,21
10	3,17	1,26	0,55	0,11	9,18	3,84	0,43	-0,11	4,69	1,86	0,55	0,11	5,28	2,09	0,55	0,11	5,65	2,24	0,55	0,11
11	3,40	1,26	0,46	0,05	10,18	3,95	0,37	0,21	5,03	1,87	0,46	0,05	5,66	2,10	0,46	0,05	6,07	2,26	0,46	0,05
12	3,68	1,30	0,28	-0,07	10,75	4,04	0,25	0,00	5,44	1,92	0,28	-0,07	6,13	2,16	0,28	-0,07	6,56	2,31	0,28	-0,07
Рік	3,28	1,19	0,39	-0,04	9,46	3,52	0,31	-0,15	5,18	1,88	0,39	-0,04	5,95	2,16	0,39	-0,04	6,46	2,35	0,39	-0,04
2011-2030																				
1	3,90	1,35	0,26	-0,26	11,39	4,07	0,16	-0,17	5,76	2,00	0,26	-0,26	6,48	2,25	0,26	-0,26	6,95	2,41	0,26	-0,26
2	3,63	1,32	0,39	0,07	10,41	3,99	0,41	-0,12	5,36	1,95	0,39	0,07	6,03	2,19	0,39	0,07	6,47	2,35	0,39	0,07
3	3,59	1,36	0,43	-0,07	10,35	4,01	0,23	-0,44	5,96	2,26	0,43	-0,06	6,94	2,64	0,44	-0,06	7,59	2,88	0,44	-0,06
4	3,24	1,28	0,67	0,68	9,60	3,91	0,49	0,08	5,37	2,12	0,67	0,68	6,26	2,47	0,67	0,68	6,84	2,70	0,67	0,68
5	3,08	1,14	0,36	-0,12	9,11	3,54	0,35	-0,15	5,11	1,89	0,36	-0,12	5,95	2,21	0,36	-0,12	6,50	2,41	0,36	-0,12
6	2,97	1,10	0,31	0,15	8,47	3,10	0,27	0,09	5,16	1,91	0,30	0,14	6,10	2,26	0,30	0,14	6,72	2,49	0,30	0,14
7	2,87	1,02	0,45	0,27	8,17	2,92	0,43	0,07	4,98	1,77	0,45	0,27	5,88	2,09	0,45	0,27	6,48	2,30	0,45	0,27
8	2,91	0,95	0,29	0,10	8,12	2,62	0,15	-0,45	5,06	1,64	0,29	0,10	5,98	1,94	0,29	0,10	6,59	2,14	0,29	0,10
9	3,00	1,10	0,44	-0,15	8,65	3,27	0,28	-0,33	4,44	1,63	0,44	-0,15	4,99	1,83	0,44	-0,15	5,35	1,97	0,44	-0,15
10	3,10	1,18	0,42	-0,18	9,10	3,80	0,39	-0,05	4,59	1,74	0,42	-0,18	5,16	1,96	0,42	-0,18	5,53	2,10	0,42	-0,18
11	3,42	1,20	0,21	-0,53	10,46	3,94	0,22	-0,38	5,06	1,78	0,21	-0,53	5,69	2,00	0,21	-0,53	6,10	2,15	0,21	-0,53
12	3,46	1,29	0,34	-0,36	9,92	3,75	0,26	-0,40	5,11	1,90	0,34	-0,36	5,75	2,14	0,34	-0,36	6,16	2,29	0,34	-0,36
Рік	3,26	1,19	0,38	-0,03	9,48	3,58	0,30	-0,19	5,16	1,88	0,38	-0,03	5,94	2,16	0,38	-0,03	6,44	2,35	0,38	-0,03
1931-2050																				
1	3,71	1,16	0,14	-0,23	10,75	3,51	0,14	-0,06	5,49	1,72	0,14	-0,23	6,18	1,93	0,14	-0,23	6,62	2,07	0,14	-0,23
2	3,51	1,29	0,40	0,15	9,92	3,83	0,37	0,06	5,20	1,91	0,40	0,15	5,85	2,15	0,40	0,15	6,26	2,30	0,40	0,15
3	3,42	1,29	0,55	0,04	10,00	3,90	0,34	-0,18	5,67	2,14	0,55	0,04	6,61	2,50	0,55	0,04	7,22	2,73	0,55	0,04
4	3,29	1,17	0,37	0,18	9,63	3,58	0,21	-0,38	5,46	1,95	0,37	0,18	6,36	2,27	0,37	0,18	6,95	2,48	0,37	0,18
5	3,13	1,10	0,42	0,12	8,95	3,16	0,34	-0,21	5,20	1,82	0,42	0,12	6,05	2,12	0,42	0,12	6,62	2,32	0,42	0,12
6	3,00	1,06	0,40	0,09	8,62	3,13	0,37	-0,09	5,22	1,83	0,38	0,04	6,16	2,17	0,38	0,03	6,79	2,39	0,37	0,02
7	2,90	0,98	0,36	-0,16	8,12	2,74	0,34	-0,09	5,04	1,71	0,36	-0,16	5,95	2,02	0,36	-0,16	6,56	2,22	0,36	-0,16
8	3,11	1,03	0,46	0,51	8,83	2,89	0,20	-0,19	5,40	1,78	0,46	0,51	6,38	2,10	0,46	0,51	7,03	2,32	0,46	0,51
9	3,03	1,13	0,49	0,17	8,80	3,36	0,33	-0,15	4,49	1,67	0,48	0,15	5,06	1,88	0,48	0,15	5,42	2,02	0,48	0,15
10	3,01	1,11	0,30	-0,20	8,79	3,35	0,13	-0,31	4,46	1,64	0,30	-0,20	5,01	1,85	0,30	-0,20	5,37	1,98	0,30	-0,20
11	3,36	1,22	0,40	-0,09	10,08	3,97	0,28	-0,24	4,97	1,81	0,40	-0,09	5,59	2,03	0,40	-0,09	5,99	2,18	0,40	-0,09
12	3,76	1,26	0,17	-0,11	11,08	3,86	0,10	0,03	5,56	1,87	0,17	-0,11	6,26	2,10	0,17	-0,11	6,70	2,25	0,17	-0,11
Рік	3,27	1,15	0,37	0,04	9,46	3,44	0,26	-0,15	5,18	1,82	0,37	0,03	5,95	2,09	0,37	0,03	6,46	2,27	0,37	0,03

Продовження табл. Б2

## 16. Луганськ

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,29	1,64	0,41	-0,32	11,54	4,59	0,27	-0,24	6,35	2,43	0,41	-0,32	7,15	2,73	0,41	-0,32	7,66	2,93	0,41	-0,32
2	4,27	1,58	0,44	0,00	11,37	4,50	0,34	-0,13	6,31	2,34	0,44	0,00	7,10	2,63	0,44	0,00	7,61	2,81	0,44	0,00
3	4,09	1,57	0,47	-0,11	10,80	4,08	0,37	-0,18	6,79	2,60	0,46	-0,11	7,91	3,03	0,46	-0,11	8,64	3,31	0,47	-0,11
4	3,73	1,33	0,29	-0,23	10,23	3,75	0,29	-0,29	6,20	2,20	0,29	-0,23	7,22	2,56	0,29	-0,23	7,89	2,80	0,29	-0,23
5	3,59	1,40	0,48	0,14	9,79	3,80	0,32	-0,38	5,96	2,32	0,48	0,14	6,94	2,70	0,48	0,14	7,59	2,95	0,48	0,14
6	3,38	1,30	0,48	0,24	9,14	3,65	0,52	0,10	5,88	2,26	0,48	0,23	6,94	2,67	0,48	0,23	7,65	2,94	0,48	0,23
7	3,32	1,26	0,30	-0,17	8,96	3,31	0,32	-0,08	5,77	2,19	0,30	-0,17	6,81	2,59	0,30	-0,17	7,51	2,85	0,30	-0,17
8	3,38	1,18	0,48	0,11	8,93	3,06	0,28	-0,06	5,87	2,06	0,48	0,11	6,93	2,43	0,48	0,11	7,64	2,68	0,48	0,11
9	3,61	1,28	0,26	-0,33	9,82	3,52	0,10	-0,39	5,35	1,90	0,26	-0,33	6,02	2,14	0,26	-0,34	6,45	2,29	0,26	-0,34
10	3,61	1,48	0,66	0,43	9,70	4,15	0,47	-0,02	5,34	2,19	0,66	0,43	6,00	2,46	0,66	0,43	6,43	2,64	0,66	0,43
11	3,90	1,42	0,54	0,14	10,83	4,13	0,43	0,28	5,77	2,10	0,54	0,14	6,50	2,37	0,54	0,14	6,96	2,53	0,54	0,14
12	4,28	1,57	0,21	-0,36	11,73	4,55	0,24	-0,01	6,34	2,32	0,21	-0,36	7,13	2,61	0,21	-0,36	7,64	2,80	0,21	-0,36
Рік	3,79	1,42	0,42	-0,04	10,24	3,92	0,33	-0,11	5,99	2,24	0,42	-0,04	6,89	2,58	0,42	-0,04	7,47	2,80	0,42	-0,04
2011-2030																				
1	4,48	1,64	0,32	-0,20	12,36	4,61	0,14	0,02	6,63	2,42	0,32	-0,20	7,46	2,73	0,32	-0,20	7,99	2,92	0,32	-0,20
2	4,19	1,63	0,39	0,11	11,40	4,59	0,26	-0,36	6,20	2,41	0,39	0,11	6,98	2,72	0,39	0,11	7,48	2,91	0,39	0,11
3	4,15	1,56	0,46	-0,13	11,19	4,39	0,40	0,03	6,89	2,59	0,46	-0,10	8,02	3,02	0,47	-0,10	8,77	3,30	0,47	-0,10
4	3,75	1,50	0,68	0,77	10,38	4,15	0,47	0,05	6,22	2,50	0,68	0,77	7,25	2,91	0,68	0,77	7,93	3,18	0,68	0,77
5	3,65	1,39	0,44	-0,01	10,08	3,96	0,41	-0,12	6,05	2,31	0,44	-0,01	7,05	2,69	0,44	-0,01	7,70	2,95	0,44	-0,01
6	3,44	1,28	0,34	0,19	9,18	3,48	0,47	0,40	5,98	2,23	0,33	0,17	7,06	2,63	0,33	0,17	7,78	2,90	0,33	0,17
7	3,34	1,20	0,48	0,07	8,97	3,18	0,47	-0,06	5,80	2,09	0,48	0,07	6,85	2,47	0,48	0,07	7,55	2,72	0,48	0,07
8	3,34	1,17	0,48	0,10	8,83	3,03	0,32	-0,35	5,80	2,03	0,48	0,10	6,86	2,40	0,48	0,10	7,56	2,65	0,48	0,10
9	3,44	1,29	0,39	-0,13	9,30	3,55	0,26	-0,20	5,10	1,91	0,39	-0,13	5,74	2,15	0,39	-0,13	6,15	2,31	0,39	-0,13
10	3,55	1,45	0,43	-0,03	9,77	4,28	0,44	0,18	5,26	2,15	0,43	-0,03	5,91	2,42	0,43	-0,03	6,34	2,59	0,43	-0,03
11	3,90	1,39	0,21	-0,49	11,06	4,36	0,21	-0,27	5,77	2,05	0,21	-0,49	6,49	2,31	0,21	-0,49	6,96	2,47	0,21	-0,49
12	4,00	1,52	0,50	-0,12	10,79	4,10	0,41	-0,20	5,91	2,24	0,50	-0,12	6,65	2,52	0,50	-0,12	7,13	2,70	0,50	-0,12
Рік	3,77	1,42	0,42	0,01	10,28	3,98	0,36	-0,07	5,97	2,25	0,43	0,01	6,86	2,58	0,43	0,01	7,44	2,80	0,43	0,01
1931-2050																				
1	4,31	1,38	0,19	-0,23	11,82	4,06	0,25	-0,11	6,37	2,04	0,19	-0,23	7,16	2,30	0,19	-0,23	7,68	2,46	0,19	-0,23
2	4,05	1,56	0,58	0,31	10,73	4,33	0,45	-0,01	5,98	2,31	0,58	0,31	6,73	2,60	0,58	0,31	7,21	2,78	0,58	0,31
3	3,97	1,55	0,47	-0,17	10,76	4,32	0,35	-0,36	6,58	2,57	0,47	-0,16	7,66	3,00	0,46	-0,16	8,37	3,28	0,46	-0,16
4	3,75	1,38	0,48	0,16	10,27	3,88	0,36	-0,24	6,23	2,29	0,48	0,16	7,26	2,66	0,48	0,16	7,93	2,91	0,48	0,16
5	3,67	1,28	0,47	0,06	9,83	3,60	0,36	-0,28	6,10	2,13	0,47	0,06	7,10	2,48	0,47	0,06	7,76	2,71	0,47	0,06
6	3,50	1,25	0,41	0,08	9,48	3,43	0,39	0,00	6,08	2,16	0,40	0,05	7,18	2,55	0,40	0,05	7,91	2,81	0,40	0,04
7	3,39	1,21	0,38	0,09	9,13	3,16	0,41	0,16	5,89	2,11	0,38	0,09	6,96	2,49	0,38	0,09	7,67	2,74	0,38	0,09
8	3,53	1,20	0,46	0,69	9,46	3,16	0,23	-0,17	6,14	2,09	0,46	0,69	7,25	2,46	0,46	0,69	8,00	2,72	0,46	0,69
9	3,47	1,33	0,53	0,10	9,46	3,74	0,31	-0,29	5,14	1,98	0,52	0,07	5,79	2,23	0,52	0,06	6,20	2,39	0,51	0,05
10	3,42	1,28	0,40	-0,15	9,29	3,70	0,24	-0,27	5,06	1,90	0,40	-0,15	5,69	2,13	0,40	-0,15	6,10	2,28	0,40	-0,15
11	3,82	1,39	0,35	-0,11	10,65	4,23	0,30	-0,14	5,65	2,05	0,35	-0,11	6,35	2,31	0,35	-0,11	6,81	2,47	0,35	-0,11
12	4,26	1,45	0,20	-0,09	11,71	4,21	0,19	0,05	6,30	2,15	0,20	-0,09	7,09	2,42	0,20	-0,09	7,59	2,59	0,20	-0,09
Рік	3,76	1,36	0,41	0,06	10,22	3,82	0,32	-0,14	5,96	2,15	0,41	0,06	6,85	2,47	0,41	0,06	7,44	2,68	0,41	0,06

Продовження табл. Б2

## 17. Сарата

1986-2005																				
Mic	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,01	1,39	0,38	0,36	10,09	3,51	0,22	-0,12	5,92	2,06	0,38	0,36	6,67	2,31	0,38	0,36	7,14	2,48	0,38	0,36
2	3,99	1,39	0,26	-0,39	10,34	3,61	0,33	0,23	5,90	2,06	0,26	-0,39	6,63	2,32	0,26	-0,39	7,11	2,48	0,26	-0,39
3	4,07	1,44	0,56	0,31	10,45	3,58	0,33	-0,12	6,74	2,39	0,56	0,31	7,85	2,78	0,56	0,31	8,59	3,04	0,56	0,31
4	3,72	1,27	0,55	-0,11	9,62	3,24	0,48	-0,18	6,18	2,12	0,55	-0,11	7,19	2,46	0,55	-0,11	7,87	2,69	0,55	-0,11
5	3,59	1,22	0,46	0,08	9,07	3,01	0,50	0,07	5,95	2,02	0,46	0,08	6,93	2,35	0,46	0,08	7,58	2,57	0,46	0,08
6	3,51	1,20	0,58	-0,16	9,06	2,85	0,40	-0,02	6,09	2,09	0,57	-0,16	7,19	2,47	0,57	-0,16	7,93	2,72	0,57	-0,16
7	3,46	1,14	0,59	0,27	8,98	2,56	0,36	-0,18	6,02	1,98	0,59	0,27	7,11	2,34	0,59	0,27	7,83	2,58	0,59	0,27
8	3,45	1,15	0,47	-0,25	8,90	2,58	0,40	-0,07	5,99	1,99	0,47	-0,25	7,07	2,36	0,47	-0,25	7,80	2,60	0,47	-0,25
9	3,55	1,27	0,58	0,02	9,10	3,15	0,51	0,14	5,26	1,87	0,59	0,01	5,92	2,11	0,59	0,01	6,35	2,26	0,59	0,01
10	3,64	1,32	0,47	0,03	9,25	3,41	0,38	0,11	5,39	1,95	0,47	0,03	6,06	2,19	0,47	0,03	6,50	2,35	0,47	0,03
11	3,85	1,43	0,38	-0,05	10,09	3,78	0,17	-0,25	5,69	2,12	0,38	-0,05	6,40	2,38	0,38	-0,05	6,86	2,55	0,38	-0,05
12	4,04	1,46	0,41	-0,04	10,48	3,88	0,16	-0,25	5,97	2,16	0,41	-0,04	6,72	2,43	0,41	-0,04	7,20	2,61	0,41	-0,04
Рік	3,74	1,31	0,47	0,00	9,62	3,26	0,35	-0,05	5,93	2,07	0,48	0,00	6,81	2,38	0,48	0,00	7,40	2,58	0,48	0,00
2011-2030																				
1	4,23	1,54	0,41	-0,28	10,93	4,13	0,32	-0,12	6,26	2,28	0,41	-0,28	7,04	2,57	0,41	-0,28	7,55	2,75	0,41	-0,28
2	3,89	1,38	0,29	-0,05	9,86	3,53	0,29	0,24	5,75	2,04	0,29	-0,05	6,47	2,30	0,29	-0,05	6,93	2,46	0,29	-0,05
3	3,84	1,42	0,56	0,00	9,99	3,65	0,36	-0,47	6,36	2,34	0,55	0,00	7,41	2,73	0,55	0,01	8,10	2,98	0,55	0,01
4	3,75	1,30	0,47	-0,10	9,56	3,33	0,35	-0,07	6,22	2,15	0,47	-0,10	7,24	2,51	0,47	-0,10	7,92	2,74	0,47	-0,10
5	3,47	1,18	0,59	0,31	9,22	3,03	0,48	0,16	5,76	1,97	0,59	0,31	6,71	2,29	0,59	0,31	7,34	2,50	0,59	0,31
6	3,44	1,18	0,64	0,33	9,04	2,87	0,61	0,29	5,97	2,05	0,63	0,31	7,05	2,42	0,63	0,30	7,77	2,67	0,63	0,30
7	3,61	1,26	0,53	0,04	9,37	2,83	0,30	-0,24	6,27	2,18	0,53	0,04	7,41	2,58	0,53	0,04	8,16	2,84	0,53	0,04
8	3,46	1,20	0,60	-0,01	8,86	2,73	0,62	0,45	6,02	2,09	0,60	-0,01	7,11	2,47	0,60	-0,01	7,83	2,72	0,60	-0,01
9	3,49	1,26	0,51	-0,09	8,86	2,97	0,36	-0,38	5,18	1,87	0,51	-0,11	5,83	2,11	0,51	-0,12	6,24	2,26	0,51	-0,12
10	3,64	1,40	0,45	-0,11	9,13	3,51	0,29	-0,15	5,38	2,07	0,45	-0,11	6,05	2,33	0,45	-0,11	6,48	2,50	0,45	-0,11
11	3,69	1,38	0,35	-0,32	9,87	3,78	0,25	-0,10	5,46	2,04	0,35	-0,32	6,14	2,29	0,35	-0,32	6,58	2,46	0,35	-0,32
12	3,73	1,49	0,62	0,49	9,71	3,82	0,18	-0,30	5,51	2,21	0,62	0,49	6,20	2,48	0,62	0,49	6,65	2,66	0,62	0,49
Рік	3,69	1,33	0,50	0,02	9,53	3,35	0,37	-0,06	5,84	2,11	0,50	0,01	6,72	2,42	0,50	0,01	7,30	2,63	0,50	0,01
1931-2050																				
1	4,02	1,42	0,35	0,01	10,33	3,84	0,17	-0,39	5,95	2,10	0,35	0,01	6,69	2,36	0,35	0,01	7,17	2,53	0,35	0,01
2	3,79	1,44	0,40	0,10	9,76	3,80	0,21	-0,35	5,61	2,12	0,40	0,10	6,31	2,39	0,40	0,10	6,76	2,56	0,40	0,10
3	3,94	1,39	0,32	-0,40	10,06	3,49	0,29	-0,32	6,54	2,32	0,32	-0,40	7,62	2,70	0,31	-0,40	8,33	2,95	0,31	-0,39
4	3,83	1,31	0,57	-0,07	9,87	3,38	0,47	-0,30	6,36	2,18	0,57	-0,07	7,40	2,54	0,57	-0,07	8,10	2,78	0,57	-0,07
5	3,56	1,24	0,52	-0,09	9,17	2,96	0,38	-0,31	5,90	2,06	0,52	-0,09	6,87	2,40	0,52	-0,09	7,51	2,62	0,52	-0,09
6	3,48	1,19	0,56	0,06	9,03	2,88	0,55	0,17	6,04	2,06	0,56	0,06	7,14	2,44	0,56	0,06	7,86	2,69	0,56	0,06
7	3,46	1,11	0,48	-0,28	9,05	2,55	0,38	-0,10	6,02	1,93	0,48	-0,28	7,11	2,28	0,48	-0,28	7,83	2,52	0,48	-0,28
8	3,78	1,27	0,71	0,66	9,70	2,70	0,45	0,19	6,57	2,21	0,71	0,66	7,75	2,61	0,71	0,66	8,55	2,88	0,71	0,66
9	3,51	1,22	0,66	0,37	8,99	2,81	0,49	0,14	5,19	1,81	0,65	0,37	5,84	2,04	0,65	0,37	6,26	2,18	0,65	0,36
10	3,50	1,29	0,64	0,33	8,96	3,39	0,50	0,00	5,18	1,91	0,64	0,33	5,82	2,15	0,64	0,33	6,24	2,30	0,64	0,33
11	3,77	1,38	0,39	0,12	9,96	3,67	0,29	-0,25	5,58	2,04	0,39	0,12	6,28	2,30	0,39	0,12	6,73	2,46	0,39	0,12
12	4,01	1,46	0,34	-0,08	10,32	4,08	0,06	-0,20	5,92	2,16	0,34	-0,08	6,67	2,44	0,34	-0,08	7,14	2,61	0,34	-0,08
Рік	3,72	1,31	0,49	0,06	9,60	3,30	0,35	-0,14	5,91	2,08	0,49	0,06	6,79	2,39	0,49	0,06	7,37	2,59	0,49	0,06



Продовження табл. Б2

## 18. Мелітополь

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,84	1,50	0,46	0,09	10,33	3,77	0,31	-0,26	5,67	2,22	0,46	0,09	6,38	2,50	0,46	0,09	6,84	2,68	0,46	0,09
2	3,84	1,40	0,32	-0,07	10,30	3,56	0,20	-0,09	5,68	2,07	0,32	-0,07	6,39	2,33	0,32	-0,07	6,84	2,50	0,32	-0,07
3	3,81	1,43	0,41	0,25	10,17	3,72	0,30	-0,28	6,32	2,38	0,41	0,26	7,36	2,77	0,41	0,26	8,05	3,03	0,41	0,26
4	3,60	1,36	0,57	0,30	9,49	3,58	0,35	-0,41	5,97	2,25	0,57	0,30	6,96	2,63	0,57	0,30	7,61	2,87	0,57	0,30
5	3,37	1,22	0,41	-0,06	8,80	3,21	0,35	-0,23	5,60	2,03	0,41	-0,06	6,52	2,37	0,41	-0,06	7,13	2,59	0,41	-0,06
6	3,31	1,18	0,41	-0,06	8,57	3,20	0,49	-0,08	5,75	2,05	0,41	-0,06	6,79	2,42	0,41	-0,06	7,48	2,66	0,41	-0,06
7	3,25	1,17	0,29	-0,24	8,32	2,80	0,21	-0,26	5,66	2,03	0,29	-0,24	6,68	2,39	0,29	-0,24	7,36	2,64	0,29	-0,24
8	3,36	1,14	0,36	-0,17	8,60	2,76	0,22	-0,48	5,83	1,97	0,36	-0,17	6,89	2,33	0,36	-0,17	7,59	2,57	0,36	-0,17
9	3,49	1,29	0,62	0,30	9,19	3,30	0,44	0,07	5,16	1,92	0,62	0,27	5,81	2,16	0,62	0,27	6,23	2,31	0,62	0,27
10	3,37	1,39	0,64	0,35	8,99	3,59	0,38	-0,29	4,98	2,05	0,64	0,35	5,61	2,31	0,64	0,35	6,01	2,47	0,64	0,35
11	3,48	1,46	0,41	-0,10	9,86	3,96	0,30	-0,11	5,15	2,16	0,41	-0,10	5,79	2,44	0,41	-0,10	6,20	2,61	0,41	-0,10
12	3,75	1,46	0,20	-0,21	10,45	3,92	0,10	-0,11	5,55	2,16	0,20	-0,21	6,25	2,43	0,20	-0,21	6,69	2,61	0,20	-0,21
Рік	3,54	1,33	0,42	0,03	9,42	3,45	0,30	-0,21	5,61	2,11	0,42	0,03	6,45	2,42	0,43	0,03	7,00	2,63	0,43	0,03
2011-2030																				
1	4,17	1,58	0,28	-0,29	11,64	4,16	0,04	-0,41	6,16	2,34	0,28	-0,29	6,93	2,63	0,28	-0,29	7,43	2,82	0,28	-0,29
2	3,78	1,43	0,47	-0,03	10,15	3,71	0,32	-0,18	5,60	2,11	0,47	-0,03	6,30	2,37	0,47	-0,03	6,75	2,54	0,47	-0,03
3	3,78	1,50	0,39	-0,03	10,16	3,92	0,26	-0,42	6,26	2,49	0,39	-0,03	7,29	2,90	0,39	-0,03	7,97	3,17	0,39	-0,03
4	3,55	1,42	0,80	0,80	9,48	3,76	0,68	0,51	5,90	2,36	0,80	0,80	6,87	2,75	0,80	0,80	7,51	3,01	0,80	0,80
5	3,43	1,26	0,51	-0,02	8,96	3,35	0,51	-0,19	5,70	2,09	0,51	-0,02	6,64	2,44	0,51	-0,02	7,26	2,66	0,51	-0,02
6	3,41	1,23	0,41	-0,02	8,76	3,03	0,36	0,04	5,92	2,13	0,40	-0,03	6,99	2,51	0,40	-0,04	7,70	2,77	0,40	-0,04
7	3,32	1,23	0,44	0,12	8,38	2,93	0,41	0,27	5,77	2,14	0,44	0,12	6,82	2,53	0,44	0,12	7,51	2,79	0,44	0,12
8	3,26	1,12	0,35	-0,11	8,33	2,72	0,08	-0,35	5,66	1,95	0,35	-0,11	6,68	2,30	0,35	-0,11	7,36	2,54	0,35	-0,11
9	3,29	1,24	0,56	0,00	8,72	3,11	0,28	-0,43	4,88	1,84	0,56	0,00	5,49	2,07	0,56	-0,01	5,88	2,22	0,56	-0,01
10	3,32	1,35	0,48	0,11	9,05	3,60	0,39	-0,18	4,90	1,99	0,48	0,11	5,52	2,24	0,48	0,11	5,91	2,40	0,48	0,11
11	3,50	1,45	0,24	-0,39	10,14	4,20	0,24	-0,16	5,18	2,14	0,24	-0,39	5,83	2,41	0,24	-0,39	6,24	2,58	0,24	-0,39
12	3,53	1,48	0,50	-0,02	9,79	3,85	0,16	-0,26	5,22	2,18	0,50	-0,02	5,88	2,46	0,50	-0,02	6,30	2,63	0,50	-0,02
Рік	3,53	1,36	0,45	0,01	9,46	3,53	0,31	-0,15	5,60	2,15	0,45	0,01	6,43	2,47	0,45	0,01	6,98	2,68	0,45	0,01
1931-2050																				
1	3,74	1,35	0,11	-0,43	10,11	3,51	0,12	-0,20	5,54	2,00	0,11	-0,43	6,23	2,25	0,11	-0,43	6,67	2,41	0,11	-0,43
2	3,63	1,38	0,39	0,14	9,75	3,75	0,31	-0,09	5,36	2,05	0,39	0,14	6,04	2,30	0,39	0,14	6,47	2,47	0,39	0,14
3	3,72	1,44	0,43	-0,06	9,86	3,72	0,30	-0,28	6,17	2,40	0,43	-0,06	7,18	2,79	0,42	-0,06	7,85	3,05	0,42	-0,06
4	3,73	1,36	0,53	0,12	9,83	3,67	0,31	-0,12	6,19	2,26	0,53	0,12	7,21	2,63	0,53	0,12	7,88	2,88	0,53	0,12
5	3,51	1,27	0,51	0,19	9,09	3,31	0,44	-0,11	5,82	2,10	0,51	0,19	6,78	2,45	0,51	0,19	7,41	2,68	0,51	0,19
6	3,29	1,18	0,39	0,07	8,49	3,09	0,44	0,09	5,72	2,04	0,38	0,04	6,75	2,41	0,37	0,03	7,44	2,66	0,37	0,03
7	3,27	1,14	0,33	-0,16	8,18	2,76	0,34	-0,20	5,69	1,98	0,33	-0,16	6,72	2,34	0,33	-0,16	7,40	2,58	0,33	-0,16
8	3,56	1,21	0,50	0,33	9,14	2,86	0,33	0,14	6,19	2,10	0,50	0,33	7,31	2,48	0,50	0,33	8,05	2,74	0,50	0,33
9	3,34	1,26	0,49	0,16	8,76	3,19	0,44	-0,05	4,95	1,86	0,49	0,16	5,57	2,09	0,49	0,16	5,97	2,25	0,49	0,16
10	3,25	1,27	0,40	-0,01	8,72	3,27	0,26	-0,18	4,80	1,88	0,40	-0,01	5,40	2,11	0,40	-0,01	5,79	2,26	0,40	-0,01
11	3,48	1,43	0,40	-0,17	9,79	3,96	0,34	-0,14	5,14	2,11	0,40	-0,17	5,78	2,37	0,40	-0,17	6,20	2,54	0,40	-0,17
12	3,85	1,55	0,35	0,16	10,75	4,15	0,01	-0,28	5,70	2,29	0,35	0,16	6,41	2,58	0,35	0,16	6,87	2,76	0,35	0,16
Рік	3,53	1,32	0,40	0,03	9,37	3,44	0,30	-0,12	5,60	2,09	0,40	0,03	6,45	2,40	0,40	0,03	7,00	2,61	0,40	0,03

Продовження табл. Б2

## 19. Джанкой

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,21	1,68	0,60	0,20	10,63	4,24	0,36	-0,13	6,23	2,49	0,60	0,20	7,01	2,80	0,60	0,20	7,51	3,00	0,60	0,20
2	4,21	1,59	0,37	-0,20	10,82	4,09	0,26	-0,14	6,23	2,36	0,37	-0,20	7,01	2,65	0,37	-0,20	7,51	2,84	0,37	-0,20
3	4,08	1,68	0,65	0,35	10,52	4,05	0,41	-0,12	6,77	2,79	0,65	0,35	7,89	3,25	0,65	0,36	8,62	3,56	0,65	0,36
4	3,87	1,53	0,56	0,29	9,89	3,69	0,24	-0,09	6,42	2,54	0,56	0,29	7,47	2,96	0,56	0,29	8,17	3,23	0,56	0,29
5	3,61	1,32	0,40	-0,15	9,29	3,16	0,34	-0,23	6,00	2,19	0,40	-0,15	6,99	2,55	0,40	-0,15	7,64	2,79	0,40	-0,15
6	3,65	1,30	0,45	-0,29	9,23	3,07	0,37	0,05	6,34	2,25	0,46	-0,29	7,49	2,66	0,46	-0,29	8,25	2,93	0,46	-0,29
7	3,45	1,20	0,40	-0,11	8,48	2,65	0,22	-0,25	6,00	2,09	0,40	-0,11	7,09	2,46	0,40	-0,11	7,81	2,71	0,40	-0,11
8	3,49	1,18	0,47	-0,10	8,67	2,79	0,29	-0,28	6,06	2,05	0,47	-0,10	7,15	2,42	0,47	-0,10	7,89	2,66	0,47	-0,10
9	3,70	1,46	0,66	0,30	9,32	3,27	0,51	0,43	5,49	2,17	0,66	0,28	6,17	2,44	0,66	0,27	6,62	2,62	0,66	0,28
10	3,66	1,57	0,73	0,42	9,09	3,53	0,46	0,07	5,41	2,32	0,73	0,42	6,09	2,61	0,73	0,42	6,52	2,80	0,73	0,42
11	3,82	1,64	0,54	0,06	9,96	4,18	0,43	-0,24	5,65	2,43	0,54	0,06	6,36	2,73	0,54	0,06	6,81	2,93	0,54	0,06
12	4,13	1,62	0,49	-0,06	10,71	4,41	0,27	-0,22	6,11	2,39	0,49	-0,06	6,88	2,69	0,49	-0,06	7,37	2,88	0,49	-0,06
Рік	3,82	1,48	0,53	0,06	9,72	3,59	0,35	-0,10	6,06	2,34	0,53	0,06	6,97	2,69	0,53	0,06	7,56	2,91	0,53	0,06
2011-2030																				
1	4,53	1,75	0,37	-0,26	12,04	4,69	0,14	-0,56	6,70	2,58	0,37	-0,26	7,54	2,91	0,37	-0,26	8,08	3,12	0,37	-0,26
2	4,14	1,66	0,58	-0,01	10,50	4,06	0,33	-0,26	6,12	2,45	0,58	-0,01	6,88	2,76	0,58	-0,01	7,38	2,96	0,58	-0,01
3	4,06	1,66	0,38	-0,25	10,48	4,04	0,25	-0,43	6,73	2,76	0,38	-0,23	7,83	3,21	0,39	-0,23	8,56	3,51	0,39	-0,22
4	3,88	1,58	0,73	0,39	10,10	3,85	0,44	0,19	6,45	2,63	0,73	0,39	7,51	3,06	0,73	0,39	8,21	3,35	0,73	0,39
5	3,73	1,46	0,57	0,01	9,48	3,44	0,46	-0,01	6,18	2,42	0,57	0,01	7,20	2,82	0,57	0,01	7,87	3,08	0,57	0,01
6	3,70	1,37	0,55	0,16	9,21	3,15	0,35	-0,10	6,43	2,37	0,54	0,14	7,60	2,80	0,54	0,13	8,37	3,09	0,54	0,13
7	3,50	1,25	0,50	-0,08	8,63	2,89	0,30	-0,13	6,08	2,18	0,50	-0,08	7,18	2,58	0,50	-0,08	7,92	2,84	0,50	-0,08
8	3,48	1,26	0,60	0,23	8,73	2,76	0,39	0,28	6,05	2,19	0,60	0,23	7,14	2,59	0,60	0,23	7,87	2,85	0,60	0,23
9	3,53	1,50	0,70	0,16	8,89	3,23	0,35	-0,24	5,22	2,22	0,71	0,16	5,88	2,50	0,71	0,16	6,30	2,68	0,72	0,17
10	3,60	1,56	0,58	-0,09	9,21	3,60	0,47	-0,11	5,33	2,30	0,58	-0,09	5,99	2,59	0,58	-0,09	6,42	2,77	0,58	-0,09
11	3,79	1,60	0,51	-0,04	10,20	4,51	0,46	0,08	5,61	2,36	0,51	-0,04	6,31	2,66	0,51	-0,04	6,76	2,85	0,51	-0,04
12	3,81	1,67	0,70	0,70	9,77	4,32	0,29	-0,32	5,64	2,46	0,70	0,70	6,34	2,77	0,70	0,70	6,79	2,97	0,70	0,70
Рік	3,81	1,53	0,56	0,08	9,77	3,71	0,35	-0,13	6,04	2,41	0,56	0,08	6,95	2,77	0,57	0,08	7,54	3,01	0,57	0,08
1931-2050																				
1	4,12	1,55	0,22	-0,47	10,48	4,18	0,27	-0,20	6,10	2,29	0,22	-0,47	6,86	2,58	0,22	-0,47	7,35	2,76	0,22	-0,47
2	3,94	1,52	0,43	-0,05	10,07	3,96	0,30	-0,25	5,82	2,24	0,43	-0,05	6,55	2,52	0,43	-0,05	7,02	2,70	0,43	-0,05
3	4,05	1,52	0,42	-0,15	10,36	3,76	0,31	-0,32	6,71	2,52	0,41	-0,15	7,82	2,94	0,41	-0,16	8,55	3,21	0,41	-0,16
4	4,11	1,59	0,45	-0,08	10,58	3,84	0,36	0,17	6,82	2,64	0,45	-0,08	7,94	3,08	0,45	-0,08	8,68	3,37	0,45	-0,08
5	3,81	1,47	0,58	0,26	9,56	3,45	0,45	0,10	6,32	2,44	0,58	0,26	7,36	2,84	0,58	0,26	8,05	3,10	0,58	0,26
6	3,60	1,33	0,42	-0,13	9,07	3,16	0,55	0,38	6,25	2,31	0,42	-0,15	7,38	2,73	0,41	-0,16	8,13	3,01	0,41	-0,16
7	3,50	1,21	0,48	-0,16	8,69	2,73	0,26	-0,21	6,08	2,11	0,48	-0,16	7,18	2,49	0,48	-0,16	7,91	2,74	0,48	-0,16
8	3,71	1,33	0,54	0,29	9,23	2,75	0,26	-0,04	6,45	2,31	0,54	0,29	7,62	2,73	0,54	0,29	8,39	3,01	0,54	0,29
9	3,57	1,34	0,57	0,11	8,96	2,99	0,42	0,16	5,28	1,99	0,57	0,11	5,95	2,24	0,57	0,11	6,37	2,40	0,57	0,11
10	3,54	1,44	0,44	-0,22	8,94	3,33	0,29	0,23	5,23	2,14	0,44	-0,22	5,89	2,40	0,44	-0,22	6,31	2,58	0,44	-0,22
11	3,81	1,61	0,53	-0,12	10,01	4,14	0,41	0,02	5,63	2,38	0,53	-0,12	6,34	2,68	0,53	-0,12	6,79	2,87	0,53	-0,12
12	4,23	1,76	0,47	0,15	11,07	4,86	0,16	-0,44	6,26	2,60	0,47	0,15	7,04	2,93	0,47	0,15	7,54	3,13	0,47	0,15
Рік	3,83	1,47	0,46	-0,05	9,75	3,60	0,34	-0,03	6,08	2,33	0,46	-0,05	6,99	2,68	0,46	-0,05	7,59	2,91	0,46	-0,05

Продовження табл. Б2

## 20. Ужгород

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	2,98	1,00	0,53	0,09	8,94	3,26	0,07	-0,28	4,41	1,48	0,53	0,09	4,97	1,67	0,53	0,09	5,32	1,79	0,53	0,09
2	3,05	1,08	0,51	-0,24	9,27	3,41	0,39	-0,19	4,51	1,60	0,51	-0,24	5,08	1,80	0,51	-0,24	5,44	1,93	0,51	-0,24
3	3,10	1,07	0,70	0,59	9,54	3,17	0,20	0,04	5,14	1,78	0,70	0,60	5,98	2,08	0,70	0,60	6,54	2,27	0,71	0,60
4	2,84	0,87	0,55	0,00	8,70	2,84	0,17	-0,47	4,71	1,44	0,55	0,00	5,48	1,67	0,55	0,00	5,99	1,83	0,55	0,00
5	2,64	0,84	0,68	0,43	7,82	2,71	0,45	0,04	4,38	1,40	0,68	0,43	5,10	1,63	0,68	0,43	5,57	1,78	0,68	0,43
6	2,62	0,82	0,45	0,08	7,97	2,66	0,05	-0,45	4,55	1,42	0,45	0,08	5,37	1,67	0,45	0,08	5,92	1,84	0,45	0,08
7	2,48	0,77	0,51	-0,10	7,33	2,58	0,39	-0,32	4,31	1,34	0,51	-0,10	5,09	1,58	0,51	-0,10	5,61	1,75	0,51	-0,10
8	2,46	0,74	0,65	0,37	7,44	2,59	0,31	-0,22	4,28	1,28	0,65	0,37	5,05	1,51	0,65	0,37	5,57	1,67	0,65	0,37
9	2,64	0,83	0,72	0,41	8,09	2,81	0,28	-0,08	3,90	1,23	0,71	0,39	4,39	1,38	0,71	0,39	4,71	1,48	0,71	0,39
10	2,69	0,96	0,60	0,13	8,24	3,28	0,21	-0,22	3,97	1,42	0,60	0,13	4,47	1,60	0,60	0,13	4,79	1,71	0,60	0,13
11	2,81	0,98	0,50	-0,05	8,83	3,47	0,31	-0,28	4,16	1,45	0,50	-0,05	4,68	1,63	0,50	-0,05	5,01	1,75	0,50	-0,05
12	3,04	1,02	0,27	-0,47	9,40	3,44	0,03	-0,58	4,50	1,51	0,27	-0,47	5,06	1,69	0,27	-0,47	5,42	1,82	0,27	-0,47
Рік	2,78	0,91	0,55	0,10	8,46	3,02	0,24	-0,25	4,40	1,44	0,56	0,10	5,06	1,66	0,56	0,10	5,49	1,80	0,56	0,10
2011-2030																				
1	3,09	1,11	0,53	-0,03	9,53	3,62	0,41	-0,06	4,57	1,65	0,53	-0,03	5,14	1,86	0,53	-0,03	5,51	1,99	0,53	-0,03
2	3,05	1,02	0,35	-0,02	9,27	3,28	0,18	-0,22	4,50	1,51	0,35	-0,02	5,07	1,70	0,35	-0,02	5,43	1,82	0,35	-0,02
3	2,94	0,97	0,73	0,38	9,04	3,15	0,17	-0,47	4,88	1,61	0,73	0,37	5,68	1,88	0,74	0,37	6,21	2,05	0,74	0,37
4	2,85	0,94	0,71	0,46	8,81	3,10	0,23	-0,39	4,74	1,56	0,71	0,46	5,52	1,81	0,71	0,46	6,03	1,98	0,71	0,46
5	2,67	0,84	0,47	0,00	8,02	2,79	0,15	-0,37	4,43	1,39	0,47	0,00	5,16	1,61	0,47	0,00	5,64	1,76	0,47	0,00
6	2,44	0,79	0,53	0,42	7,31	2,68	0,34	-0,28	4,23	1,37	0,53	0,44	5,00	1,62	0,53	0,44	5,51	1,79	0,53	0,44
7	2,57	0,83	0,66	0,35	7,81	2,78	0,38	-0,19	4,46	1,45	0,66	0,35	5,27	1,71	0,66	0,35	5,81	1,89	0,66	0,35
8	2,50	0,78	0,76	0,60	7,50	2,73	0,40	0,04	4,34	1,35	0,76	0,60	5,13	1,59	0,76	0,60	5,65	1,76	0,76	0,60
9	2,58	0,81	0,44	-0,23	7,91	2,78	0,20	-0,45	3,82	1,20	0,43	-0,23	4,30	1,35	0,43	-0,24	4,61	1,45	0,43	-0,24
10	2,68	0,97	0,78	0,75	8,38	3,47	0,47	0,05	3,97	1,43	0,78	0,75	4,47	1,61	0,78	0,75	4,79	1,72	0,78	0,75
11	2,88	0,99	0,52	0,15	8,99	3,42	0,39	-0,20	4,26	1,46	0,52	0,15	4,80	1,64	0,52	0,15	5,14	1,76	0,52	0,15
12	2,91	1,02	0,40	0,12	8,84	3,47	0,19	-0,14	4,30	1,50	0,40	0,12	4,84	1,69	0,40	0,12	5,19	1,81	0,40	0,12
Рік	2,76	0,92	0,57	0,25	8,45	3,11	0,29	-0,22	4,38	1,46	0,57	0,25	5,03	1,67	0,57	0,25	5,46	1,82	0,57	0,25
1931-2050																				
1	3,06	1,04	0,32	-0,01	9,32	3,53	0,14	-0,27	4,53	1,54	0,32	-0,01	5,09	1,73	0,32	-0,01	5,45	1,86	0,32	-0,01
2	2,95	1,09	0,54	-0,06	9,13	3,66	0,36	-0,14	4,37	1,61	0,54	-0,06	4,91	1,81	0,54	-0,06	5,26	1,94	0,54	-0,06
3	2,93	0,97	0,53	0,18	8,91	3,12	0,18	-0,30	4,86	1,61	0,54	0,18	5,66	1,87	0,54	0,18	6,18	2,05	0,54	0,18
4	2,84	0,93	0,66	0,36	8,70	3,07	0,33	-0,18	4,72	1,55	0,66	0,36	5,50	1,81	0,66	0,36	6,01	1,97	0,66	0,36
5	2,64	0,87	0,73	0,56	8,01	2,87	0,38	-0,04	4,39	1,45	0,73	0,56	5,11	1,68	0,73	0,56	5,58	1,84	0,73	0,56
6	2,55	0,81	0,48	0,36	7,72	2,74	0,30	-0,02	4,43	1,41	0,48	0,33	5,23	1,66	0,48	0,32	5,77	1,83	0,48	0,32
7	2,50	0,77	0,59	0,39	7,60	2,68	0,37	-0,17	4,34	1,33	0,59	0,39	5,13	1,57	0,59	0,39	5,65	1,74	0,59	0,39
8	2,54	0,76	0,62	0,23	7,75	2,68	0,37	0,31	4,42	1,32	0,62	0,23	5,21	1,56	0,62	0,23	5,75	1,71	0,62	0,23
9	2,59	0,81	0,53	-0,11	7,88	2,88	0,28	-0,41	3,84	1,21	0,54	-0,12	4,32	1,36	0,54	-0,11	4,63	1,46	0,54	-0,11
10	2,67	0,91	0,57	0,02	8,25	3,05	0,26	-0,18	3,95	1,35	0,57	0,02	4,45	1,52	0,57	0,02	4,76	1,63	0,57	0,02
11	2,82	0,94	0,45	0,02	8,69	3,22	0,14	-0,19	4,18	1,40	0,45	0,02	4,70	1,57	0,45	0,02	5,03	1,68	0,45	0,02
12	3,07	1,04	0,43	0,01	9,56	3,63	0,29	-0,08	4,54	1,54	0,43	0,01	5,10	1,74	0,43	0,01	5,47	1,86	0,43	0,01
Рік	2,76	0,91	0,54	0,16	8,46	3,09	0,28	-0,14	4,38	1,44	0,54	0,16	5,03	1,66	0,54	0,16	5,46	1,80	0,54	0,16

Продовження табл. Б2

## 21. Чернівці

1986-2005																				
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	3,51	1,57	0,62	0,10	10,65	3,83	0,41	-0,06	5,19	2,33	0,62	0,10	5,84	2,62	0,62	0,10	6,26	2,80	0,62	0,10
2	3,69	1,59	0,80	0,43	11,11	3,96	0,74	0,29	5,45	2,34	0,80	0,43	6,14	2,64	0,80	0,43	6,57	2,83	0,80	0,43
3	3,63	1,54	0,76	0,72	11,18	3,83	0,50	0,09	6,02	2,54	0,75	0,66	7,02	2,96	0,74	0,64	7,67	3,23	0,74	0,64
4	3,51	1,42	0,67	0,06	11,39	3,93	0,62	0,02	5,83	2,35	0,67	0,06	6,79	2,74	0,67	0,06	7,42	2,99	0,67	0,06
5	3,49	1,40	0,64	0,05	11,54	3,76	0,41	-0,18	5,80	2,32	0,64	0,05	6,75	2,71	0,64	0,05	7,38	2,96	0,64	0,05
6	3,57	1,48	0,76	0,38	12,01	4,11	0,49	-0,25	6,20	2,56	0,76	0,38	7,32	3,03	0,76	0,38	8,07	3,34	0,76	0,38
7	3,28	1,27	0,63	-0,06	11,02	3,49	0,49	-0,07	5,70	2,21	0,63	-0,06	6,73	2,61	0,63	-0,06	7,42	2,88	0,63	-0,06
8	3,39	1,40	0,69	0,05	11,18	3,85	0,51	-0,14	5,90	2,43	0,69	0,05	6,96	2,87	0,69	0,05	7,68	3,16	0,69	0,05
9	3,26	1,41	0,67	0,20	10,55	3,85	0,61	0,10	4,83	2,08	0,67	0,19	5,43	2,35	0,67	0,18	5,82	2,51	0,67	0,18
10	3,12	1,47	0,94	0,75	10,17	4,08	0,85	0,76	4,61	2,18	0,94	0,75	5,19	2,45	0,94	0,75	5,56	2,62	0,94	0,75
11	3,45	1,55	0,61	0,05	10,69	4,00	0,52	-0,09	5,10	2,29	0,61	0,05	5,73	2,57	0,61	0,05	6,14	2,76	0,61	0,05
12	3,69	1,74	0,65	-0,16	11,07	4,26	0,45	-0,35	5,46	2,58	0,65	-0,16	6,14	2,90	0,65	-0,16	6,58	3,11	0,65	-0,16
Рік	3,47	1,49	0,70	0,21	11,05	3,91	0,55	0,01	5,51	2,35	0,70	0,21	6,34	2,70	0,70	0,21	6,88	2,93	0,70	0,21
2011-2030																				
1	3,51	1,64	0,75	0,25	10,95	4,24	0,66	0,45	5,19	2,42	0,75	0,25	5,84	2,72	0,75	0,25	6,26	2,92	0,75	0,25
2	3,67	1,67	0,61	-0,06	11,25	4,20	0,44	-0,30	5,43	2,47	0,61	-0,06	6,11	2,78	0,61	-0,06	6,55	2,98	0,61	-0,06
3	3,58	1,55	0,78	0,57	10,94	4,02	0,62	0,16	5,94	2,57	0,79	0,57	6,92	3,00	0,79	0,57	7,56	3,28	0,79	0,57
4	3,64	1,42	0,57	-0,01	11,80	4,09	0,53	-0,17	6,04	2,36	0,57	-0,01	7,03	2,75	0,57	-0,01	7,69	3,01	0,57	-0,01
5	3,50	1,45	0,51	-0,16	11,42	3,86	0,33	-0,40	5,81	2,40	0,51	-0,16	6,77	2,80	0,51	-0,16	7,40	3,06	0,51	-0,16
6	3,38	1,29	0,55	-0,16	11,35	3,64	0,33	-0,33	5,87	2,25	0,54	-0,17	6,94	2,65	0,54	-0,18	7,64	2,92	0,54	-0,18
7	3,26	1,28	0,65	0,02	10,89	3,69	0,54	-0,18	5,67	2,23	0,65	0,02	6,69	2,63	0,65	0,02	7,38	2,90	0,65	0,02
8	3,35	1,38	0,78	0,43	10,92	3,81	0,67	0,20	5,82	2,39	0,78	0,43	6,87	2,82	0,78	0,43	7,57	3,11	0,78	0,43
9	3,44	1,39	0,63	0,14	11,08	3,76	0,46	-0,17	5,10	2,07	0,63	0,11	5,74	2,33	0,63	0,11	6,15	2,50	0,63	0,10
10	3,05	1,32	0,81	0,32	9,90	3,69	0,75	0,40	4,51	1,96	0,81	0,32	5,07	2,20	0,81	0,32	5,43	2,36	0,81	0,32
11	3,63	1,75	0,70	-0,03	11,44	4,66	0,58	0,01	5,37	2,60	0,70	-0,03	6,05	2,92	0,70	-0,03	6,48	3,13	0,70	-0,03
12	3,37	1,61	0,84	0,56	10,42	4,05	0,67	0,23	4,99	2,37	0,84	0,56	5,61	2,67	0,84	0,56	6,01	2,86	0,84	0,56
Рік	3,45	1,48	0,68	0,16	11,03	3,98	0,55	-0,01	5,48	2,34	0,68	0,15	6,30	2,69	0,68	0,15	6,84	2,92	0,68	0,15
1931-2050																				
1	3,12	1,43	0,75	0,31	9,80	3,60	0,60	0,05	4,62	2,12	0,75	0,31	5,19	2,38	0,75	0,31	5,56	2,55	0,75	0,31
2	3,55	1,59	0,74	0,20	10,93	4,03	0,58	0,00	5,25	2,36	0,74	0,20	5,91	2,65	0,74	0,20	6,33	2,84	0,74	0,20
3	3,61	1,50	0,65	0,06	11,20	4,03	0,68	0,42	5,98	2,49	0,65	0,08	6,96	2,90	0,66	0,08	7,61	3,17	0,66	0,08
4	3,69	1,47	0,78	0,53	11,82	4,02	0,61	0,21	6,12	2,43	0,78	0,53	7,13	2,83	0,78	0,53	7,79	3,10	0,78	0,53
5	3,40	1,34	0,67	0,43	11,26	3,89	0,72	0,59	5,65	2,23	0,67	0,43	6,58	2,59	0,67	0,43	7,19	2,83	0,67	0,43
6	3,51	1,38	0,51	-0,12	11,65	3,83	0,40	-0,14	6,10	2,40	0,51	-0,12	7,20	2,84	0,51	-0,11	7,93	3,13	0,51	-0,11
7	3,22	1,29	0,75	0,02	10,86	3,65	0,57	0,13	5,59	2,25	0,75	0,02	6,60	2,66	0,75	0,02	7,27	2,93	0,75	0,02
8	3,24	1,35	0,77	0,62	10,73	3,70	0,52	0,00	5,64	2,35	0,77	0,62	6,66	2,78	0,77	0,62	7,34	3,06	0,77	0,62
9	3,34	1,40	0,78	0,62	10,93	3,89	0,52	-0,11	4,94	2,08	0,78	0,59	5,56	2,34	0,77	0,58	5,96	2,51	0,77	0,58
10	3,14	1,49	0,77	0,18	9,98	3,91	0,69	0,37	4,64	2,21	0,77	0,18	5,22	2,48	0,77	0,18	5,59	2,66	0,77	0,18
11	3,26	1,54	0,61	0,14	10,16	3,94	0,54	0,08	4,83	2,28	0,61	0,14	5,43	2,56	0,61	0,14	5,82	2,74	0,61	0,14
12	3,93	1,79	0,61	-0,01	11,88	4,53	0,56	0,32	5,82	2,64	0,61	-0,01	6,55	2,97	0,61	-0,01	7,01	3,19	0,61	-0,01
Рік	3,42	1,47	0,70	0,25	10,93	3,92	0,58	0,16	5,43	2,32	0,70	0,25	6,25	2,67	0,70	0,25	6,78	2,89	0,70	0,25

Продовження табл. Б2

## 22. Миронівка

									1986-2005											
Міс	V				Vп				V100				V200				V300			
	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц	Сер	СКО	Асим	Ексц
1	4,10	1,35	0,21	-0,09	11,44	3,18	0,27	-0,10	6,07	2,00	0,21	-0,09	6,83	2,25	0,21	-0,09	7,32	2,41	0,21	-0,09
2	4,00	1,34	0,22	-0,25	11,15	3,11	0,15	-0,44	5,91	1,98	0,22	-0,25	6,65	2,22	0,22	-0,25	7,12	2,38	0,22	-0,25
3	3,92	1,41	0,49	0,31	11,36	3,45	0,40	0,12	6,49	2,34	0,49	0,33	7,56	2,73	0,49	0,33	8,26	2,98	0,49	0,33
4	3,82	1,30	0,35	0,01	11,65	3,45	0,51	0,54	6,34	2,15	0,35	0,01	7,39	2,51	0,35	0,01	8,08	2,74	0,35	0,01
5	3,58	1,29	0,40	-0,21	11,40	3,34	0,25	-0,26	5,94	2,14	0,40	-0,21	6,91	2,49	0,40	-0,21	7,56	2,72	0,40	-0,21
6	3,73	1,22	0,38	-0,07	12,11	3,36	0,35	-0,08	6,49	2,12	0,38	-0,07	7,66	2,50	0,38	-0,07	8,44	2,76	0,38	-0,07
7	3,41	1,21	0,19	-0,37	11,06	3,26	0,17	-0,45	5,92	2,10	0,19	-0,37	7,00	2,48	0,19	-0,37	7,71	2,73	0,19	-0,37
8	3,66	1,30	0,44	-0,06	11,75	3,48	0,25	-0,38	6,36	2,26	0,44	-0,06	7,51	2,67	0,44	-0,06	8,28	2,94	0,44	-0,06
9	3,70	1,29	0,28	0,02	11,39	3,51	0,40	0,17	5,48	1,91	0,27	0,01	6,17	2,15	0,27	0,01	6,61	2,30	0,27	0,00
10	3,67	1,42	0,38	0,02	10,96	3,55	0,30	-0,22	5,43	2,10	0,38	0,02	6,11	2,36	0,38	0,02	6,54	2,53	0,38	0,02
11	3,88	1,29	0,15	0,11	11,35	3,31	0,22	0,01	5,74	1,91	0,15	0,11	6,46	2,15	0,15	0,11	6,92	2,31	0,15	0,11
12	4,13	1,38	0,38	0,13	11,51	3,23	0,30	-0,01	6,11	2,04	0,38	0,13	6,88	2,30	0,38	0,13	7,37	2,46	0,38	0,13
Рік	3,80	1,32	0,32	-0,04	11,43	3,35	0,30	-0,09	6,02	2,09	0,32	-0,04	6,93	2,40	0,32	-0,04	7,52	2,60	0,32	-0,04
2011-2030																				
1	4,01	1,36	0,22	-0,24	11,35	3,35	0,27	-0,01	5,94	2,01	0,22	-0,24	6,68	2,27	0,22	-0,24	7,16	2,43	0,22	-0,24
2	4,06	1,35	0,16	-0,38	11,54	3,23	0,25	-0,03	6,01	1,99	0,16	-0,38	6,76	2,24	0,16	-0,38	7,24	2,40	0,16	-0,38
3	4,03	1,38	0,25	-0,27	11,37	3,28	0,24	-0,03	6,68	2,28	0,26	-0,27	7,78	2,66	0,26	-0,26	8,50	2,91	0,26	-0,26
4	3,87	1,35	0,36	-0,06	11,72	3,50	0,36	0,25	6,43	2,24	0,36	-0,06	7,49	2,61	0,36	-0,06	8,19	2,86	0,36	-0,06
5	3,58	1,27	0,37	-0,01	11,49	3,48	0,32	-0,07	5,94	2,10	0,37	-0,01	6,91	2,45	0,37	-0,01	7,56	2,68	0,37	-0,01
6	3,44	1,20	0,37	0,00	11,24	3,21	0,30	0,02	5,97	2,09	0,37	-0,01	7,06	2,47	0,37	-0,01	7,78	2,72	0,37	-0,01
7	3,46	1,21	0,37	-0,31	11,16	3,35	0,43	0,26	6,00	2,10	0,37	-0,31	7,09	2,49	0,37	-0,31	7,82	2,74	0,37	-0,31
8	3,66	1,33	0,47	0,05	11,57	3,58	0,51	0,22	6,37	2,32	0,47	0,05	7,52	2,74	0,47	0,05	8,29	3,02	0,47	0,05
9	3,90	1,39	0,38	-0,09	11,86	3,54	0,22	-0,09	5,78	2,05	0,37	-0,09	6,50	2,30	0,37	-0,09	6,97	2,47	0,37	-0,09
10	3,54	1,31	0,51	-0,04	10,69	3,44	0,45	-0,01	5,23	1,94	0,51	-0,04	5,89	2,18	0,51	-0,04	6,31	2,33	0,51	-0,04
11	4,13	1,50	0,35	0,03	12,04	3,88	0,27	-0,24	6,11	2,22	0,35	0,03	6,88	2,49	0,35	0,03	7,37	2,67	0,35	0,03
12	4,05	1,33	0,32	-0,06	11,31	3,27	0,38	0,11	5,99	1,97	0,32	-0,06	6,74	2,22	0,32	-0,06	7,22	2,37	0,32	-0,06
Рік	3,81	1,33	0,34	-0,11	11,45	3,43	0,33	0,03	6,04	2,11	0,34	-0,11	6,94	2,43	0,34	-0,11	7,53	2,63	0,34	-0,11
1931-2050																				
1	3,88	1,27	0,19	-0,28	10,91	3,01	0,34	0,30	5,74	1,88	0,19	-0,28	6,46	2,12	0,19	-0,28	6,92	2,27	0,19	-0,28
2	3,93	1,25	0,24	-0,25	11,21	3,08	0,34	0,23	5,81	1,85	0,24	-0,25	6,54	2,08	0,24	-0,25	7,00	2,23	0,24	-0,25
3	3,91	1,41	0,32	-0,03	11,39	3,51	0,38	0,21	6,48	2,33	0,33	-0,01	7,54	2,71	0,33	-0,01	8,25	2,97	0,33	0,00
4	3,89	1,32	0,21	-0,28	11,91	3,35	0,22	0,07	6,46	2,19	0,21	-0,28	7,53	2,55	0,21	-0,28	8,23	2,78	0,21	-0,28
5	3,60	1,29	0,29	-0,19	11,37	3,50	0,29	-0,19	5,97	2,14	0,29	-0,19	6,96	2,49	0,29	-0,19	7,61	2,73	0,29	-0,19
6	3,69	1,24	0,39	-0,09	11,82	3,36	0,27	-0,19	6,40	2,15	0,39	-0,09	7,56	2,54	0,39	-0,08	8,33	2,80	0,39	-0,08
7	3,47	1,24	0,34	-0,21	11,36	3,34	0,24	-0,35	6,03	2,15	0,34	-0,21	7,13	2,54	0,34	-0,21	7,85	2,79	0,34	-0,21
8	3,53	1,29	0,43	0,02	11,30	3,39	0,24	0,04	6,13	2,23	0,43	0,02	7,24	2,64	0,43	0,02	7,98	2,91	0,43	0,02
9	3,70	1,24	0,22	-0,28	11,52	3,35	0,10	-0,24	5,48	1,84	0,24	-0,24	6,17	2,08	0,25	-0,21	6,62	2,23	0,26	-0,19
10	3,47	1,34	0,44	0,21	10,34	3,47	0,47	0,40	5,14	1,99	0,44	0,21	5,78	2,24	0,44	0,21	6,19	2,39	0,44	0,21
11	3,89	1,51	0,50	0,18	11,16	3,77	0,53	0,28	5,75	2,23	0,50	0,18	6,47	2,51	0,50	0,18	6,93	2,69	0,50	0,18
12	4,31	1,43	0,23	-0,10	12,15	3,43	0,30	0,22	6,38	2,11	0,23	-0,10	7,17	2,38	0,23	-0,10	7,69	2,55	0,23	-0,10
Рік	3,77	1,32	0,32	-0,11	11,37	3,38	0,31	0,07	5,98	2,09	0,32	-0,10	6,88	2,41	0,32	-0,10	7,47	2,61	0,32	-0,10

V

Таблиця БЗ – Ймовірність напрямків вітру. Сценарій А1В

## 1. Житомир

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,15	0,04	0,09	0,10	0,12	0,19	0,16	0,16	0,17	0,03	0,10	0,07	0,10	0,19	0,18	0,17	0,14	0,07	0,10	0,06	0,12	0,20	0,18	0,13
2	0,15	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,16	0,17	0,16	0,07	0,10	0,10	0,08	0,16	0,16	0,17	0,16	0,08	0,09	0,11	0,11	0,15	0,18	0,13
3	0,14	0,11	0,13	0,13	0,12	0,11	0,14	0,12	0,14	0,14	0,16	0,11	0,13	0,10	0,10	0,12	0,14	0,11	0,13	0,09	0,12	0,10	0,14	0,17
4	0,15	0,12	0,11	0,13	0,12	0,09	0,14	0,12	0,15	0,12	0,10	0,08	0,12	0,11	0,15	0,17	0,18	0,09	0,10	0,12	0,10	0,12	0,15	0,15
5	0,15	0,09	0,10	0,11	0,09	0,12	0,16	0,19	0,14	0,08	0,10	0,11	0,10	0,12	0,17	0,19	0,18	0,07	0,11	0,08	0,09	0,13	0,12	0,22
6	0,23	0,04	0,06	0,04	0,04	0,14	0,18	0,28	0,20	0,05	0,09	0,05	0,08	0,14	0,14	0,23	0,23	0,05	0,05	0,03	0,06	0,14	0,18	0,26
7	0,20	0,07	0,07	0,03	0,07	0,14	0,15	0,25	0,18	0,06	0,05	0,04	0,06	0,11	0,20	0,30	0,24	0,06	0,06	0,05	0,06	0,14	0,17	0,22
8	0,19	0,05	0,05	0,05	0,07	0,16	0,19	0,24	0,21	0,08	0,06	0,06	0,09	0,11	0,17	0,22	0,19	0,07	0,06	0,06	0,09	0,12	0,19	0,24
9	0,18	0,09	0,08	0,07	0,11	0,15	0,16	0,17	0,19	0,05	0,09	0,07	0,10	0,14	0,17	0,19	0,18	0,07	0,07	0,08	0,10	0,16	0,13	0,22
10	0,16	0,06	0,08	0,08	0,10	0,19	0,17	0,16	0,14	0,08	0,10	0,07	0,14	0,18	0,16	0,14	0,13	0,08	0,12	0,12	0,12	0,16	0,12	0,15
11	0,18	0,06	0,09	0,08	0,11	0,17	0,14	0,17	0,14	0,05	0,10	0,09	0,13	0,19	0,15	0,15	0,17	0,06	0,07	0,06	0,10	0,19	0,18	0,17
12	0,19	0,03	0,10	0,09	0,09	0,15	0,17	0,19	0,15	0,06	0,09	0,06	0,10	0,18	0,19	0,17	0,15	0,04	0,06	0,08	0,09	0,19	0,21	0,18

## 2. Вінниця

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,15	0,05	0,11	0,10	0,13	0,16	0,16	0,15	0,15	0,05	0,10	0,09	0,10	0,16	0,17	0,19	0,15	0,07	0,11	0,06	0,13	0,18	0,16	0,15
2	0,14	0,10	0,10	0,11	0,09	0,12	0,16	0,17	0,16	0,07	0,11	0,09	0,10	0,14	0,14	0,19	0,17	0,09	0,11	0,10	0,11	0,13	0,16	0,14
3	0,10	0,13	0,14	0,14	0,12	0,09	0,14	0,14	0,12	0,15	0,17	0,10	0,12	0,09	0,10	0,14	0,14	0,11	0,13	0,12	0,10	0,09	0,14	0,17
4	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12	0,08	0,12	0,14	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,11	0,13	0,17	0,16	0,12	0,10	0,12	0,09	0,11	0,16	0,14
5	0,16	0,09	0,11	0,09	0,10	0,10	0,16	0,19	0,13	0,10	0,10	0,12	0,12	0,10	0,14	0,20	0,17	0,09	0,11	0,08	0,10	0,11	0,15	0,20
6	0,19	0,04	0,06	0,04	0,06	0,12	0,15	0,33	0,18	0,06	0,08	0,06	0,10	0,11	0,17	0,25	0,19	0,06	0,05	0,03	0,08	0,12	0,17	0,29
7	0,19	0,08	0,08	0,05	0,08	0,10	0,15	0,27	0,19	0,06	0,07	0,04	0,06	0,10	0,17	0,31	0,17	0,08	0,05	0,05	0,09	0,12	0,18	0,26
8	0,23	0,06	0,06	0,05	0,08	0,12	0,15	0,25	0,18	0,09	0,07	0,07	0,10	0,08	0,15	0,26	0,18	0,08	0,08	0,07	0,09	0,10	0,15	0,26
9	0,18	0,10	0,08	0,09	0,13	0,11	0,15	0,17	0,17	0,07	0,11	0,08	0,10	0,13	0,16	0,20	0,18	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,12	0,23
10	0,15	0,08	0,09	0,09	0,11	0,16	0,16	0,17	0,12	0,10	0,13	0,07	0,11	0,15	0,16	0,15	0,11	0,09	0,15	0,14	0,11	0,13	0,11	0,16
11	0,18	0,07	0,11	0,09	0,11	0,13	0,13	0,18	0,15	0,06	0,13	0,08	0,12	0,17	0,14	0,15	0,16	0,08	0,08	0,08	0,10	0,15	0,15	0,19
12	0,17	0,04	0,09	0,10	0,09	0,13	0,16	0,23	0,15	0,07	0,09	0,06	0,10	0,17	0,20	0,15	0,16	0,04	0,06	0,09	0,09	0,16	0,19	0,21

Продовження табл. Б3

## 3. Суми

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,14	0,06	0,12	0,13	0,13	0,18	0,13	0,11	0,14	0,08	0,11	0,10	0,14	0,15	0,12	0,14	0,12	0,08	0,12	0,13	0,12	0,18	0,14	0,11
2	0,11	0,12	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,13	0,09	0,11	0,16	0,13	0,12	0,13	0,13	0,14	0,12	0,11	0,13	0,11	0,16	0,12	0,11
3	0,12	0,14	0,13	0,14	0,16	0,12	0,10	0,10	0,11	0,16	0,16	0,13	0,16	0,10	0,07	0,10	0,12	0,13	0,15	0,14	0,12	0,11	0,12	0,12
4	0,12	0,14	0,13	0,15	0,15	0,13	0,10	0,09	0,15	0,13	0,14	0,10	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13	0,11	0,12	0,13
5	0,14	0,14	0,13	0,08	0,12	0,11	0,11	0,17	0,15	0,07	0,10	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,14	0,11	0,09	0,09	0,12	0,13	0,16	0,16
6	0,19	0,03	0,07	0,06	0,08	0,16	0,16	0,24	0,15	0,08	0,10	0,08	0,10	0,16	0,17	0,16	0,18	0,08	0,06	0,04	0,10	0,18	0,17	0,20
7	0,17	0,10	0,06	0,05	0,06	0,15	0,20	0,21	0,19	0,06	0,06	0,05	0,09	0,13	0,18	0,23	0,19	0,07	0,08	0,05	0,09	0,17	0,15	0,19
8	0,18	0,07	0,07	0,04	0,11	0,16	0,20	0,18	0,16	0,09	0,09	0,07	0,09	0,15	0,15	0,18	0,18	0,07	0,09	0,07	0,09	0,13	0,17	0,21
9	0,16	0,09	0,10	0,08	0,12	0,16	0,14	0,15	0,15	0,09	0,08	0,07	0,11	0,17	0,16	0,17	0,13	0,08	0,08	0,09	0,11	0,17	0,14	0,19
10	0,15	0,08	0,10	0,09	0,12	0,15	0,18	0,13	0,11	0,07	0,13	0,10	0,14	0,19	0,15	0,11	0,11	0,10	0,11	0,13	0,16	0,14	0,12	0,12
11	0,16	0,08	0,10	0,13	0,12	0,17	0,11	0,13	0,12	0,09	0,12	0,08	0,17	0,17	0,13	0,11	0,13	0,06	0,10	0,08	0,13	0,18	0,18	0,14
12	0,17	0,05	0,08	0,12	0,13	0,16	0,14	0,14	0,12	0,10	0,09	0,12	0,13	0,20	0,14	0,11	0,11	0,08	0,08	0,09	0,13	0,21	0,15	0,14

## 4. Кіровоград

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,14	0,06	0,11	0,07	0,15	0,16	0,18	0,14	0,15	0,07	0,09	0,07	0,12	0,17	0,13	0,21	0,13	0,07	0,13	0,07	0,12	0,18	0,16	0,14
2	0,18	0,13	0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13	0,09	0,11	0,11	0,11	0,13	0,15	0,17	0,17	0,13	0,10	0,10	0,10	0,14	0,15	0,12
3	0,12	0,15	0,13	0,11	0,15	0,10	0,12	0,13	0,12	0,18	0,15	0,10	0,12	0,08	0,13	0,11	0,15	0,16	0,13	0,08	0,12	0,10	0,12	0,14
4	0,12	0,16	0,12	0,11	0,14	0,11	0,11	0,13	0,16	0,14	0,10	0,10	0,11	0,09	0,15	0,15	0,14	0,14	0,10	0,10	0,11	0,12	0,16	0,11
5	0,16	0,14	0,10	0,06	0,12	0,11	0,15	0,16	0,15	0,10	0,12	0,08	0,14	0,13	0,13	0,15	0,13	0,11	0,10	0,06	0,11	0,15	0,16	0,18
6	0,15	0,04	0,06	0,04	0,08	0,17	0,17	0,27	0,15	0,08	0,09	0,04	0,11	0,14	0,17	0,23	0,17	0,06	0,05	0,03	0,08	0,15	0,17	0,28
7	0,18	0,13	0,06	0,05	0,08	0,10	0,16	0,24	0,19	0,10	0,05	0,06	0,06	0,11	0,17	0,27	0,18	0,10	0,06	0,05	0,10	0,12	0,17	0,22
8	0,17	0,09	0,05	0,05	0,10	0,14	0,17	0,24	0,18	0,12	0,08	0,05	0,09	0,10	0,15	0,23	0,17	0,12	0,09	0,04	0,10	0,09	0,15	0,24
9	0,16	0,12	0,10	0,05	0,12	0,12	0,15	0,18	0,16	0,11	0,07	0,07	0,12	0,13	0,15	0,21	0,13	0,10	0,07	0,08	0,12	0,12	0,15	0,22
10	0,15	0,12	0,09	0,07	0,09	0,16	0,17	0,15	0,14	0,14	0,12	0,05	0,11	0,18	0,14	0,13	0,12	0,14	0,13	0,09	0,14	0,12	0,13	0,14
11	0,16	0,10	0,09	0,09	0,12	0,15	0,14	0,16	0,14	0,08	0,15	0,07	0,12	0,17	0,14	0,14	0,16	0,11	0,09	0,05	0,10	0,15	0,17	0,16
12	0,16	0,08	0,11	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	0,16	0,09	0,11	0,06	0,08	0,18	0,19	0,13	0,16	0,05	0,07	0,07	0,11	0,18	0,17	0,18

Продовження табл. Б3

## 5. Миколаїв

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,16	0,10	0,12	0,08	0,12	0,14	0,15	0,13	0,14	0,12	0,08	0,08	0,12	0,14	0,14	0,18	0,14	0,11	0,10	0,08	0,17	0,15	0,12	0,13
2	0,13	0,19	0,08	0,11	0,11	0,14	0,11	0,13	0,15	0,13	0,10	0,07	0,15	0,11	0,13	0,16	0,16	0,16	0,10	0,08	0,13	0,12	0,13	0,14
3	0,12	0,18	0,12	0,11	0,17	0,10	0,10	0,10	0,12	0,20	0,14	0,10	0,13	0,10	0,11	0,10	0,14	0,18	0,15	0,07	0,12	0,11	0,10	0,13
4	0,12	0,16	0,13	0,10	0,15	0,15	0,09	0,10	0,17	0,14	0,12	0,08	0,14	0,10	0,12	0,13	0,14	0,13	0,12	0,07	0,15	0,14	0,14	0,10
5	0,14	0,13	0,11	0,06	0,13	0,17	0,12	0,14	0,14	0,11	0,12	0,07	0,17	0,15	0,14	0,11	0,10	0,13	0,10	0,05	0,14	0,19	0,13	0,16
6	0,14	0,06	0,07	0,03	0,11	0,22	0,19	0,20	0,15	0,08	0,10	0,04	0,11	0,19	0,15	0,18	0,15	0,05	0,06	0,03	0,11	0,20	0,17	0,23
7	0,19	0,15	0,07	0,03	0,09	0,14	0,13	0,19	0,17	0,11	0,05	0,02	0,09	0,19	0,15	0,23	0,19	0,13	0,07	0,04	0,10	0,14	0,13	0,20
8	0,17	0,09	0,05	0,03	0,10	0,20	0,17	0,21	0,14	0,15	0,07	0,04	0,10	0,13	0,17	0,19	0,16	0,15	0,08	0,03	0,11	0,14	0,15	0,18
9	0,15	0,20	0,09	0,06	0,10	0,11	0,15	0,13	0,13	0,15	0,11	0,05	0,09	0,13	0,17	0,16	0,12	0,16	0,09	0,07	0,09	0,14	0,15	0,19
10	0,17	0,18	0,11	0,05	0,09	0,14	0,11	0,14	0,13	0,20	0,11	0,07	0,12	0,13	0,12	0,12	0,10	0,23	0,12	0,10	0,12	0,10	0,10	0,13
11	0,16	0,14	0,09	0,09	0,13	0,13	0,12	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08	0,12	0,16	0,13	0,16	0,15	0,17	0,08	0,06	0,12	0,12	0,14	0,17
12	0,15	0,10	0,09	0,08	0,09	0,12	0,15	0,21	0,18	0,13	0,09	0,06	0,11	0,17	0,14	0,13	0,16	0,08	0,08	0,06	0,10	0,16	0,16	0,21

## 6. Ізмаїл

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,15	0,08	0,10	0,06	0,10	0,18	0,20	0,13	0,17	0,07	0,08	0,05	0,07	0,20	0,22	0,15	0,12	0,09	0,09	0,07	0,09	0,21	0,21	0,11
2	0,17	0,12	0,08	0,07	0,08	0,16	0,19	0,13	0,14	0,10	0,09	0,08	0,09	0,15	0,20	0,14	0,15	0,12	0,09	0,07	0,09	0,16	0,18	0,15
3	0,13	0,13	0,15	0,11	0,13	0,11	0,14	0,11	0,11	0,17	0,15	0,12	0,09	0,11	0,13	0,13	0,15	0,15	0,12	0,10	0,10	0,11	0,13	0,13
4	0,11	0,13	0,12	0,13	0,15	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13	0,13	0,08	0,13	0,13	0,13	0,15	0,13	0,12	0,14	0,13	0,08	0,14	0,12	0,14
5	0,10	0,10	0,13	0,09	0,10	0,14	0,16	0,17	0,12	0,09	0,15	0,11	0,11	0,11	0,15	0,15	0,12	0,10	0,14	0,10	0,11	0,12	0,14	0,16
6	0,13	0,06	0,14	0,06	0,11	0,11	0,15	0,25	0,13	0,06	0,11	0,10	0,11	0,11	0,17	0,21	0,12	0,03	0,13	0,08	0,11	0,11	0,17	0,25
7	0,13	0,12	0,14	0,09	0,09	0,06	0,17	0,21	0,14	0,10	0,12	0,05	0,10	0,10	0,19	0,21	0,13	0,10	0,15	0,12	0,13	0,05	0,13	0,19
8	0,15	0,07	0,14	0,10	0,11	0,10	0,15	0,19	0,12	0,14	0,12	0,11	0,09	0,07	0,16	0,18	0,10	0,12	0,15	0,09	0,11	0,07	0,16	0,19
9	0,16	0,15	0,13	0,09	0,08	0,08	0,16	0,15	0,13	0,13	0,15	0,08	0,08	0,09	0,20	0,13	0,14	0,14	0,10	0,09	0,13	0,09	0,16	0,16
10	0,18	0,13	0,10	0,08	0,09	0,14	0,16	0,12	0,14	0,16	0,12	0,07	0,11	0,13	0,15	0,12	0,11	0,17	0,15	0,10	0,10	0,11	0,14	0,11
11	0,16	0,10	0,07	0,07	0,11	0,18	0,18	0,13	0,13	0,08	0,08	0,06	0,11	0,22	0,19	0,14	0,18	0,08	0,08	0,05	0,10	0,16	0,20	0,15
12	0,18	0,07	0,06	0,05	0,09	0,15	0,22	0,19	0,18	0,08	0,07	0,04	0,07	0,23	0,22	0,13	0,15	0,07	0,05	0,05	0,07	0,21	0,22	0,18



Продовження табл. Б3

## 7.. Броди

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,13	0,03	0,11	0,13	0,11	0,19	0,19	0,11	0,16	0,04	0,10	0,09	0,08	0,23	0,18	0,13	0,13	0,06	0,12	0,07	0,11	0,23	0,20	0,08
2	0,14	0,07	0,12	0,13	0,08	0,13	0,17	0,15	0,14	0,05	0,11	0,10	0,12	0,16	0,17	0,15	0,14	0,06	0,10	0,13	0,10	0,17	0,18	0,12
3	0,13	0,09	0,16	0,15	0,11	0,15	0,10	0,12	0,12	0,11	0,18	0,14	0,13	0,12	0,10	0,10	0,14	0,09	0,13	0,13	0,12	0,12	0,14	0,13
4	0,12	0,09	0,12	0,15	0,12	0,13	0,13	0,15	0,17	0,11	0,12	0,10	0,10	0,13	0,13	0,14	0,16	0,11	0,08	0,14	0,08	0,12	0,14	0,16
5	0,17	0,06	0,11	0,11	0,07	0,15	0,17	0,16	0,14	0,07	0,10	0,13	0,08	0,13	0,15	0,20	0,18	0,08	0,09	0,11	0,09	0,14	0,13	0,19
6	0,23	0,03	0,05	0,04	0,05	0,15	0,18	0,27	0,21	0,06	0,08	0,05	0,07	0,16	0,18	0,20	0,24	0,06	0,05	0,04	0,05	0,15	0,19	0,23
7	0,19	0,07	0,07	0,04	0,08	0,14	0,17	0,23	0,22	0,05	0,06	0,05	0,06	0,12	0,18	0,25	0,22	0,06	0,05	0,07	0,07	0,14	0,18	0,21
8	0,22	0,04	0,07	0,05	0,08	0,16	0,18	0,20	0,20	0,07	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,21	0,20	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,20	0,19
9	0,18	0,07	0,11	0,10	0,09	0,15	0,16	0,16	0,16	0,04	0,11	0,12	0,09	0,14	0,17	0,18	0,18	0,05	0,11	0,08	0,09	0,17	0,15	0,17
10	0,15	0,05	0,10	0,11	0,12	0,20	0,15	0,12	0,13	0,04	0,13	0,10	0,14	0,18	0,15	0,13	0,10	0,06	0,14	0,17	0,13	0,17	0,10	0,12
11	0,16	0,06	0,10	0,09	0,10	0,18	0,17	0,14	0,16	0,06	0,09	0,11	0,11	0,20	0,15	0,12	0,17	0,03	0,11	0,10	0,09	0,21	0,17	0,12
12	0,19	0,03	0,10	0,12	0,07	0,18	0,19	0,12	0,13	0,04	0,10	0,07	0,11	0,23	0,19	0,13	0,18	0,02	0,07	0,11	0,07	0,18	0,23	0,15

## 8. Сарни

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,13	0,04	0,10	0,11	0,14	0,19	0,18	0,11	0,15	0,05	0,08	0,10	0,11	0,22	0,17	0,13	0,12	0,07	0,11	0,06	0,12	0,24	0,17	0,10
2	0,14	0,08	0,11	0,12	0,11	0,14	0,16	0,14	0,16	0,07	0,10	0,09	0,12	0,17	0,14	0,14	0,14	0,09	0,08	0,13	0,11	0,18	0,16	0,11
3	0,14	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,17	0,15	0,12	0,13	0,12	0,09	0,10	0,13	0,09	0,15	0,11	0,11	0,12	0,15	0,14
4	0,14	0,10	0,11	0,14	0,11	0,12	0,14	0,13	0,16	0,13	0,11	0,09	0,10	0,11	0,14	0,16	0,17	0,10	0,10	0,12	0,09	0,11	0,15	0,15
5	0,17	0,07	0,11	0,11	0,09	0,13	0,16	0,16	0,14	0,07	0,10	0,12	0,08	0,15	0,15	0,20	0,17	0,08	0,08	0,10	0,09	0,14	0,15	0,19
6	0,24	0,04	0,07	0,03	0,04	0,14	0,20	0,24	0,20	0,06	0,07	0,06	0,08	0,16	0,19	0,19	0,27	0,05	0,05	0,05	0,06	0,14	0,18	0,20
7	0,19	0,08	0,06	0,04	0,07	0,16	0,17	0,22	0,19	0,07	0,05	0,04	0,05	0,13	0,21	0,26	0,23	0,05	0,06	0,05	0,05	0,16	0,18	0,20
8	0,20	0,05	0,05	0,06	0,07	0,19	0,20	0,18	0,19	0,08	0,07	0,07	0,07	0,14	0,18	0,21	0,17	0,06	0,07	0,06	0,09	0,14	0,20	0,21
9	0,18	0,06	0,10	0,08	0,11	0,15	0,16	0,15	0,17	0,05	0,10	0,08	0,10	0,15	0,18	0,17	0,17	0,05	0,08	0,08	0,10	0,19	0,17	0,16
10	0,15	0,06	0,10	0,08	0,11	0,22	0,15	0,13	0,14	0,06	0,13	0,08	0,13	0,20	0,14	0,12	0,12	0,08	0,11	0,16	0,13	0,15	0,13	0,12
11	0,14	0,07	0,10	0,10	0,09	0,21	0,17	0,13	0,14	0,07	0,10	0,09	0,13	0,20	0,16	0,13	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,23	0,17	0,12
12	0,17	0,04	0,09	0,12	0,08	0,20	0,16	0,14	0,13	0,05	0,10	0,08	0,11	0,22	0,20	0,12	0,15	0,04	0,07	0,09	0,10	0,19	0,23	0,15

Продовження табл. Б3

## 9. Щорс

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,10	0,06	0,11	0,15	0,12	0,19	0,15	0,12	0,15	0,06	0,12	0,09	0,14	0,18	0,12	0,14	0,13	0,08	0,13	0,12	0,13	0,18	0,12	0,11
2	0,13	0,12	0,13	0,12	0,14	0,14	0,09	0,12	0,13	0,07	0,13	0,15	0,12	0,13	0,15	0,12	0,14	0,10	0,12	0,12	0,13	0,15	0,13	0,10
3	0,12	0,12	0,14	0,15	0,15	0,09	0,11	0,12	0,11	0,16	0,16	0,15	0,14	0,10	0,09	0,10	0,13	0,12	0,14	0,13	0,13	0,10	0,12	0,13
4	0,11	0,13	0,13	0,15	0,14	0,11	0,12	0,11	0,15	0,12	0,14	0,10	0,11	0,11	0,15	0,12	0,13	0,11	0,10	0,15	0,11	0,12	0,14	0,14
5	0,13	0,12	0,12	0,13	0,11	0,10	0,15	0,16	0,14	0,08	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13	0,16	0,14	0,10	0,11	0,08	0,11	0,12	0,17	0,17
6	0,17	0,05	0,07	0,04	0,07	0,15	0,20	0,25	0,16	0,08	0,09	0,07	0,10	0,16	0,16	0,18	0,20	0,06	0,07	0,04	0,08	0,18	0,18	0,19
7	0,19	0,07	0,07	0,04	0,07	0,16	0,18	0,22	0,19	0,05	0,07	0,05	0,08	0,13	0,22	0,22	0,20	0,07	0,08	0,05	0,07	0,15	0,16	0,22
8	0,18	0,06	0,08	0,05	0,09	0,17	0,19	0,18	0,20	0,07	0,10	0,07	0,10	0,12	0,15	0,21	0,17	0,08	0,08	0,06	0,09	0,15	0,17	0,22
9	0,16	0,08	0,09	0,09	0,12	0,15	0,16	0,14	0,19	0,05	0,09	0,08	0,12	0,14	0,17	0,15	0,16	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17
10	0,14	0,06	0,10	0,09	0,11	0,19	0,17	0,14	0,13	0,07	0,12	0,11	0,13	0,19	0,16	0,09	0,12	0,09	0,12	0,16	0,14	0,14	0,12	0,11
11	0,13	0,07	0,13	0,11	0,13	0,14	0,16	0,13	0,13	0,08	0,12	0,11	0,14	0,18	0,12	0,12	0,12	0,05	0,09	0,09	0,14	0,18	0,20	0,13
12	0,16	0,04	0,09	0,13	0,12	0,16	0,15	0,16	0,13	0,08	0,10	0,11	0,12	0,19	0,13	0,14	0,11	0,05	0,11	0,08	0,13	0,20	0,17	0,14

## 10. Тернопіль

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,16	0,03	0,10	0,12	0,10	0,14	0,17	0,17	0,17	0,04	0,08	0,10	0,07	0,17	0,17	0,20	0,17	0,06	0,11	0,09	0,07	0,19	0,17	0,14
2	0,16	0,07	0,11	0,13	0,07	0,10	0,17	0,20	0,16	0,06	0,10	0,11	0,09	0,11	0,16	0,21	0,17	0,05	0,10	0,13	0,09	0,11	0,18	0,16
3	0,14	0,10	0,13	0,16	0,09	0,12	0,10	0,15	0,11	0,12	0,15	0,15	0,12	0,08	0,12	0,15	0,16	0,09	0,11	0,14	0,11	0,09	0,14	0,17
4	0,14	0,09	0,14	0,15	0,08	0,12	0,12	0,16	0,16	0,10	0,13	0,10	0,08	0,10	0,14	0,19	0,18	0,10	0,09	0,13	0,08	0,10	0,14	0,18
5	0,16	0,06	0,10	0,11	0,07	0,13	0,17	0,20	0,15	0,07	0,09	0,14	0,08	0,09	0,16	0,23	0,14	0,09	0,08	0,11	0,08	0,11	0,15	0,23
6	0,23	0,03	0,05	0,03	0,05	0,12	0,16	0,32	0,20	0,06	0,07	0,06	0,06	0,11	0,17	0,26	0,25	0,05	0,04	0,05	0,05	0,12	0,16	0,27
7	0,17	0,07	0,08	0,05	0,06	0,13	0,16	0,29	0,19	0,07	0,06	0,04	0,05	0,09	0,17	0,32	0,22	0,06	0,06	0,07	0,07	0,12	0,13	0,27
8	0,22	0,05	0,07	0,05	0,06	0,14	0,16	0,25	0,20	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,14	0,25	0,21	0,06	0,07	0,08	0,08	0,10	0,16	0,24
9	0,19	0,06	0,10	0,09	0,10	0,11	0,14	0,20	0,16	0,05	0,10	0,12	0,07	0,11	0,17	0,22	0,20	0,05	0,10	0,09	0,08	0,14	0,12	0,22
10	0,18	0,05	0,11	0,12	0,09	0,15	0,16	0,16	0,15	0,05	0,14	0,10	0,10	0,14	0,15	0,17	0,12	0,06	0,14	0,17	0,12	0,13	0,11	0,15
11	0,20	0,05	0,10	0,10	0,08	0,15	0,13	0,19	0,19	0,05	0,08	0,10	0,12	0,17	0,14	0,16	0,19	0,04	0,10	0,10	0,10	0,16	0,14	0,18
12	0,19	0,02	0,09	0,12	0,06	0,12	0,18	0,21	0,17	0,04	0,09	0,08	0,09	0,15	0,22	0,16	0,21	0,02	0,07	0,10	0,07	0,12	0,20	0,21

Продовження табл. Б3

## 11. Умань

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,15	0,06	0,09	0,08	0,14	0,15	0,17	0,15	0,15	0,06	0,09	0,08	0,10	0,15	0,16	0,21	0,12	0,09	0,11	0,07	0,11	0,17	0,18	0,14
2	0,16	0,14	0,11	0,09	0,09	0,12	0,14	0,15	0,16	0,07	0,10	0,11	0,10	0,13	0,16	0,17	0,17	0,11	0,10	0,10	0,11	0,12	0,16	0,14
3	0,10	0,16	0,14	0,12	0,11	0,08	0,15	0,13	0,13	0,17	0,16	0,11	0,12	0,07	0,11	0,13	0,14	0,14	0,12	0,10	0,11	0,07	0,14	0,16
4	0,13	0,15	0,12	0,12	0,13	0,09	0,10	0,16	0,16	0,12	0,14	0,08	0,10	0,09	0,12	0,17	0,15	0,14	0,11	0,09	0,11	0,12	0,15	0,13
5	0,14	0,12	0,11	0,07	0,11	0,10	0,16	0,18	0,14	0,11	0,12	0,10	0,11	0,10	0,15	0,17	0,15	0,12	0,11	0,07	0,11	0,10	0,15	0,20
6	0,16	0,05	0,06	0,03	0,09	0,10	0,20	0,31	0,17	0,06	0,10	0,06	0,08	0,11	0,17	0,25	0,19	0,06	0,07	0,03	0,09	0,12	0,16	0,29
7	0,18	0,10	0,09	0,05	0,06	0,10	0,15	0,26	0,20	0,08	0,06	0,05	0,07	0,10	0,13	0,31	0,17	0,10	0,07	0,05	0,09	0,11	0,17	0,25
8	0,19	0,07	0,06	0,05	0,09	0,12	0,18	0,25	0,17	0,12	0,07	0,05	0,10	0,08	0,16	0,25	0,16	0,10	0,09	0,05	0,10	0,09	0,15	0,26
9	0,17	0,13	0,08	0,08	0,12	0,12	0,14	0,18	0,16	0,09	0,09	0,07	0,10	0,12	0,17	0,20	0,17	0,09	0,10	0,08	0,11	0,11	0,13	0,23
10	0,16	0,11	0,09	0,07	0,10	0,16	0,15	0,17	0,13	0,12	0,12	0,06	0,12	0,16	0,14	0,14	0,12	0,13	0,14	0,12	0,11	0,12	0,11	0,15
11	0,16	0,09	0,10	0,09	0,12	0,12	0,14	0,18	0,15	0,08	0,12	0,07	0,12	0,15	0,14	0,15	0,17	0,10	0,09	0,05	0,11	0,13	0,16	0,18
12	0,17	0,05	0,11	0,09	0,09	0,11	0,16	0,23	0,16	0,10	0,09	0,05	0,10	0,17	0,18	0,14	0,18	0,04	0,07	0,07	0,11	0,15	0,18	0,18

## 12. Полтава

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,12	0,07	0,11	0,10	0,15	0,17	0,15	0,13	0,13	0,07	0,10	0,10	0,15	0,15	0,11	0,17	0,12	0,08	0,13	0,13	0,11	0,18	0,14	0,12
2	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11	0,11	0,13	0,10	0,11	0,14	0,15	0,11	0,12	0,14	0,14	0,13	0,10	0,12	0,13	0,14	0,14	0,11
3	0,10	0,15	0,14	0,13	0,15	0,11	0,11	0,11	0,11	0,18	0,16	0,13	0,16	0,07	0,09	0,10	0,14	0,13	0,16	0,11	0,12	0,10	0,10	0,13
4	0,14	0,14	0,12	0,12	0,16	0,11	0,10	0,10	0,15	0,15	0,11	0,09	0,13	0,11	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,10	0,12	0,13	0,12	0,12
5	0,12	0,15	0,12	0,06	0,12	0,12	0,15	0,16	0,16	0,08	0,12	0,10	0,13	0,15	0,11	0,15	0,14	0,11	0,10	0,07	0,11	0,15	0,14	0,17
6	0,18	0,04	0,07	0,05	0,07	0,19	0,15	0,24	0,16	0,08	0,11	0,05	0,13	0,14	0,16	0,18	0,17	0,07	0,05	0,03	0,09	0,17	0,18	0,24
7	0,16	0,13	0,07	0,04	0,07	0,12	0,17	0,23	0,19	0,09	0,07	0,05	0,07	0,12	0,17	0,24	0,19	0,08	0,08	0,05	0,09	0,14	0,17	0,19
8	0,16	0,09	0,07	0,05	0,09	0,14	0,18	0,22	0,18	0,11	0,08	0,06	0,10	0,12	0,14	0,21	0,17	0,11	0,08	0,06	0,09	0,11	0,17	0,22
9	0,14	0,13	0,11	0,06	0,13	0,13	0,14	0,17	0,14	0,10	0,09	0,07	0,11	0,14	0,16	0,19	0,14	0,10	0,10	0,09	0,10	0,14	0,13	0,21
10	0,15	0,10	0,13	0,08	0,10	0,14	0,14	0,15	0,13	0,12	0,14	0,08	0,14	0,16	0,13	0,12	0,12	0,12	0,14	0,10	0,16	0,12	0,09	0,13
11	0,14	0,09	0,11	0,13	0,12	0,14	0,11	0,15	0,14	0,10	0,12	0,10	0,14	0,16	0,12	0,12	0,13	0,10	0,10	0,07	0,12	0,16	0,17	0,14
12	0,17	0,07	0,10	0,11	0,12	0,14	0,14	0,16	0,14	0,09	0,09	0,11	0,12	0,20	0,13	0,12	0,14	0,09	0,08	0,07	0,12	0,20	0,15	0,14

Продовження табл. Б3

## 13. Харків

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,12	0,07	0,12	0,11	0,14	0,18	0,14	0,11	0,13	0,08	0,13	0,08	0,13	0,15	0,14	0,15	0,13	0,09	0,12	0,13	0,10	0,17	0,16	0,09
2	0,13	0,13	0,14	0,12	0,13	0,13	0,10	0,10	0,13	0,12	0,12	0,13	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12	0,14	0,12	0,10	0,11	0,15	0,16	0,11
3	0,11	0,14	0,16	0,13	0,15	0,10	0,12	0,10	0,13	0,16	0,15	0,13	0,15	0,10	0,09	0,10	0,12	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,12	0,13
4	0,12	0,14	0,10	0,15	0,16	0,13	0,11	0,08	0,15	0,15	0,13	0,08	0,12	0,12	0,13	0,11	0,14	0,14	0,14	0,10	0,12	0,13	0,14	0,10
5	0,13	0,14	0,13	0,07	0,12	0,13	0,15	0,15	0,15	0,07	0,12	0,10	0,14	0,14	0,14	0,15	0,17	0,11	0,09	0,08	0,10	0,16	0,14	0,15
6	0,19	0,05	0,06	0,06	0,08	0,16	0,18	0,22	0,15	0,08	0,08	0,08	0,10	0,17	0,15	0,18	0,16	0,09	0,05	0,04	0,07	0,20	0,17	0,22
7	0,16	0,13	0,05	0,05	0,08	0,13	0,17	0,22	0,17	0,08	0,07	0,05	0,09	0,13	0,20	0,21	0,20	0,08	0,07	0,08	0,09	0,15	0,14	0,19
8	0,15	0,09	0,08	0,05	0,09	0,14	0,19	0,20	0,16	0,11	0,07	0,08	0,10	0,13	0,15	0,20	0,17	0,10	0,09	0,06	0,10	0,12	0,16	0,21
9	0,14	0,13	0,11	0,05	0,12	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,08	0,07	0,09	0,15	0,18	0,17	0,14	0,10	0,10	0,09	0,08	0,17	0,13	0,18
10	0,15	0,10	0,11	0,10	0,09	0,15	0,15	0,14	0,11	0,11	0,12	0,10	0,12	0,17	0,15	0,12	0,11	0,12	0,13	0,11	0,16	0,13	0,12	0,12
11	0,13	0,10	0,09	0,13	0,13	0,15	0,13	0,13	0,15	0,11	0,12	0,09	0,13	0,18	0,13	0,11	0,15	0,09	0,10	0,07	0,13	0,17	0,18	0,13
12	0,17	0,07	0,09	0,10	0,12	0,15	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,11	0,12	0,22	0,12	0,12	0,13	0,10	0,09	0,08	0,12	0,22	0,16	0,11

## 14. Губиниха

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,11	0,07	0,11	0,09	0,16	0,18	0,16	0,12	0,10	0,08	0,11	0,10	0,13	0,16	0,15	0,17	0,12	0,08	0,14	0,12	0,11	0,17	0,12	0,14
2	0,13	0,15	0,14	0,11	0,14	0,12	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,14	0,12	0,12	0,11	0,15	0,13	0,14	0,11	0,10	0,12	0,16	0,13	0,11
3	0,08	0,15	0,15	0,13	0,14	0,13	0,10	0,13	0,10	0,19	0,15	0,12	0,17	0,08	0,08	0,11	0,13	0,14	0,18	0,11	0,10	0,10	0,11	0,13
4	0,11	0,14	0,14	0,12	0,15	0,13	0,10	0,11	0,14	0,16	0,12	0,09	0,11	0,12	0,12	0,14	0,14	0,13	0,15	0,08	0,13	0,12	0,13	0,11
5	0,13	0,16	0,13	0,06	0,10	0,15	0,12	0,15	0,13	0,10	0,14	0,09	0,13	0,14	0,13	0,16	0,16	0,14	0,10	0,06	0,10	0,16	0,12	0,17
6	0,20	0,05	0,08	0,04	0,08	0,18	0,14	0,22	0,15	0,10	0,11	0,04	0,11	0,14	0,15	0,19	0,15	0,07	0,07	0,03	0,08	0,19	0,18	0,24
7	0,18	0,15	0,06	0,04	0,07	0,13	0,15	0,22	0,16	0,10	0,09	0,02	0,08	0,13	0,17	0,25	0,20	0,08	0,10	0,06	0,08	0,13	0,15	0,20
8	0,17	0,09	0,08	0,04	0,09	0,14	0,15	0,24	0,20	0,13	0,09	0,05	0,10	0,11	0,13	0,19	0,15	0,12	0,07	0,05	0,11	0,09	0,17	0,23
9	0,13	0,14	0,12	0,06	0,13	0,12	0,14	0,16	0,16	0,12	0,10	0,06	0,10	0,13	0,15	0,18	0,14	0,11	0,11	0,08	0,09	0,15	0,13	0,19
10	0,14	0,12	0,13	0,06	0,10	0,14	0,14	0,15	0,11	0,15	0,14	0,08	0,11	0,17	0,13	0,12	0,11	0,15	0,16	0,10	0,15	0,11	0,09	0,13
11	0,12	0,10	0,10	0,12	0,13	0,15	0,13	0,14	0,12	0,10	0,12	0,10	0,13	0,17	0,14	0,13	0,12	0,10	0,13	0,07	0,09	0,18	0,15	0,15
12	0,15	0,09	0,10	0,11	0,09	0,16	0,13	0,17	0,12	0,09	0,11	0,10	0,11	0,21	0,13	0,13	0,10	0,11	0,08	0,07	0,12	0,21	0,16	0,16

Продовження табл. Б3

## 15. Донецьк

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,12	0,06	0,10	0,13	0,15	0,19	0,16	0,09	0,11	0,09	0,11	0,13	0,11	0,16	0,14	0,14	0,13	0,08	0,11	0,14	0,13	0,16	0,13	0,12
2	0,12	0,15	0,15	0,12	0,15	0,13	0,10	0,09	0,14	0,11	0,11	0,15	0,14	0,15	0,08	0,12	0,14	0,14	0,11	0,11	0,13	0,15	0,12	0,10
3	0,10	0,15	0,13	0,14	0,17	0,12	0,09	0,10	0,10	0,14	0,15	0,14	0,19	0,10	0,08	0,11	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	0,11	0,11	0,11
4	0,10	0,13	0,14	0,13	0,15	0,16	0,10	0,08	0,15	0,14	0,12	0,10	0,14	0,12	0,12	0,11	0,12	0,14	0,14	0,09	0,13	0,15	0,12	0,09
5	0,13	0,12	0,12	0,07	0,15	0,16	0,14	0,11	0,13	0,11	0,14	0,08	0,14	0,13	0,15	0,12	0,17	0,12	0,11	0,06	0,09	0,19	0,13	0,13
6	0,16	0,06	0,07	0,07	0,08	0,18	0,17	0,20	0,16	0,09	0,09	0,07	0,11	0,18	0,16	0,15	0,16	0,06	0,06	0,06	0,09	0,19	0,18	0,19
7	0,17	0,15	0,07	0,04	0,09	0,16	0,14	0,18	0,15	0,09	0,10	0,06	0,07	0,14	0,18	0,20	0,21	0,10	0,10	0,07	0,10	0,12	0,16	0,14
8	0,20	0,09	0,09	0,05	0,08	0,12	0,18	0,18	0,15	0,13	0,11	0,08	0,08	0,11	0,16	0,18	0,16	0,12	0,10	0,07	0,11	0,11	0,14	0,19
9	0,14	0,14	0,11	0,08	0,12	0,10	0,15	0,16	0,15	0,12	0,11	0,08	0,12	0,13	0,15	0,14	0,13	0,11	0,14	0,08	0,10	0,14	0,14	0,16
10	0,12	0,11	0,13	0,11	0,12	0,14	0,13	0,14	0,12	0,12	0,12	0,11	0,15	0,13	0,12	0,12	0,11	0,15	0,14	0,11	0,18	0,10	0,09	0,12
11	0,13	0,10	0,12	0,14	0,12	0,16	0,12	0,12	0,13	0,10	0,13	0,12	0,12	0,17	0,13	0,10	0,13	0,10	0,12	0,09	0,12	0,16	0,16	0,11
12	0,17	0,08	0,11	0,12	0,09	0,15	0,15	0,13	0,12	0,10	0,10	0,12	0,12	0,18	0,13	0,12	0,12	0,10	0,08	0,09	0,12	0,21	0,16	0,12

## 16. Луганськ

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,10	0,05	0,10	0,12	0,16	0,21	0,16	0,10	0,10	0,08	0,10	0,11	0,13	0,18	0,17	0,13	0,13	0,06	0,12	0,12	0,13	0,20	0,14	0,11
2	0,11	0,13	0,13	0,11	0,17	0,16	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,13	0,15	0,16	0,12	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	0,12	0,18	0,12	0,11
3	0,11	0,11	0,12	0,13	0,18	0,16	0,09	0,11	0,11	0,11	0,15	0,12	0,20	0,11	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,16	0,14	0,14	0,11
4	0,09	0,12	0,11	0,13	0,17	0,18	0,12	0,08	0,12	0,13	0,13	0,10	0,11	0,17	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12	0,09	0,15	0,17	0,11	0,10
5	0,13	0,11	0,09	0,07	0,16	0,19	0,13	0,12	0,13	0,08	0,11	0,09	0,15	0,17	0,13	0,15	0,16	0,08	0,10	0,06	0,11	0,21	0,15	0,12
6	0,17	0,04	0,06	0,08	0,07	0,23	0,17	0,19	0,17	0,07	0,08	0,06	0,11	0,20	0,15	0,15	0,16	0,07	0,05	0,05	0,09	0,26	0,15	0,17
7	0,16	0,11	0,08	0,07	0,08	0,16	0,15	0,19	0,13	0,10	0,09	0,06	0,08	0,17	0,16	0,20	0,16	0,10	0,09	0,08	0,11	0,14	0,17	0,16
8	0,20	0,09	0,07	0,07	0,09	0,15	0,18	0,16	0,15	0,11	0,09	0,10	0,10	0,13	0,15	0,16	0,16	0,10	0,09	0,09	0,13	0,14	0,13	0,17
9	0,14	0,13	0,13	0,08	0,12	0,12	0,14	0,16	0,15	0,08	0,10	0,09	0,14	0,15	0,17	0,14	0,13	0,09	0,11	0,12	0,11	0,14	0,13	0,16
10	0,12	0,09	0,11	0,12	0,13	0,17	0,12	0,15	0,13	0,08	0,13	0,11	0,16	0,16	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14	0,11	0,19	0,12	0,10	0,11
11	0,13	0,07	0,11	0,12	0,15	0,17	0,16	0,10	0,11	0,10	0,12	0,12	0,12	0,20	0,15	0,10	0,14	0,07	0,09	0,10	0,14	0,19	0,15	0,11
2	0,13	0,07	0,10	0,12	0,11	0,17	0,17	0,13	0,12	0,08	0,10	0,12	0,12	0,22	0,14	0,11	0,13	0,08	0,10	0,07	0,12	0,24	0,15	0,11

Продовження табл. Б3

## 17. Сарата

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,16	0,08	0,07	0,05	0,11	0,17	0,18	0,17	0,16	0,08	0,07	0,04	0,08	0,17	0,20	0,21	0,15	0,09	0,08	0,07	0,11	0,17	0,20	0,13
2	0,17	0,10	0,08	0,08	0,09	0,13	0,17	0,17	0,13	0,11	0,07	0,08	0,11	0,13	0,20	0,17	0,14	0,12	0,09	0,05	0,11	0,13	0,19	0,18
3	0,14	0,14	0,14	0,09	0,14	0,11	0,13	0,12	0,12	0,19	0,14	0,10	0,12	0,09	0,10	0,15	0,14	0,15	0,12	0,09	0,13	0,09	0,13	0,15
4	0,09	0,15	0,14	0,10	0,14	0,14	0,10	0,13	0,13	0,14	0,11	0,09	0,15	0,12	0,11	0,15	0,11	0,14	0,13	0,10	0,11	0,15	0,11	0,15
5	0,11	0,11	0,12	0,08	0,12	0,14	0,13	0,18	0,13	0,11	0,16	0,09	0,13	0,12	0,13	0,14	0,10	0,11	0,12	0,08	0,15	0,14	0,13	0,17
6	0,14	0,05	0,11	0,05	0,11	0,13	0,14	0,25	0,12	0,07	0,10	0,08	0,13	0,11	0,18	0,20	0,12	0,04	0,11	0,06	0,14	0,14	0,15	0,24
7	0,14	0,12	0,12	0,07	0,13	0,08	0,12	0,21	0,13	0,10	0,08	0,05	0,12	0,13	0,13	0,25	0,11	0,12	0,12	0,09	0,15	0,09	0,11	0,23
8	0,12	0,09	0,11	0,06	0,13	0,12	0,15	0,22	0,11	0,15	0,10	0,08	0,12	0,09	0,15	0,19	0,12	0,14	0,13	0,06	0,12	0,10	0,14	0,20
9	0,15	0,16	0,13	0,08	0,08	0,08	0,15	0,16	0,11	0,14	0,13	0,06	0,10	0,10	0,17	0,18	0,14	0,13	0,09	0,08	0,12	0,11	0,14	0,19
10	0,15	0,14	0,10	0,05	0,10	0,14	0,16	0,16	0,12	0,18	0,11	0,06	0,11	0,13	0,14	0,15	0,12	0,18	0,14	0,06	0,11	0,10	0,14	0,14
11	0,18	0,09	0,08	0,07	0,10	0,15	0,17	0,17	0,13	0,09	0,09	0,05	0,11	0,19	0,17	0,17	0,20	0,10	0,07	0,04	0,09	0,13	0,16	0,19
12	0,15	0,06	0,09	0,04	0,09	0,13	0,20	0,24	0,19	0,08	0,06	0,03	0,08	0,20	0,20	0,17	0,13	0,07	0,05	0,04	0,08	0,17	0,20	0,26

## 18. Мелітополь

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,14	0,10	0,09	0,10	0,13	0,17	0,14	0,13	0,17	0,11	0,09	0,10	0,12	0,14	0,13	0,15	0,16	0,09	0,10	0,13	0,12	0,15	0,13	0,12
2	0,13	0,19	0,11	0,11	0,14	0,12	0,10	0,11	0,16	0,12	0,12	0,09	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14	0,15	0,12	0,09	0,12	0,12	0,13	0,13
3	0,11	0,12	0,15	0,14	0,15	0,11	0,11	0,11	0,10	0,15	0,17	0,11	0,17	0,09	0,11	0,10	0,14	0,16	0,17	0,11	0,11	0,10	0,12	0,09
4	0,11	0,12	0,15	0,14	0,15	0,14	0,10	0,09	0,15	0,13	0,13	0,10	0,12	0,12	0,15	0,11	0,13	0,11	0,16	0,10	0,12	0,14	0,15	0,09
5	0,14	0,12	0,12	0,09	0,13	0,15	0,13	0,12	0,13	0,09	0,13	0,09	0,14	0,15	0,13	0,13	0,16	0,12	0,10	0,07	0,10	0,16	0,15	0,15
6	0,18	0,05	0,08	0,09	0,10	0,17	0,16	0,18	0,15	0,07	0,12	0,06	0,10	0,16	0,17	0,17	0,15	0,04	0,07	0,08	0,10	0,18	0,18	0,20
7	0,22	0,13	0,10	0,05	0,07	0,10	0,16	0,16	0,15	0,07	0,09	0,06	0,09	0,13	0,20	0,21	0,18	0,11	0,11	0,07	0,10	0,09	0,16	0,19
8	0,18	0,10	0,08	0,07	0,06	0,14	0,17	0,19	0,15	0,13	0,10	0,08	0,08	0,11	0,17	0,18	0,16	0,14	0,09	0,08	0,10	0,08	0,16	0,19
9	0,15	0,18	0,11	0,07	0,09	0,08	0,16	0,15	0,16	0,14	0,12	0,05	0,10	0,11	0,16	0,15	0,13	0,15	0,09	0,07	0,09	0,12	0,18	0,17
10	0,17	0,17	0,11	0,07	0,10	0,11	0,13	0,14	0,14	0,21	0,15	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,14	0,22	0,15	0,10	0,09	0,10	0,09	0,12
11	0,16	0,13	0,10	0,09	0,12	0,14	0,12	0,12	0,16	0,13	0,09	0,09	0,10	0,17	0,12	0,14	0,17	0,14	0,11	0,07	0,09	0,14	0,15	0,14
12	0,19	0,12	0,10	0,08	0,08	0,12	0,16	0,15	0,17	0,14	0,09	0,08	0,11	0,17	0,15	0,10	0,17	0,10	0,07	0,08	0,09	0,17	0,18	0,14

Продовження табл. Б3

## 19. Джанкой

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,13	0,09	0,11	0,07	0,10	0,22	0,16	0,11	0,16	0,09	0,08	0,07	0,11	0,21	0,15	0,14	0,13	0,09	0,10	0,08	0,14	0,22	0,15	0,10
2	0,10	0,17	0,12	0,08	0,11	0,17	0,14	0,11	0,10	0,11	0,12	0,07	0,14	0,18	0,14	0,14	0,12	0,13	0,13	0,06	0,10	0,18	0,16	0,12
3	0,10	0,16	0,18	0,08	0,10	0,16	0,11	0,10	0,09	0,16	0,17	0,09	0,10	0,15	0,12	0,11	0,14	0,17	0,17	0,08	0,10	0,14	0,13	0,09
4	0,12	0,14	0,15	0,09	0,10	0,18	0,12	0,10	0,14	0,16	0,13	0,06	0,10	0,14	0,15	0,13	0,12	0,14	0,14	0,07	0,09	0,17	0,14	0,12
5	0,14	0,15	0,12	0,04	0,08	0,16	0,18	0,12	0,14	0,16	0,12	0,07	0,09	0,14	0,15	0,13	0,17	0,15	0,11	0,04	0,06	0,14	0,16	0,16
6	0,21	0,07	0,08	0,07	0,07	0,14	0,19	0,17	0,17	0,11	0,10	0,05	0,05	0,13	0,22	0,17	0,20	0,09	0,07	0,05	0,07	0,14	0,22	0,17
7	0,22	0,20	0,10	0,03	0,05	0,07	0,17	0,16	0,19	0,15	0,07	0,05	0,05	0,08	0,20	0,22	0,22	0,20	0,11	0,05	0,05	0,05	0,14	0,17
8	0,24	0,15	0,09	0,06	0,04	0,08	0,16	0,18	0,17	0,19	0,13	0,03	0,05	0,07	0,18	0,18	0,19	0,20	0,11	0,04	0,06	0,07	0,15	0,19
9	0,14	0,19	0,14	0,06	0,07	0,09	0,16	0,15	0,15	0,18	0,14	0,05	0,06	0,12	0,15	0,15	0,14	0,18	0,12	0,06	0,06	0,10	0,17	0,17
10	0,14	0,17	0,13	0,06	0,08	0,12	0,16	0,14	0,11	0,21	0,16	0,07	0,09	0,12	0,12	0,12	0,13	0,21	0,17	0,07	0,09	0,11	0,11	0,11
11	0,12	0,12	0,10	0,08	0,12	0,19	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,10	0,22	0,13	0,15	0,14	0,11	0,12	0,06	0,11	0,16	0,14	0,16
12	0,16	0,10	0,12	0,07	0,09	0,16	0,15	0,16	0,14	0,11	0,08	0,06	0,09	0,24	0,16	0,13	0,15	0,07	0,08	0,06	0,10	0,21	0,15	0,19

## 20. Ужгород

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,08	0,13	0,18	0,38	0,13	0,03	0,03	0,03	0,07	0,13	0,16	0,34	0,13	0,04	0,05	0,07	0,06	0,18	0,17	0,34	0,15	0,03	0,04	0,03
2	0,08	0,21	0,16	0,26	0,12	0,05	0,06	0,07	0,09	0,17	0,15	0,28	0,14	0,04	0,06	0,07	0,06	0,16	0,15	0,34	0,12	0,05	0,06	0,06
3	0,09	0,21	0,16	0,29	0,10	0,03	0,06	0,05	0,08	0,23	0,18	0,26	0,12	0,03	0,05	0,05	0,10	0,22	0,16	0,24	0,10	0,04	0,08	0,05
4	0,10	0,18	0,19	0,18	0,15	0,05	0,08	0,07	0,11	0,19	0,18	0,18	0,09	0,05	0,11	0,08	0,11	0,21	0,15	0,18	0,12	0,07	0,09	0,07
5	0,13	0,12	0,14	0,17	0,15	0,08	0,11	0,10	0,11	0,15	0,14	0,16	0,13	0,10	0,13	0,08	0,12	0,16	0,14	0,17	0,13	0,06	0,10	0,10
6	0,14	0,12	0,13	0,09	0,10	0,10	0,17	0,16	0,12	0,11	0,15	0,13	0,10	0,11	0,15	0,13	0,14	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,14	0,18
7	0,12	0,20	0,13	0,14	0,06	0,09	0,14	0,12	0,16	0,17	0,11	0,11	0,07	0,08	0,16	0,14	0,15	0,21	0,11	0,11	0,10	0,07	0,13	0,12
8	0,14	0,16	0,11	0,19	0,09	0,06	0,14	0,11	0,11	0,20	0,12	0,18	0,09	0,07	0,11	0,12	0,15	0,17	0,11	0,18	0,10	0,08	0,12	0,09
9	0,11	0,18	0,13	0,23	0,12	0,06	0,09	0,07	0,11	0,13	0,18	0,20	0,13	0,07	0,08	0,09	0,11	0,16	0,13	0,23	0,11	0,07	0,10	0,11
10	0,09	0,17	0,15	0,29	0,14	0,05	0,05	0,06	0,09	0,17	0,15	0,30	0,13	0,06	0,05	0,05	0,08	0,14	0,18	0,31	0,16	0,05	0,05	0,03
11	0,07	0,19	0,12	0,33	0,10	0,06	0,07	0,06	0,09	0,12	0,17	0,26	0,15	0,06	0,06	0,08	0,06	0,16	0,14	0,33	0,15	0,04	0,06	0,06
12	0,07	0,16	0,12	0,37	0,12	0,04	0,06	0,06	0,05	0,18	0,21	0,30	0,10	0,06	0,05	0,05	0,06	0,10	0,14	0,29	0,15	0,07	0,10	0,09

Продовження табл. Б3

## 21. Чернівці

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,15	0,06	0,09	0,08	0,14	0,15	0,17	0,15	0,15	0,06	0,09	0,08	0,10	0,15	0,16	0,21	0,12	0,09	0,11	0,07	0,11	0,17	0,18	0,14
2	0,16	0,14	0,11	0,09	0,09	0,12	0,14	0,15	0,16	0,07	0,10	0,11	0,10	0,13	0,16	0,17	0,17	0,11	0,10	0,10	0,11	0,12	0,16	0,14
3	0,10	0,16	0,14	0,12	0,11	0,08	0,15	0,13	0,13	0,17	0,16	0,11	0,12	0,07	0,11	0,13	0,14	0,14	0,12	0,10	0,11	0,07	0,14	0,16
4	0,13	0,15	0,12	0,12	0,13	0,09	0,10	0,16	0,16	0,12	0,14	0,08	0,10	0,09	0,12	0,17	0,15	0,14	0,11	0,09	0,11	0,12	0,15	0,13
5	0,14	0,12	0,11	0,07	0,11	0,10	0,16	0,18	0,14	0,11	0,12	0,10	0,11	0,10	0,15	0,17	0,15	0,12	0,11	0,07	0,11	0,10	0,15	0,20
6	0,16	0,05	0,06	0,03	0,09	0,10	0,20	0,31	0,17	0,06	0,10	0,06	0,08	0,11	0,17	0,25	0,19	0,06	0,07	0,03	0,09	0,12	0,16	0,29
7	0,18	0,10	0,09	0,05	0,06	0,10	0,15	0,26	0,20	0,08	0,06	0,05	0,07	0,10	0,13	0,31	0,17	0,10	0,07	0,05	0,09	0,11	0,17	0,25
8	0,19	0,07	0,06	0,05	0,09	0,12	0,18	0,25	0,17	0,12	0,07	0,05	0,10	0,08	0,16	0,25	0,16	0,10	0,09	0,05	0,10	0,09	0,15	0,26
9	0,17	0,13	0,08	0,08	0,12	0,12	0,14	0,18	0,16	0,09	0,09	0,07	0,10	0,12	0,17	0,20	0,17	0,09	0,10	0,08	0,11	0,11	0,13	0,23
10	0,16	0,11	0,09	0,07	0,10	0,16	0,15	0,17	0,13	0,12	0,12	0,06	0,12	0,16	0,14	0,14	0,12	0,13	0,14	0,12	0,11	0,12	0,11	0,15
11	0,16	0,09	0,10	0,09	0,12	0,12	0,14	0,18	0,15	0,08	0,12	0,07	0,12	0,15	0,14	0,15	0,17	0,10	0,09	0,05	0,11	0,13	0,16	0,18
12	0,17	0,05	0,11	0,09	0,09	0,11	0,16	0,23	0,16	0,10	0,09	0,05	0,10	0,17	0,18	0,14	0,18	0,04	0,07	0,07	0,11	0,15	0,18	0,18

## 22. Миронівка

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,14	0,06	0,10	0,09	0,12	0,20	0,15	0,15	0,14	0,06	0,08	0,06	0,12	0,18	0,15	0,20	0,13	0,07	0,12	0,06	0,12	0,20	0,16	0,15
2	0,12	0,11	0,10	0,09	0,12	0,14	0,16	0,16	0,14	0,06	0,09	0,11	0,11	0,15	0,17	0,17	0,16	0,11	0,08	0,09	0,11	0,16	0,15	0,13
3	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12	0,11	0,15	0,13	0,12	0,17	0,16	0,10	0,12	0,10	0,10	0,13	0,13	0,13	0,11	0,10	0,12	0,09	0,14	0,17
4	0,14	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	0,13	0,19	0,11	0,12	0,07	0,10	0,11	0,14	0,15	0,16	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,15	0,14
5	0,16	0,12	0,10	0,07	0,13	0,11	0,15	0,17	0,15	0,08	0,09	0,09	0,14	0,11	0,17	0,17	0,17	0,09	0,10	0,06	0,12	0,12	0,15	0,20
6	0,18	0,05	0,05	0,04	0,08	0,14	0,18	0,30	0,16	0,07	0,09	0,05	0,09	0,14	0,16	0,25	0,23	0,05	0,05	0,02	0,09	0,14	0,17	0,26
7	0,19	0,09	0,05	0,05	0,09	0,10	0,16	0,26	0,20	0,07	0,05	0,05	0,08	0,11	0,15	0,29	0,19	0,09	0,05	0,04	0,09	0,12	0,18	0,24
8	0,20	0,07	0,05	0,04	0,09	0,15	0,17	0,24	0,19	0,09	0,07	0,05	0,10	0,10	0,17	0,24	0,18	0,09	0,09	0,05	0,09	0,11	0,14	0,26
9	0,17	0,10	0,09	0,07	0,09	0,15	0,13	0,18	0,17	0,08	0,09	0,07	0,10	0,12	0,17	0,19	0,17	0,08	0,07	0,08	0,11	0,13	0,15	0,20
10	0,16	0,09	0,08	0,07	0,09	0,18	0,17	0,16	0,16	0,11	0,07	0,08	0,12	0,21	0,11	0,14	0,13	0,11	0,12	0,11	0,13	0,15	0,12	0,14
11	0,15	0,08	0,10	0,08	0,10	0,16	0,13	0,18	0,15	0,08	0,09	0,08	0,14	0,18	0,13	0,13	0,17	0,09	0,05	0,06	0,10	0,18	0,17	0,18
12	0,17	0,05	0,09	0,09	0,09	0,14	0,16	0,20	0,15	0,08	0,08	0,06	0,10	0,21	0,18	0,15	0,14	0,05	0,07	0,07	0,11	0,19	0,19	0,19



Таблиця Б4 – Ймовірність напрямків вітру. Сценарій А2

## 1. Житомир

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,11	0,09	0,09	0,14	0,13	0,18	0,13	0,12	0,14	0,09	0,11	0,08	0,11	0,15	0,16	0,15	0,17	0,04	0,05	0,06	0,10	0,20	0,20	0,17
2	0,13	0,09	0,11	0,11	0,14	0,21	0,12	0,10	0,14	0,09	0,11	0,12	0,14	0,14	0,15	0,12	0,15	0,08	0,15	0,11	0,11	0,12	0,14	0,15
3	0,12	0,12	0,13	0,11	0,11	0,12	0,14	0,15	0,13	0,10	0,12	0,17	0,12	0,12	0,11	0,13	0,16	0,11	0,13	0,10	0,10	0,11	0,12	0,17
4	0,16	0,10	0,11	0,12	0,10	0,12	0,14	0,16	0,12	0,12	0,15	0,10	0,12	0,11	0,12	0,14	0,12	0,11	0,12	0,10	0,15	0,11	0,12	0,16
5	0,16	0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,16	0,17	0,07	0,09	0,08	0,11	0,13	0,14	0,21	0,21	0,10	0,08	0,06	0,07	0,12	0,16	0,20
6	0,18	0,06	0,08	0,07	0,08	0,12	0,15	0,27	0,20	0,06	0,07	0,06	0,08	0,11	0,16	0,25	0,21	0,05	0,07	0,07	0,09	0,11	0,16	0,25
7	0,18	0,04	0,05	0,04	0,07	0,14	0,18	0,29	0,20	0,04	0,05	0,06	0,07	0,14	0,16	0,29	0,20	0,06	0,05	0,05	0,06	0,13	0,16	0,28
8	0,18	0,06	0,06	0,10	0,12	0,12	0,17	0,19	0,16	0,05	0,07	0,09	0,13	0,11	0,15	0,25	0,16	0,04	0,07	0,05	0,07	0,14	0,18	0,28
9	0,15	0,10	0,10	0,08	0,10	0,15	0,16	0,17	0,15	0,08	0,09	0,07	0,10	0,16	0,16	0,19	0,16	0,05	0,08	0,07	0,11	0,18	0,16	0,22
10	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12	0,13	0,16	0,11	0,14	0,09	0,11	0,09	0,11	0,17	0,14	0,15	0,17	0,07	0,11	0,09	0,12	0,16	0,12	0,15
11	0,18	0,06	0,07	0,06	0,09	0,18	0,19	0,16	0,17	0,04	0,08	0,07	0,13	0,20	0,16	0,14	0,16	0,06	0,10	0,08	0,11	0,21	0,15	0,12
12	0,17	0,05	0,08	0,09	0,11	0,18	0,18	0,14	0,14	0,05	0,10	0,09	0,15	0,18	0,16	0,14	0,16	0,03	0,10	0,09	0,10	0,18	0,19	0,14

## 2. Вінниця

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,12	0,10	0,10	0,13	0,14	0,15	0,13	0,12	0,16	0,09	0,11	0,10	0,12	0,14	0,12	0,17	0,17	0,05	0,07	0,06	0,10	0,19	0,15	0,21
2	0,13	0,11	0,11	0,10	0,14	0,18	0,12	0,11	0,13	0,10	0,14	0,10	0,13	0,12	0,13	0,15	0,16	0,09	0,14	0,10	0,13	0,11	0,13	0,16
3	0,11	0,14	0,13	0,11	0,12	0,11	0,15	0,14	0,14	0,11	0,13	0,14	0,16	0,09	0,10	0,13	0,14	0,12	0,12	0,09	0,11	0,10	0,14	0,17
4	0,13	0,10	0,12	0,10	0,10	0,12	0,13	0,18	0,14	0,11	0,14	0,11	0,13	0,10	0,12	0,15	0,12	0,11	0,12	0,11	0,14	0,10	0,12	0,17
5	0,15	0,12	0,13	0,09	0,12	0,09	0,12	0,17	0,15	0,06	0,12	0,08	0,11	0,10	0,15	0,24	0,20	0,10	0,08	0,07	0,10	0,08	0,18	0,20
6	0,16	0,08	0,08	0,07	0,08	0,10	0,15	0,28	0,17	0,07	0,08	0,07	0,07	0,10	0,17	0,27	0,19	0,07	0,08	0,05	0,09	0,09	0,17	0,26
7	0,16	0,05	0,06	0,05	0,07	0,11	0,19	0,31	0,18	0,06	0,06	0,07	0,06	0,13	0,17	0,28	0,19	0,07	0,07	0,05	0,07	0,13	0,12	0,31
8	0,16	0,07	0,08	0,10	0,10	0,11	0,15	0,24	0,15	0,08	0,10	0,09	0,11	0,10	0,14	0,24	0,17	0,05	0,08	0,06	0,08	0,10	0,17	0,29
9	0,15	0,12	0,10	0,08	0,11	0,11	0,15	0,19	0,14	0,11	0,10	0,07	0,10	0,13	0,16	0,18	0,17	0,06	0,09	0,08	0,12	0,14	0,14	0,22
10	0,17	0,12	0,11	0,12	0,14	0,10	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12	0,10	0,09	0,14	0,14	0,15	0,15	0,09	0,13	0,09	0,12	0,12	0,12	0,17
11	0,19	0,08	0,07	0,06	0,11	0,16	0,15	0,18	0,15	0,06	0,10	0,08	0,13	0,18	0,14	0,16	0,15	0,07	0,10	0,08	0,13	0,16	0,15	0,14
12	0,18	0,07	0,07	0,10	0,10	0,16	0,17	0,15	0,15	0,05	0,13	0,08	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,05	0,10	0,09	0,09	0,19	0,14	0,17

Продовження табл. Б4

## 3. Суми

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,08	0,10	0,15	0,14	0,16	0,17	0,10	0,10	0,12	0,08	0,13	0,15	0,12	0,18	0,13	0,10	0,13	0,07	0,08	0,09	0,11	0,23	0,16	0,13
2	0,11	0,10	0,15	0,13	0,17	0,17	0,08	0,09	0,11	0,10	0,14	0,13	0,14	0,16	0,12	0,10	0,11	0,08	0,11	0,18	0,16	0,13	0,10	0,14
3	0,09	0,13	0,15	0,10	0,15	0,14	0,12	0,12	0,10	0,11	0,13	0,16	0,18	0,10	0,13	0,09	0,11	0,13	0,12	0,14	0,13	0,12	0,14	0,12
4	0,13	0,11	0,11	0,12	0,14	0,13	0,13	0,13	0,11	0,15	0,15	0,12	0,14	0,13	0,09	0,12	0,14	0,09	0,14	0,11	0,18	0,12	0,10	0,11
5	0,11	0,14	0,13	0,09	0,12	0,13	0,13	0,16	0,15	0,08	0,08	0,06	0,14	0,17	0,16	0,16	0,14	0,10	0,08	0,05	0,10	0,15	0,18	0,19
6	0,15	0,07	0,07	0,08	0,12	0,12	0,18	0,21	0,17	0,11	0,09	0,05	0,08	0,13	0,16	0,20	0,17	0,08	0,07	0,06	0,08	0,16	0,16	0,22
7	0,21	0,05	0,04	0,04	0,09	0,17	0,16	0,24	0,16	0,07	0,05	0,06	0,07	0,15	0,18	0,26	0,20	0,08	0,05	0,06	0,08	0,14	0,20	0,20
8	0,17	0,12	0,07	0,07	0,10	0,13	0,16	0,17	0,15	0,09	0,10	0,06	0,12	0,12	0,15	0,21	0,20	0,07	0,07	0,05	0,09	0,14	0,16	0,22
9	0,15	0,12	0,12	0,07	0,09	0,15	0,14	0,17	0,14	0,10	0,08	0,08	0,11	0,17	0,16	0,15	0,16	0,07	0,08	0,08	0,10	0,18	0,16	0,18
10	0,13	0,10	0,14	0,13	0,15	0,13	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,11	0,12	0,17	0,12	0,14	0,13	0,08	0,12	0,12	0,12	0,17	0,13	0,14
11	0,12	0,06	0,10	0,10	0,13	0,21	0,17	0,13	0,13	0,05	0,11	0,10	0,13	0,22	0,15	0,11	0,11	0,06	0,07	0,11	0,16	0,25	0,13	0,11
12	0,11	0,06	0,10	0,12	0,15	0,22	0,15	0,10	0,11	0,06	0,11	0,14	0,13	0,22	0,13	0,10	0,09	0,04	0,11	0,14	0,09	0,21	0,18	0,15

## 4. Кіровоград

Mic	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,12	0,13	0,11	0,09	0,14	0,17	0,11	0,12	0,14	0,10	0,12	0,10	0,12	0,17	0,14	0,13	0,17	0,08	0,07	0,05	0,10	0,19	0,16	0,18
2	0,13	0,13	0,14	0,09	0,14	0,16	0,13	0,08	0,14	0,14	0,12	0,08	0,15	0,14	0,14	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13	0,11	0,12	0,13	0,13
3	0,14	0,17	0,12	0,08	0,11	0,14	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,10	0,11	0,11	0,14	0,15	0,14	0,08	0,11	0,11	0,13	0,15
4	0,14	0,12	0,11	0,08	0,15	0,15	0,11	0,14	0,14	0,14	0,14	0,09	0,14	0,11	0,12	0,11	0,12	0,14	0,16	0,06	0,15	0,11	0,14	0,11
5	0,12	0,17	0,10	0,08	0,11	0,15	0,12	0,15	0,15	0,08	0,08	0,07	0,13	0,14	0,17	0,18	0,17	0,11	0,08	0,06	0,10	0,11	0,18	0,18
6	0,14	0,08	0,06	0,06	0,12	0,13	0,15	0,25	0,19	0,11	0,07	0,04	0,08	0,13	0,17	0,20	0,19	0,10	0,06	0,05	0,09	0,13	0,15	0,22
7	0,17	0,08	0,05	0,04	0,08	0,13	0,20	0,26	0,19	0,09	0,06	0,04	0,09	0,13	0,17	0,23	0,18	0,09	0,06	0,05	0,05	0,14	0,16	0,28
8	0,17	0,15	0,07	0,06	0,09	0,10	0,17	0,19	0,15	0,16	0,07	0,03	0,13	0,09	0,17	0,20	0,17	0,09	0,06	0,04	0,10	0,12	0,18	0,25
9	0,17	0,17	0,11	0,05	0,08	0,13	0,12	0,16	0,16	0,14	0,09	0,04	0,11	0,14	0,16	0,16	0,20	0,09	0,10	0,07	0,08	0,15	0,13	0,19
10	0,14	0,19	0,12	0,09	0,13	0,12	0,11	0,11	0,15	0,17	0,11	0,07	0,11	0,12	0,14	0,13	0,15	0,14	0,10	0,08	0,11	0,15	0,14	0,14
11	0,17	0,11	0,07	0,06	0,11	0,17	0,18	0,14	0,17	0,06	0,11	0,05	0,12	0,20	0,15	0,14	0,14	0,10	0,12	0,07	0,13	0,18	0,15	0,12
12	0,14	0,08	0,10	0,08	0,12	0,19	0,16	0,13	0,13	0,09	0,11	0,09	0,13	0,18	0,13	0,14	0,13	0,07	0,08	0,10	0,12	0,20	0,16	0,14

Продовження табл. Б4

## 5. Миколаїв

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,14	0,18	0,10	0,09	0,14	0,14	0,11	0,11	0,13	0,14	0,09	0,08	0,14	0,16	0,11	0,15	0,19	0,11	0,07	0,06	0,10	0,17	0,14	0,16
2	0,13	0,15	0,12	0,09	0,13	0,18	0,10	0,10	0,12	0,16	0,11	0,08	0,15	0,12	0,13	0,13	0,13	0,15	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,14
3	0,14	0,18	0,12	0,08	0,13	0,14	0,09	0,12	0,10	0,15	0,15	0,09	0,17	0,11	0,12	0,10	0,16	0,16	0,12	0,08	0,13	0,13	0,11	0,13
4	0,12	0,11	0,12	0,06	0,17	0,16	0,10	0,16	0,11	0,15	0,13	0,09	0,15	0,15	0,13	0,11	0,12	0,16	0,13	0,06	0,16	0,15	0,11	0,11
5	0,09	0,19	0,09	0,04	0,12	0,19	0,12	0,15	0,14	0,09	0,08	0,06	0,13	0,19	0,15	0,16	0,16	0,14	0,08	0,04	0,11	0,16	0,15	0,15
6	0,14	0,09	0,06	0,04	0,11	0,18	0,15	0,23	0,17	0,13	0,06	0,01	0,09	0,18	0,16	0,19	0,16	0,14	0,05	0,02	0,08	0,20	0,15	0,21
7	0,17	0,10	0,03	0,02	0,06	0,18	0,19	0,24	0,17	0,13	0,04	0,02	0,06	0,19	0,18	0,21	0,17	0,10	0,04	0,02	0,05	0,18	0,18	0,26
8	0,20	0,18	0,07	0,03	0,07	0,12	0,16	0,17	0,16	0,20	0,06	0,02	0,09	0,12	0,17	0,18	0,16	0,13	0,06	0,02	0,08	0,15	0,16	0,23
9	0,14	0,23	0,09	0,04	0,09	0,14	0,10	0,17	0,13	0,19	0,06	0,05	0,08	0,14	0,16	0,17	0,14	0,18	0,08	0,05	0,11	0,13	0,15	0,16
10	0,13	0,24	0,13	0,08	0,11	0,08	0,11	0,11	0,16	0,22	0,10	0,06	0,10	0,10	0,11	0,15	0,15	0,20	0,10	0,08	0,11	0,11	0,11	0,14
11	0,18	0,13	0,08	0,05	0,09	0,13	0,15	0,18	0,16	0,10	0,10	0,07	0,11	0,14	0,14	0,17	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,14	0,12	0,13
12	0,16	0,10	0,08	0,09	0,11	0,15	0,15	0,15	0,14	0,11	0,09	0,13	0,10	0,14	0,15	0,14	0,15	0,11	0,06	0,09	0,12	0,18	0,14	0,16

## 6. Ізмаїл

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,17	0,13	0,06	0,05	0,11	0,22	0,18	0,08	0,13	0,10	0,05	0,05	0,09	0,24	0,19	0,16	0,19	0,08	0,04	0,05	0,08	0,23	0,19	0,15
2	0,13	0,11	0,08	0,09	0,10	0,24	0,16	0,09	0,16	0,12	0,07	0,08	0,08	0,18	0,16	0,14	0,17	0,10	0,11	0,06	0,10	0,15	0,16	0,13
3	0,11	0,14	0,14	0,08	0,11	0,12	0,17	0,14	0,14	0,13	0,12	0,07	0,13	0,15	0,12	0,14	0,13	0,14	0,11	0,08	0,10	0,14	0,14	0,14
4	0,11	0,10	0,14	0,10	0,12	0,15	0,12	0,17	0,09	0,10	0,15	0,11	0,13	0,16	0,13	0,14	0,12	0,11	0,13	0,10	0,10	0,17	0,16	0,12
5	0,12	0,12	0,16	0,10	0,12	0,12	0,15	0,12	0,10	0,09	0,13	0,10	0,11	0,13	0,18	0,15	0,16	0,12	0,12	0,09	0,09	0,13	0,16	0,14
6	0,13	0,06	0,12	0,10	0,10	0,08	0,20	0,20	0,16	0,09	0,11	0,08	0,08	0,10	0,18	0,19	0,13	0,10	0,13	0,08	0,10	0,08	0,17	0,20
7	0,15	0,10	0,12	0,08	0,11	0,08	0,17	0,19	0,14	0,12	0,15	0,06	0,12	0,07	0,16	0,17	0,14	0,08	0,14	0,08	0,12	0,06	0,19	0,20
8	0,18	0,13	0,16	0,09	0,12	0,05	0,17	0,11	0,14	0,14	0,14	0,10	0,09	0,06	0,19	0,15	0,16	0,11	0,12	0,09	0,10	0,07	0,19	0,15
9	0,17	0,17	0,12	0,09	0,10	0,08	0,15	0,12	0,18	0,14	0,12	0,09	0,09	0,11	0,15	0,14	0,16	0,12	0,12	0,11	0,11	0,08	0,16	0,14
10	0,19	0,20	0,08	0,09	0,10	0,11	0,15	0,08	0,20	0,16	0,09	0,06	0,07	0,14	0,16	0,13	0,16	0,17	0,10	0,08	0,10	0,13	0,15	0,11
11	0,19	0,08	0,05	0,04	0,07	0,21	0,21	0,15	0,16	0,11	0,07	0,05	0,09	0,23	0,17	0,13	0,18	0,09	0,08	0,04	0,09	0,21	0,19	0,12
12	0,15	0,08	0,06	0,04	0,07	0,24	0,24	0,12	0,15	0,08	0,08	0,06	0,08	0,24	0,20	0,11	0,17	0,08	0,03	0,06	0,08	0,28	0,19	0,11

Продовження табл. Б4

## 7. Броди

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,14	0,07	0,13	0,15	0,10	0,17	0,14	0,10	0,16	0,08	0,13	0,10	0,10	0,14	0,17	0,13	0,20	0,03	0,08	0,08	0,08	0,18	0,19	0,15
2	0,13	0,08	0,11	0,12	0,14	0,20	0,13	0,09	0,13	0,07	0,11	0,13	0,13	0,14	0,16	0,12	0,18	0,05	0,15	0,10	0,10	0,14	0,15	0,14
3	0,12	0,10	0,12	0,10	0,12	0,14	0,16	0,14	0,13	0,09	0,10	0,18	0,11	0,12	0,12	0,15	0,14	0,09	0,13	0,10	0,13	0,11	0,13	0,17
4	0,14	0,08	0,10	0,12	0,09	0,13	0,14	0,20	0,13	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,14	0,16	0,14	0,08	0,14	0,11	0,12	0,11	0,13	0,16
5	0,15	0,10	0,10	0,12	0,10	0,14	0,11	0,18	0,15	0,06	0,10	0,09	0,08	0,15	0,15	0,23	0,19	0,09	0,09	0,07	0,09	0,11	0,17	0,19
6	0,19	0,05	0,09	0,07	0,08	0,11	0,17	0,25	0,21	0,04	0,07	0,07	0,08	0,13	0,14	0,26	0,21	0,05	0,08	0,05	0,07	0,12	0,15	0,27
7	0,23	0,03	0,06	0,06	0,07	0,14	0,16	0,26	0,21	0,04	0,06	0,05	0,07	0,14	0,18	0,25	0,20	0,05	0,07	0,06	0,07	0,13	0,14	0,28
8	0,20	0,04	0,08	0,10	0,10	0,14	0,12	0,22	0,17	0,05	0,10	0,10	0,10	0,13	0,14	0,20	0,18	0,03	0,07	0,06	0,07	0,15	0,17	0,27
9	0,16	0,06	0,12	0,10	0,11	0,16	0,14	0,16	0,16	0,04	0,12	0,10	0,12	0,16	0,14	0,16	0,18	0,03	0,10	0,09	0,11	0,17	0,15	0,18
10	0,12	0,09	0,15	0,14	0,13	0,14	0,13	0,09	0,15	0,06	0,14	0,11	0,11	0,17	0,13	0,13	0,15	0,05	0,13	0,12	0,12	0,17	0,14	0,13
11	0,21	0,05	0,07	0,07	0,10	0,16	0,20	0,14	0,16	0,04	0,11	0,07	0,11	0,19	0,19	0,14	0,16	0,04	0,11	0,08	0,13	0,20	0,16	0,10
12	0,17	0,05	0,08	0,10	0,11	0,18	0,17	0,15	0,16	0,04	0,12	0,07	0,12	0,16	0,21	0,11	0,17	0,03	0,10	0,08	0,11	0,17	0,20	0,14

## 8. Сарни

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,12	0,09	0,10	0,17	0,12	0,20	0,11	0,10	0,16	0,08	0,12	0,09	0,12	0,15	0,16	0,12	0,20	0,04	0,06	0,08	0,08	0,23	0,17	0,14
2	0,12	0,09	0,13	0,10	0,17	0,20	0,12	0,07	0,13	0,08	0,12	0,12	0,14	0,15	0,17	0,10	0,16	0,07	0,12	0,12	0,11	0,16	0,14	0,12
3	0,12	0,09	0,15	0,09	0,13	0,14	0,14	0,14	0,12	0,11	0,12	0,19	0,12	0,12	0,11	0,13	0,14	0,11	0,13	0,12	0,11	0,11	0,12	0,16
4	0,14	0,09	0,11	0,13	0,09	0,13	0,14	0,17	0,15	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,14	0,12	0,12	0,09	0,13	0,13	0,15	0,11	0,13	0,15
5	0,14	0,10	0,10	0,13	0,09	0,15	0,13	0,16	0,17	0,08	0,10	0,09	0,10	0,11	0,15	0,20	0,18	0,10	0,07	0,07	0,10	0,12	0,15	0,20
6	0,19	0,07	0,09	0,05	0,08	0,12	0,17	0,22	0,21	0,05	0,07	0,06	0,09	0,11	0,16	0,23	0,21	0,06	0,08	0,05	0,06	0,11	0,20	0,23
7	0,23	0,04	0,05	0,05	0,07	0,15	0,18	0,22	0,20	0,05	0,05	0,04	0,07	0,14	0,21	0,23	0,18	0,06	0,06	0,06	0,08	0,13	0,17	0,26
8	0,15	0,07	0,08	0,10	0,11	0,15	0,15	0,19	0,17	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,15	0,19	0,17	0,04	0,06	0,05	0,08	0,15	0,19	0,25
9	0,14	0,08	0,11	0,09	0,10	0,16	0,17	0,14	0,15	0,07	0,10	0,10	0,09	0,20	0,14	0,15	0,15	0,03	0,08	0,07	0,12	0,19	0,18	0,17
10	0,12	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,16	0,08	0,14	0,07	0,13	0,10	0,12	0,19	0,12	0,14	0,13	0,06	0,11	0,13	0,12	0,18	0,14	0,13
11	0,19	0,05	0,08	0,07	0,10	0,20	0,18	0,12	0,16	0,03	0,10	0,07	0,12	0,23	0,15	0,11	0,13	0,05	0,12	0,08	0,12	0,23	0,17	0,09
12	0,14	0,06	0,09	0,11	0,10	0,20	0,17	0,14	0,13	0,04	0,11	0,10	0,14	0,21	0,18	0,10	0,15	0,04	0,09	0,10	0,11	0,20	0,20	0,11

## Продовження табл. Б4

## 9. Щорс

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,10	0,08	0,13	0,15	0,16	0,17	0,09	0,10	0,12	0,09	0,13	0,13	0,13	0,16	0,13	0,10	0,15	0,05	0,08	0,09	0,11	0,22	0,18	0,14
2	0,10	0,11	0,16	0,13	0,17	0,16	0,10	0,07	0,10	0,10	0,14	0,13	0,16	0,14	0,13	0,10	0,11	0,07	0,12	0,16	0,17	0,13	0,11	0,13
3	0,08	0,14	0,13	0,12	0,12	0,16	0,13	0,11	0,10	0,12	0,13	0,19	0,15	0,09	0,12	0,11	0,13	0,12	0,11	0,13	0,12	0,11	0,12	0,16
4	0,13	0,11	0,13	0,12	0,11	0,14	0,12	0,14	0,13	0,15	0,15	0,12	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,15	0,11	0,17	0,09	0,14	0,14
5	0,12	0,12	0,11	0,10	0,14	0,13	0,15	0,14	0,16	0,08	0,09	0,09	0,11	0,14	0,16	0,18	0,14	0,11	0,10	0,06	0,09	0,11	0,18	0,21
6	0,17	0,08	0,09	0,06	0,11	0,13	0,15	0,20	0,19	0,07	0,09	0,06	0,09	0,13	0,16	0,21	0,17	0,06	0,08	0,08	0,09	0,12	0,19	0,21
7	0,20	0,05	0,05	0,05	0,08	0,15	0,19	0,23	0,18	0,04	0,06	0,05	0,08	0,16	0,17	0,25	0,19	0,06	0,07	0,05	0,08	0,14	0,19	0,21
8	0,17	0,09	0,08	0,08	0,12	0,13	0,16	0,16	0,15	0,06	0,10	0,06	0,12	0,14	0,16	0,22	0,16	0,06	0,07	0,05	0,09	0,16	0,17	0,23
9	0,14	0,11	0,11	0,07	0,12	0,15	0,14	0,16	0,15	0,08	0,08	0,09	0,11	0,17	0,18	0,14	0,13	0,06	0,08	0,07	0,14	0,17	0,17	0,18
10	0,10	0,08	0,14	0,12	0,15	0,13	0,15	0,13	0,12	0,10	0,13	0,10	0,13	0,18	0,11	0,13	0,13	0,07	0,11	0,12	0,13	0,18	0,13	0,13
11	0,12	0,06	0,11	0,08	0,12	0,19	0,17	0,14	0,13	0,05	0,10	0,09	0,15	0,21	0,16	0,11	0,10	0,05	0,10	0,11	0,15	0,23	0,14	0,11
12	0,11	0,05	0,09	0,12	0,14	0,21	0,16	0,11	0,12	0,05	0,11	0,13	0,17	0,18	0,14	0,11	0,11	0,04	0,11	0,13	0,12	0,18	0,18	0,13

## 10. Тернопіль

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,15	0,07	0,14	0,16	0,09	0,14	0,13	0,13	0,18	0,08	0,13	0,10	0,10	0,10	0,15	0,16	0,20	0,03	0,08	0,08	0,08	0,17	0,16	0,20
2	0,13	0,07	0,12	0,13	0,13	0,17	0,12	0,12	0,15	0,08	0,11	0,14	0,12	0,12	0,13	0,15	0,16	0,07	0,15	0,10	0,09	0,11	0,14	0,18
3	0,15	0,09	0,15	0,10	0,11	0,11	0,14	0,15	0,14	0,09	0,09	0,20	0,11	0,10	0,10	0,17	0,15	0,09	0,14	0,11	0,11	0,09	0,12	0,19
4	0,14	0,08	0,11	0,14	0,08	0,12	0,14	0,20	0,14	0,10	0,14	0,15	0,09	0,10	0,14	0,16	0,15	0,09	0,14	0,12	0,13	0,09	0,12	0,18
5	0,15	0,09	0,10	0,13	0,10	0,14	0,11	0,18	0,14	0,05	0,10	0,11	0,09	0,12	0,15	0,23	0,20	0,08	0,10	0,10	0,08	0,10	0,14	0,20
6	0,18	0,04	0,09	0,09	0,07	0,10	0,14	0,29	0,17	0,04	0,06	0,08	0,09	0,11	0,16	0,28	0,18	0,06	0,08	0,07	0,06	0,11	0,15	0,29
7	0,18	0,03	0,07	0,05	0,07	0,12	0,16	0,31	0,20	0,05	0,07	0,05	0,07	0,13	0,16	0,27	0,20	0,05	0,08	0,08	0,06	0,12	0,12	0,29
8	0,18	0,05	0,09	0,12	0,10	0,12	0,11	0,24	0,14	0,05	0,10	0,12	0,10	0,11	0,14	0,24	0,18	0,03	0,08	0,08	0,07	0,12	0,17	0,27
9	0,17	0,07	0,13	0,10	0,09	0,14	0,13	0,17	0,14	0,05	0,12	0,11	0,12	0,15	0,13	0,19	0,16	0,03	0,12	0,10	0,10	0,15	0,14	0,21
10	0,14	0,10	0,17	0,14	0,13	0,10	0,11	0,11	0,15	0,06	0,13	0,12	0,11	0,15	0,12	0,16	0,15	0,04	0,15	0,13	0,11	0,13	0,14	0,15
11	0,21	0,05	0,08	0,08	0,09	0,14	0,16	0,19	0,18	0,03	0,13	0,08	0,11	0,15	0,15	0,18	0,17	0,05	0,12	0,10	0,12	0,15	0,16	0,13
12	0,17	0,05	0,08	0,11	0,09	0,15	0,16	0,18	0,18	0,04	0,12	0,10	0,13	0,12	0,16	0,15	0,20	0,04	0,10	0,08	0,11	0,14	0,17	0,17

## Продовження табл. Б4

## 11. Умань

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,15	0,10	0,10	0,12	0,15	0,15	0,11	0,12	0,15	0,09	0,11	0,10	0,13	0,14	0,13	0,15	0,16	0,07	0,06	0,05	0,12	0,18	0,15	0,20
2	0,13	0,12	0,14	0,10	0,14	0,15	0,10	0,11	0,15	0,11	0,15	0,07	0,14	0,11	0,14	0,12	0,14	0,10	0,13	0,11	0,13	0,11	0,14	0,14
3	0,12	0,16	0,15	0,07	0,12	0,10	0,13	0,15	0,12	0,14	0,14	0,13	0,14	0,10	0,12	0,11	0,14	0,13	0,13	0,09	0,11	0,10	0,14	0,15
4	0,13	0,14	0,11	0,10	0,12	0,12	0,10	0,17	0,15	0,12	0,16	0,11	0,13	0,10	0,10	0,13	0,12	0,13	0,16	0,08	0,14	0,09	0,13	0,14
5	0,14	0,16	0,14	0,08	0,10	0,11	0,12	0,16	0,16	0,08	0,12	0,08	0,11	0,12	0,15	0,19	0,17	0,12	0,09	0,07	0,09	0,09	0,18	0,19
6	0,16	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,15	0,26	0,17	0,10	0,06	0,08	0,08	0,11	0,18	0,23	0,17	0,10	0,07	0,05	0,11	0,09	0,16	0,26
7	0,18	0,07	0,06	0,03	0,10	0,10	0,17	0,30	0,17	0,09	0,06	0,06	0,08	0,12	0,16	0,27	0,17	0,08	0,07	0,05	0,07	0,11	0,14	0,31
8	0,16	0,11	0,08	0,06	0,12	0,09	0,15	0,22	0,15	0,11	0,10	0,06	0,12	0,07	0,18	0,21	0,16	0,07	0,08	0,04	0,08	0,10	0,18	0,28
9	0,15	0,16	0,10	0,07	0,10	0,13	0,12	0,18	0,16	0,13	0,10	0,05	0,12	0,12	0,16	0,15	0,19	0,08	0,08	0,09	0,11	0,11	0,14	0,19
10	0,15	0,16	0,11	0,10	0,13	0,10	0,11	0,13	0,13	0,15	0,11	0,08	0,11	0,13	0,13	0,15	0,13	0,12	0,12	0,09	0,11	0,13	0,12	0,17
11	0,17	0,10	0,06	0,05	0,13	0,15	0,18	0,17	0,15	0,06	0,11	0,06	0,13	0,18	0,16	0,15	0,16	0,08	0,13	0,05	0,13	0,17	0,13	0,14
12	0,15	0,08	0,09	0,08	0,13	0,17	0,17	0,14	0,14	0,06	0,12	0,09	0,14	0,16	0,13	0,15	0,16	0,06	0,10	0,10	0,10	0,19	0,13	0,16

## 12. Полтава

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,10	0,10	0,16	0,13	0,15	0,17	0,09	0,10	0,12	0,08	0,14	0,14	0,12	0,17	0,13	0,10	0,15	0,06	0,10	0,07	0,11	0,21	0,15	0,14
2	0,11	0,13	0,13	0,12	0,17	0,16	0,10	0,08	0,13	0,10	0,13	0,10	0,17	0,15	0,13	0,09	0,12	0,10	0,14	0,15	0,16	0,12	0,10	0,12
3	0,11	0,14	0,14	0,10	0,14	0,13	0,12	0,12	0,10	0,12	0,15	0,14	0,17	0,10	0,11	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,14	0,11	0,14	0,14
4	0,15	0,12	0,12	0,08	0,14	0,14	0,12	0,12	0,11	0,14	0,16	0,13	0,12	0,12	0,09	0,13	0,12	0,10	0,19	0,09	0,15	0,13	0,11	0,11
5	0,13	0,16	0,12	0,08	0,12	0,13	0,11	0,15	0,17	0,09	0,10	0,07	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,13	0,08	0,06	0,10	0,12	0,16	0,18
6	0,19	0,07	0,07	0,07	0,12	0,13	0,13	0,22	0,21	0,12	0,09	0,06	0,07	0,13	0,12	0,20	0,16	0,10	0,08	0,04	0,08	0,15	0,16	0,22
7	0,19	0,07	0,05	0,04	0,08	0,13	0,17	0,27	0,20	0,09	0,06	0,04	0,07	0,14	0,15	0,25	0,18	0,10	0,05	0,04	0,06	0,14	0,17	0,26
8	0,18	0,14	0,09	0,04	0,10	0,10	0,17	0,19	0,13	0,13	0,10	0,04	0,11	0,10	0,15	0,23	0,18	0,09	0,08	0,04	0,08	0,11	0,17	0,24
9	0,15	0,16	0,11	0,06	0,08	0,12	0,14	0,17	0,16	0,13	0,11	0,05	0,11	0,14	0,17	0,14	0,16	0,09	0,11	0,07	0,08	0,16	0,14	0,18
10	0,13	0,14	0,15	0,10	0,13	0,12	0,11	0,12	0,14	0,14	0,10	0,09	0,13	0,14	0,14	0,12	0,14	0,11	0,13	0,11	0,12	0,14	0,12	0,13
11	0,13	0,08	0,09	0,08	0,11	0,21	0,18	0,12	0,15	0,05	0,11	0,09	0,13	0,22	0,15	0,11	0,11	0,07	0,13	0,10	0,14	0,23	0,12	0,11
12	0,12	0,08	0,11	0,09	0,15	0,21	0,14	0,10	0,10	0,09	0,10	0,13	0,14	0,20	0,13	0,12	0,10	0,05	0,11	0,12	0,12	0,22	0,17	0,13

Продовження табл. Б4

## 13. Харків

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,09	0,11	0,14	0,15	0,16	0,14	0,12	0,09	0,11	0,07	0,13	0,15	0,12	0,18	0,14	0,10	0,15	0,08	0,08	0,08	0,10	0,21	0,19	0,10
2	0,11	0,12	0,13	0,13	0,16	0,16	0,10	0,09	0,12	0,11	0,12	0,12	0,16	0,15	0,14	0,09	0,12	0,09	0,14	0,15	0,16	0,11	0,11	0,11
3	0,11	0,14	0,13	0,10	0,14	0,16	0,10	0,11	0,09	0,13	0,16	0,14	0,16	0,11	0,11	0,09	0,11	0,13	0,10	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12
4	0,15	0,11	0,12	0,09	0,14	0,12	0,14	0,12	0,11	0,15	0,16	0,12	0,11	0,14	0,10	0,10	0,14	0,11	0,15	0,10	0,15	0,14	0,10	0,10
5	0,12	0,16	0,12	0,08	0,12	0,13	0,12	0,14	0,17	0,08	0,09	0,06	0,10	0,18	0,15	0,16	0,15	0,13	0,07	0,06	0,09	0,14	0,18	0,18
6	0,17	0,10	0,09	0,06	0,08	0,13	0,16	0,20	0,20	0,13	0,08	0,04	0,08	0,13	0,15	0,19	0,18	0,11	0,09	0,03	0,07	0,15	0,17	0,20
7	0,19	0,07	0,06	0,04	0,05	0,14	0,19	0,25	0,19	0,09	0,06	0,04	0,07	0,14	0,16	0,25	0,20	0,10	0,04	0,05	0,05	0,14	0,19	0,22
8	0,18	0,16	0,09	0,04	0,09	0,11	0,17	0,16	0,17	0,13	0,10	0,04	0,09	0,10	0,14	0,22	0,19	0,09	0,07	0,05	0,07	0,12	0,19	0,22
9	0,14	0,15	0,11	0,06	0,08	0,13	0,16	0,16	0,15	0,12	0,09	0,07	0,10	0,17	0,17	0,14	0,15	0,09	0,07	0,07	0,11	0,16	0,16	0,18
10	0,13	0,11	0,14	0,11	0,15	0,11	0,13	0,13	0,14	0,12	0,11	0,10	0,14	0,15	0,13	0,11	0,15	0,11	0,12	0,11	0,10	0,15	0,13	0,14
11	0,12	0,06	0,11	0,09	0,13	0,21	0,17	0,12	0,13	0,05	0,09	0,10	0,12	0,24	0,16	0,10	0,12	0,07	0,12	0,08	0,15	0,21	0,12	0,12
12	0,11	0,07	0,10	0,11	0,15	0,21	0,16	0,09	0,09	0,07	0,10	0,14	0,15	0,18	0,15	0,11	0,13	0,04	0,10	0,12	0,13	0,20	0,17	0,12

## 14. Губиниха

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,10	0,12	0,16	0,12	0,14	0,17	0,08	0,11	0,09	0,09	0,14	0,12	0,13	0,18	0,14	0,11	0,15	0,07	0,11	0,06	0,11	0,21	0,16	0,13
2	0,11	0,12	0,16	0,11	0,15	0,17	0,10	0,08	0,13	0,10	0,17	0,09	0,14	0,15	0,13	0,09	0,11	0,11	0,15	0,13	0,15	0,13	0,11	0,12
3	0,11	0,14	0,17	0,08	0,13	0,15	0,10	0,12	0,09	0,13	0,17	0,12	0,16	0,12	0,12	0,10	0,12	0,13	0,11	0,11	0,15	0,14	0,11	0,14
4	0,14	0,11	0,12	0,08	0,15	0,14	0,12	0,14	0,11	0,15	0,15	0,10	0,11	0,15	0,10	0,12	0,11	0,11	0,18	0,08	0,14	0,15	0,10	0,13
5	0,11	0,17	0,13	0,07	0,11	0,15	0,11	0,16	0,16	0,10	0,08	0,06	0,11	0,17	0,15	0,17	0,18	0,14	0,07	0,06	0,08	0,14	0,17	0,17
6	0,18	0,10	0,09	0,05	0,09	0,14	0,15	0,21	0,17	0,14	0,08	0,04	0,08	0,14	0,14	0,21	0,17	0,12	0,09	0,03	0,07	0,15	0,17	0,21
7	0,17	0,10	0,05	0,05	0,05	0,11	0,20	0,28	0,17	0,13	0,06	0,03	0,08	0,13	0,16	0,25	0,18	0,10	0,05	0,03	0,05	0,13	0,17	0,28
8	0,17	0,18	0,09	0,04	0,08	0,10	0,16	0,19	0,14	0,16	0,12	0,03	0,08	0,10	0,14	0,22	0,17	0,12	0,07	0,04	0,06	0,12	0,17	0,25
9	0,17	0,16	0,11	0,07	0,07	0,12	0,13	0,17	0,16	0,13	0,11	0,05	0,10	0,14	0,14	0,15	0,15	0,10	0,12	0,05	0,09	0,15	0,14	0,19
10	0,11	0,15	0,16	0,07	0,15	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,07	0,13	0,13	0,12	0,13	0,14	0,12	0,14	0,08	0,12	0,13	0,14	0,14
11	0,13	0,08	0,10	0,07	0,13	0,20	0,15	0,13	0,13	0,06	0,10	0,09	0,14	0,20	0,17	0,11	0,11	0,08	0,14	0,08	0,17	0,18	0,11	0,12
12	0,10	0,09	0,10	0,10	0,15	0,22	0,13	0,11	0,10	0,08	0,12	0,13	0,13	0,19	0,13	0,11	0,11	0,05	0,11	0,09	0,14	0,21	0,16	0,11

## Продовження табл. Б4

## 15. Донецьк

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,09	0,12	0,14	0,15	0,14	0,15	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,15	0,13	0,18	0,12	0,11	0,15	0,08	0,08	0,09	0,10	0,22	0,17	0,11
2	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,17	0,10	0,09	0,13	0,13	0,13	0,12	0,15	0,13	0,10	0,09	0,13	0,10	0,14	0,15	0,15	0,14	0,10	0,10
3	0,12	0,13	0,16	0,11	0,13	0,14	0,12	0,07	0,10	0,13	0,13	0,14	0,18	0,11	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,10	0,14	0,15	0,12	0,13
4	0,14	0,12	0,11	0,09	0,17	0,13	0,13	0,12	0,11	0,15	0,12	0,10	0,15	0,14	0,13	0,10	0,11	0,10	0,14	0,08	0,17	0,17	0,13	0,10
5	0,13	0,17	0,12	0,06	0,12	0,12	0,11	0,17	0,16	0,10	0,09	0,06	0,09	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,07	0,05	0,10	0,15	0,14	0,17
6	0,15	0,13	0,08	0,04	0,09	0,13	0,16	0,21	0,15	0,14	0,11	0,03	0,08	0,14	0,17	0,20	0,19	0,12	0,09	0,02	0,08	0,14	0,18	0,18
7	0,22	0,11	0,06	0,03	0,05	0,09	0,20	0,24	0,19	0,15	0,04	0,03	0,06	0,10	0,18	0,25	0,19	0,12	0,06	0,03	0,05	0,10	0,20	0,26
8	0,20	0,20	0,10	0,04	0,07	0,07	0,15	0,16	0,16	0,16	0,13	0,05	0,06	0,08	0,15	0,22	0,19	0,13	0,08	0,04	0,06	0,11	0,16	0,23
9	0,15	0,17	0,10	0,07	0,08	0,11	0,14	0,17	0,15	0,13	0,13	0,06	0,10	0,11	0,15	0,16	0,17	0,11	0,10	0,07	0,11	0,13	0,15	0,17
10	0,11	0,14	0,16	0,10	0,16	0,09	0,12	0,12	0,14	0,14	0,12	0,09	0,15	0,13	0,11	0,13	0,17	0,12	0,13	0,10	0,12	0,13	0,10	0,13
11	0,12	0,09	0,11	0,09	0,12	0,20	0,16	0,12	0,13	0,06	0,09	0,11	0,13	0,21	0,16	0,10	0,12	0,08	0,13	0,11	0,15	0,16	0,12	0,13
12	0,12	0,09	0,10	0,13	0,14	0,20	0,12	0,10	0,12	0,07	0,10	0,15	0,14	0,18	0,15	0,10	0,13	0,07	0,10	0,11	0,13	0,19	0,17	0,09

## 16. Луганськ

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,10	0,09	0,15	0,13	0,16	0,15	0,12	0,11	0,10	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,13	0,11	0,14	0,06	0,07	0,10	0,11	0,24	0,17	0,12
2	0,10	0,09	0,11	0,15	0,15	0,20	0,13	0,08	0,13	0,12	0,10	0,12	0,18	0,15	0,11	0,11	0,12	0,08	0,13	0,13	0,18	0,14	0,12	0,11
3	0,12	0,11	0,15	0,11	0,14	0,17	0,12	0,09	0,13	0,10	0,13	0,12	0,17	0,14	0,12	0,10	0,12	0,11	0,09	0,11	0,14	0,15	0,13	0,14
4	0,15	0,12	0,11	0,09	0,12	0,19	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,11	0,14	0,18	0,11	0,10	0,10	0,09	0,13	0,08	0,15	0,19	0,14	0,11
5	0,12	0,16	0,11	0,07	0,10	0,13	0,16	0,15	0,16	0,09	0,08	0,05	0,09	0,19	0,17	0,18	0,15	0,12	0,08	0,05	0,08	0,17	0,17	0,17
6	0,19	0,14	0,07	0,04	0,07	0,15	0,14	0,21	0,18	0,13	0,08	0,03	0,06	0,14	0,17	0,20	0,20	0,12	0,08	0,02	0,05	0,17	0,19	0,18
7	0,19	0,10	0,05	0,03	0,05	0,10	0,22	0,26	0,20	0,13	0,05	0,03	0,05	0,09	0,19	0,25	0,19	0,12	0,07	0,03	0,05	0,10	0,20	0,25
8	0,19	0,20	0,07	0,05	0,08	0,07	0,16	0,18	0,16	0,14	0,09	0,06	0,08	0,08	0,15	0,24	0,18	0,12	0,07	0,05	0,06	0,10	0,18	0,23
9	0,16	0,15	0,10	0,06	0,11	0,11	0,15	0,16	0,14	0,11	0,10	0,06	0,13	0,13	0,17	0,17	0,16	0,10	0,09	0,07	0,11	0,12	0,19	0,18
10	0,10	0,11	0,13	0,10	0,18	0,10	0,15	0,13	0,16	0,10	0,10	0,08	0,17	0,14	0,13	0,12	0,15	0,10	0,12	0,10	0,14	0,13	0,13	0,14
11	0,12	0,06	0,10	0,08	0,15	0,21	0,18	0,11	0,13	0,05	0,07	0,12	0,14	0,21	0,16	0,11	0,12	0,07	0,12	0,10	0,16	0,18	0,13	0,13
12	0,13	0,06	0,12	0,12	0,16	0,18	0,13	0,10	0,11	0,06	0,10	0,15	0,15	0,19	0,14	0,10	0,15	0,04	0,09	0,09	0,16	0,21	0,17	0,09



Продовження табл. Б4

## 17. Сарата

Mic	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,20	0,11	0,06	0,07	0,10	0,20	0,13	0,13	0,17	0,10	0,06	0,06	0,09	0,21	0,15	0,16	0,19	0,07	0,05	0,04	0,08	0,20	0,18	0,20
2	0,15	0,13	0,08	0,08	0,11	0,21	0,13	0,11	0,14	0,12	0,08	0,06	0,09	0,17	0,16	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08	0,12	0,15	0,16
3	0,13	0,14	0,12	0,09	0,13	0,12	0,13	0,15	0,12	0,14	0,13	0,09	0,15	0,13	0,11	0,13	0,13	0,15	0,11	0,09	0,11	0,13	0,14	0,15
4	0,09	0,12	0,14	0,11	0,14	0,12	0,11	0,17	0,09	0,11	0,14	0,12	0,14	0,12	0,13	0,14	0,10	0,11	0,13	0,10	0,13	0,15	0,14	0,13
5	0,11	0,13	0,17	0,11	0,14	0,10	0,13	0,12	0,12	0,09	0,12	0,12	0,15	0,12	0,15	0,14	0,14	0,14	0,11	0,09	0,11	0,13	0,13	0,16
6	0,12	0,05	0,12	0,11	0,12	0,09	0,14	0,24	0,12	0,10	0,11	0,07	0,12	0,11	0,15	0,21	0,10	0,11	0,12	0,08	0,13	0,09	0,14	0,23
7	0,11	0,07	0,12	0,09	0,12	0,08	0,18	0,23	0,10	0,10	0,14	0,06	0,14	0,08	0,17	0,20	0,10	0,09	0,14	0,08	0,13	0,06	0,16	0,24
8	0,16	0,13	0,13	0,10	0,12	0,07	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,08	0,11	0,07	0,16	0,17	0,14	0,11	0,12	0,07	0,12	0,08	0,16	0,20
9	0,16	0,17	0,11	0,08	0,10	0,09	0,13	0,16	0,15	0,13	0,12	0,07	0,10	0,10	0,15	0,17	0,15	0,13	0,13	0,10	0,09	0,09	0,14	0,16
10	0,18	0,19	0,09	0,08	0,12	0,09	0,16	0,11	0,19	0,16	0,07	0,06	0,08	0,12	0,14	0,16	0,17	0,15	0,09	0,07	0,09	0,13	0,15	0,13
11	0,21	0,06	0,04	0,04	0,06	0,17	0,21	0,20	0,19	0,09	0,06	0,05	0,09	0,19	0,16	0,17	0,19	0,09	0,08	0,04	0,09	0,17	0,19	0,15
12	0,16	0,07	0,05	0,05	0,08	0,20	0,22	0,16	0,17	0,08	0,08	0,06	0,09	0,19	0,18	0,15	0,16	0,06	0,04	0,07	0,07	0,23	0,22	0,16

## 18. Мелітополь

Mic	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,12	0,20	0,12	0,07	0,11	0,16	0,12	0,10	0,14	0,13	0,10	0,10	0,13	0,17	0,13	0,11	0,18	0,06	0,05	0,02	0,04	0,24	0,20	0,21
2	0,14	0,14	0,14	0,12	0,11	0,20	0,10	0,07	0,11	0,17	0,13	0,10	0,11	0,15	0,12	0,11	0,15	0,08	0,08	0,06	0,06	0,20	0,15	0,22
3	0,12	0,15	0,13	0,13	0,11	0,13	0,11	0,11	0,11	0,14	0,13	0,13	0,15	0,12	0,13	0,10	0,16	0,06	0,05	0,05	0,08	0,25	0,15	0,20
4	0,13	0,11	0,12	0,10	0,12	0,15	0,12	0,15	0,12	0,11	0,13	0,13	0,13	0,15	0,11	0,11	0,16	0,03	0,09	0,04	0,05	0,27	0,15	0,20
5	0,12	0,17	0,13	0,08	0,11	0,12	0,12	0,16	0,15	0,07	0,09	0,09	0,10	0,15	0,18	0,17	0,18	0,07	0,03	0,02	0,05	0,21	0,16	0,29
6	0,15	0,12	0,07	0,06	0,09	0,13	0,17	0,21	0,18	0,12	0,09	0,06	0,08	0,13	0,17	0,19	0,17	0,06	0,05	0,02	0,04	0,17	0,17	0,31
7	0,21	0,12	0,05	0,04	0,04	0,11	0,22	0,22	0,20	0,13	0,06	0,03	0,07	0,09	0,18	0,24	0,18	0,05	0,02	0,02	0,04	0,11	0,16	0,43
8	0,19	0,19	0,08	0,06	0,06	0,06	0,19	0,18	0,13	0,19	0,10	0,05	0,07	0,08	0,17	0,21	0,19	0,04	0,04	0,03	0,04	0,11	0,17	0,38
9	0,17	0,21	0,10	0,07	0,08	0,09	0,13	0,16	0,17	0,16	0,10	0,06	0,08	0,11	0,16	0,15	0,19	0,07	0,05	0,03	0,04	0,15	0,16	0,31
10	0,15	0,22	0,15	0,07	0,11	0,09	0,11	0,10	0,16	0,23	0,12	0,06	0,10	0,11	0,12	0,11	0,19	0,10	0,07	0,04	0,05	0,14	0,14	0,27
11	0,16	0,17	0,08	0,04	0,08	0,17	0,16	0,13	0,16	0,13	0,09	0,06	0,11	0,17	0,16	0,13	0,17	0,09	0,06	0,04	0,04	0,23	0,13	0,24
12	0,15	0,13	0,10	0,07	0,11	0,19	0,14	0,11	0,13	0,15	0,09	0,10	0,12	0,16	0,14	0,11	0,17	0,06	0,05	0,03	0,07	0,26	0,19	0,18

## Продовження табл. Б4

## 19. Джанкой

Mic	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,12	0,11	0,10	0,07	0,15	0,20	0,13	0,13	0,12	0,08	0,08	0,09	0,16	0,18	0,17	0,12	0,18	0,03	0,04	0,02	0,05	0,25	0,22	0,21
2	0,12	0,10	0,14	0,08	0,13	0,22	0,14	0,08	0,11	0,10	0,13	0,07	0,13	0,17	0,16	0,13	0,19	0,06	0,07	0,04	0,08	0,20	0,17	0,20
3	0,14	0,13	0,16	0,09	0,10	0,15	0,13	0,10	0,12	0,11	0,18	0,08	0,13	0,15	0,11	0,12	0,17	0,05	0,07	0,04	0,06	0,23	0,19	0,19
4	0,16	0,12	0,12	0,06	0,11	0,17	0,14	0,13	0,12	0,12	0,16	0,07	0,11	0,18	0,12	0,13	0,22	0,05	0,07	0,03	0,04	0,22	0,21	0,17
5	0,13	0,14	0,15	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,19	0,09	0,10	0,07	0,07	0,14	0,18	0,17	0,24	0,06	0,05	0,02	0,03	0,16	0,21	0,24
6	0,19	0,12	0,11	0,04	0,07	0,08	0,18	0,20	0,16	0,12	0,11	0,04	0,07	0,07	0,21	0,21	0,25	0,08	0,06	0,02	0,02	0,10	0,18	0,28
7	0,20	0,11	0,10	0,03	0,05	0,05	0,20	0,25	0,17	0,17	0,10	0,03	0,06	0,05	0,18	0,24	0,23	0,06	0,04	0,02	0,03	0,06	0,16	0,40
8	0,16	0,24	0,10	0,04	0,04	0,05	0,16	0,20	0,13	0,21	0,14	0,03	0,06	0,07	0,17	0,20	0,22	0,07	0,05	0,02	0,03	0,05	0,17	0,38
9	0,17	0,18	0,14	0,05	0,09	0,08	0,13	0,16	0,16	0,16	0,12	0,04	0,08	0,10	0,16	0,18	0,20	0,07	0,08	0,02	0,05	0,09	0,19	0,30
10	0,12	0,18	0,17	0,08	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,19	0,11	0,05	0,10	0,13	0,15	0,15	0,18	0,07	0,05	0,03	0,07	0,16	0,18	0,27
11	0,17	0,09	0,05	0,04	0,12	0,20	0,17	0,17	0,14	0,07	0,08	0,06	0,13	0,22	0,15	0,15	0,16	0,04	0,06	0,04	0,07	0,25	0,16	0,22
12	0,12	0,07	0,09	0,07	0,14	0,22	0,16	0,14	0,12	0,07	0,10	0,09	0,13	0,20	0,15	0,14	0,16	0,04	0,04	0,04	0,07	0,28	0,19	0,18

## 20. Ужгород

Mic	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,08	0,13	0,23	0,30	0,13	0,06	0,04	0,04	0,09	0,14	0,19	0,21	0,13	0,08	0,07	0,09	0,08	0,06	0,11	0,10	0,07	0,32	0,12	0,16
2	0,08	0,13	0,19	0,26	0,14	0,09	0,06	0,05	0,10	0,11	0,19	0,26	0,12	0,06	0,07	0,08	0,12	0,08	0,07	0,12	0,06	0,27	0,11	0,17
3	0,10	0,16	0,15	0,20	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,13	0,14	0,25	0,11	0,07	0,09	0,09	0,09	0,09	0,07	0,11	0,04	0,25	0,13	0,23
4	0,12	0,13	0,16	0,15	0,12	0,08	0,12	0,13	0,13	0,15	0,17	0,18	0,09	0,08	0,10	0,09	0,12	0,07	0,09	0,07	0,06	0,24	0,13	0,22
5	0,10	0,16	0,17	0,14	0,14	0,07	0,11	0,11	0,10	0,10	0,19	0,11	0,11	0,08	0,12	0,17	0,14	0,07	0,06	0,07	0,06	0,19	0,12	0,29
6	0,14	0,09	0,14	0,11	0,12	0,08	0,15	0,19	0,16	0,09	0,16	0,07	0,10	0,08	0,15	0,19	0,10	0,08	0,07	0,04	0,05	0,20	0,14	0,32
7	0,14	0,06	0,15	0,09	0,12	0,09	0,16	0,20	0,18	0,09	0,14	0,10	0,11	0,08	0,13	0,17	0,14	0,05	0,08	0,04	0,03	0,18	0,14	0,33
8	0,14	0,11	0,14	0,18	0,10	0,06	0,12	0,15	0,12	0,14	0,12	0,18	0,11	0,07	0,11	0,15	0,14	0,04	0,06	0,06	0,04	0,19	0,15	0,32
9	0,10	0,13	0,18	0,21	0,10	0,07	0,08	0,13	0,09	0,13	0,15	0,23	0,11	0,09	0,08	0,10	0,10	0,05	0,10	0,12	0,03	0,26	0,13	0,21
10	0,06	0,18	0,20	0,27	0,11	0,08	0,05	0,05	0,07	0,14	0,14	0,25	0,12	0,09	0,11	0,08	0,09	0,05	0,11	0,13	0,07	0,26	0,10	0,18
11	0,10	0,12	0,15	0,21	0,13	0,10	0,09	0,11	0,07	0,09	0,17	0,25	0,12	0,13	0,07	0,08	0,08	0,05	0,11	0,12	0,07	0,35	0,09	0,13
12	0,09	0,09	0,18	0,21	0,14	0,10	0,10	0,10	0,08	0,10	0,21	0,25	0,13	0,09	0,08	0,06	0,10	0,05	0,10	0,10	0,07	0,33	0,11	0,15

## Продовження табл. Б4

## 21. Чернівці

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,15	0,06	0,09	0,08	0,14	0,15	0,17	0,15	0,15	0,06	0,09	0,08	0,10	0,15	0,16	0,21	0,12	0,09	0,11	0,07	0,11	0,17	0,18	0,14
2	0,16	0,14	0,11	0,09	0,09	0,12	0,14	0,15	0,16	0,07	0,10	0,11	0,10	0,13	0,16	0,17	0,17	0,11	0,10	0,10	0,11	0,12	0,16	0,14
3	0,10	0,16	0,14	0,12	0,11	0,08	0,15	0,13	0,13	0,17	0,16	0,11	0,12	0,07	0,11	0,13	0,14	0,14	0,12	0,10	0,11	0,07	0,14	0,16
4	0,13	0,15	0,12	0,12	0,13	0,09	0,10	0,16	0,16	0,12	0,14	0,08	0,10	0,09	0,12	0,17	0,15	0,14	0,11	0,09	0,11	0,12	0,15	0,13
5	0,14	0,12	0,11	0,07	0,11	0,10	0,16	0,18	0,14	0,11	0,12	0,10	0,11	0,10	0,15	0,17	0,15	0,12	0,11	0,07	0,11	0,10	0,15	0,20
6	0,16	0,05	0,06	0,03	0,09	0,10	0,20	0,31	0,17	0,06	0,10	0,06	0,08	0,11	0,17	0,25	0,19	0,06	0,07	0,03	0,09	0,12	0,16	0,29
7	0,18	0,10	0,09	0,05	0,06	0,10	0,15	0,26	0,20	0,08	0,06	0,05	0,07	0,10	0,13	0,31	0,17	0,10	0,07	0,05	0,09	0,11	0,17	0,25
8	0,19	0,07	0,06	0,05	0,09	0,12	0,18	0,25	0,17	0,12	0,07	0,05	0,10	0,08	0,16	0,25	0,16	0,10	0,09	0,05	0,10	0,09	0,15	0,26
9	0,17	0,13	0,08	0,08	0,12	0,12	0,14	0,18	0,16	0,09	0,09	0,07	0,10	0,12	0,17	0,20	0,17	0,09	0,10	0,08	0,11	0,11	0,13	0,23
10	0,16	0,11	0,09	0,07	0,10	0,16	0,15	0,17	0,13	0,12	0,12	0,06	0,12	0,16	0,14	0,14	0,12	0,13	0,14	0,12	0,11	0,12	0,11	0,15
11	0,16	0,09	0,10	0,09	0,12	0,12	0,14	0,18	0,15	0,08	0,12	0,07	0,12	0,15	0,14	0,15	0,17	0,10	0,09	0,05	0,11	0,13	0,16	0,18
12	0,17	0,05	0,11	0,09	0,09	0,11	0,16	0,23	0,16	0,10	0,09	0,05	0,10	0,17	0,18	0,14	0,18	0,04	0,07	0,07	0,11	0,15	0,18	0,18

## 22. Миронівка

Міс	1986-2005								2011-2030								2031-2050							
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1	0,14	0,06	0,10	0,09	0,12	0,20	0,15	0,15	0,14	0,06	0,08	0,06	0,12	0,18	0,15	0,20	0,13	0,07	0,12	0,06	0,12	0,20	0,16	0,15
2	0,12	0,11	0,10	0,09	0,12	0,14	0,16	0,16	0,14	0,06	0,09	0,11	0,11	0,15	0,17	0,17	0,16	0,11	0,08	0,09	0,11	0,16	0,15	0,13
3	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12	0,11	0,15	0,13	0,12	0,17	0,16	0,10	0,12	0,10	0,10	0,13	0,13	0,13	0,11	0,10	0,12	0,09	0,14	0,17
4	0,14	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	0,13	0,19	0,11	0,12	0,07	0,10	0,11	0,14	0,15	0,16	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,15	0,14
5	0,16	0,12	0,10	0,07	0,13	0,11	0,15	0,17	0,15	0,08	0,09	0,09	0,14	0,11	0,17	0,17	0,17	0,09	0,10	0,06	0,12	0,12	0,15	0,20
6	0,18	0,05	0,05	0,04	0,08	0,14	0,18	0,30	0,16	0,07	0,09	0,05	0,09	0,14	0,16	0,25	0,23	0,05	0,05	0,02	0,09	0,14	0,17	0,26
7	0,19	0,09	0,05	0,05	0,09	0,10	0,16	0,26	0,20	0,07	0,05	0,05	0,08	0,11	0,15	0,29	0,19	0,09	0,05	0,04	0,09	0,12	0,18	0,24
8	0,20	0,07	0,05	0,04	0,09	0,15	0,17	0,24	0,19	0,09	0,07	0,05	0,10	0,10	0,17	0,24	0,18	0,09	0,09	0,05	0,09	0,11	0,14	0,26
9	0,17	0,10	0,09	0,07	0,09	0,15	0,13	0,18	0,17	0,08	0,09	0,07	0,10	0,12	0,17	0,19	0,17	0,08	0,07	0,08	0,11	0,13	0,15	0,20
10	0,16	0,09	0,08	0,07	0,09	0,18	0,17	0,16	0,16	0,11	0,07	0,08	0,12	0,21	0,11	0,14	0,13	0,11	0,12	0,11	0,13	0,15	0,12	0,14
11	0,15	0,08	0,10	0,08	0,10	0,16	0,13	0,18	0,15	0,08	0,09	0,08	0,14	0,18	0,13	0,13	0,17	0,09	0,05	0,06	0,10	0,18	0,17	0,18
12	0,17	0,05	0,09	0,09	0,09	0,14	0,16	0,20	0,15	0,08	0,08	0,06	0,10	0,21	0,18	0,15	0,14	0,05	0,07	0,07	0,11	0,19	0,19	0,19

## ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Кількість жарких днів за 1986-2005 рр. (сценарій А1В)

№ п/п	Назва станції	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Сума
1	Житомир	8	63	115	242	170	73	4	675
2	Вінниця	14	80	163	317	256	103	11	944
3	Суми	7	53	108	238	161	46	6	619
4	Кіровоград	24	108	213	411	334	122	22	1234
5	Миколаїв	5	88	267	519	488	199	24	1590
6	Ізмаїл	-	42	274	537	515	250	31	1649
7	Броди	6	53	96	207	144	67	2	575
8	Сарни	6	54	90	209	130	52	2	543
9	Щорс	8	51	80	228	140	45	3	555
10	Тернопіль	6	44	101	211	152	65	3	582
11	Умань	11	93	196	367	313	117	15	1112
12	Полтава	31	118	193	382	300	99	10	1133
13	Харків	24	105	189	384	295	84	10	1091
14	Губиниха	39	126	226	448	381	131	14	1365
15	Донецьк	49	138	256	496	423	144	20	1526
16	Луганськ	48	143	277	520	425	155	15	1583
17	Сарата	18	112	347	542	513	247	41	1820
18	Мелітополь	12	108	297	558	520	237	26	1758
19	Джанкой	7	59	291	566	523	204	27	1677
20	Ужгород	4	47	130	263	213	99	9	765
21	Чернівці	29	112	235	375	318	156	26	1251
22	Ім. Старченка	9	77	159	322	262	102	11	942

Таблиця В.2 – Кількість жарких днів за 2011-2030 рр. (сценарій А1В)

№ п/п	Назва станції	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Сума
1	Житомир	10	84	188	227	231	74	5	819
2	Вінниця	13	89	226	291	296	116	14	1045
3	Суми	9	75	188	230	240	57	1	800
4	Кіровоград	24	121	310	412	361	151	16	1395
5	Миколаїв	7	100	360	529	495	233	24	1748
6	Ізмаїл	1	40	342	560	543	302	40	1828
7	Броди	11	90	166	202	212	69	7	757
8	Сарни	9	83	148	198	199	64	3	704
9	Щорс	8	77	189	225	211	53	1	764
10	Тернопіль	8	76	154	190	206	72	7	713
11	Умань	18	94	271	361	343	134	14	1235
12	Полтава	27	129	296	389	339	113	7	1300
13	Харків	25	135	313	393	340	98	3	1307
14	Губиниха	29	139	345	438	415	153	12	1531
15	Донецьк	34	154	376	478	449	174	11	1676
16	Луганськ	42	174	381	478	444	160	11	1690
17	Сарата	20	133	410	563	533	292	43	1994
18	Мелітополь	13	107	393	550	535	261	21	1880
19	Джанкой	5	52	338	564	532	244	25	1760
20	Ужгород	5	100	186	274	293	138	20	1016
21	Чернівці	33	149	279	351	355	175	37	1379
22	Ім. Старченка	22	118	264	342	351	148	30	1275

Таблиця В.3 – Кількість жарких днів за 2031-2050 рр. (сценарій А1В)

№ п/п	Назва станції	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Сума
1	Житомир	8	76	145	296	224	80	6	835
2	Вінниця	9	91	211	387	310	115	6	1129
3	Суми	1	56	132	283	204	77	2	755
4	Кіровоград	15	115	266	477	426	170	15	1484
5	Миколаїв	9	103	351	572	541	269	38	1883
6	Ізмаїл	-	57	345	590	574	326	66	1958
7	Броди	10	76	137	251	188	78	4	744
8	Сарни	7	72	111	235	187	66	1	679
9	Щорс	2	62	118	283	188	68	1	722
10	Тернопіль	8	57	133	253	196	76	4	727
11	Умань	12	106	252	432	380	146	11	1339
12	Полтава	14	101	239	448	360	142	9	1313
13	Харків	7	100	232	436	349	143	10	1277
14	Губиниха	18	117	291	526	455	185	19	1611
15	Донецьк	21	137	309	543	488	216	29	1743
16	Луганськ	26	142	330	548	481	212	28	1767
17	Сарата	18	170	428	588	571	313	51	2139
18	Мелітополь	9	130	379	583	561	321	43	2026
19	Джанкой	6	79	360	586	576	311	60	1978
20	Ужгород	9	83	183	337	293	120	9	1034
21	Чернівці	30	155	278	431	379	170	28	1471
22	Ім. Старченка	6	84	215	386	327	224	8	1250

Таблиця В.4 – Кількість жарких днів за період 1986-2005 рр. (сценарій А2)

№ п/п	Назва станції	Місяць							Рік
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1	Житомир	-	12	46	104	96	27	-	285
2	Вінниця	-	15	55	141	117	39	-	367
3	Суми	-	11	54	91	74	22	-	252
4	Кіровоград	-	25	95	204	187	64	-	575
5	Миколаїв	-	19	143	354	370	151	-	1037
6	Ізмаїл	-	22	171	448	455	222	-	1318
7	Броди	-	9	47	113	83	20	-	272
8	Сарни	-	13	58	105	90	37	-	303
9	Щорс	-	9	40	75	62	15	-	201
10	Тернопіль	-	5	28	94	80	15	-	222
11	Умань	-	16	66	173	147	45	-	447
12	Полтава	-	22	105	172	162	48	-	509
13	Харків	-	25	102	162	138	32	-	459
14	Губиниха	-	40	151	238	231	71	-	731
15	Донецьк	-	45	164	285	267	91	-	852
16	Луганськ	1	56	165	283	250	77	-	832
17	Сарата	-	90	270	481	451	210	-	1502
18	Мелітополь	-	60	241	433	436	202	-	1372
19	Джанкой	-	81	283	487	437	185	-	1473
20	Ужгород	-	14	77	169	182	52	-	494
21	Чернівці	1	30	97	233	204	82	-	647
22	Ім. Старченка	-	18	68	150	125	28	-	389

Таблиця В.5 – Кількість жарких днів за період 2011-2030 рр. (сценарій А2)

№ п/п	Назва станції	Місяць							Рік
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1	Житомир	-	15	57	112	102	17	-	303
2	Вінниця	-	18	61	139	136	30	-	384
3	Суми	-	11	61	117	109	24	-	322
4	Кіровоград	-	24	118	232	216	76	-	666
5	Миколаїв	1	24	142	386	366	147	-	1066
6	Ізмаїл	-	21	175	463	445	190	-	1294
7	Броди	-	16	57	113	88	18	-	292
8	Сарни	-	15	62	110	93	21	-	301
9	Щорс	-	12	57	102	95	12	-	278
10	Тернопіль	-	15	51	102	82	13	-	263
11	Умань	-	17	80	173	159	46	-	475
12	Полтава	-	21	104	207	196	61	-	589
13	Харків	-	19	89	196	178	68	-	550
14	Губиниха	-	33	147	289	284	118	-	871
15	Донецьк	4	31	145	327	319	145	-	971
16	Луганськ	8	25	159	329	300	143	1	965
17	Сарата	7	79	292	489	436	185	-	1488
18	Мелітополь	2	40	218	451	441	196	-	1348
19	Джанкой	5	57	267	498	453	212	8	1500
20	Ужгород	-	9	92	188	155	31	-	475
21	Чернівці	8	43	135	228	204	72	2	692
22	Ім. Старченка	-	22	75	160	146	27	-	430



Таблиця В.6 – Кількість жарких днів за період 2031-2050 рр. (сценарій А2)

№ п/п	Назва станції	Місяць							Рік
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1	Житомир	-	9	77	116	87	21	-	310
2	Вінниця	-	11	99	142	121	38	-	411
3	Суми	-	7	81	141	72	44	-	345
4	Кіровоград	-	22	148	266	224	68	-	728
5	Миколаїв	-	20	206	435	385	192	-	1238
6	Ізмаїл	2	34	267	517	477	276	-	1573
7	Броди	-	6	64	94	80	30	-	274
8	Сарни	-	13	74	121	76	28	-	312
9	Щорс	-	7	77	106	57	9	-	256
10	Тернопіль	-	6	63	93	76	27	-	265
11	Умань	-	20	128	196	178	56	-	578
12	Полтава	-	19	149	235	166	46	-	615
13	Харків	1	15	115	220	164	35	-	550
14	Губиниха	-	36	186	325	262	99	-	908
15	Донецьк	3	43	200	360	313	117	-	1036
16	Луганськ	5	51	201	355	279	101	-	992
17	Сарата	16	107	347	521	467	267	-	1725
18	Мелітополь	5	67	285	508	441	238	-	1544
19	Джанкой	9	97	331	534	480	253	7	1711
20	Ужгород	-	10	103	157	155	69	-	494
21	Чернівці	6	34	150	228	226	114	-	758
22	Ім. Старченка	1	16	111	171	136	35	-	470

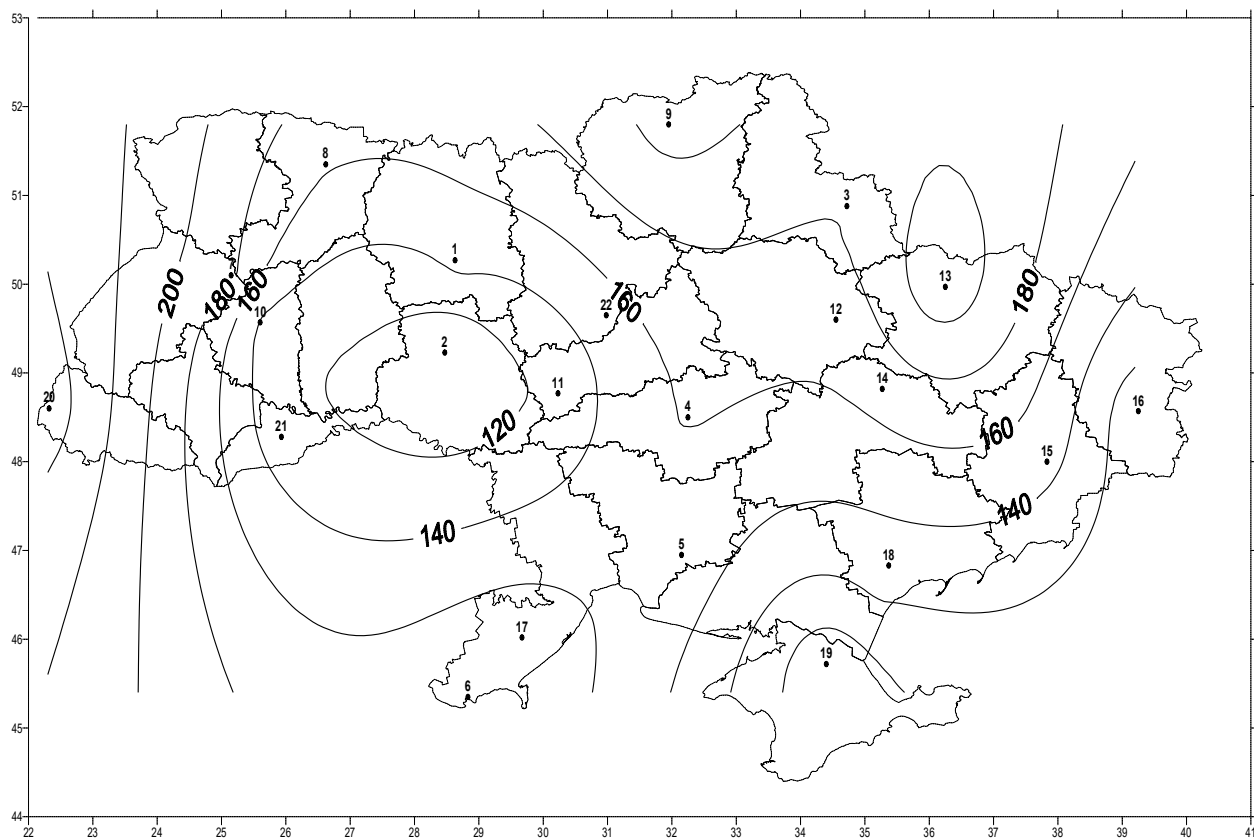


Рисунок В.1– Зміни річної суми жарких днів від першого періоду до другого (сценарій А1В)

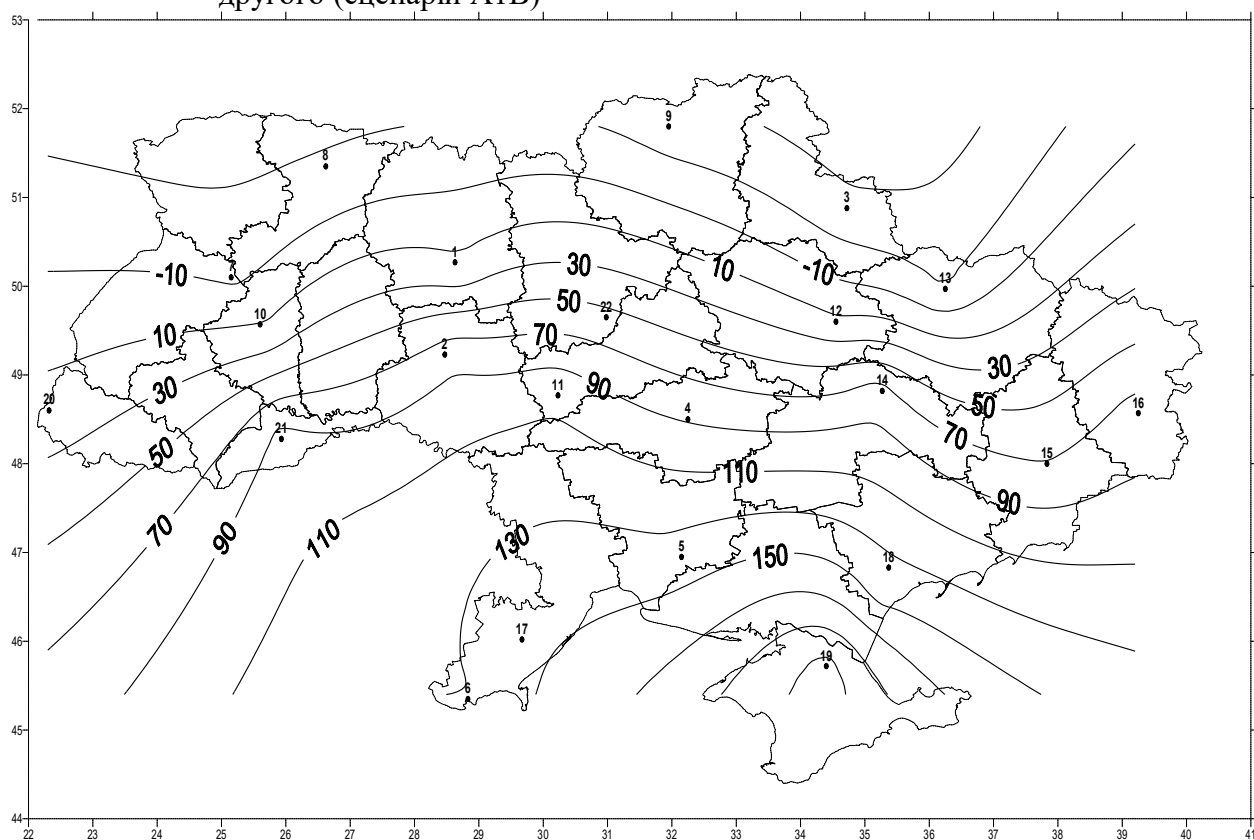


Рисунок В.2– Зміни річної суми жарких днів від другого періоду до третього (сценарій А1В)

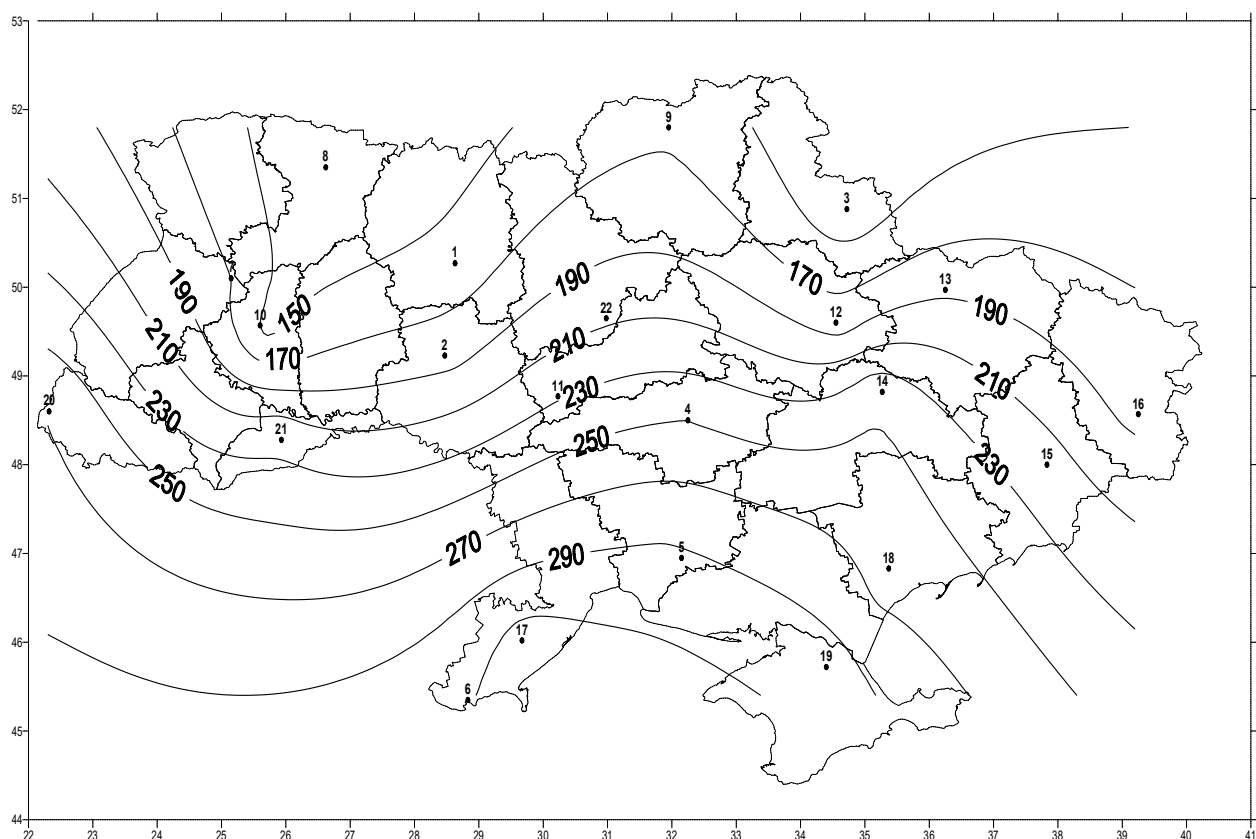


Рисунок В.3— Зміни річної суми жарких днів від першого періоду до третього (сценарій А1В)

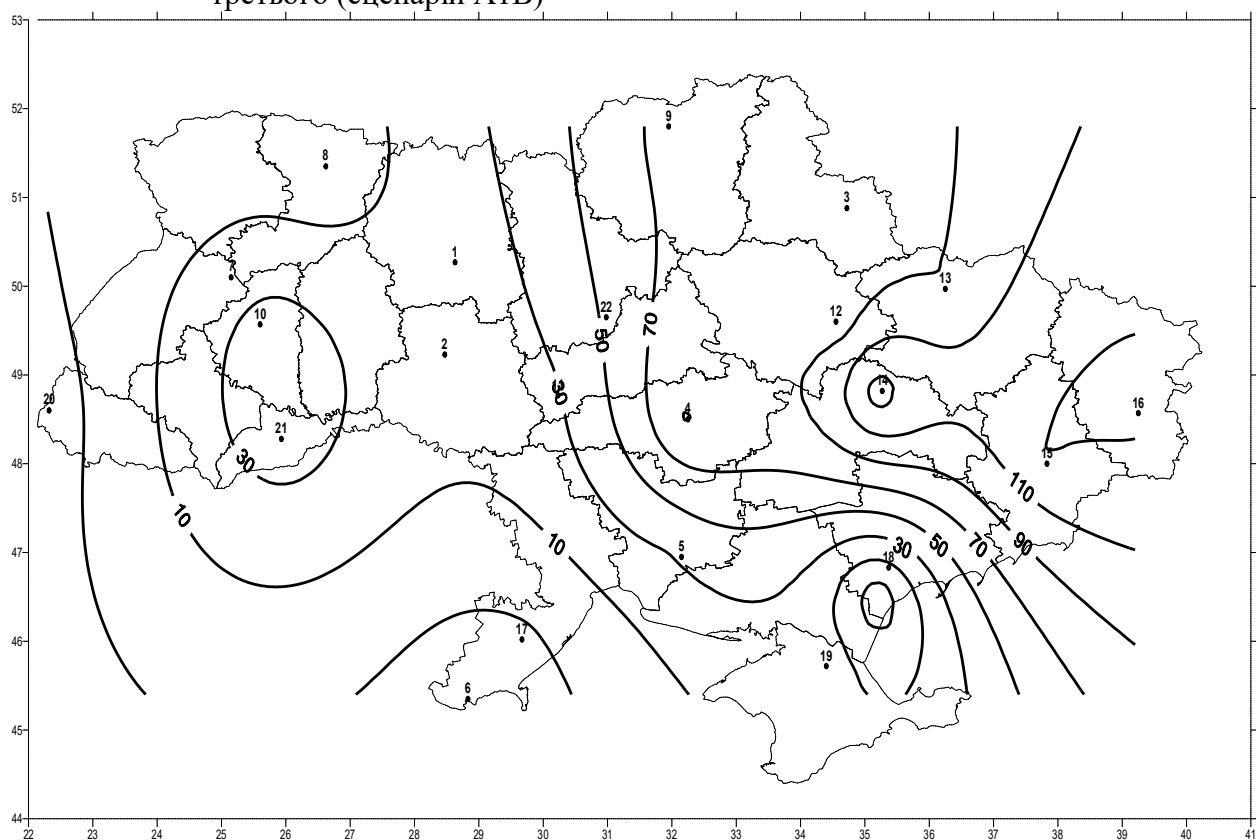


Рисунок В.4 – Зміни річної суми жарких днів від першого періоду до другого (сценарій А 2)

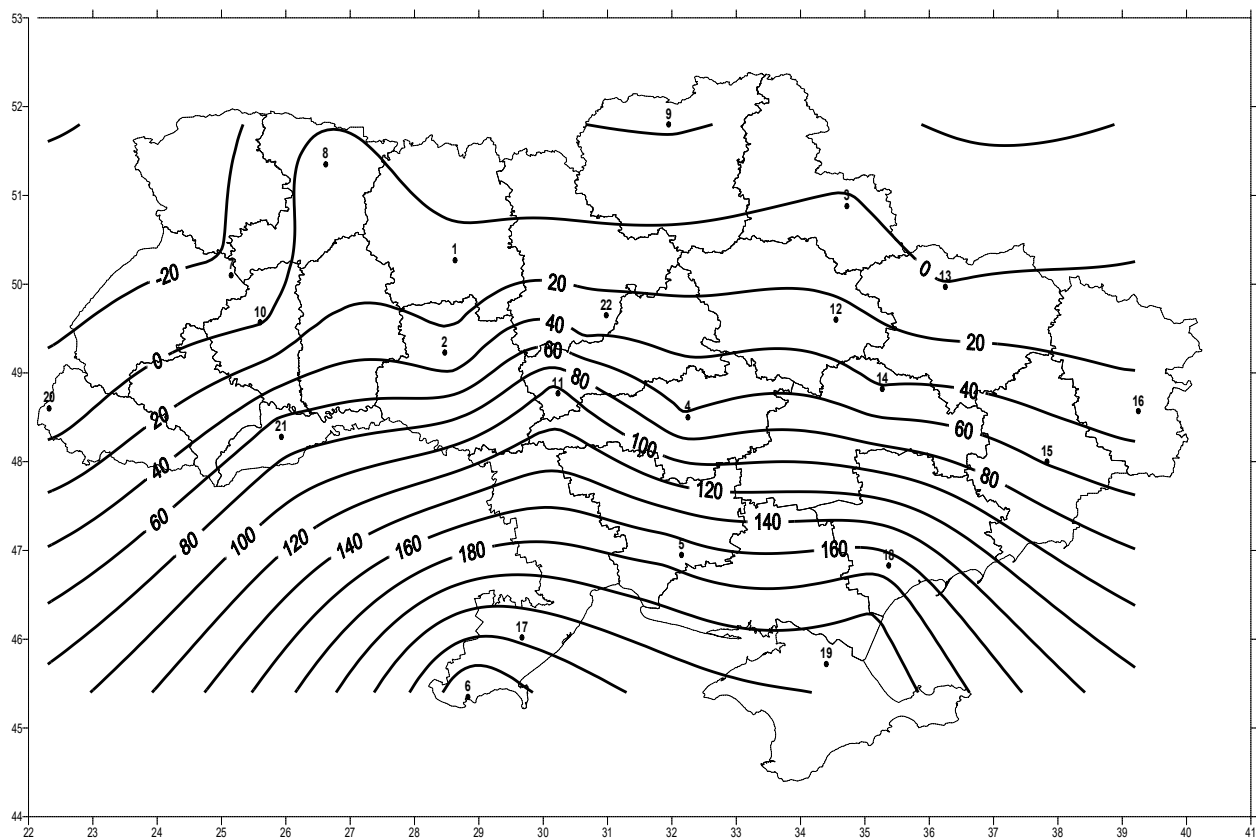


Рисунок В.5 – Зміни річної суми жарких днів від другого періоду до третього (сценарій А 2)

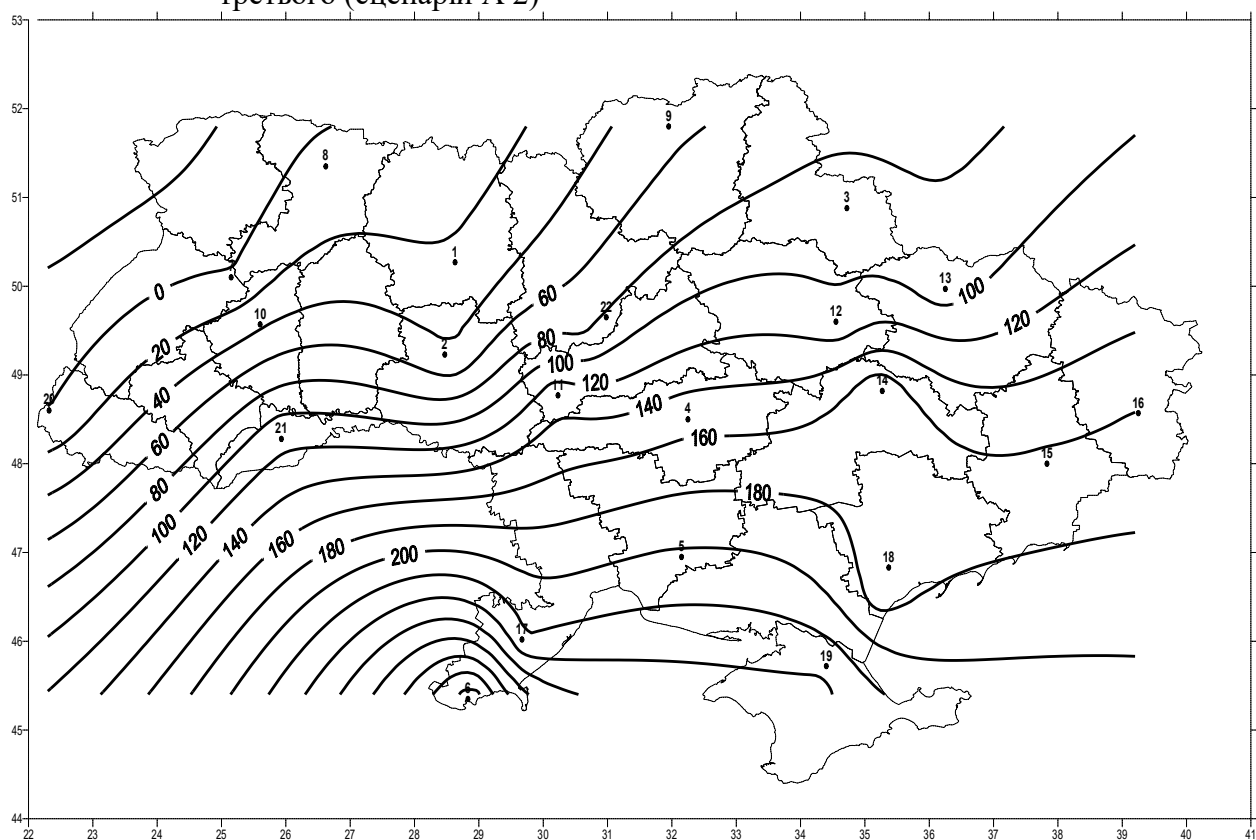


Рисунок В.6 – Зміни річної суми жарких днів від першого періоду до третього (сценарій А 2)

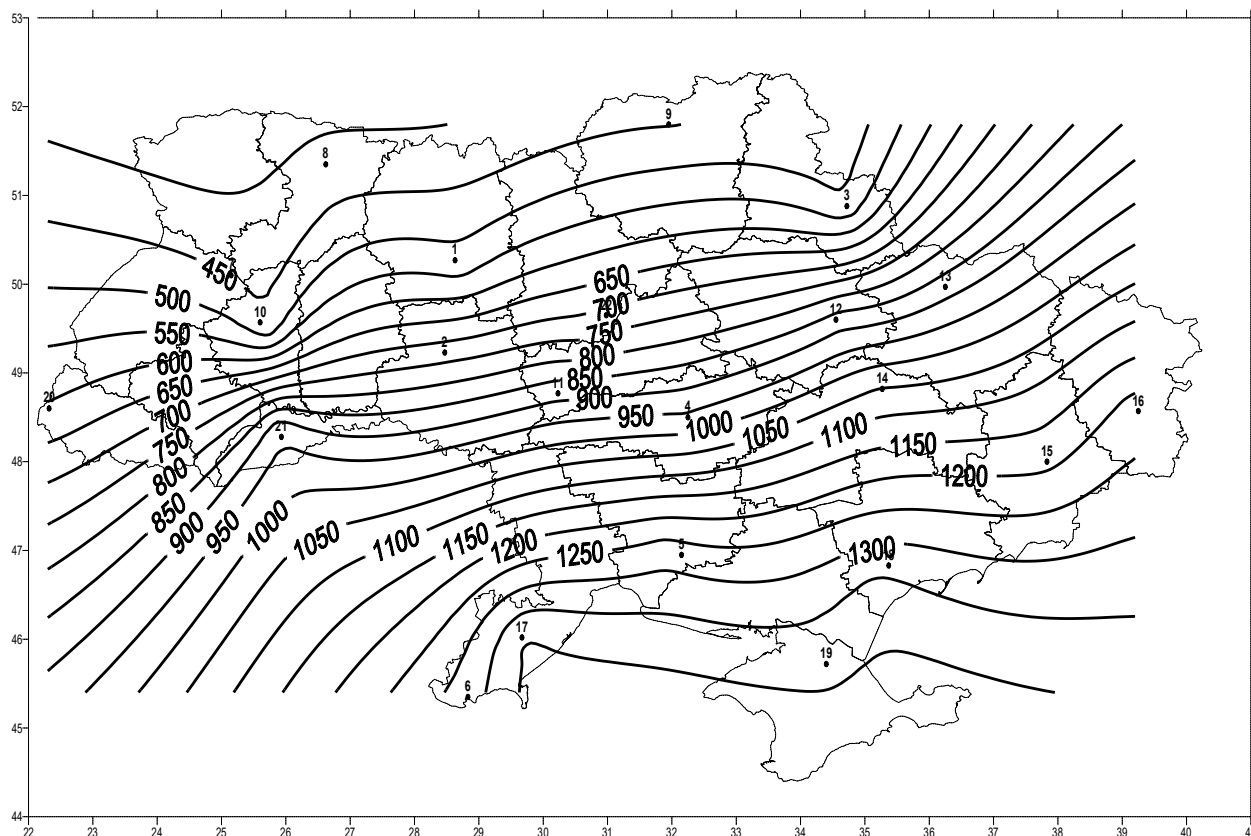


Рисунок В.7 – Кількість жарких днів/20 років. Літо. 1986-2005 рр. (сценарій А1В)

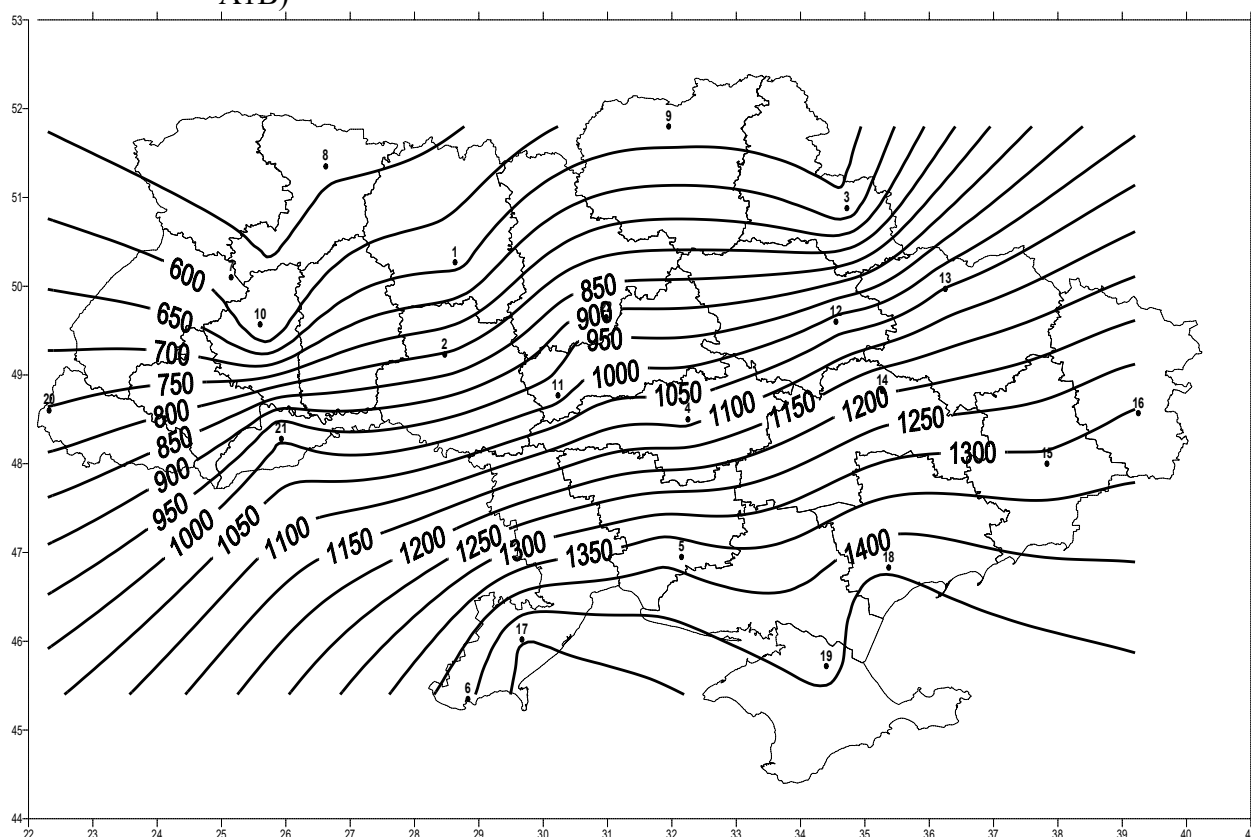


Рисунок В.8 – Середня кількість жарких днів/20 років. Літо. 2011-2030 рр. (сценарій А1В)

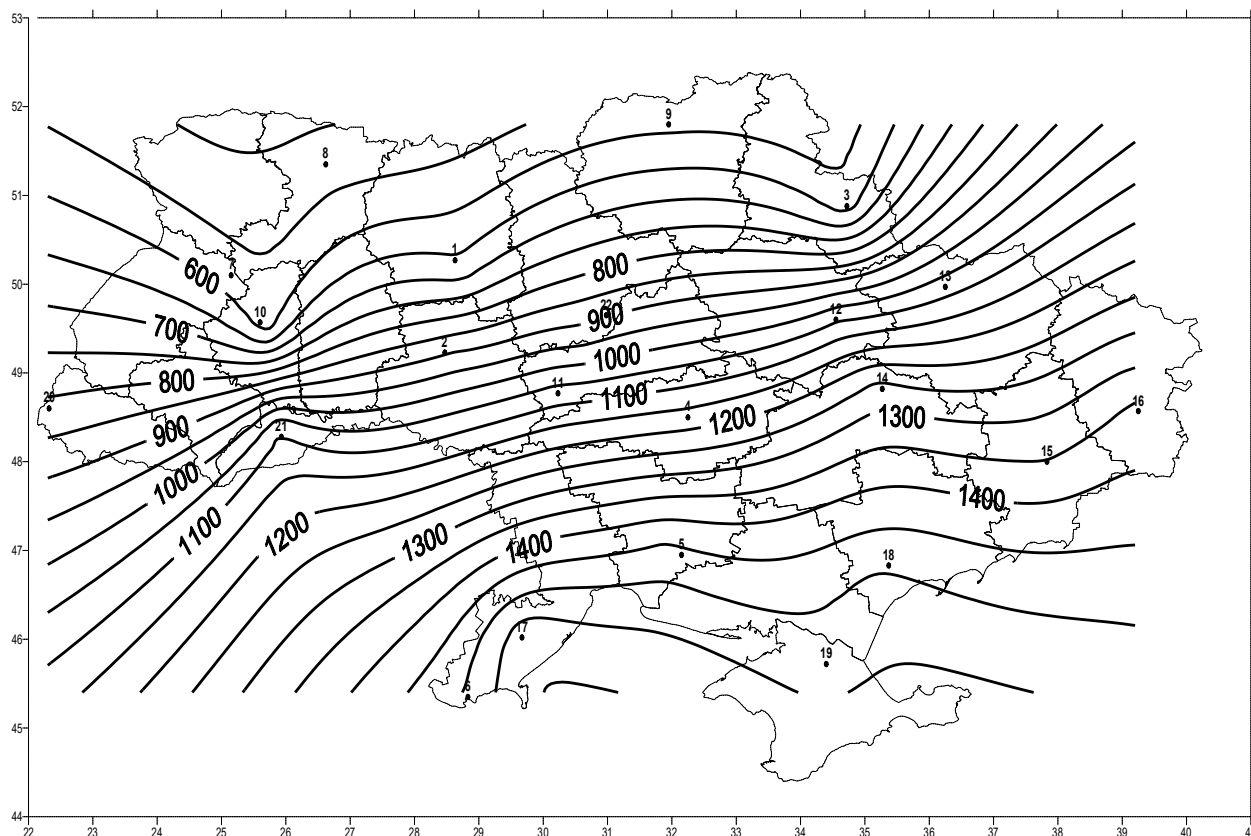


Рисунок В.9– Кількість жарких днів/20 років. Літо. 2031-2050 рр. (сценарій А1В)

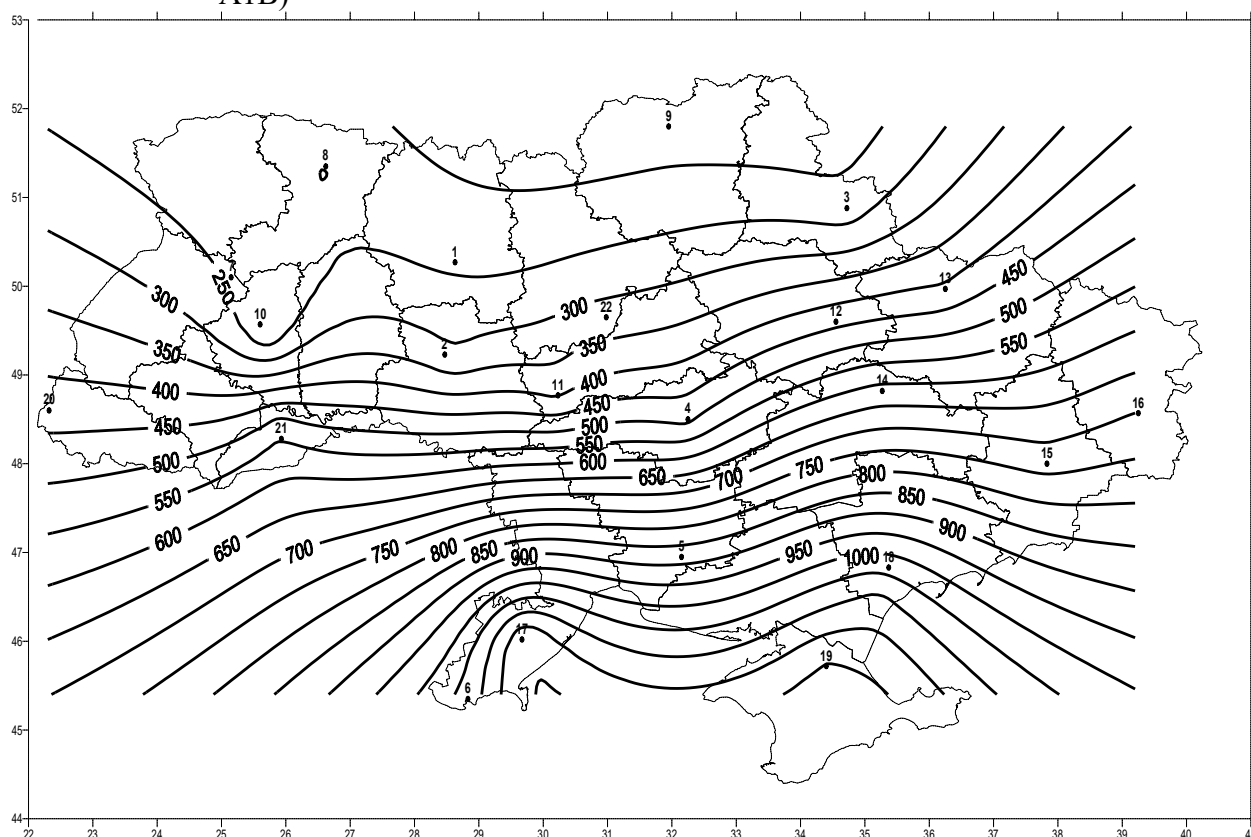


Рисунок В.10 – Кількість жарких днів/20 років. Літо. 1986-2005 рр. (сценарій А2)

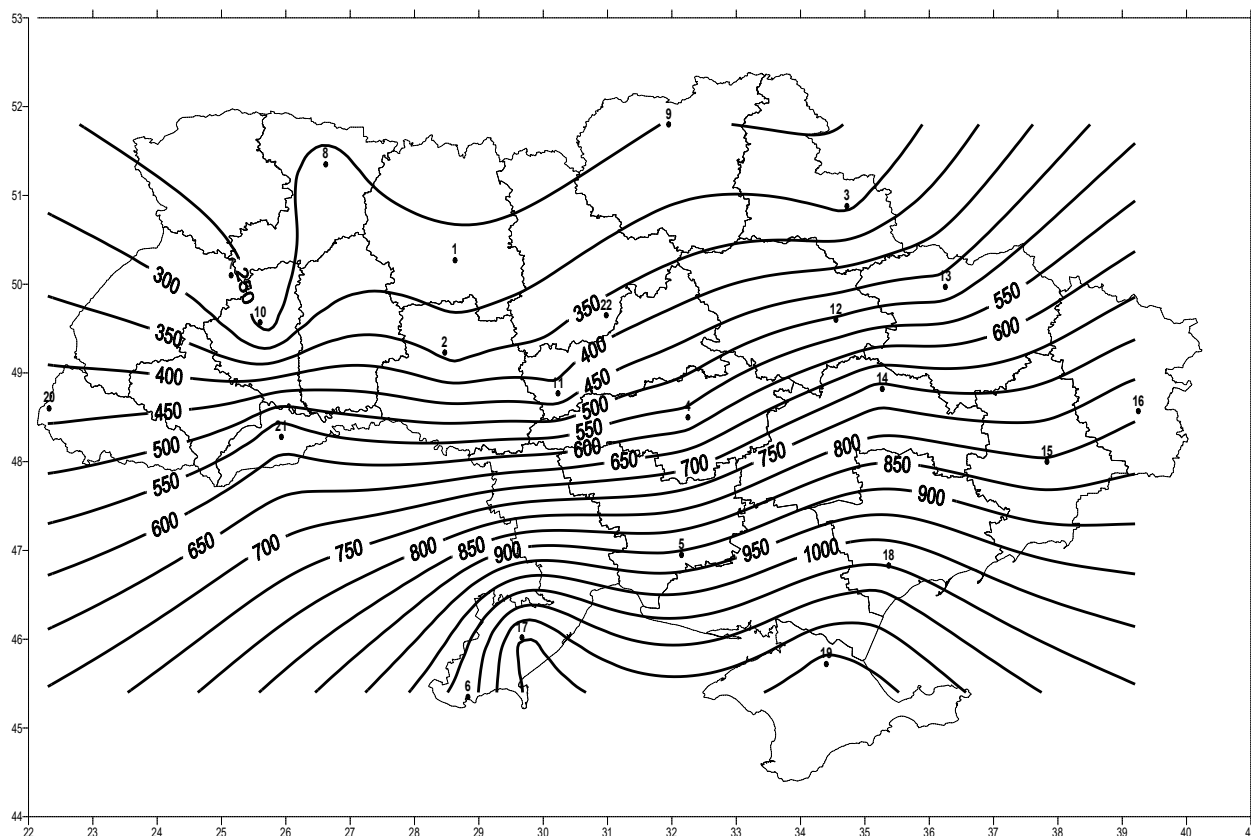


Рисунок В.11 – Кількість жарких днів/20 років. Літо. 2011-2030 рр.  
(сценарій А2)

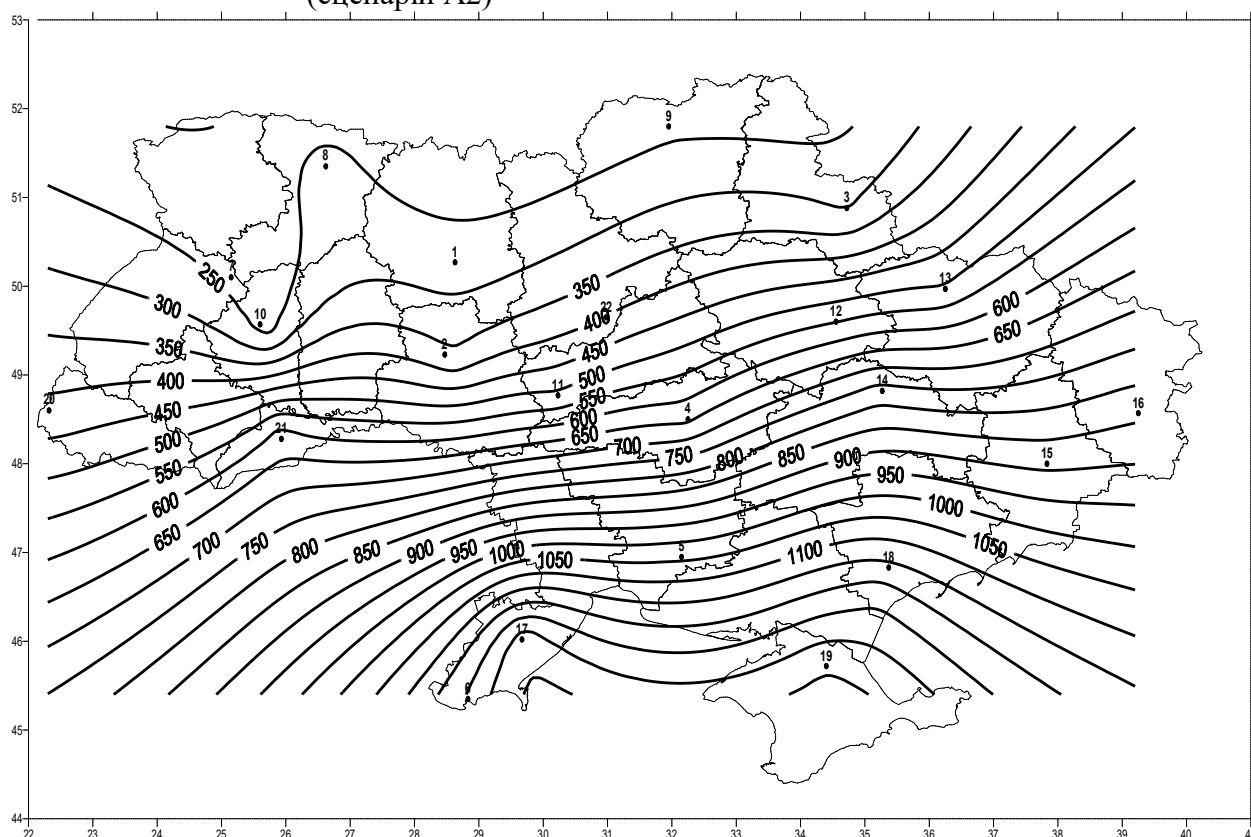


Рисунок В.12 – Кількість жарких днів/20 років. Літо. 2031-2050 рр.  
(сценарій А2)

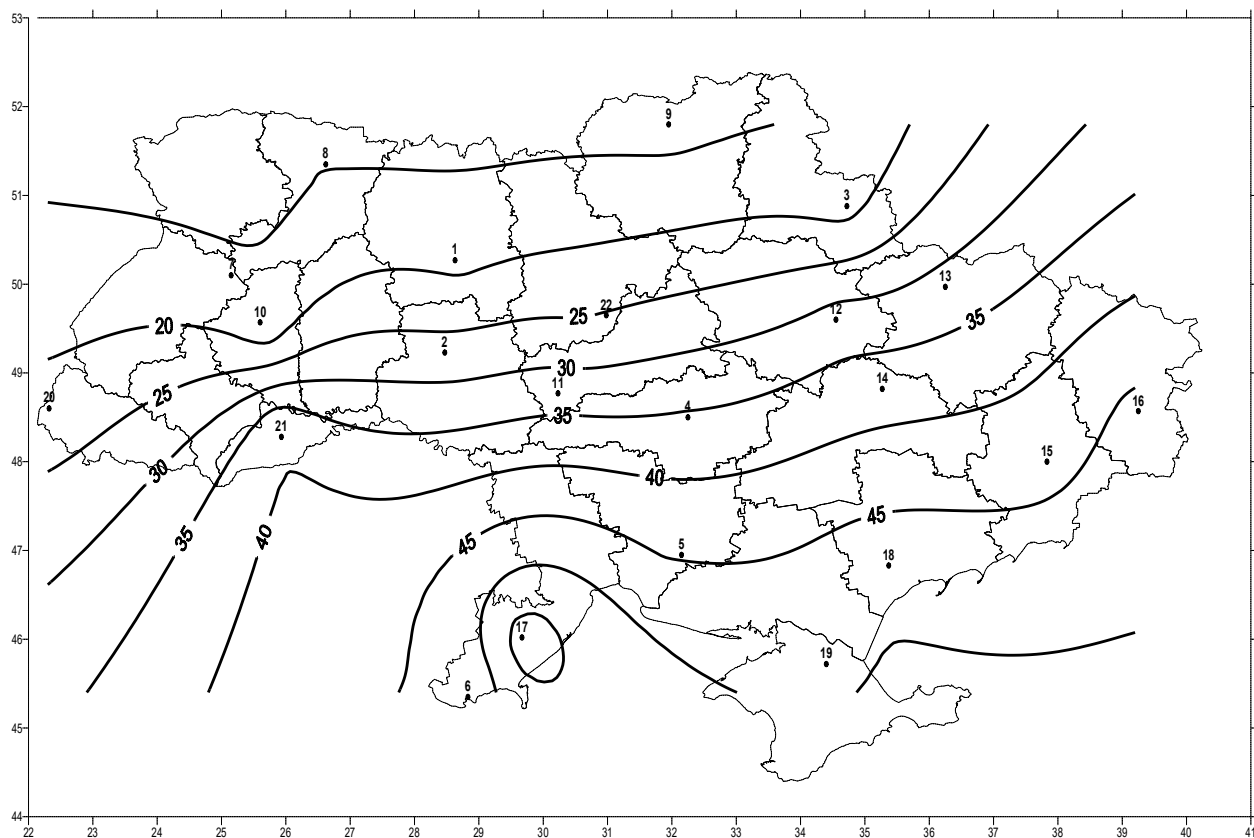


Рисунок В.13 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Червень. 1986-2005 рр. (сценарій А1В)

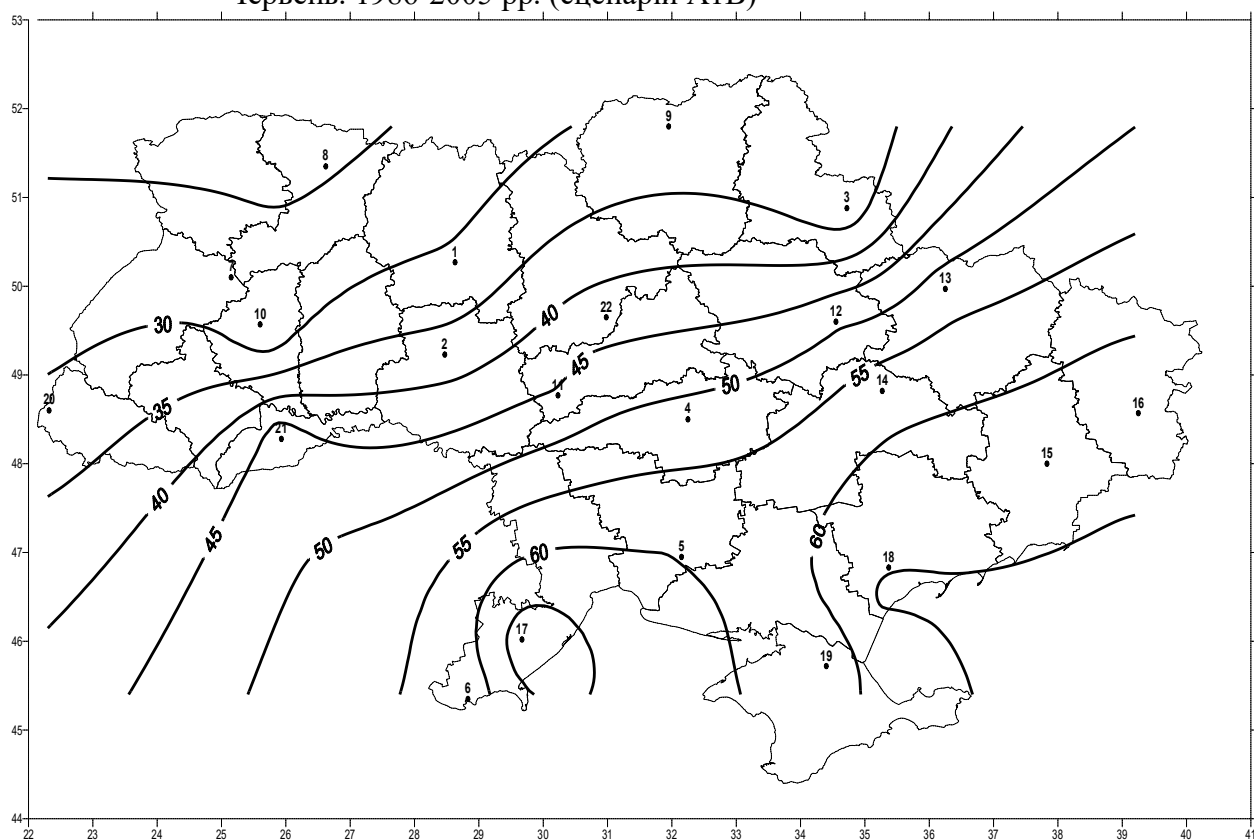


Рисунок В.14 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Червень. 2011-2030 рр. (сценарій А1В)



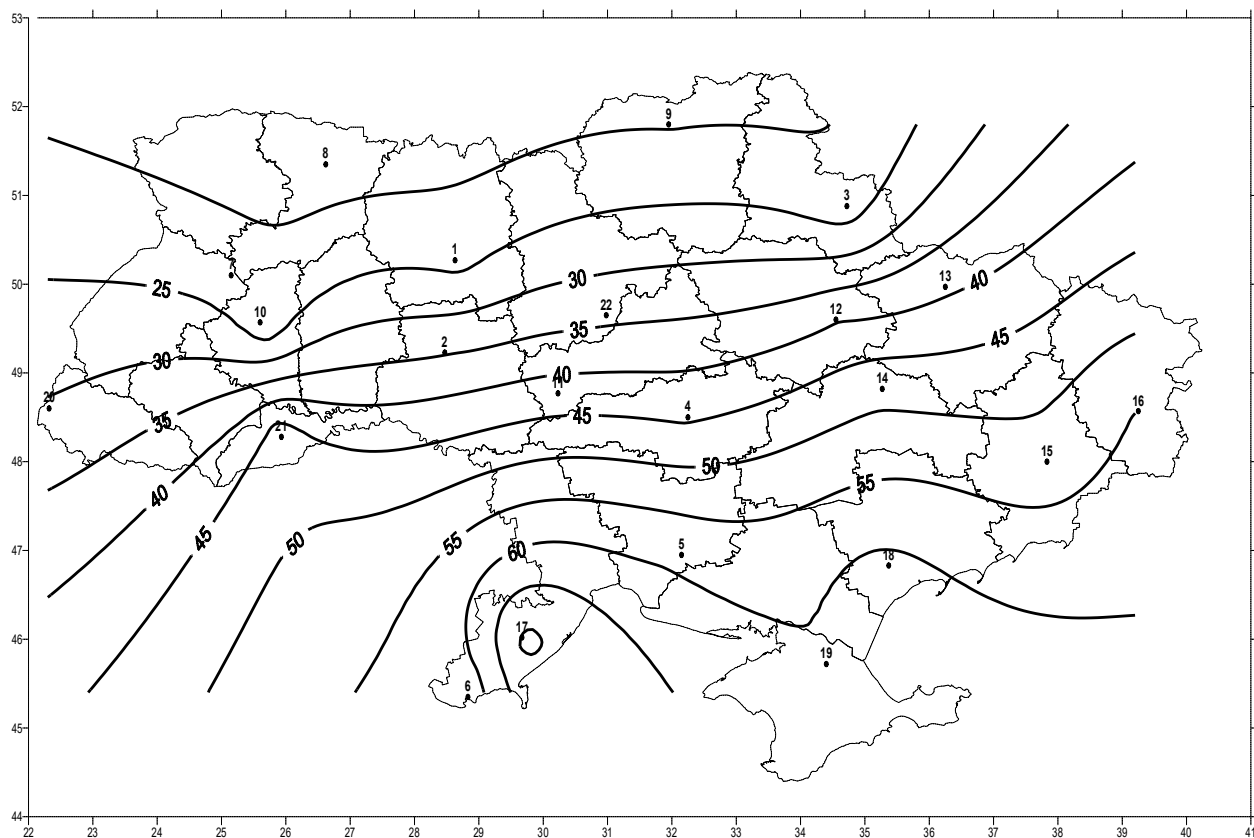


Рисунок В.15 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Червень 2031-2050 (сценарій А1В)

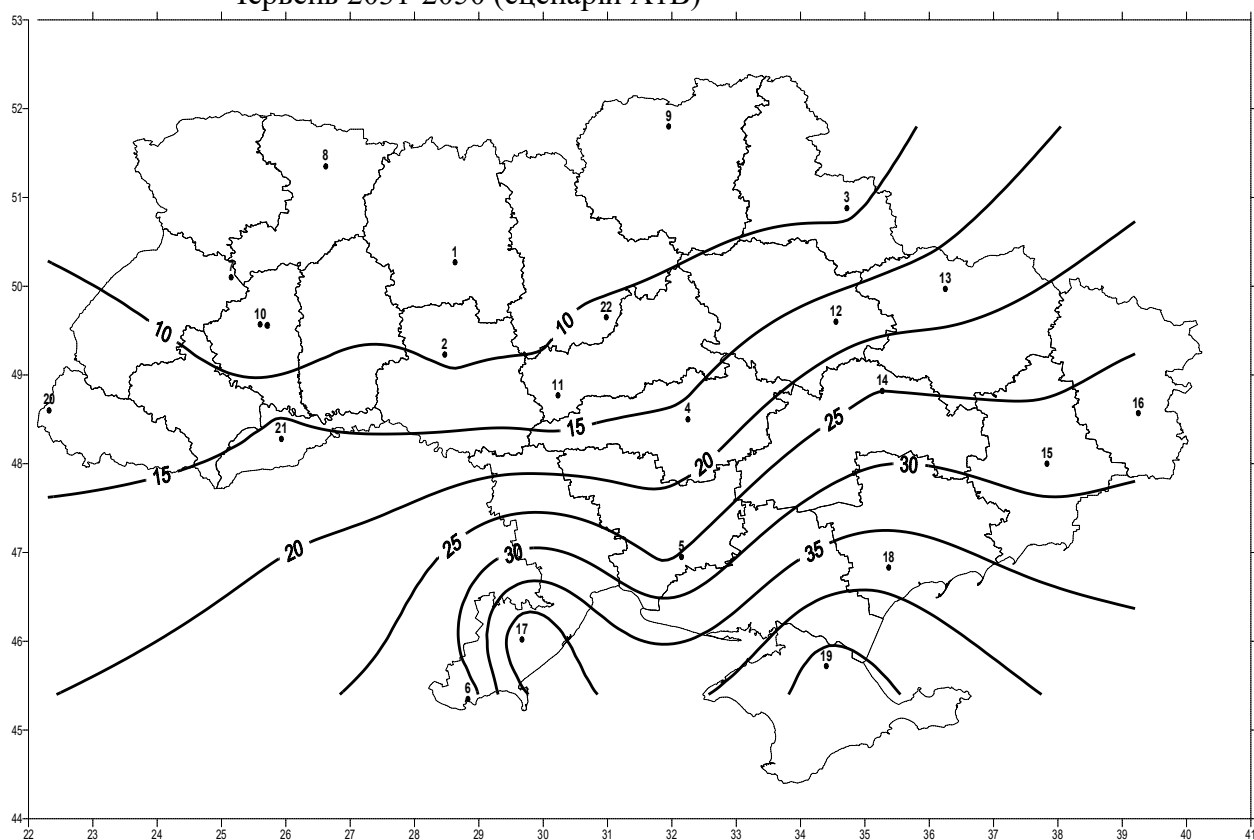


Рисунок В.16 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Червень 1986-2005 рр.(сценарій А2)

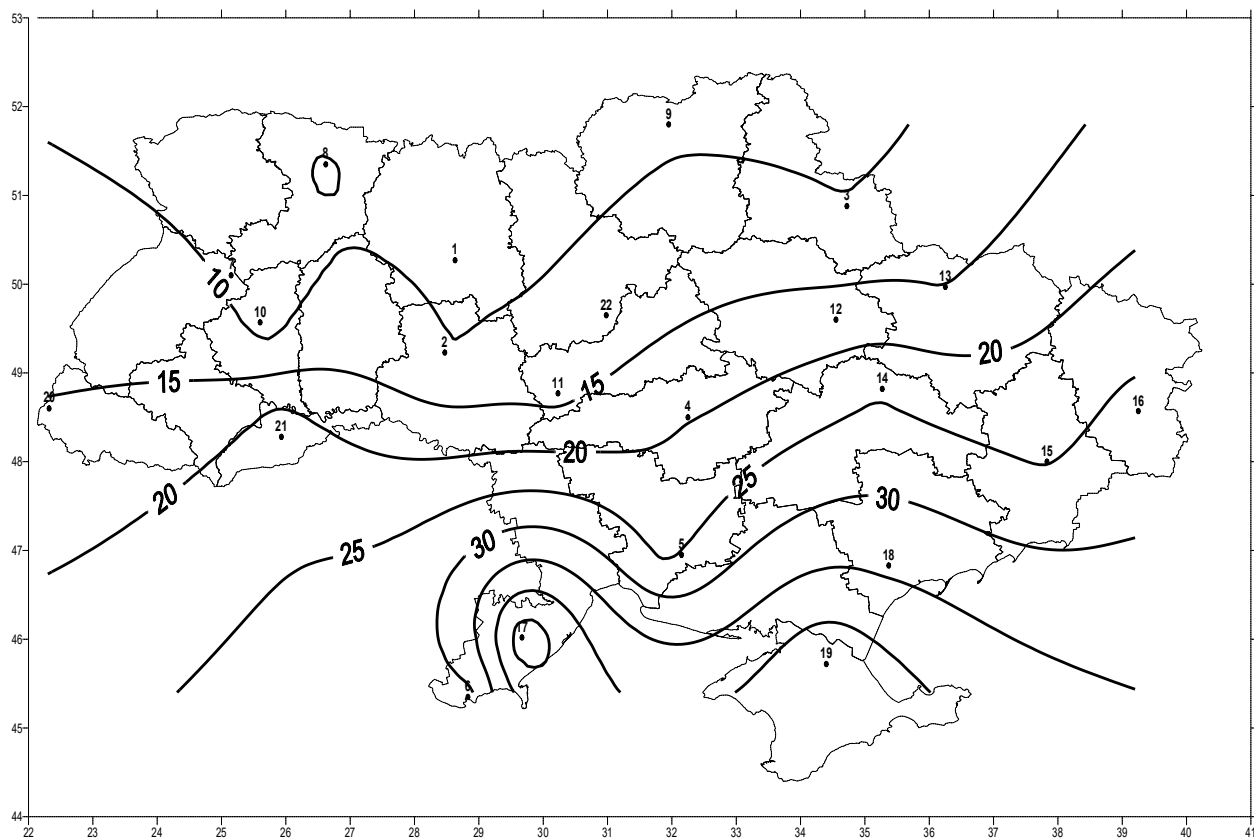


Рисунок В.17– Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Червень. 2011-2030 рр. (сценарій А2)

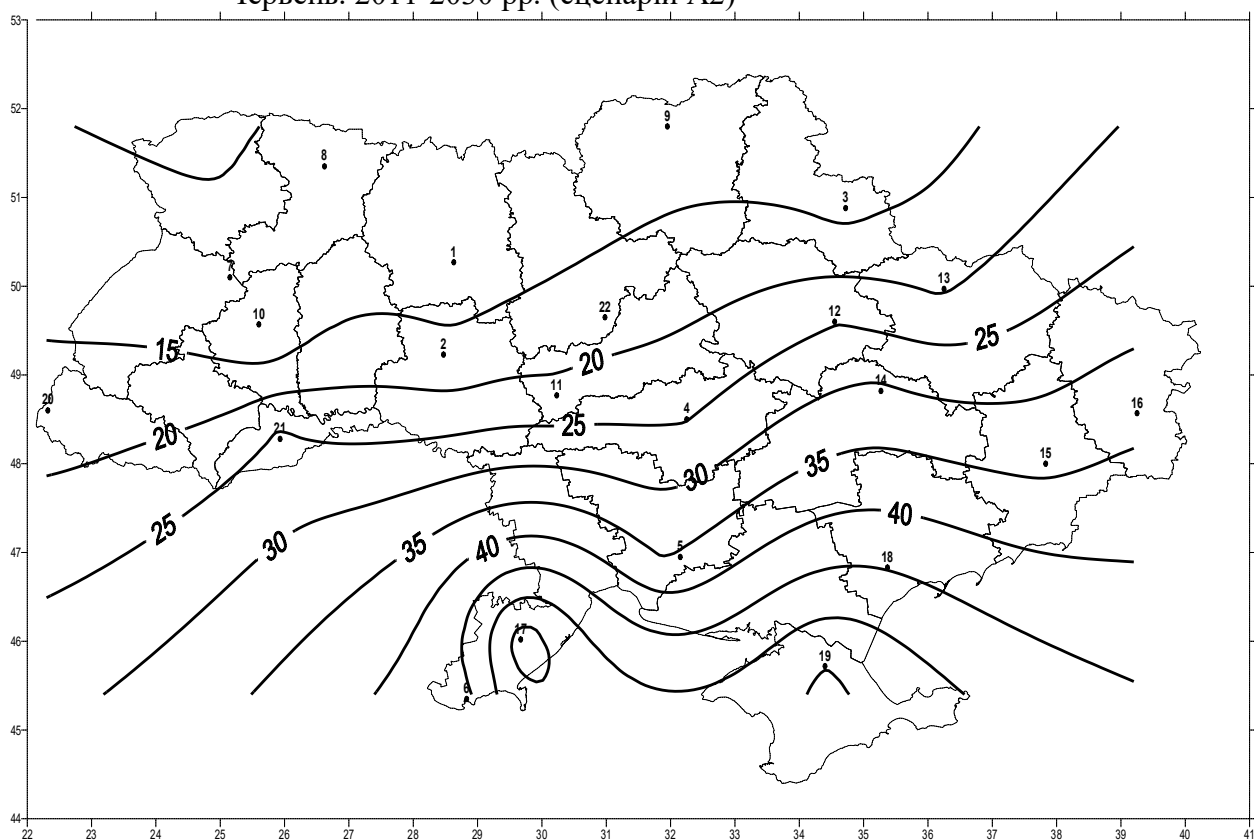


Рисунок В.18 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Червень. 2031-2050 рр. (сценарій А2)

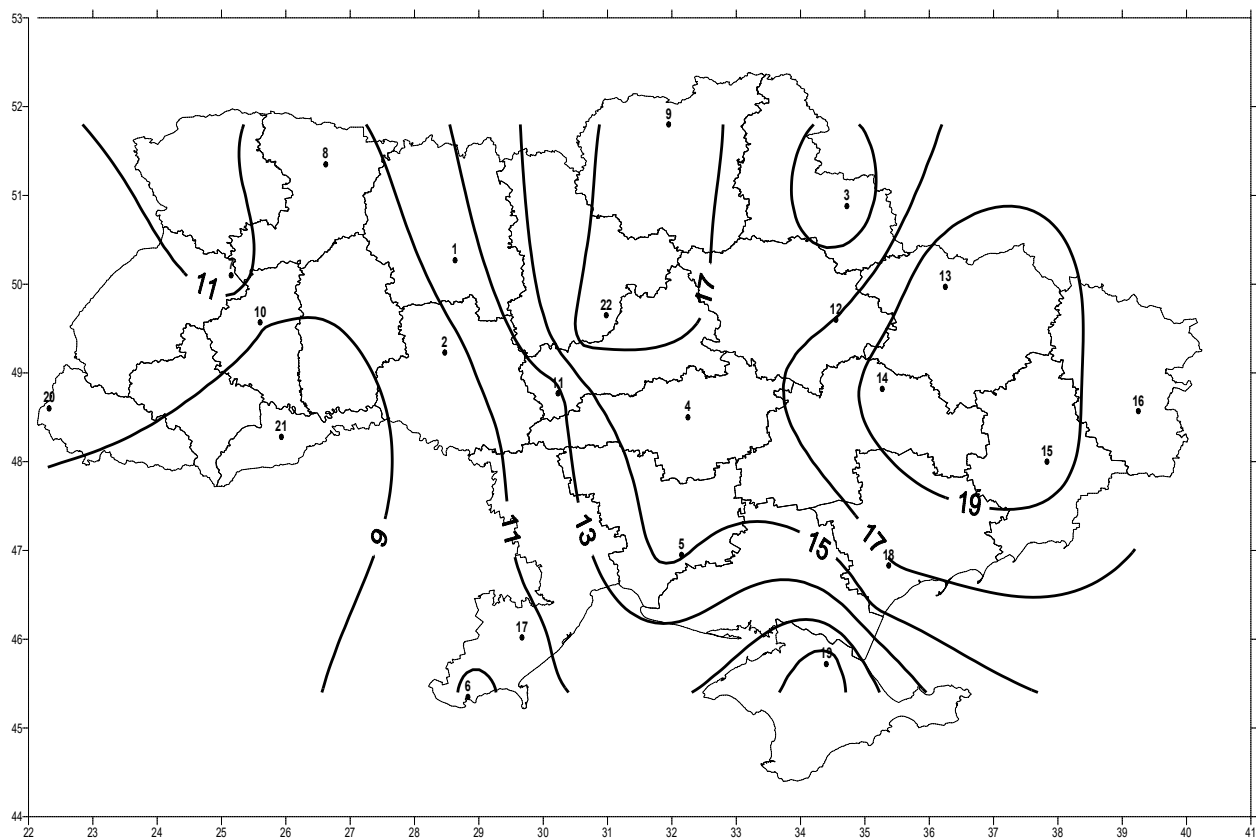


Рисунок В.19 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого періоду до другого. Червень (сценарій А1В)

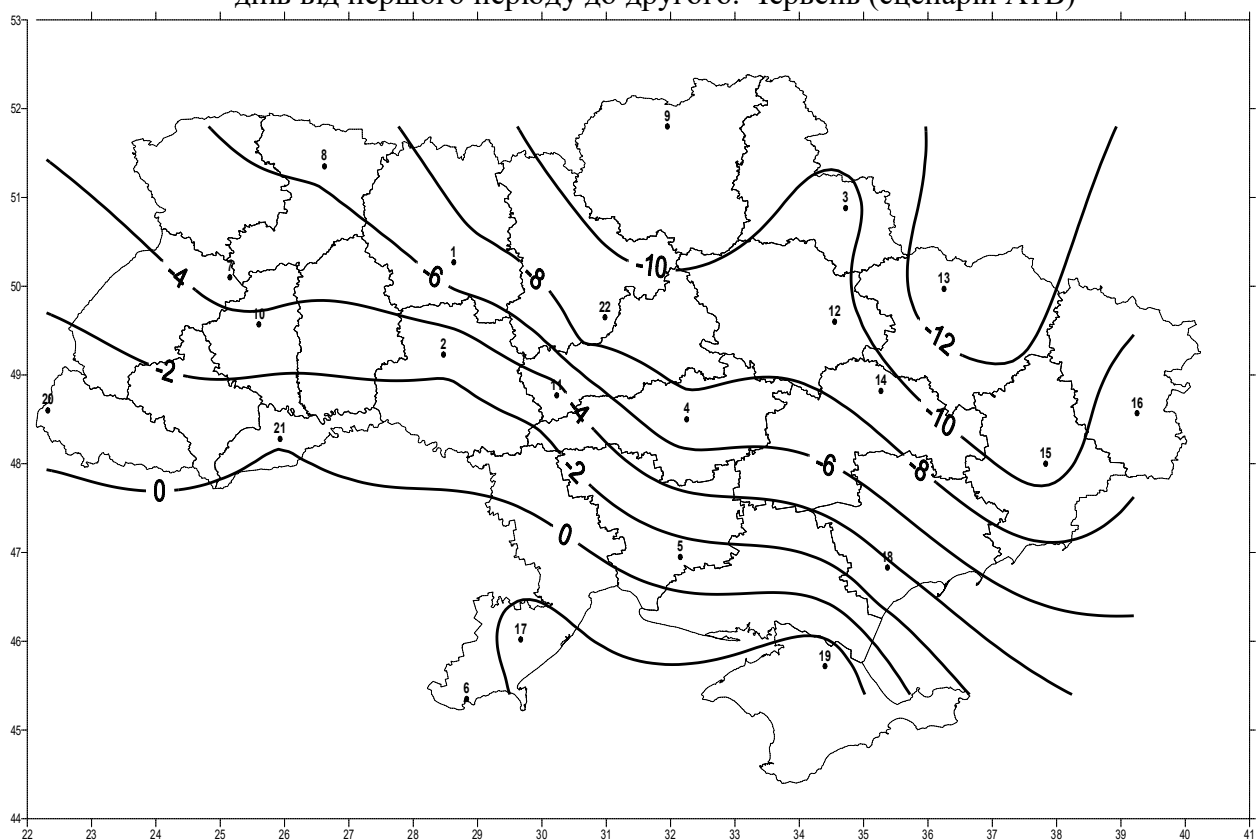


Рисунок В.20 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від другого до третього періоду. Червень (сценарій А1В)

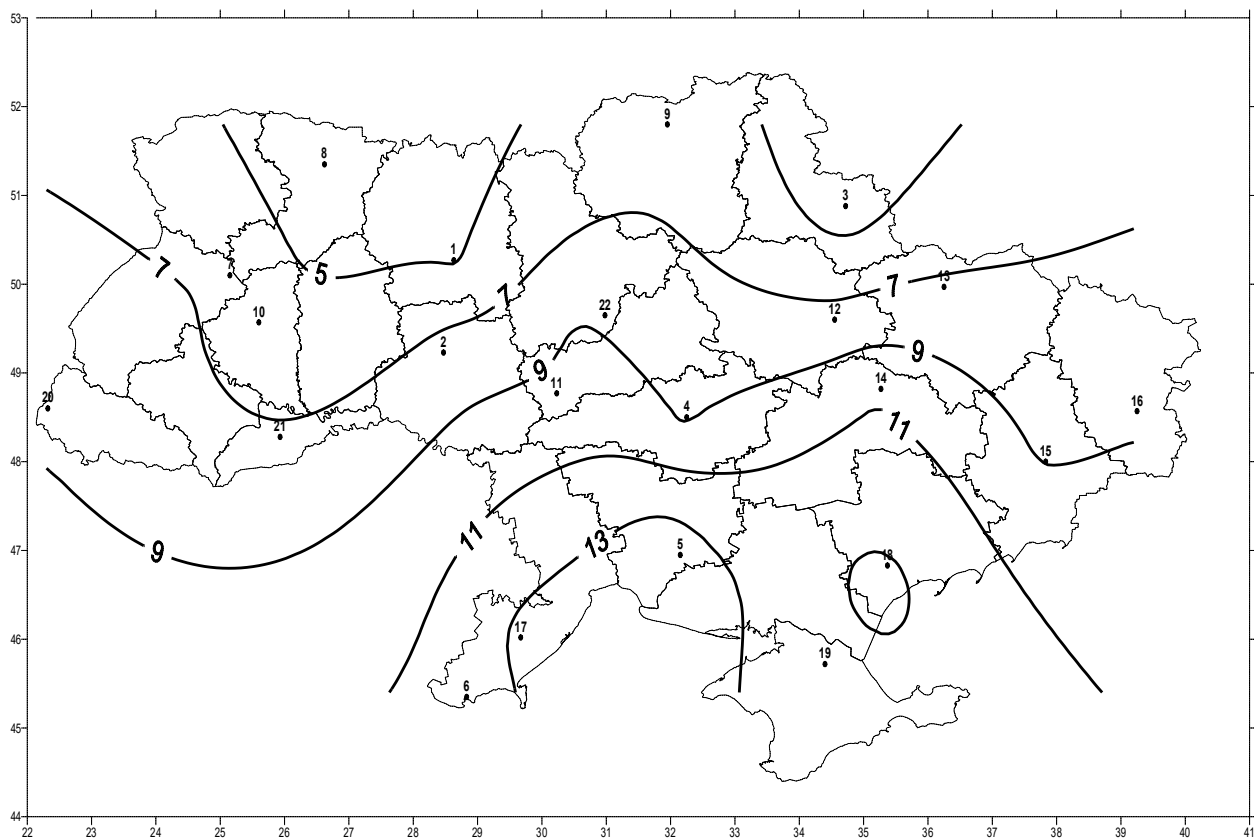


Рисунок В.21 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого до третього періоду. Червень (сценарій А1В)

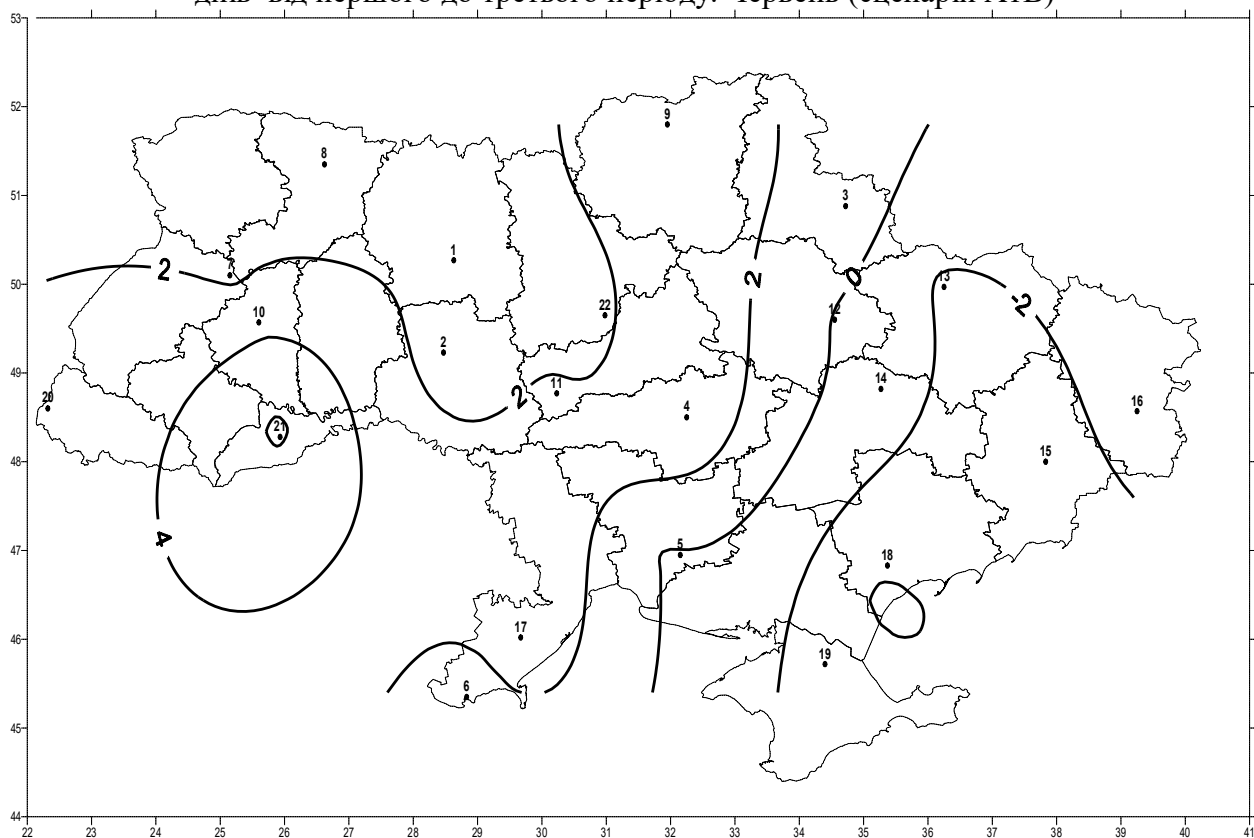


Рисунок В.22 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого періоду до другого. Червень (сценарій А2)

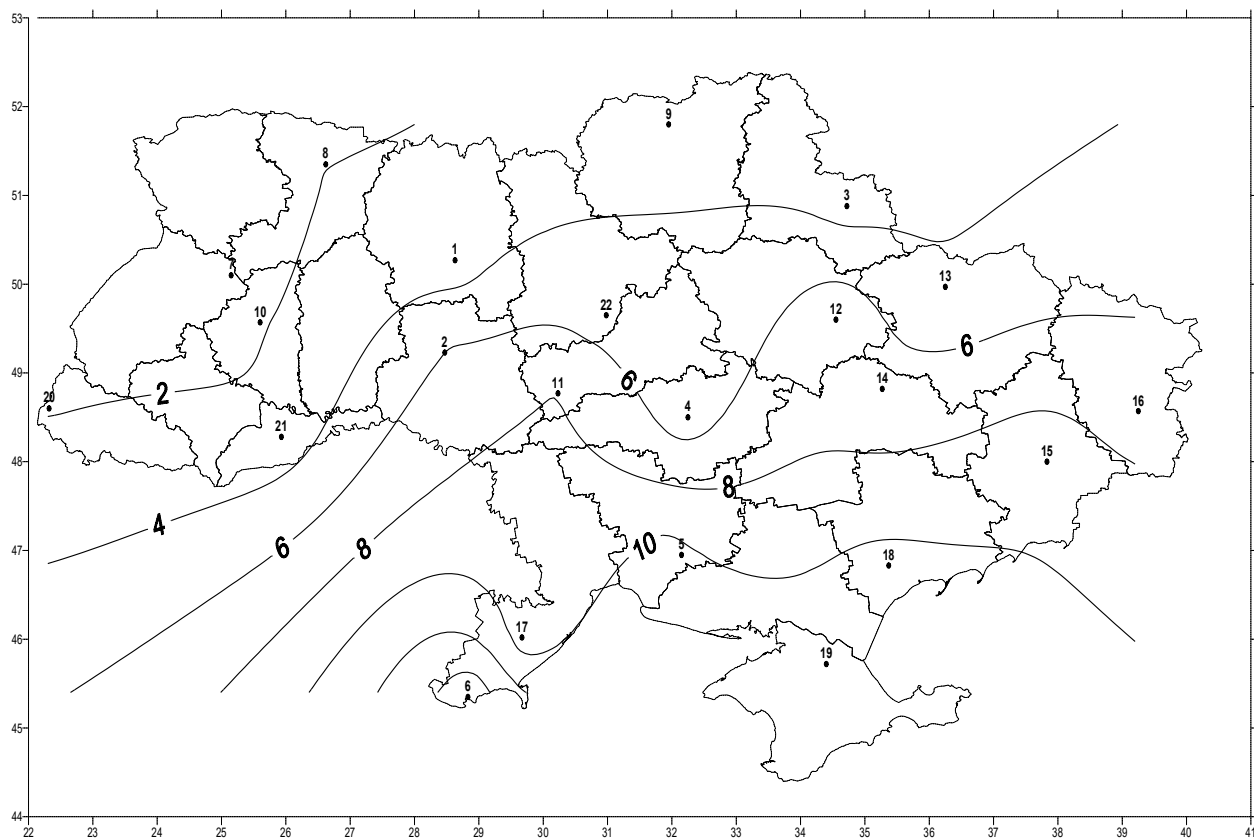


Рисунок В.23 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від другого періоду до третього. Червень (сценарій А2)

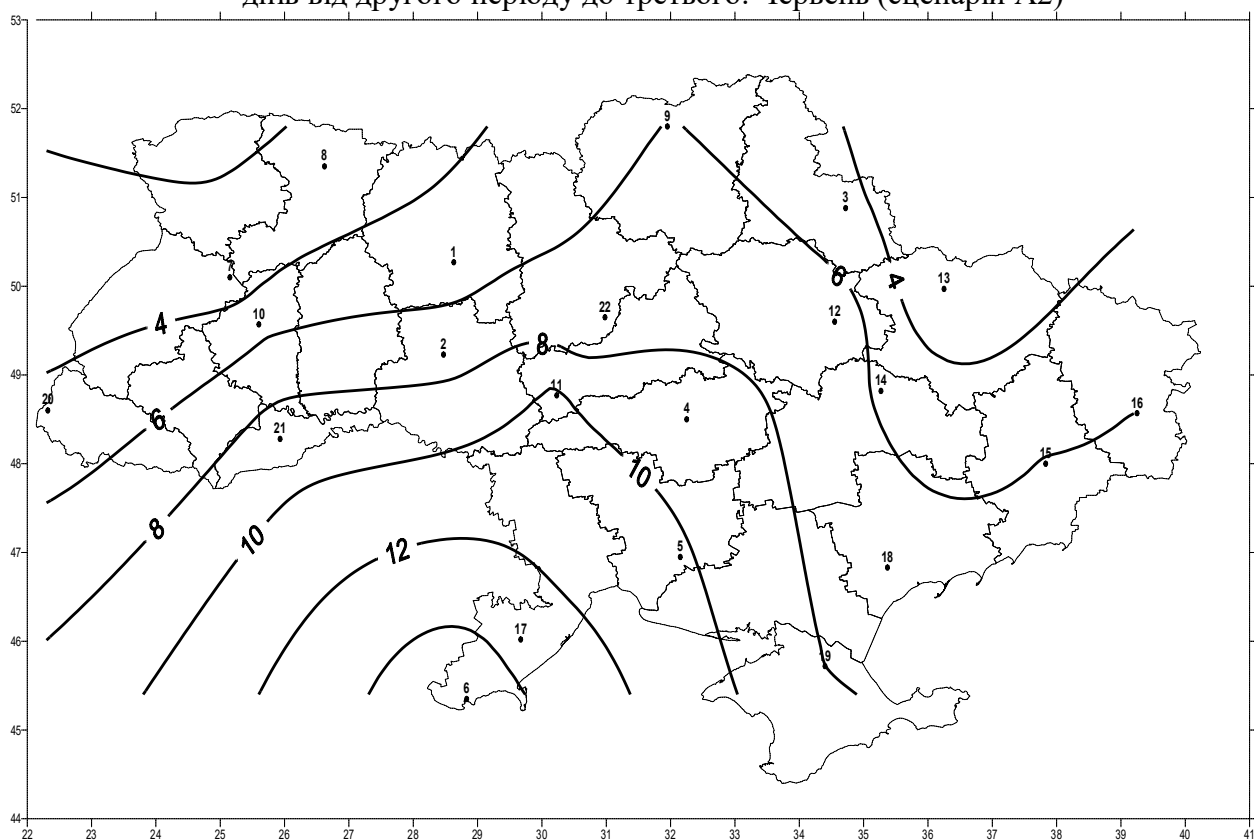


Рисунок В.24 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого періоду до третього. Червень (сценарій А2)

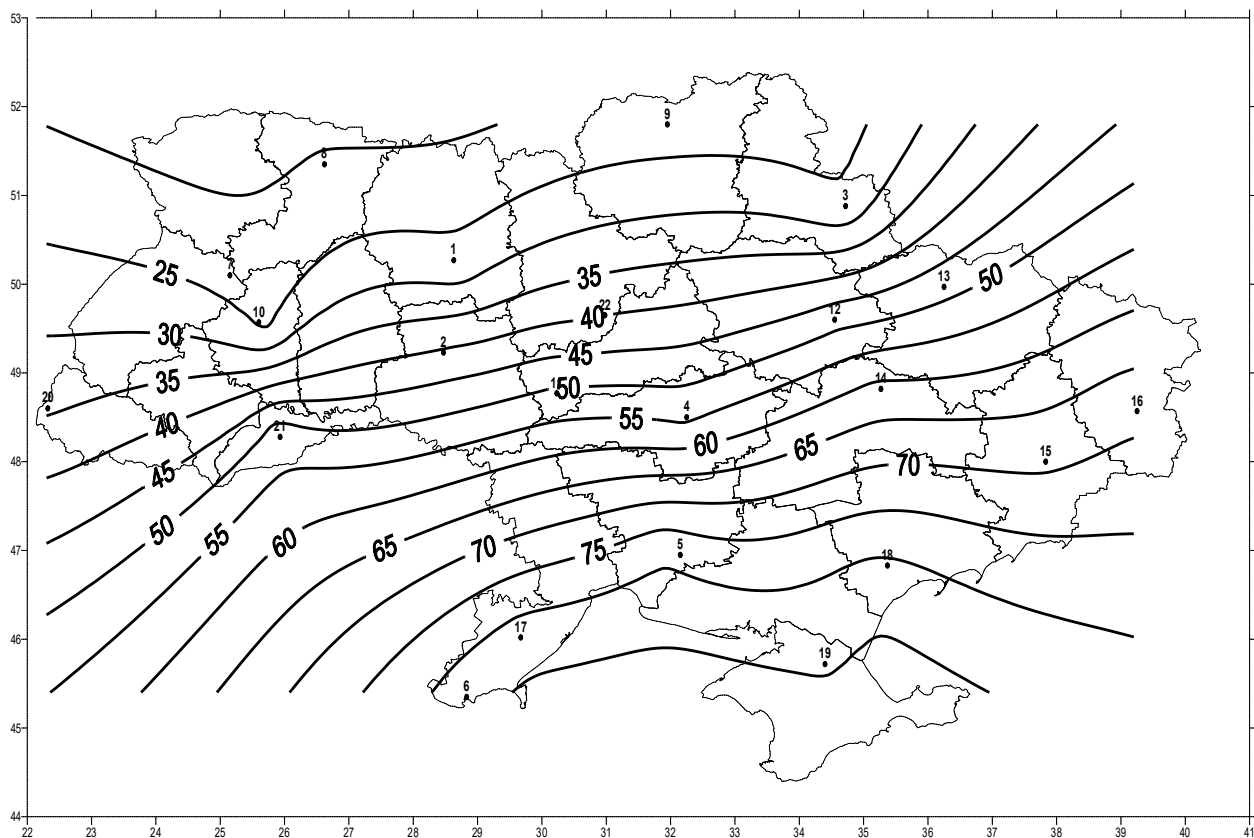


Рисунок В.25 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Серпень. 1986-2005 рр. (сценарій А1В)

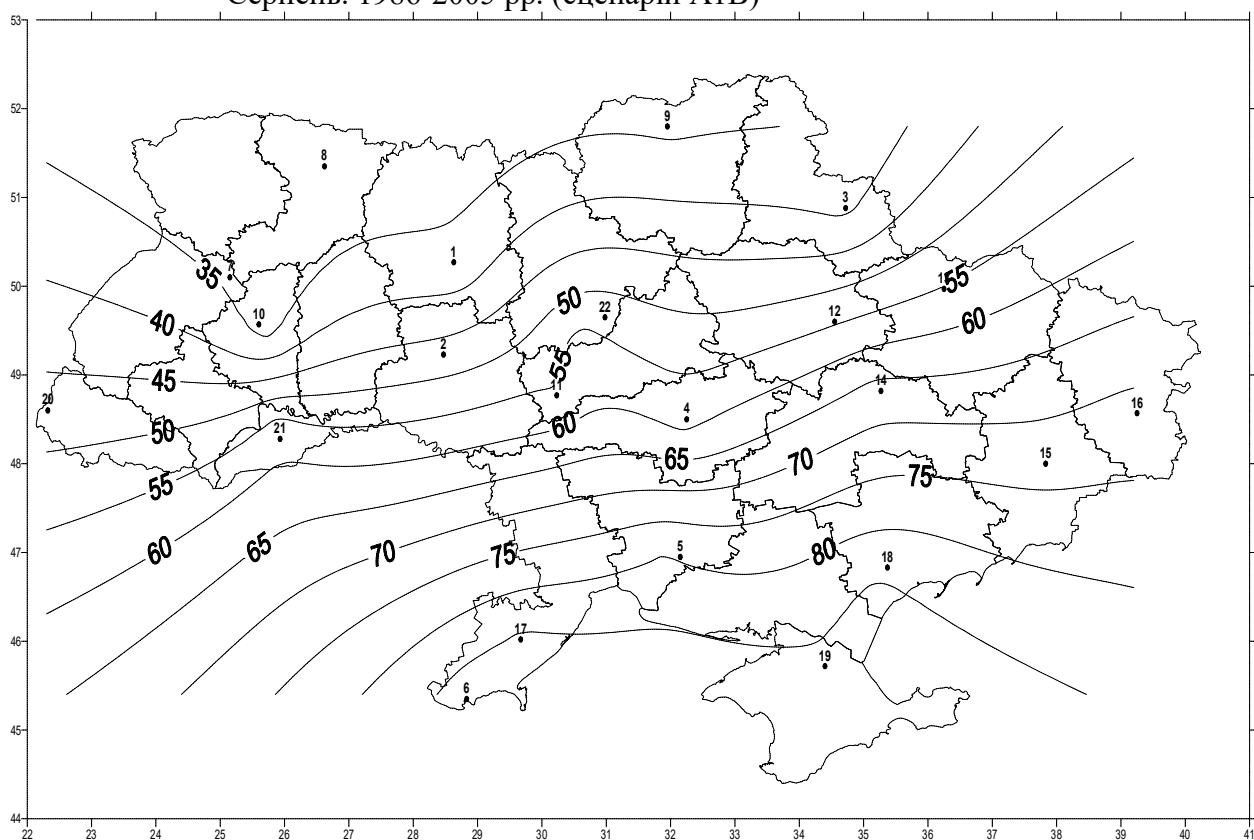


Рисунок В.26 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Серпень. 2011-2030 рр. (сценарій А1В)

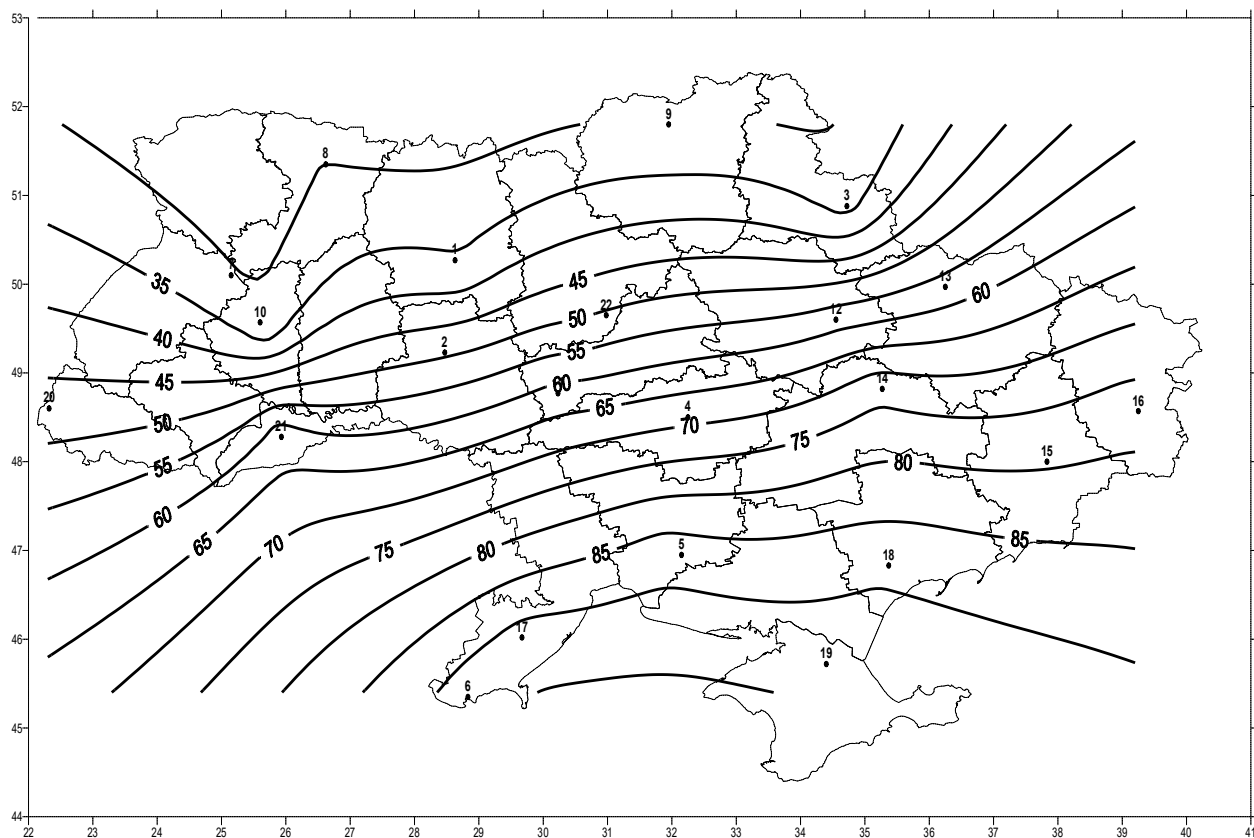


Рисунок В.27 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Серпень. 2031-2050 рр. (сценарій А1В)

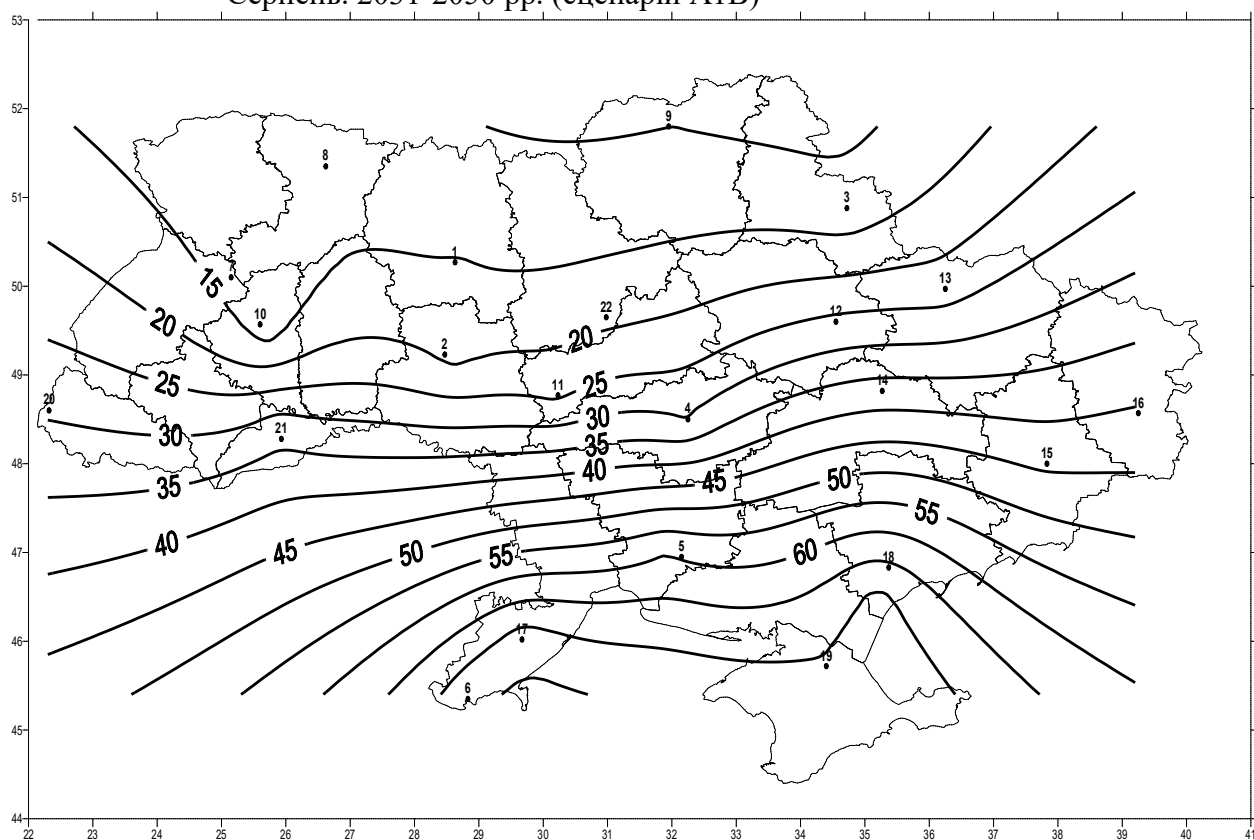


Рисунок В.28 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Серпень. 1986-2005 рр. (сценарій А2)

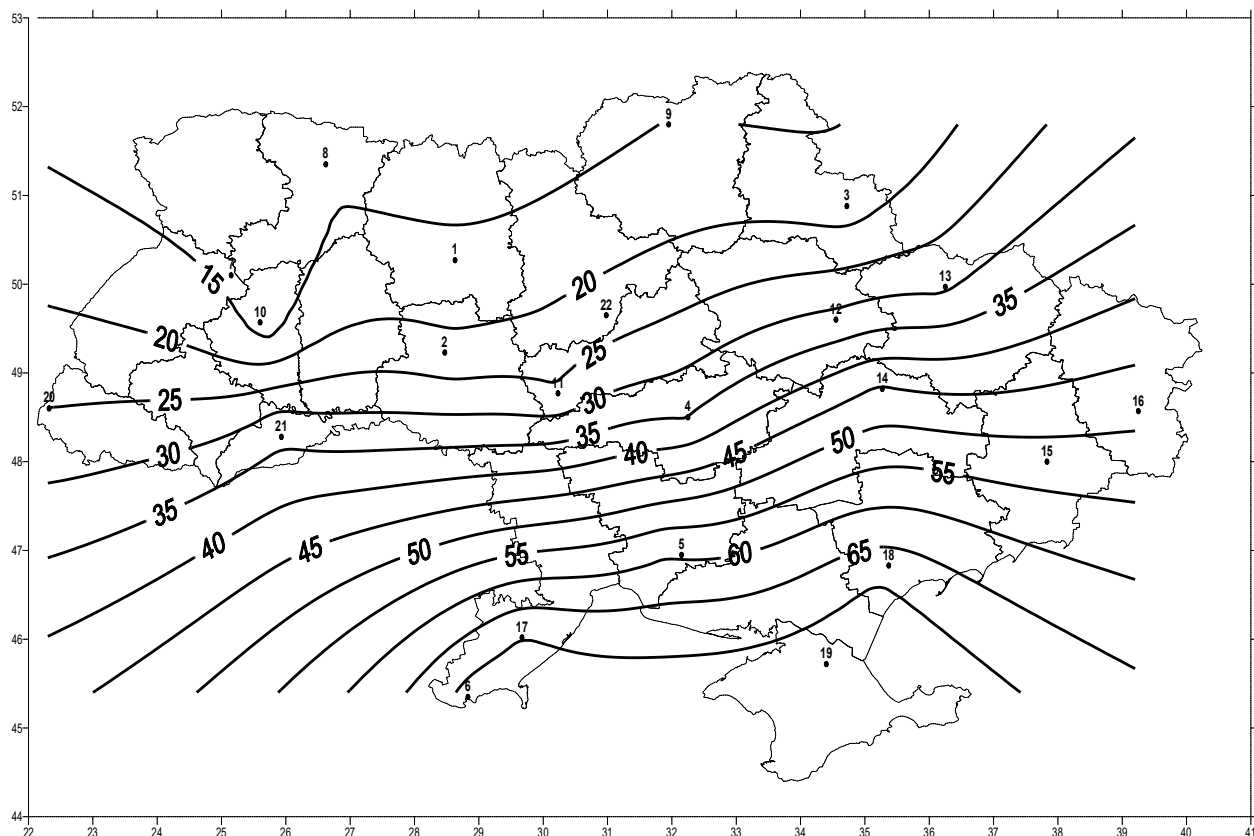


Рисунок В.29 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Серпень. 2011-2030 рр. (сценарій А2)

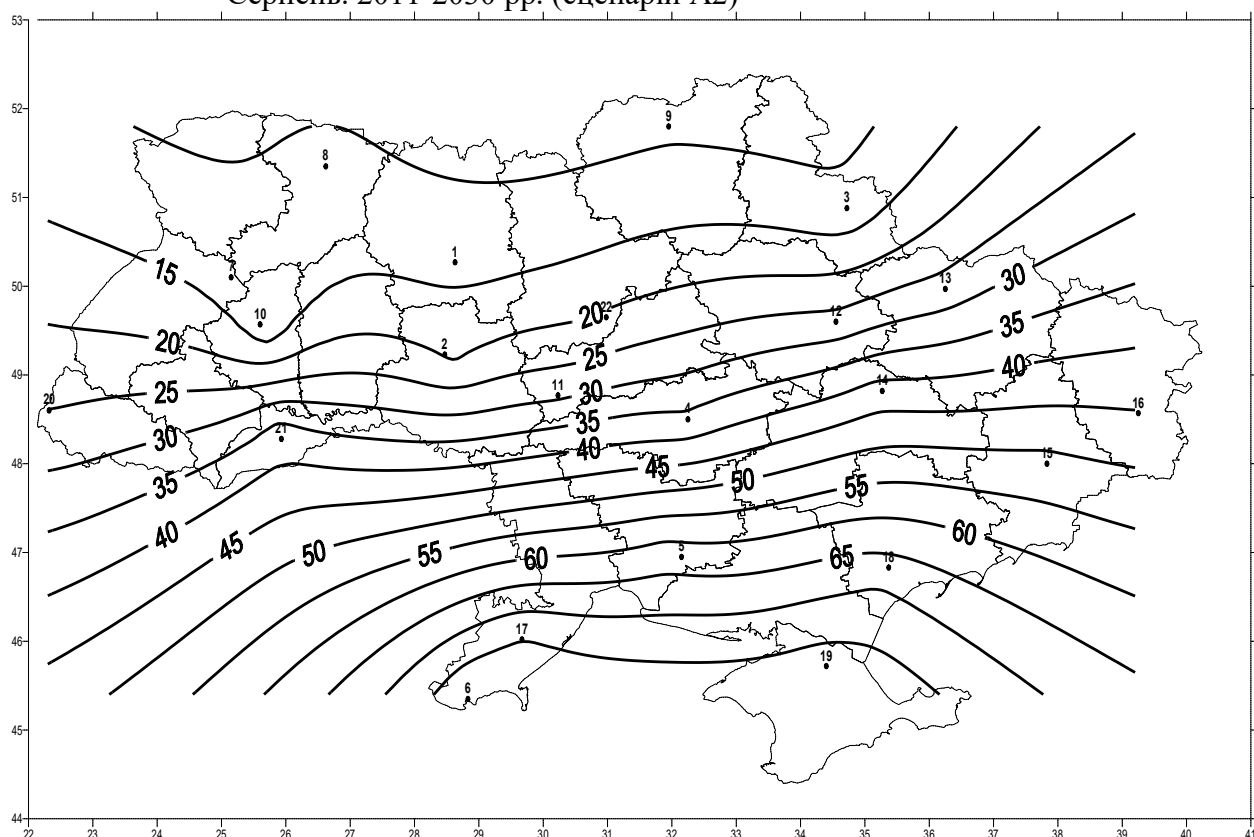


Рисунок В.30 – Середня багаторічна повторюваність (%) жарких днів.  
Серпень. 2031-2050 рр. (сценарій А2)



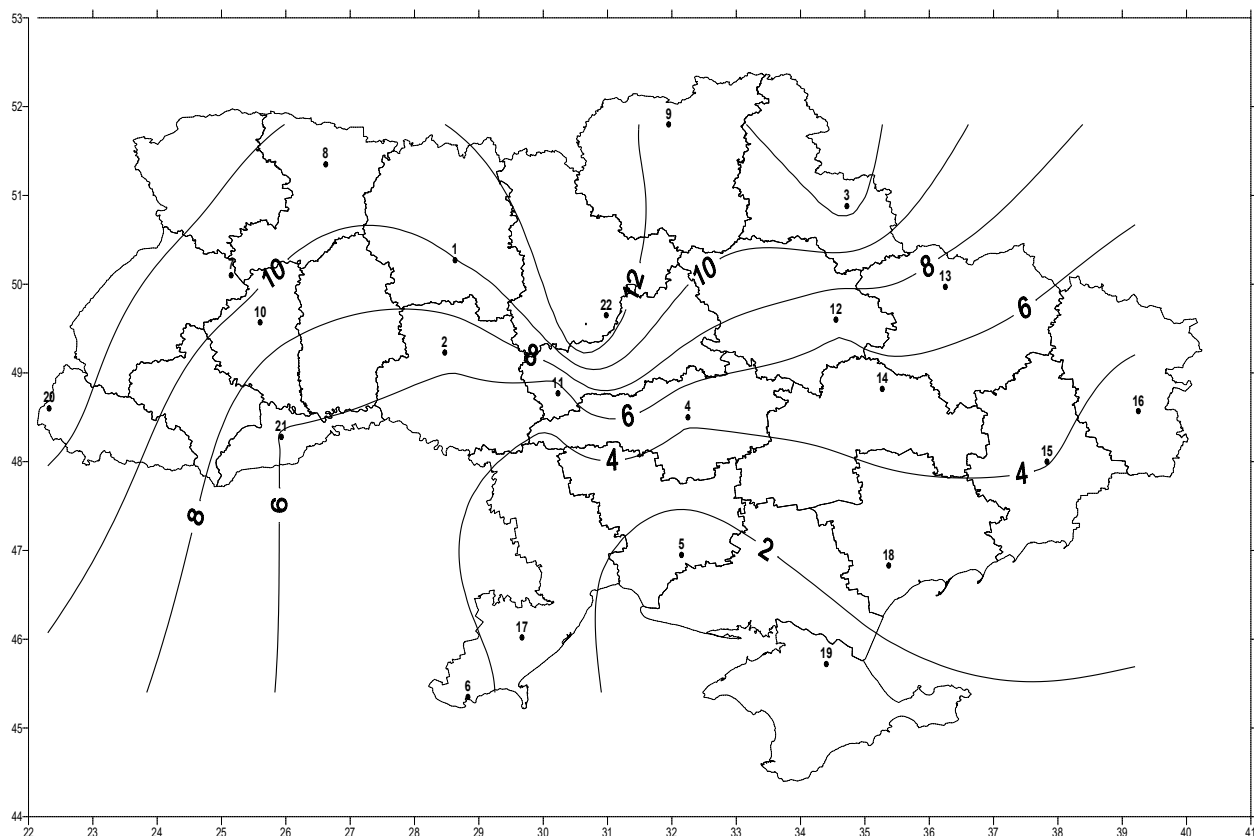


Рисунок В.31 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого періоду до другого. Серпень (сценарій А1В)

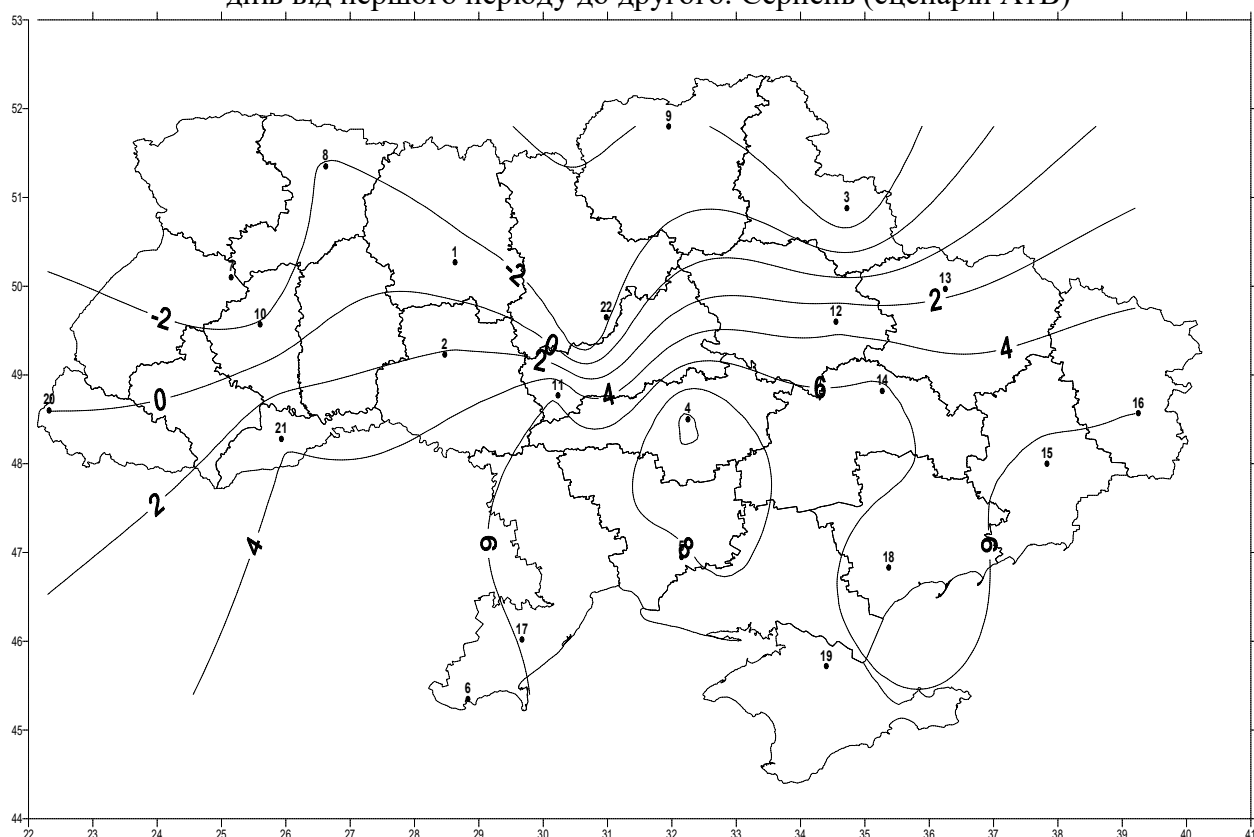


Рисунок В.32 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від другого періоду до третього. Серпень (сценарій А1В)

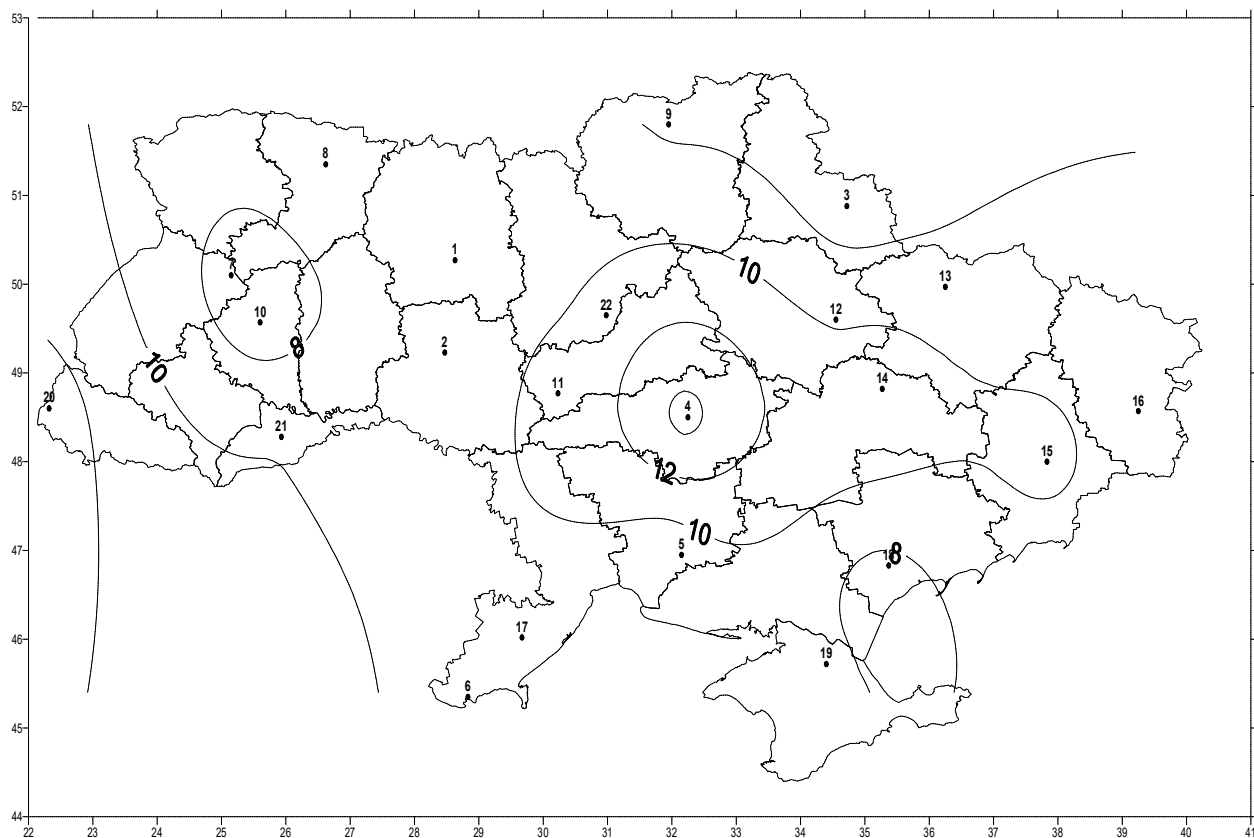


Рисунок В.33 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого періоду до третього. Серпень (сценарій А1В)

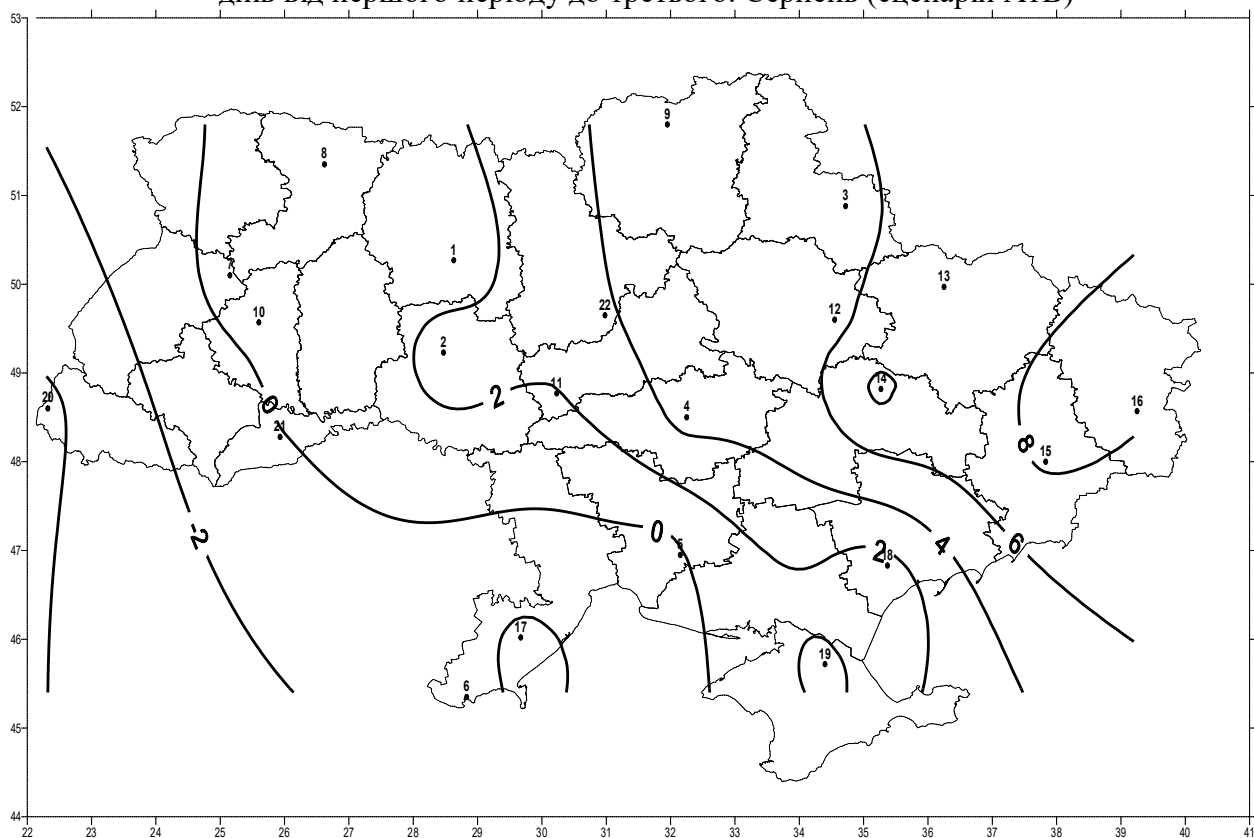


Рисунок В.34 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого періоду до другого. Серпень (сценарій А2)

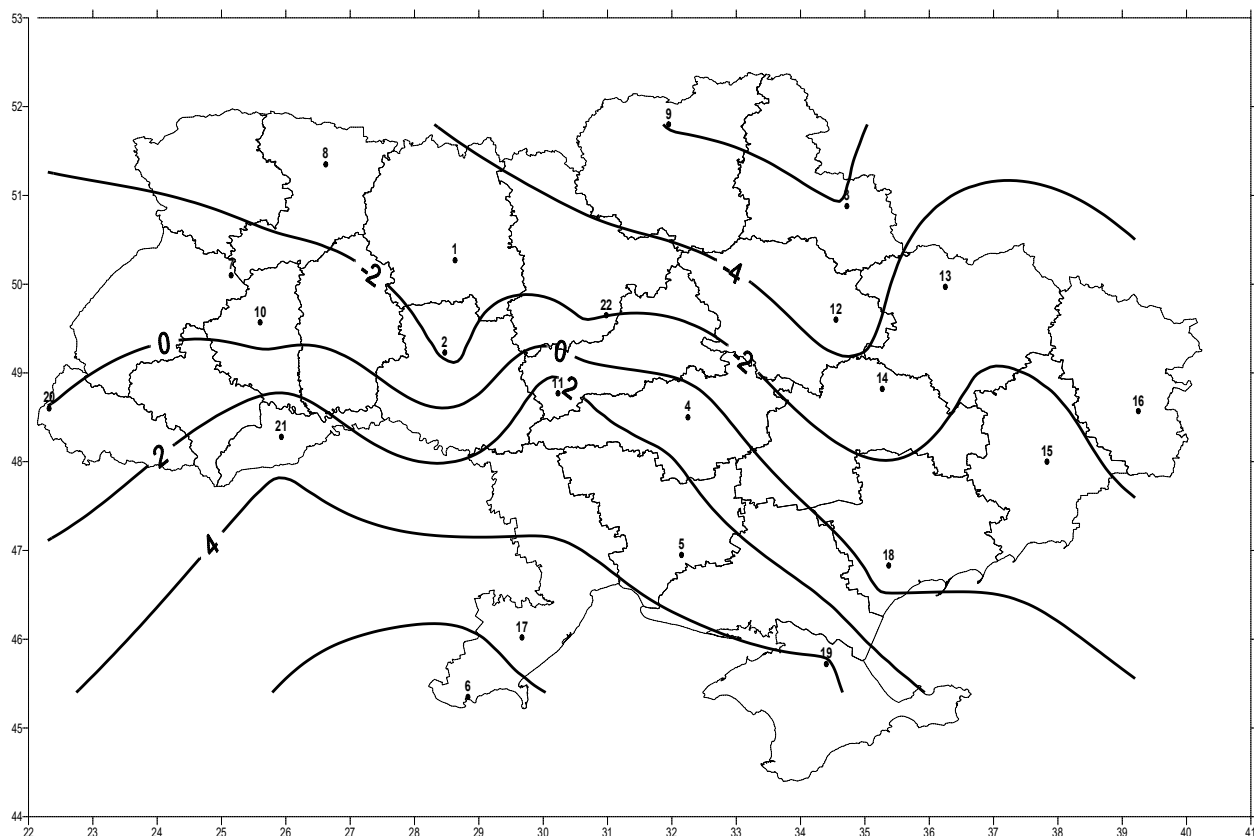


Рисунок В.35 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від другого періоду до третього. Серпень (сценарій А2)

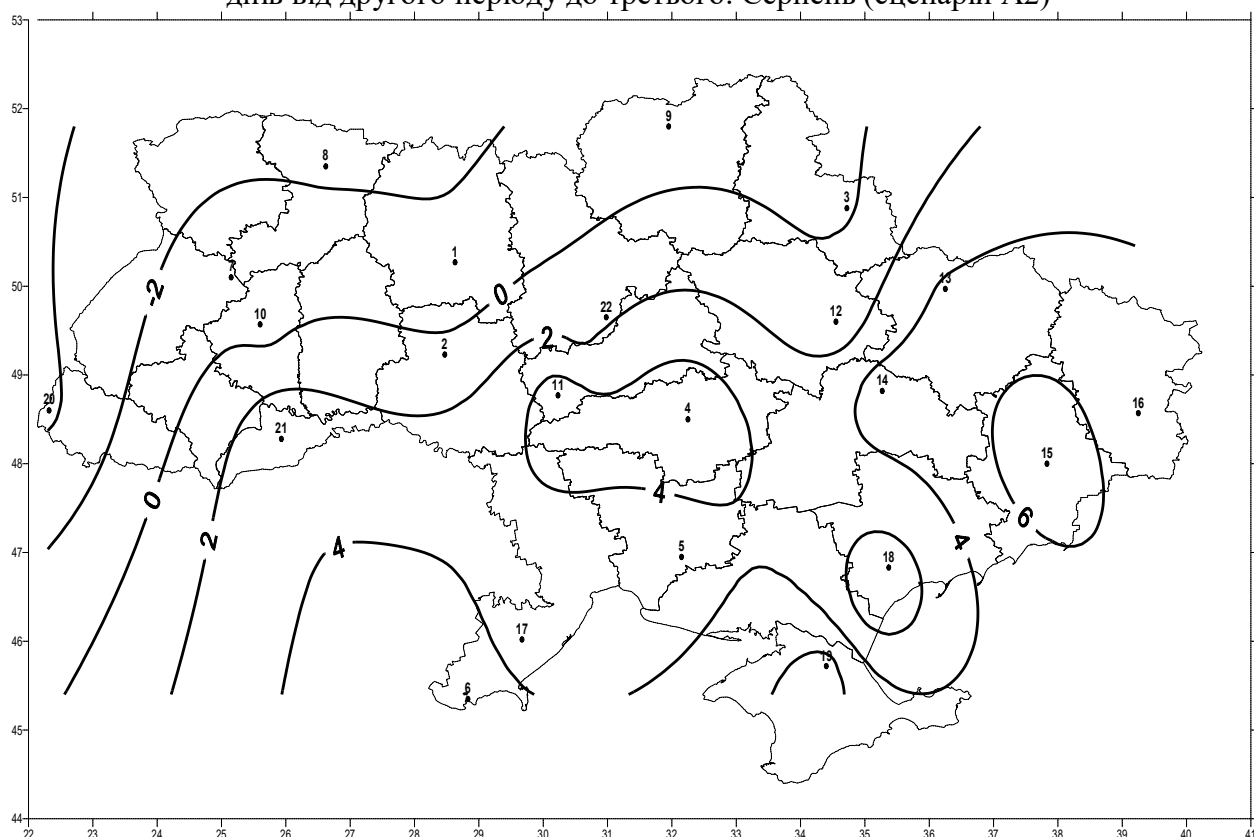


Рисунок В.36 – Зміни середньої багаторічної повторюваності (%) жарких днів від першого періоду до третього. Серпень (сценарій А2)

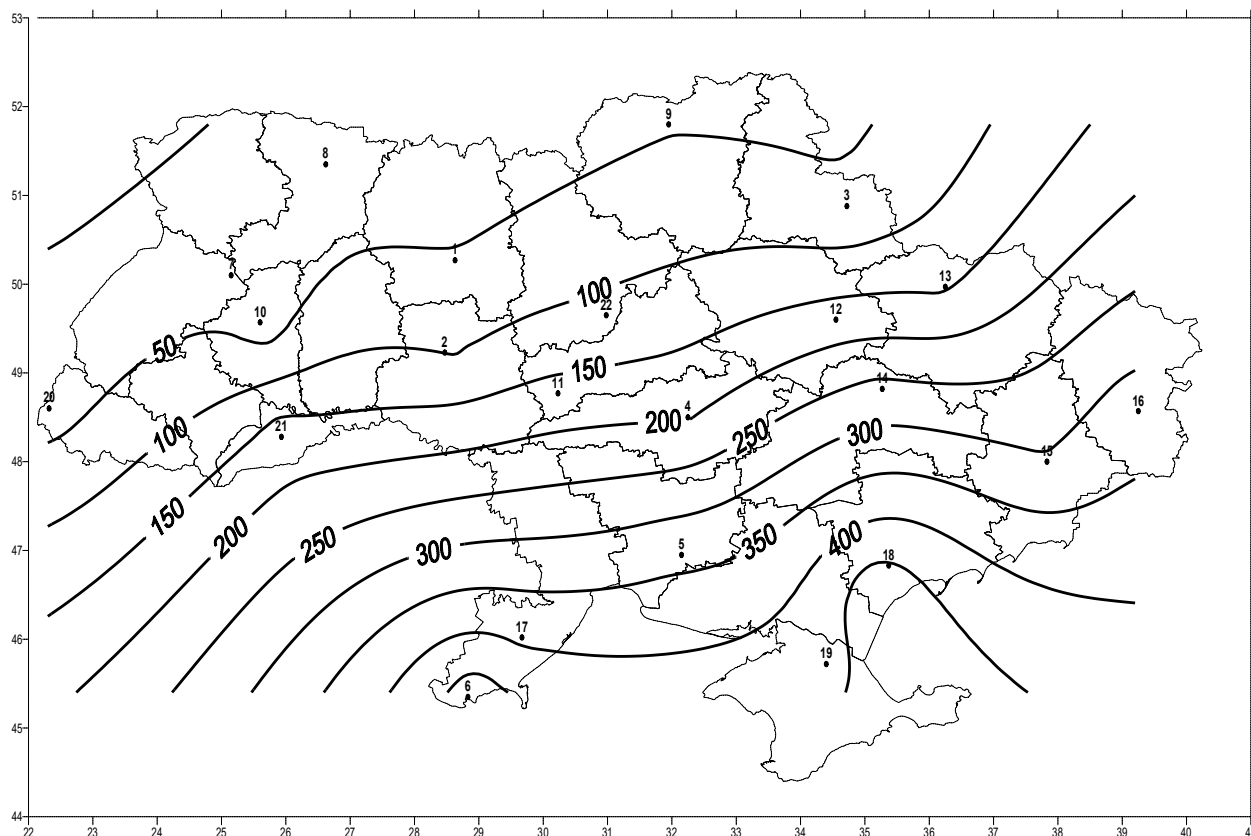


Рисунок В.37 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Літо. 1986-2005 рр. (сценарій А1В)

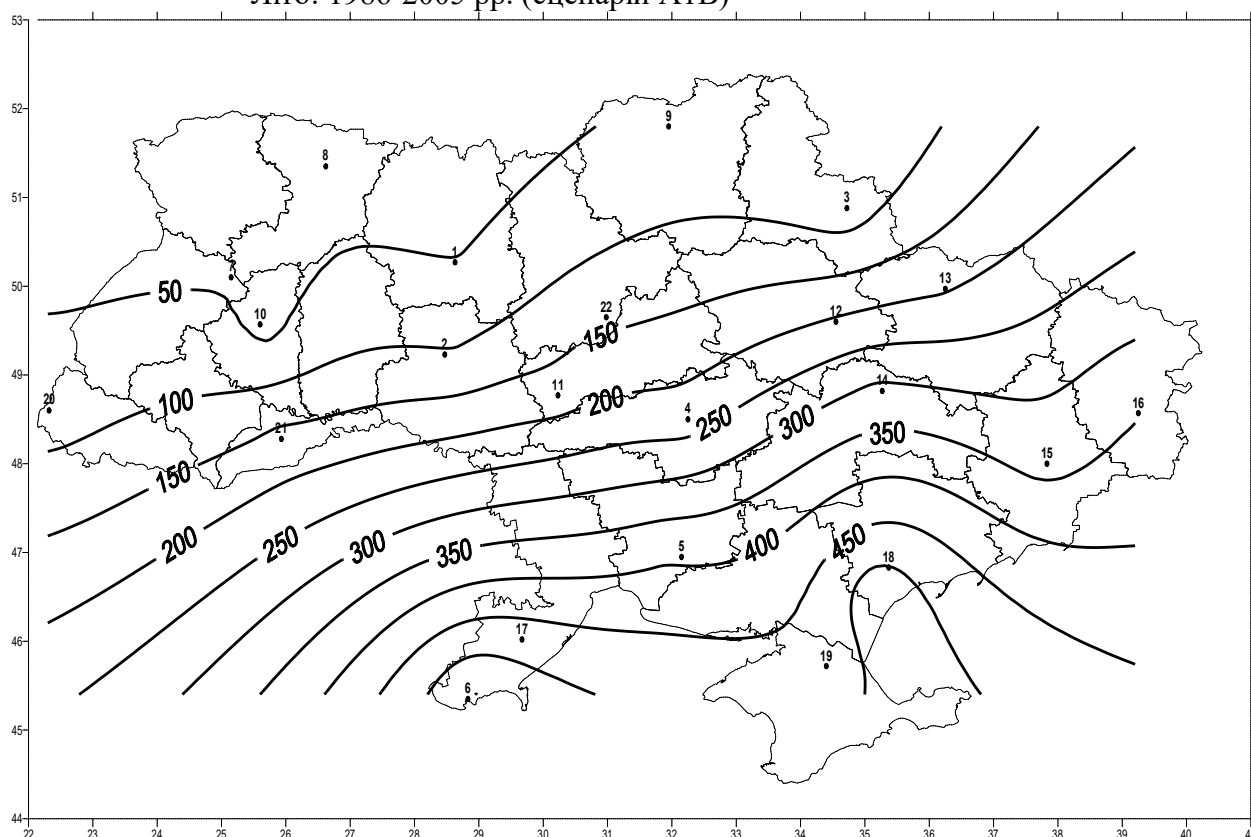


Рисунок В.38 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Літо. 2011-2030 рр. (сценарій А1В)

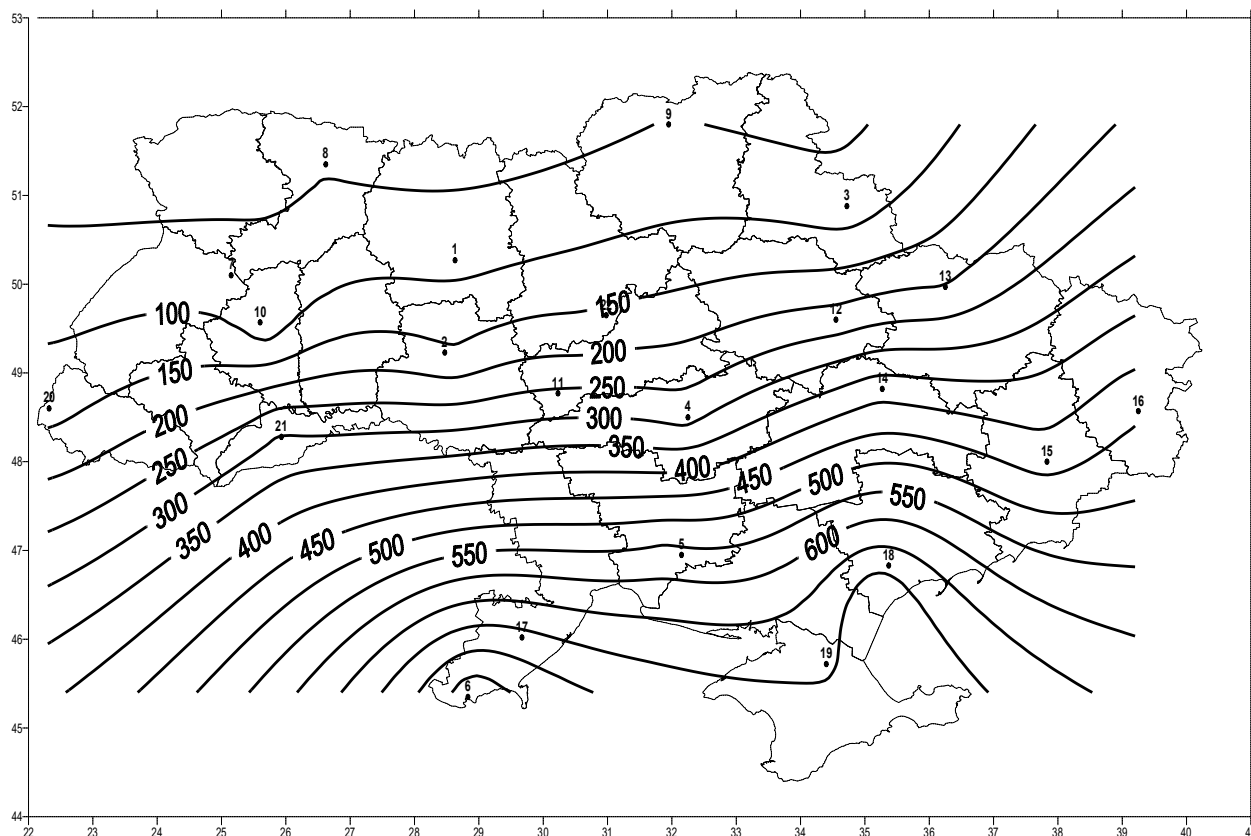


Рисунок В.39 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Літо. 2031-2050 рр. (сценарій А1В)

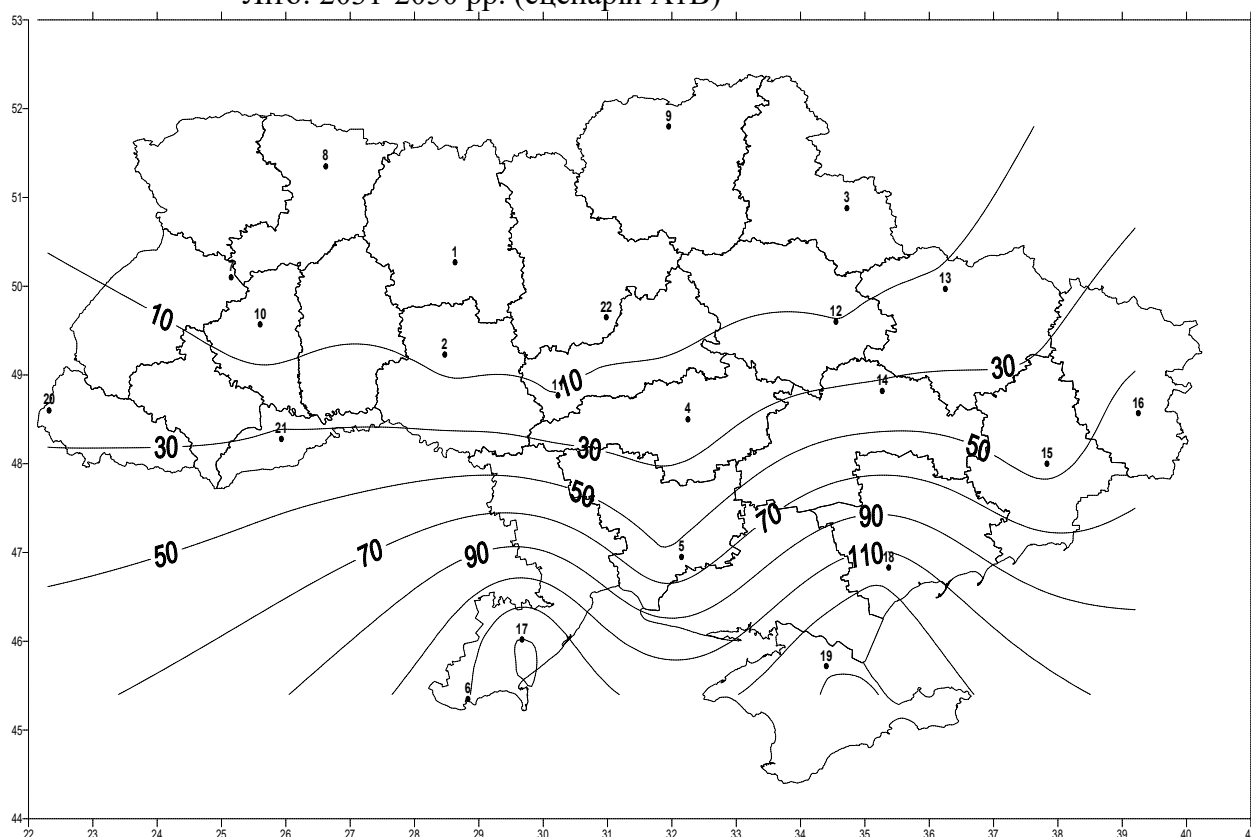


Рисунок В.40 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Літо. 1986-2005 рр. (сценарій А2)

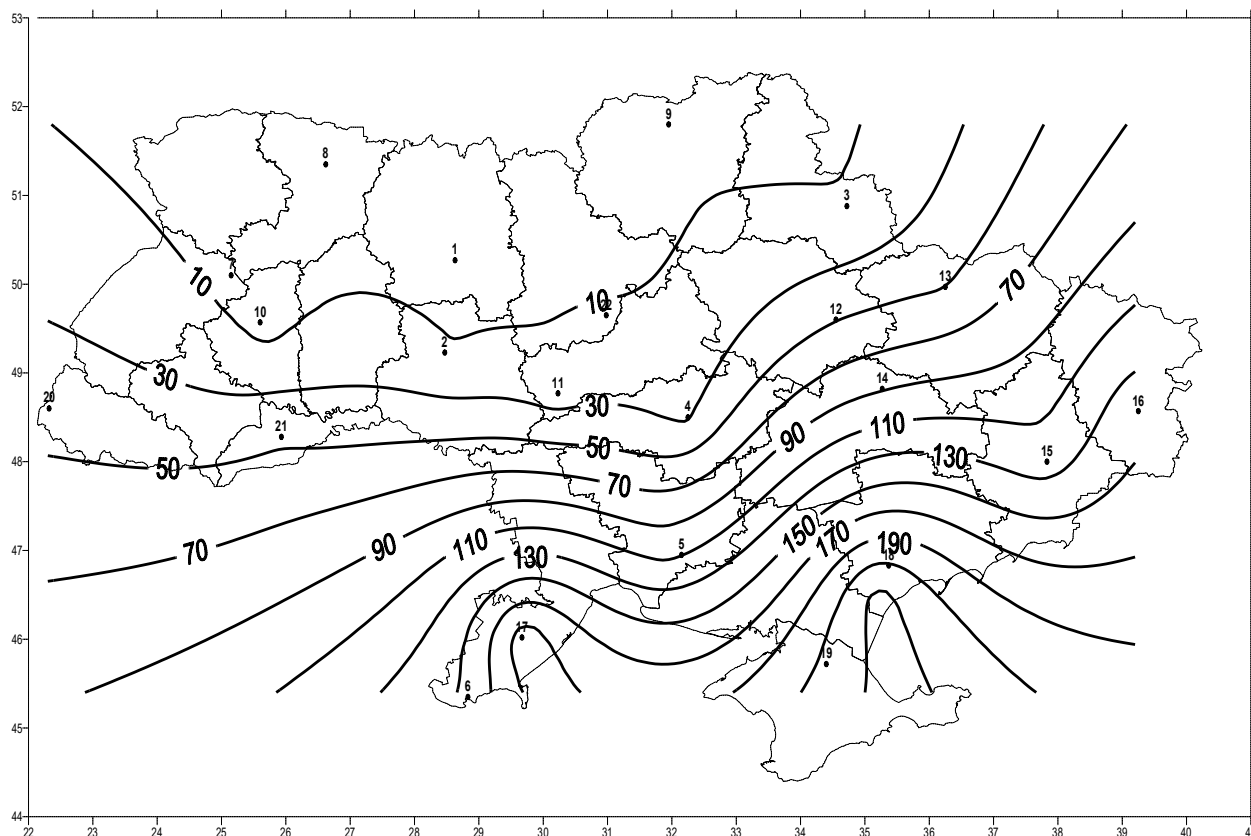


Рисунок В.41 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Літо. 2011-2030 рр. (сценарій А2)

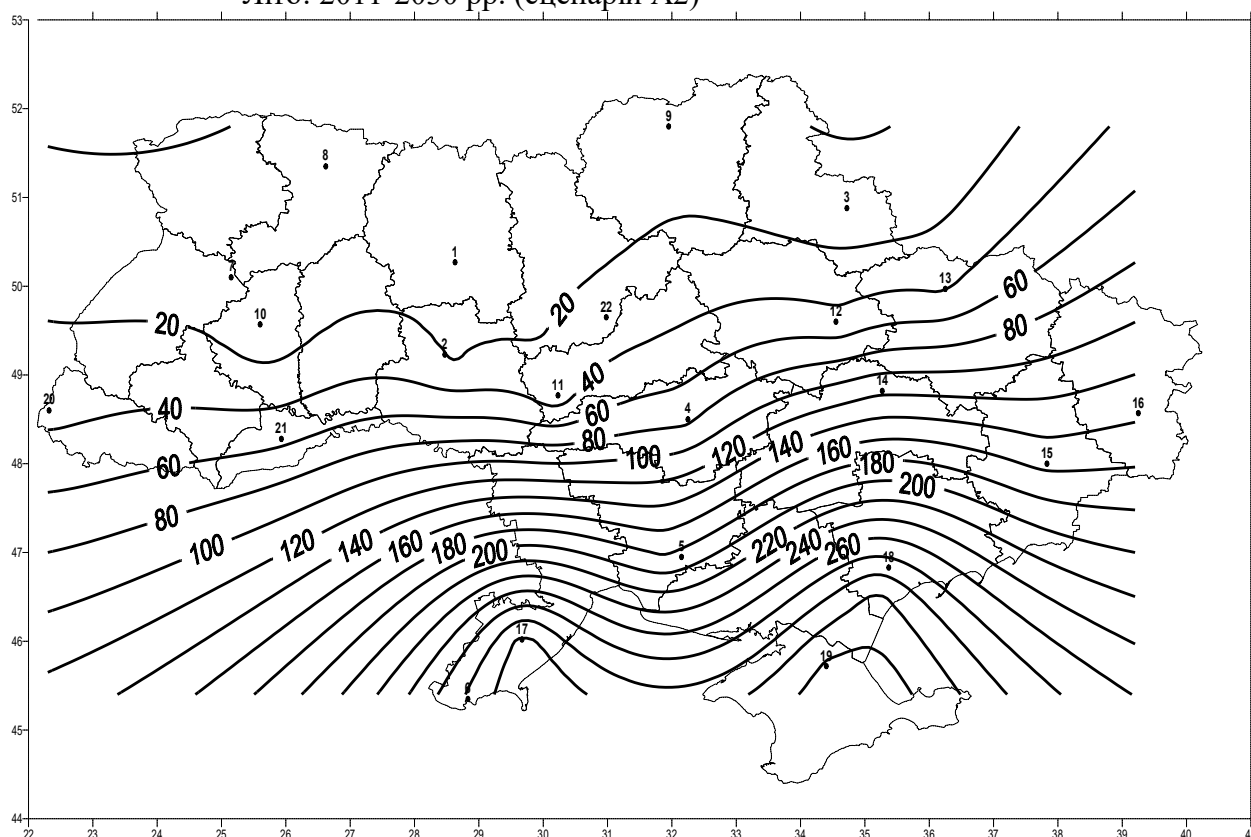


Рисунок В.42 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Літо. 2031-2050 рр. (сценарій А2)

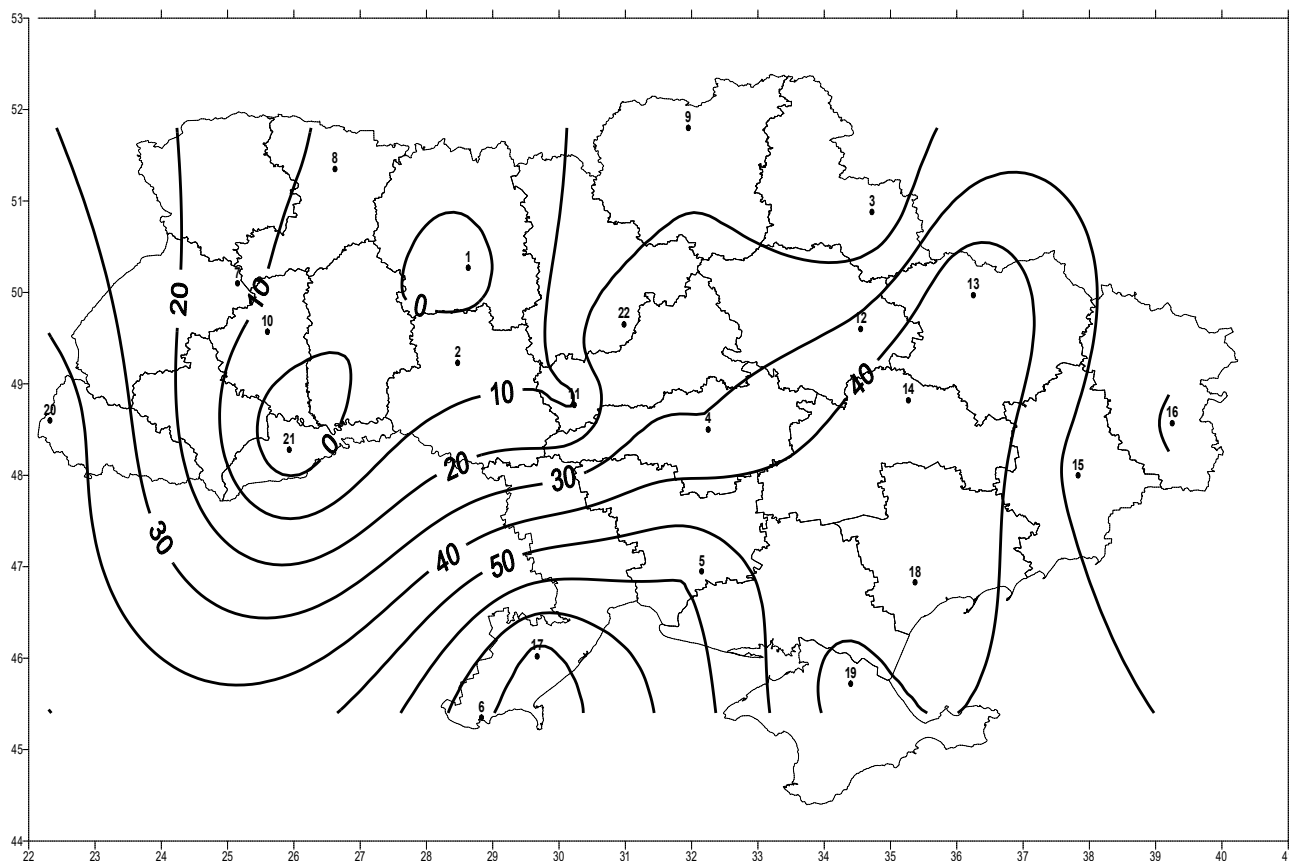


Рисунок В.43 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від першого періоду до другого. Літо (сценарій А1В)

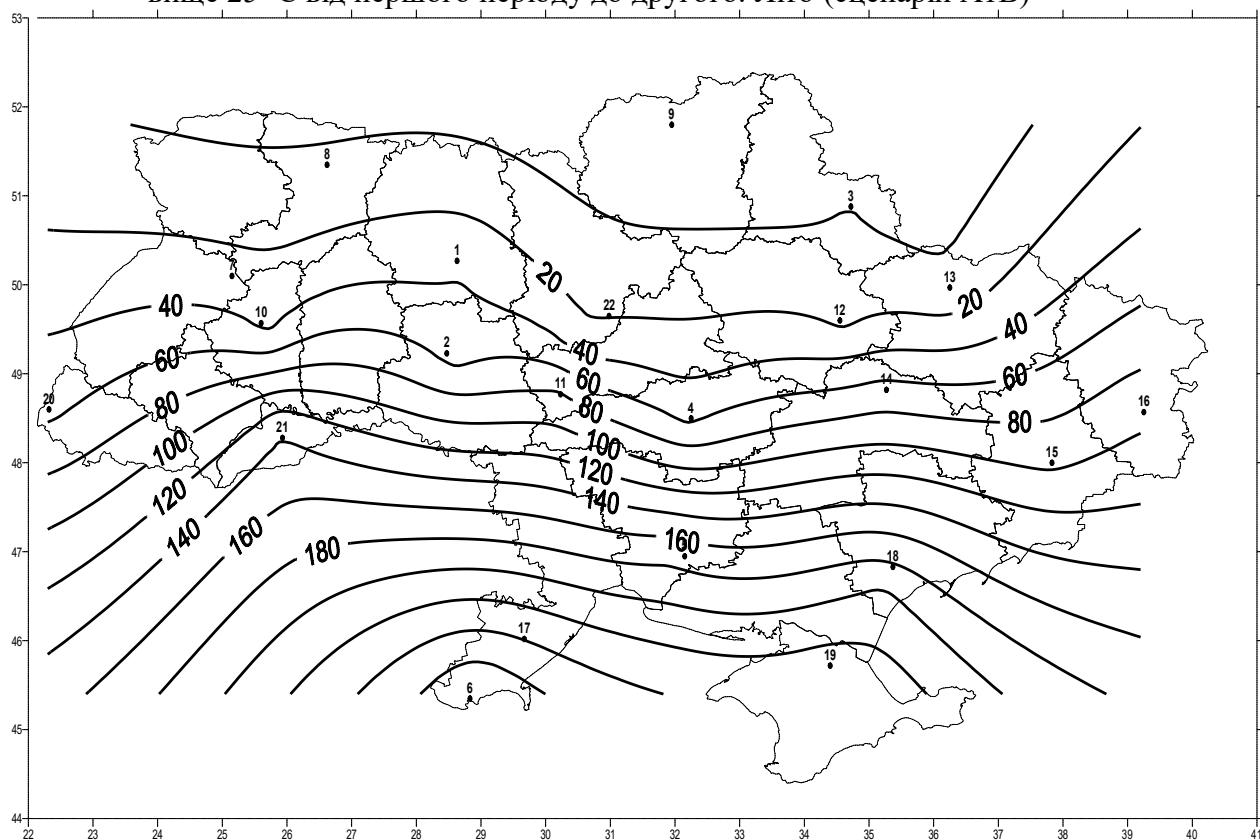


Рисунок В.44 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від другого періоду до третього. Літо (сценарій А1В)

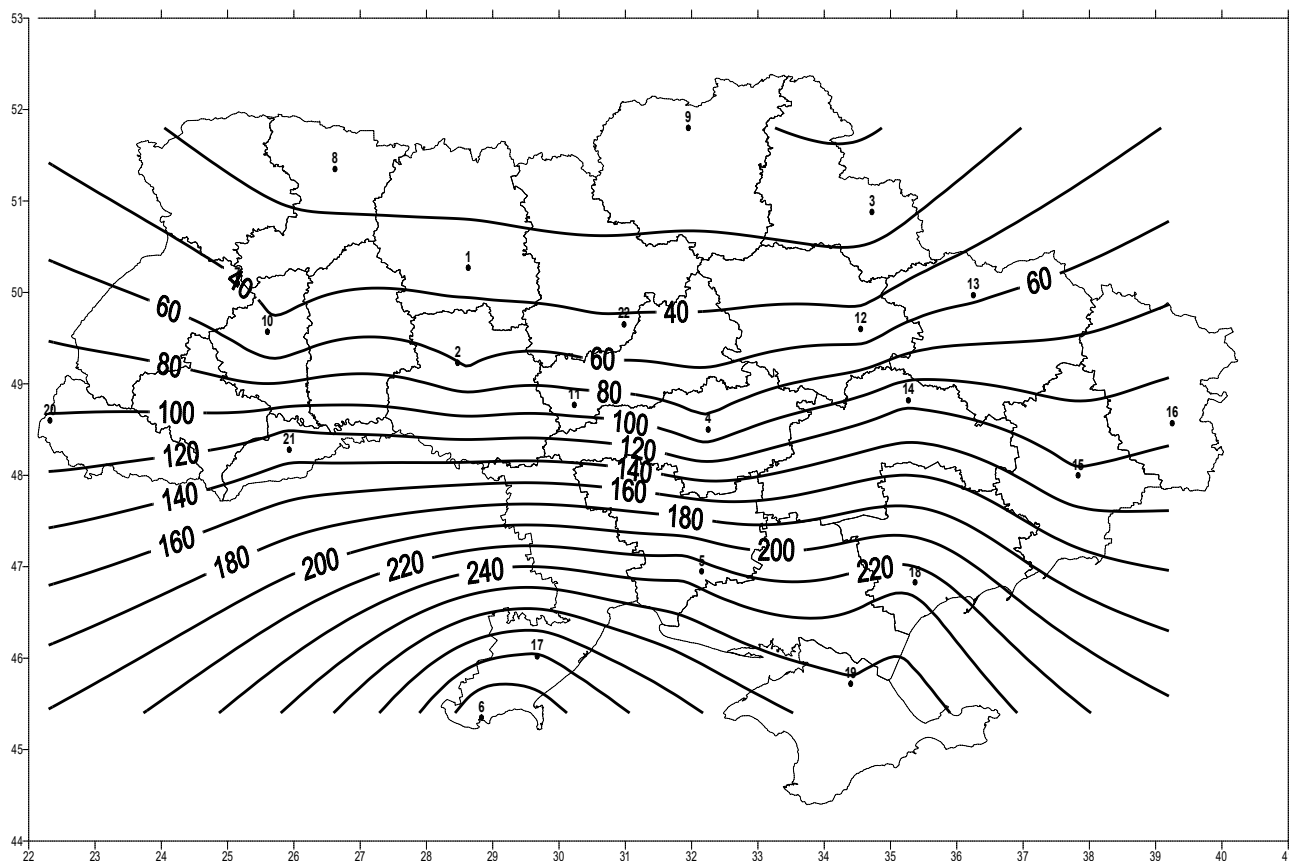


Рисунок В.45 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від першого періоду до третього. Літо (сценарій А1В)

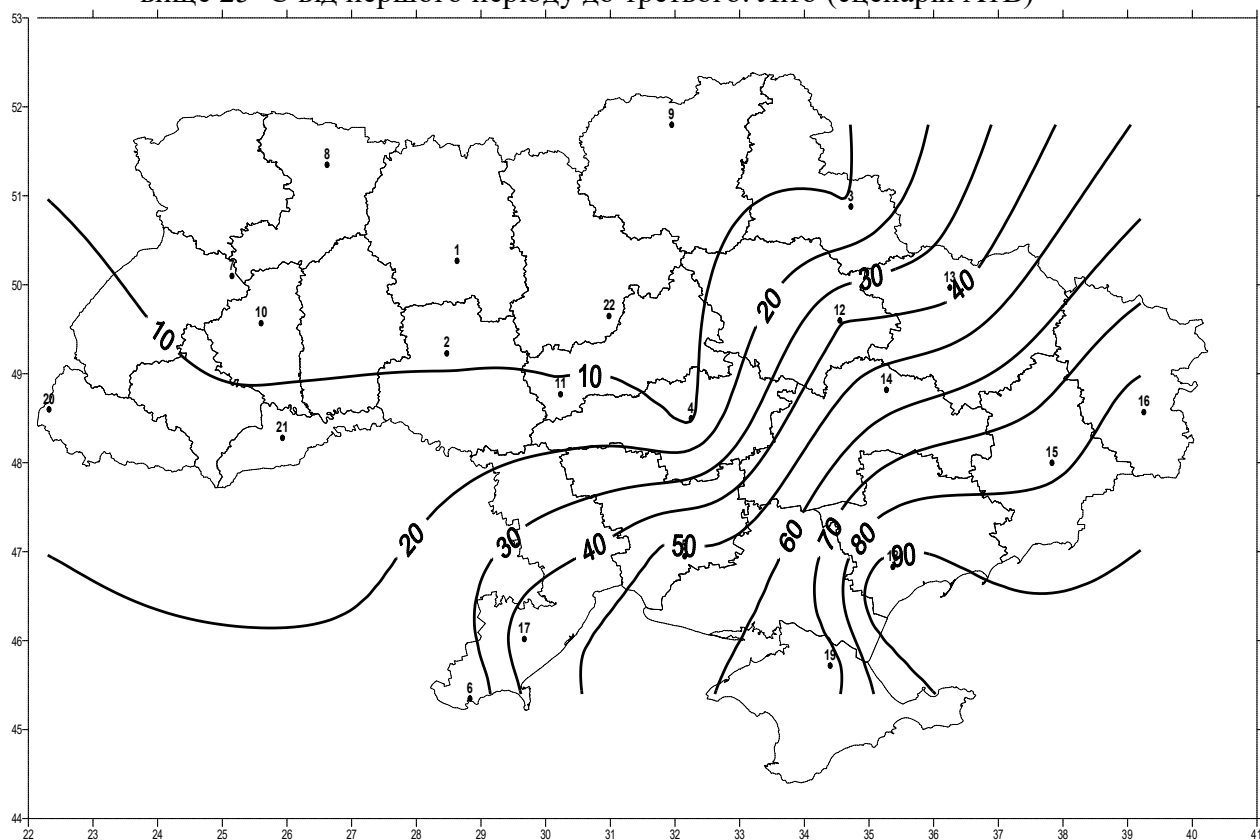


Рисунок В.46 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від першого періоду до другого. Літо (сценарій А2)



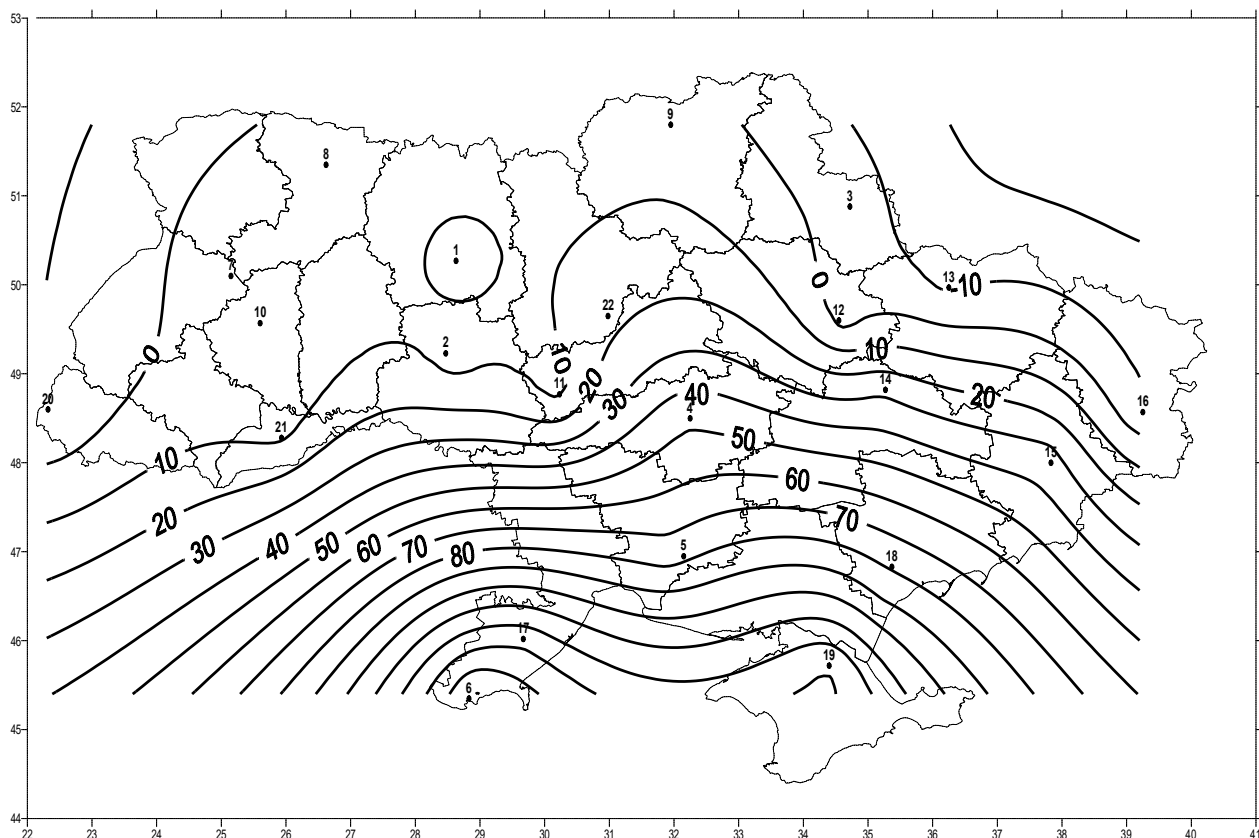


Рисунок В.47 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від другого періоду до третього. Літо (сценарій А2)

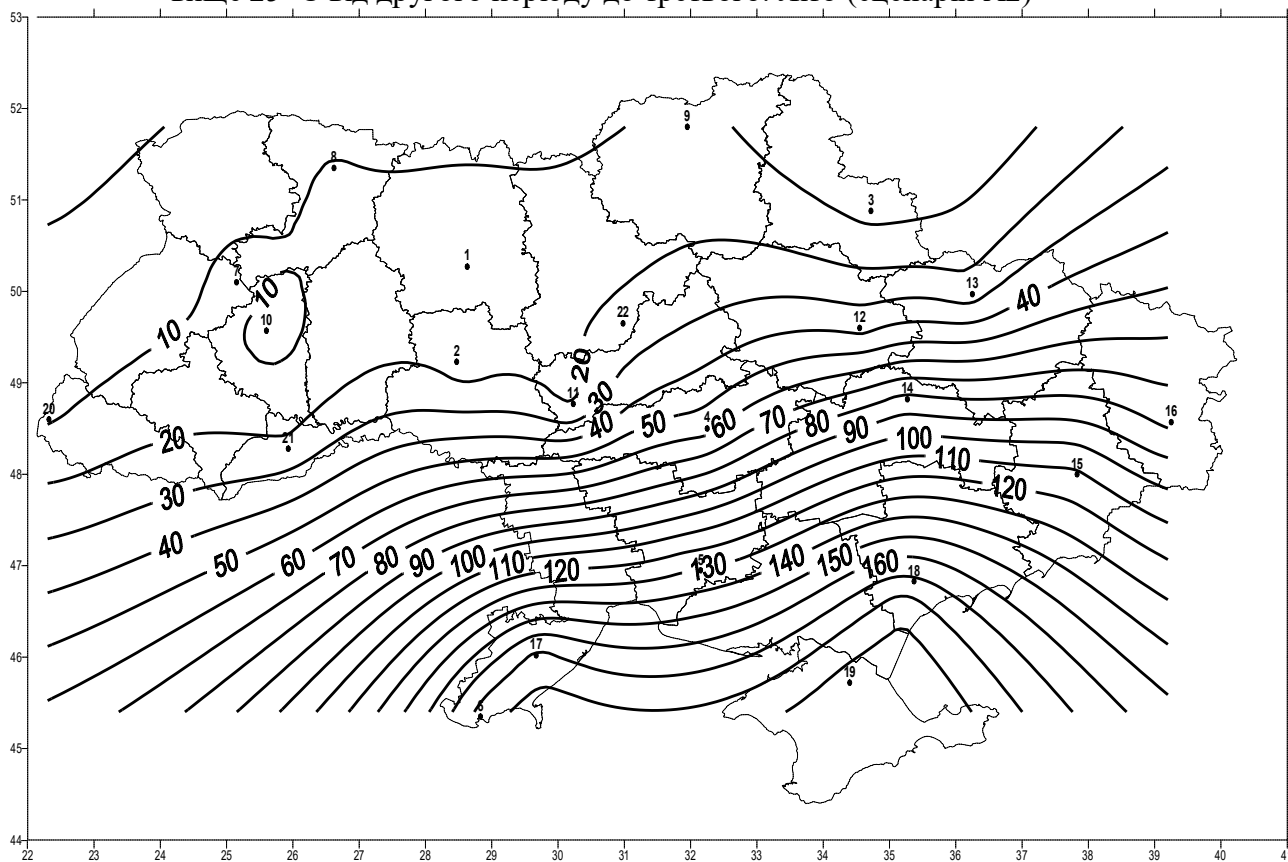


Рисунок В.48 – Зміни кількості днів з середньою добовою температурою вище 25 °С від першого періоду до третього. Літо (сценарій А2)

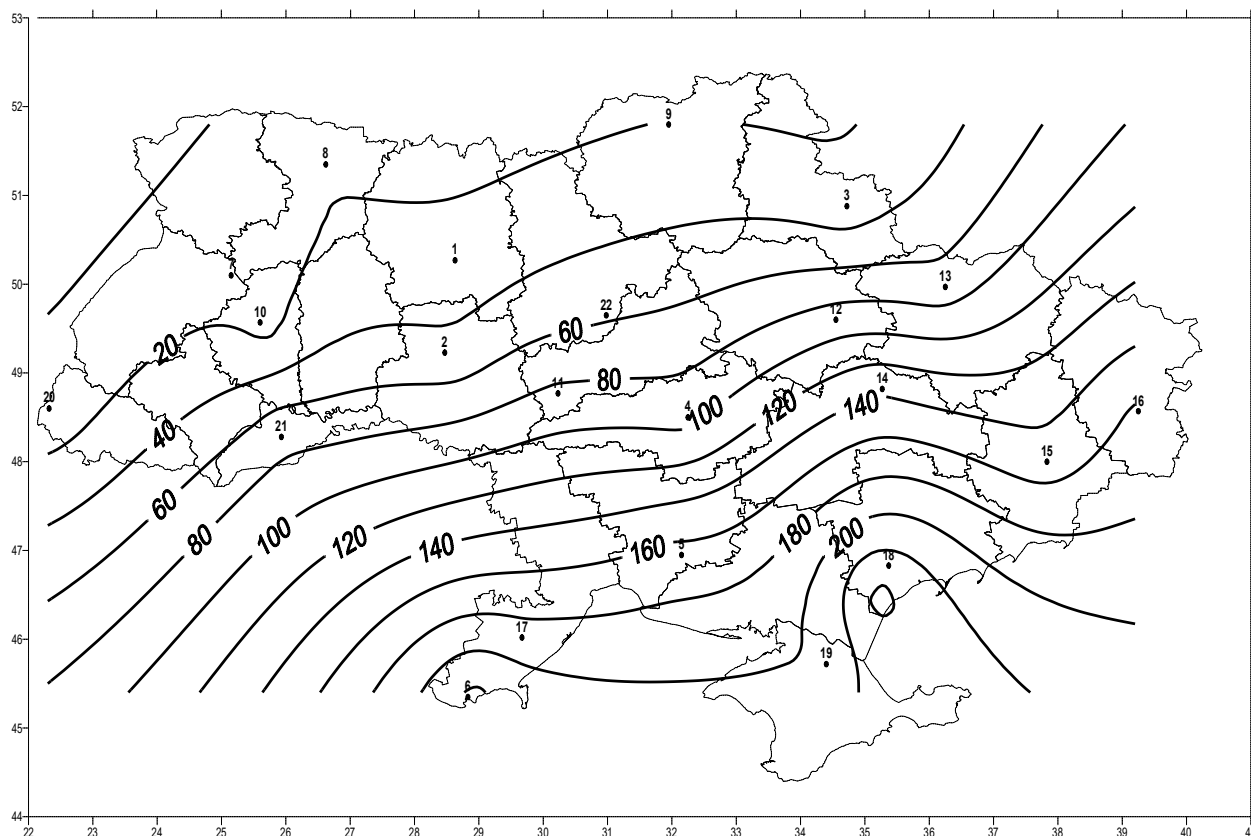


Рисунок В.49 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Липень. 1986-2005 рр. (сценарій А1В)

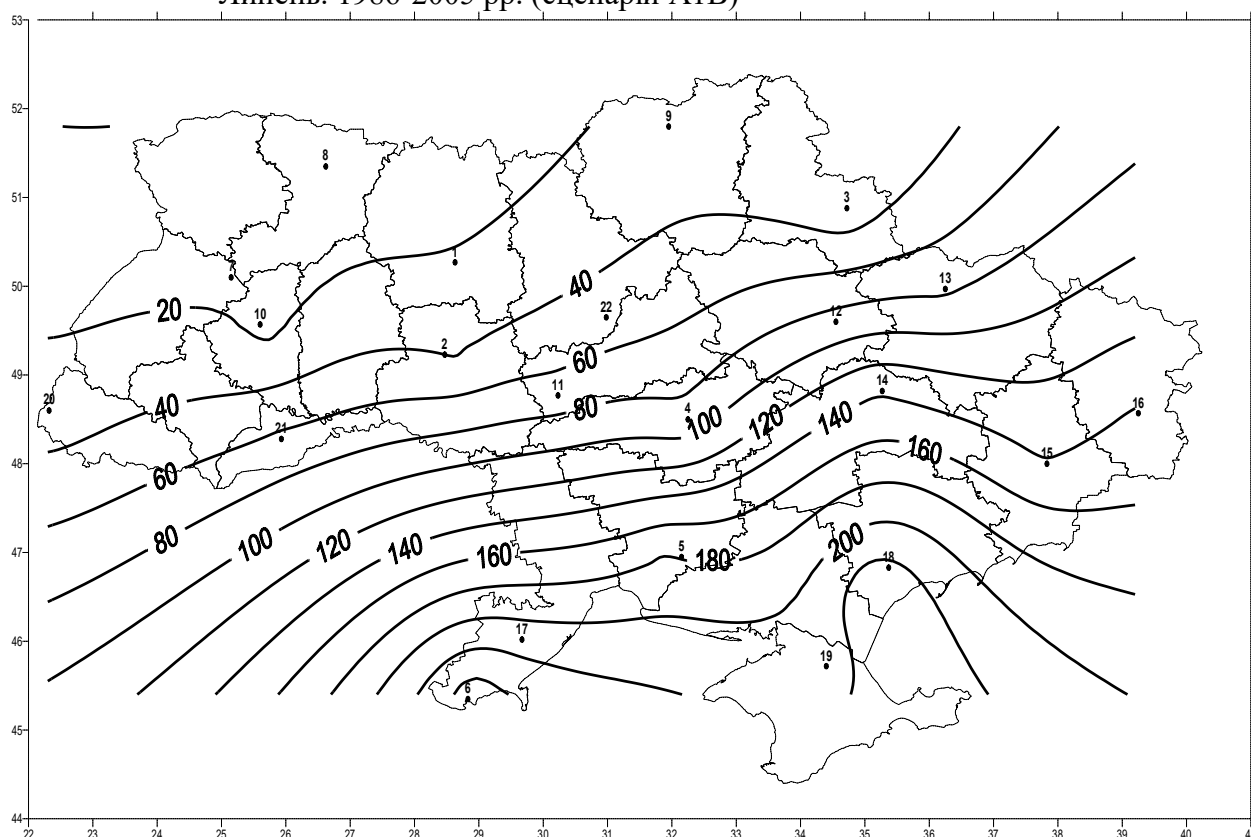


Рисунок В.50 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Липень. 2011-2030 рр. (сценарій А1В)

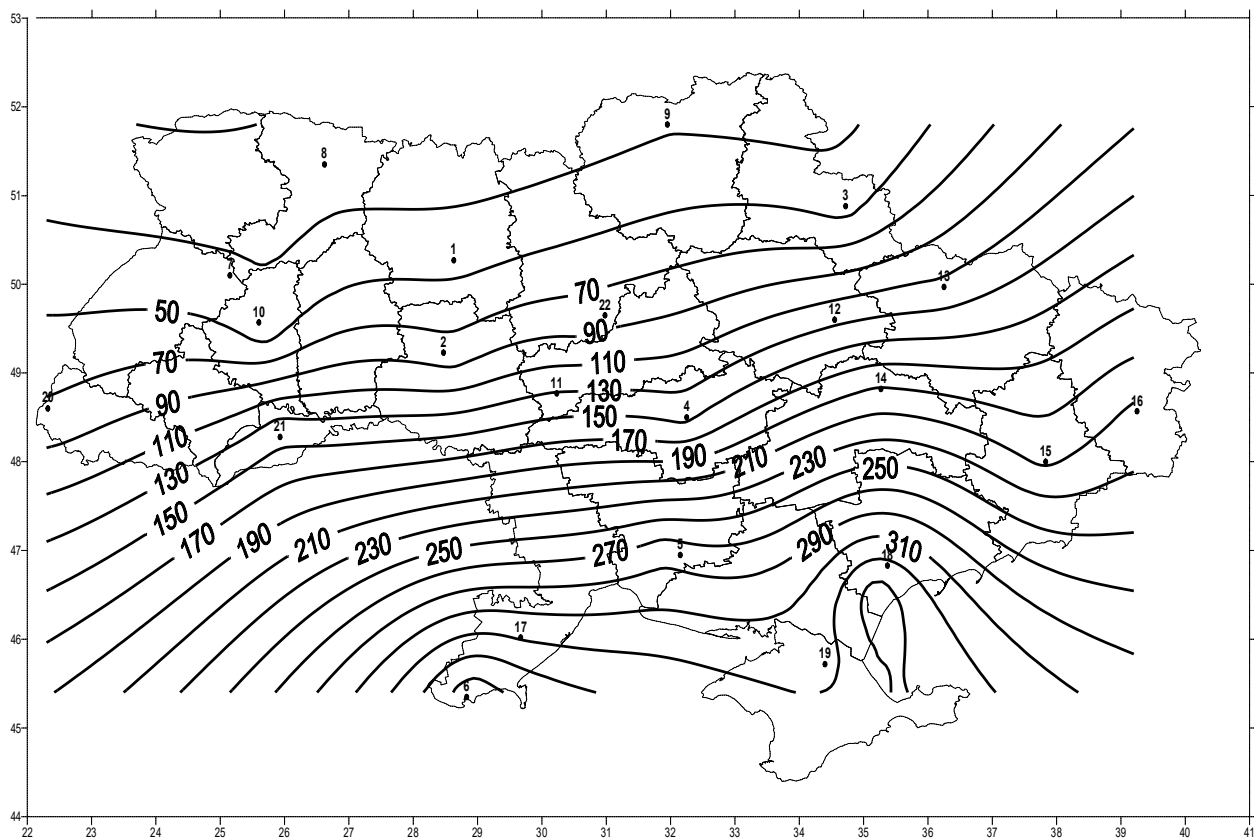


Рисунок В.51 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Липень. 2031-2050 рр. (сценарій А1В)

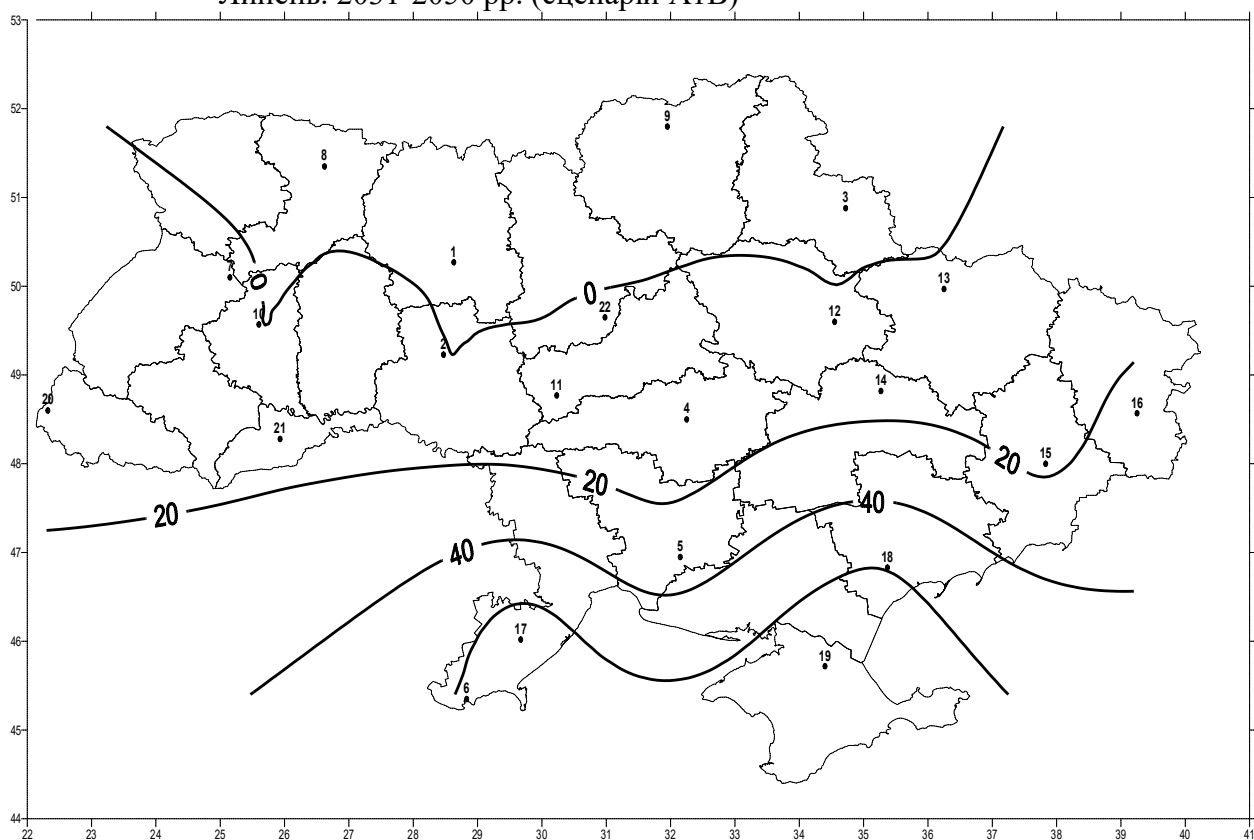


Рисунок В.52 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Липень. 1986-2005 рр. (сценарій А2)

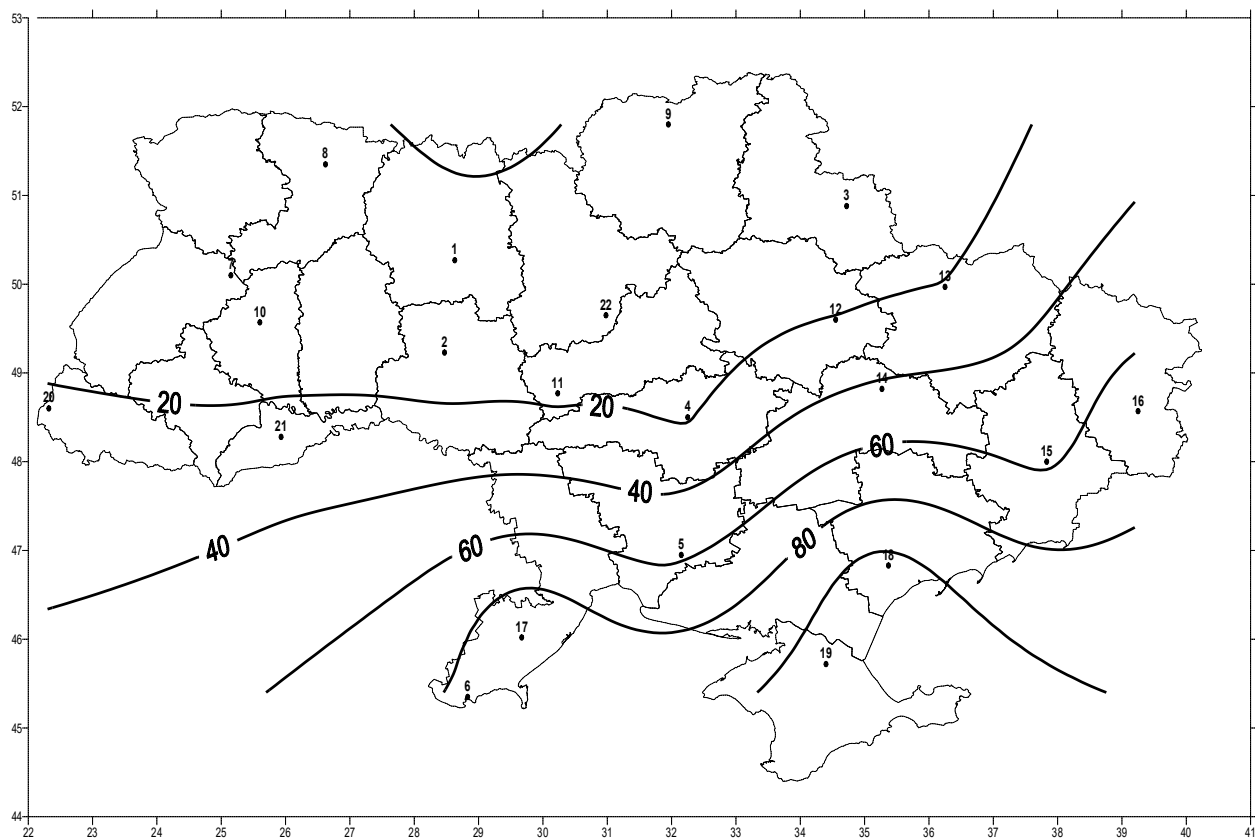


Рисунок В.53 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Липень. 2011-2030 рр. (сценарій А2)

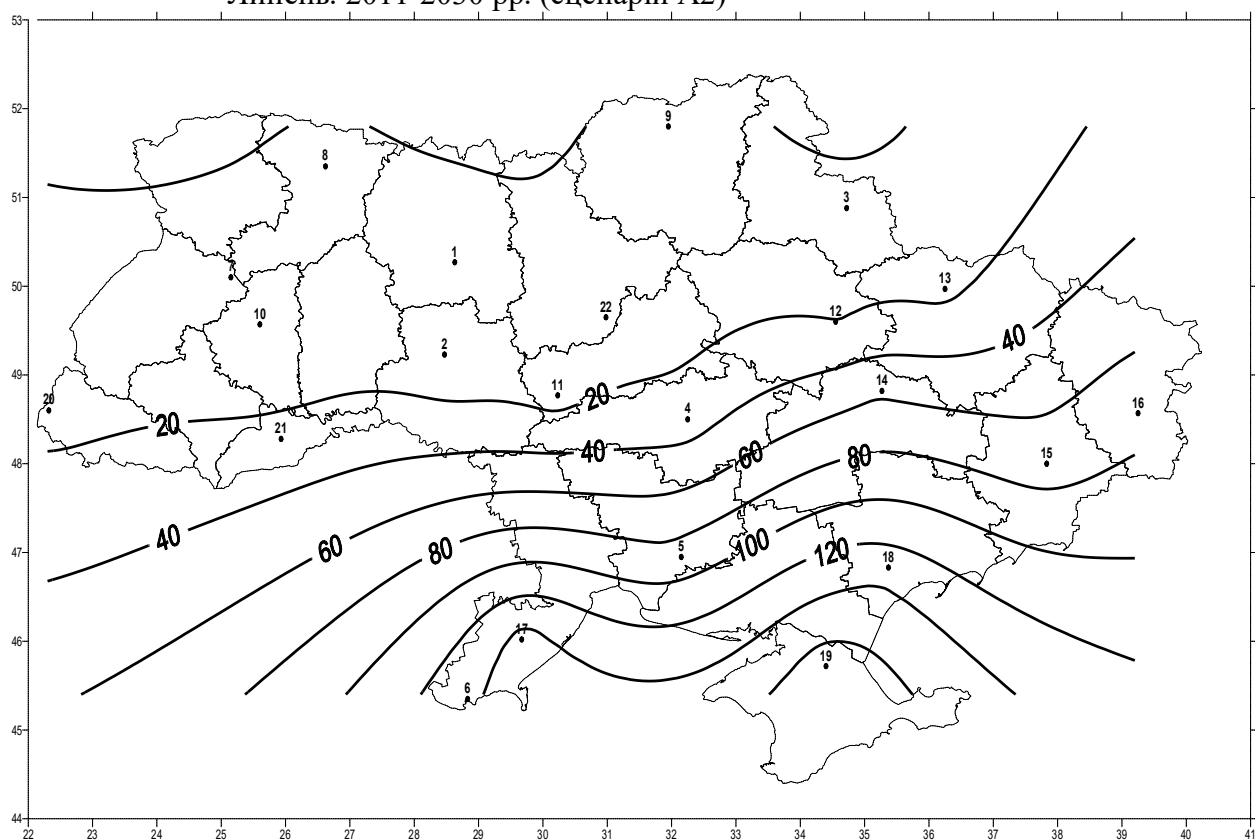
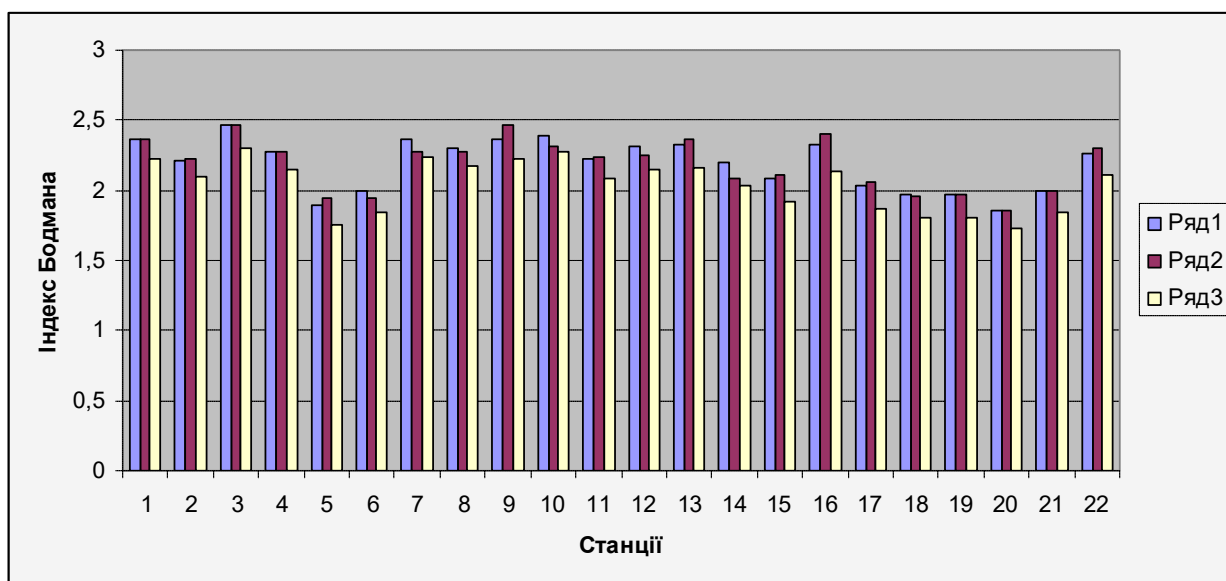
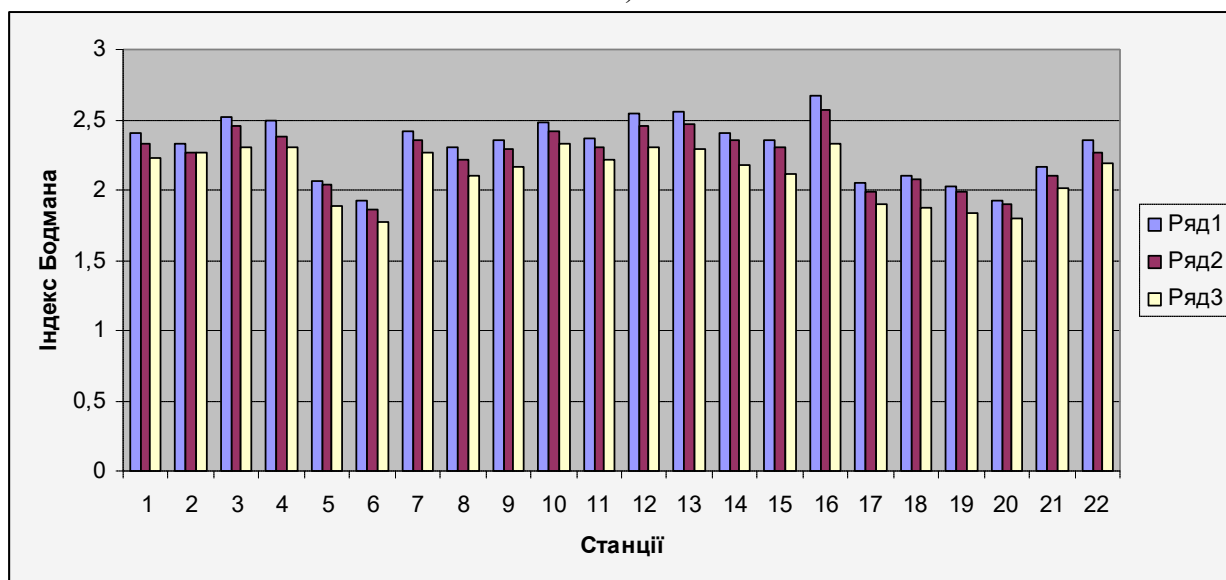


Рисунок В.54 – Кількість днів з середньою добовою температурою  $> 25^{\circ}\text{C}$ .  
Липень. 2031-2050 рр. (сценарій А2)



а)



б)

Ряд 1 –  $S$  за 1986-2005 рр.; Ряд 2 –  $S$  – за 2011-2030 рр.; Ряд 3 –  $S$  – 2031-2050 рр.  
1-22 – номери досліджуваних станцій

Рисунок В.55 – Індекс Бодмана для сценаріїв А1В (а) і А2 (б). Зима

## ДОДАТОК Г

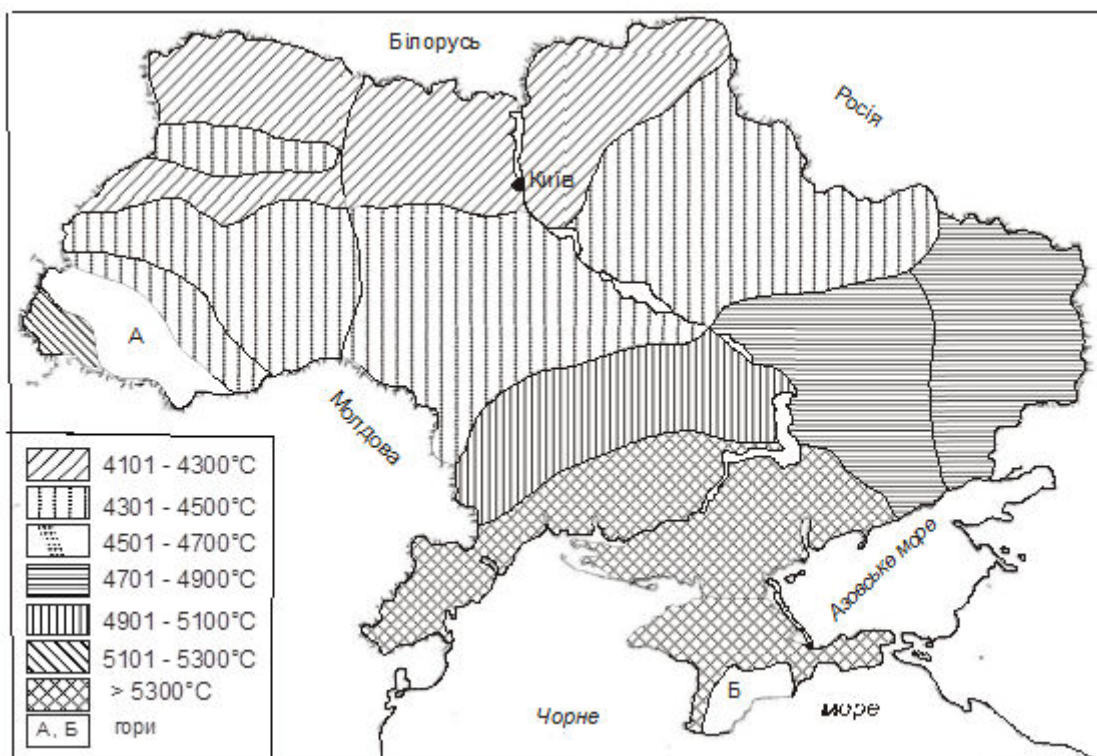


Рисунок Г1 – Розподіл сум температур повітря вище 5 °C за кліматичним сценарієм *GFDL-30 %* за період 2011 – 2030 рр.

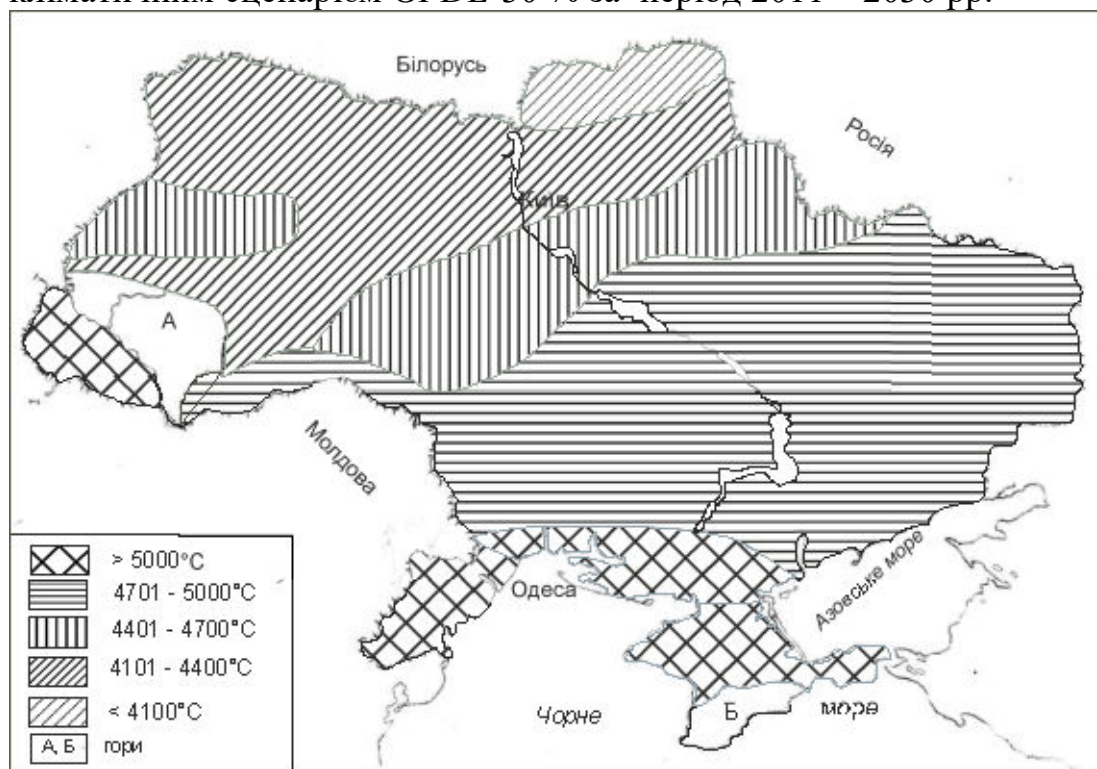


Рисунок Г2 – Розподіл сум температур повітря вище 5 °C за кліматичним сценарієм *GFDL-30 %* за період 2031 – 2050 рр.



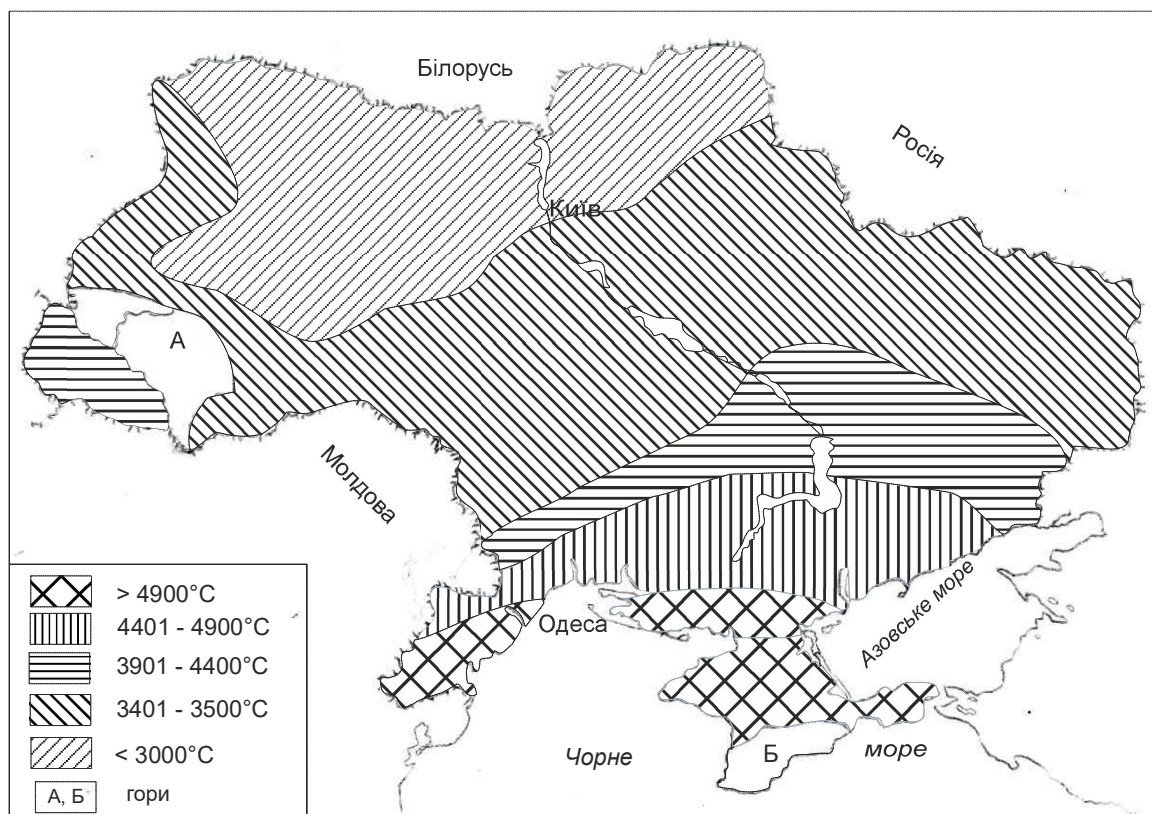


Рисунок Г3 – Розподіл сум температур повітря вище 5 °C за кліматичним сценарієм A1B за період 2011 – 2030 рр.

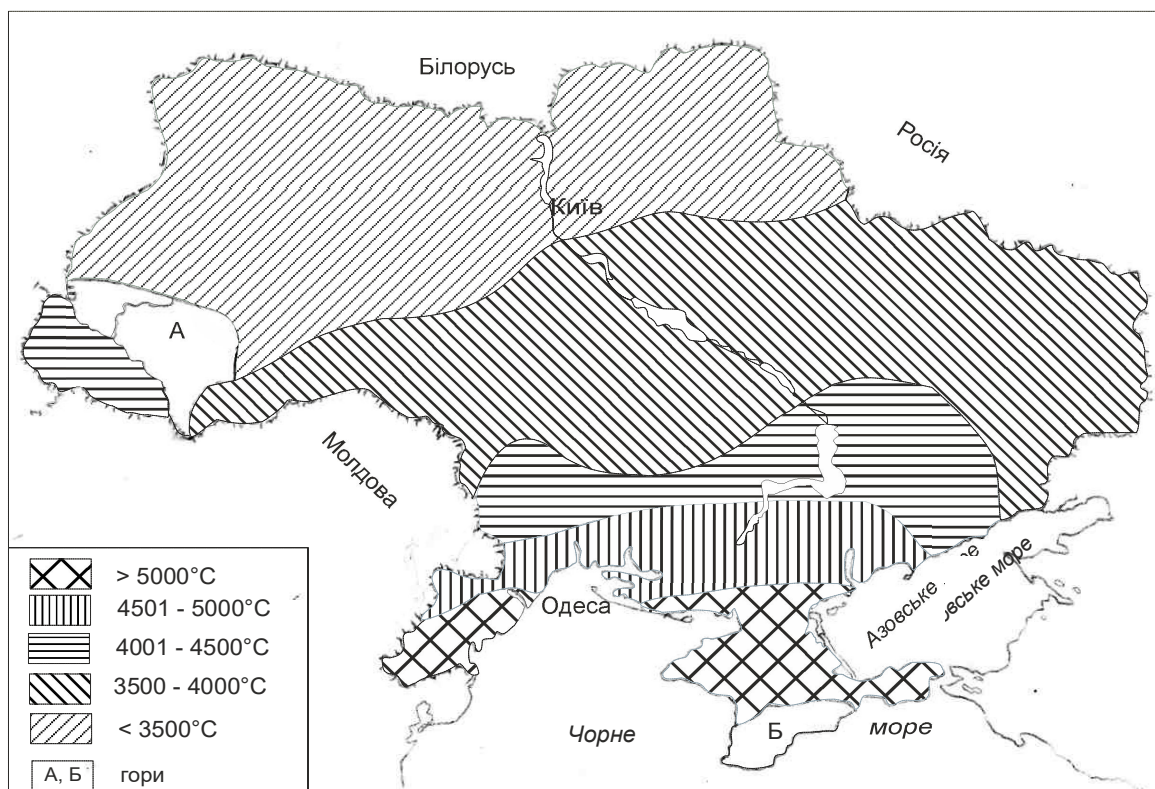


Рисунок Г4 – Розподіл сум температур повітря вище 5 °C за кліматичним сценарієм A1B за період 2031 – 2050 рр.

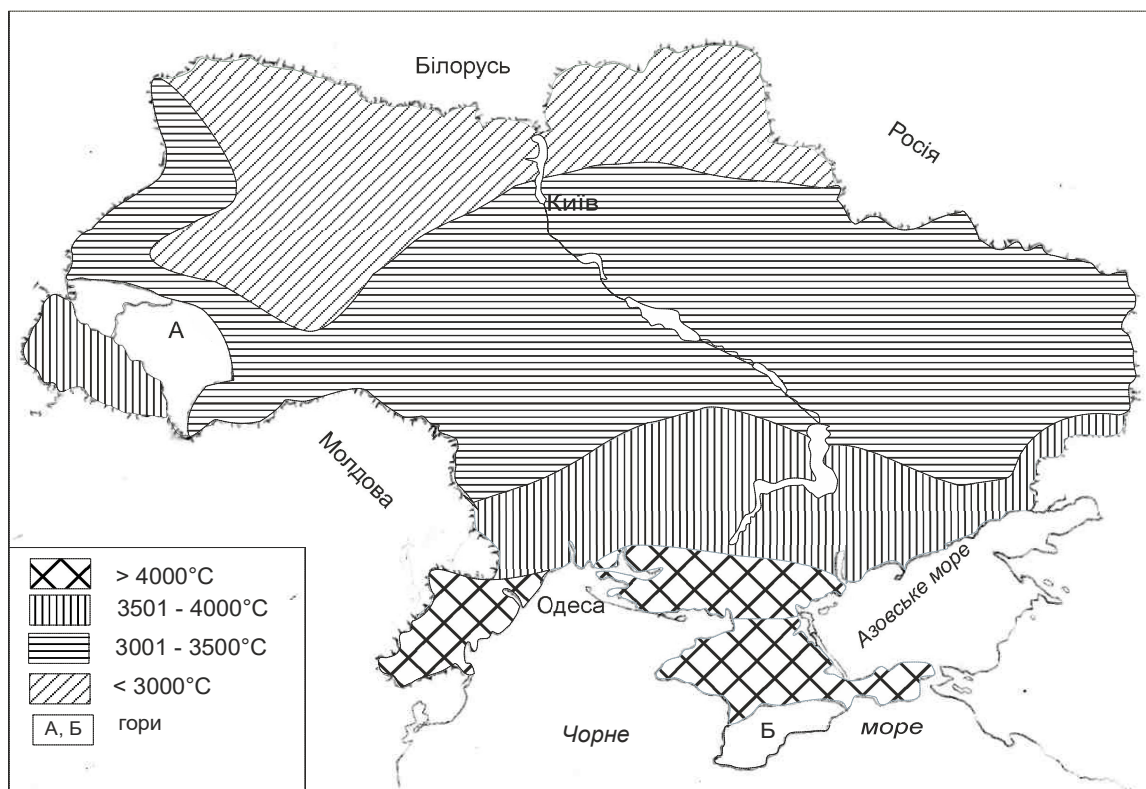


Рисунок Г5 – Розподіл сум температур повітря вище 5 °C за кліматичним сценарієм А2 за період 2011 – 2030 рр.

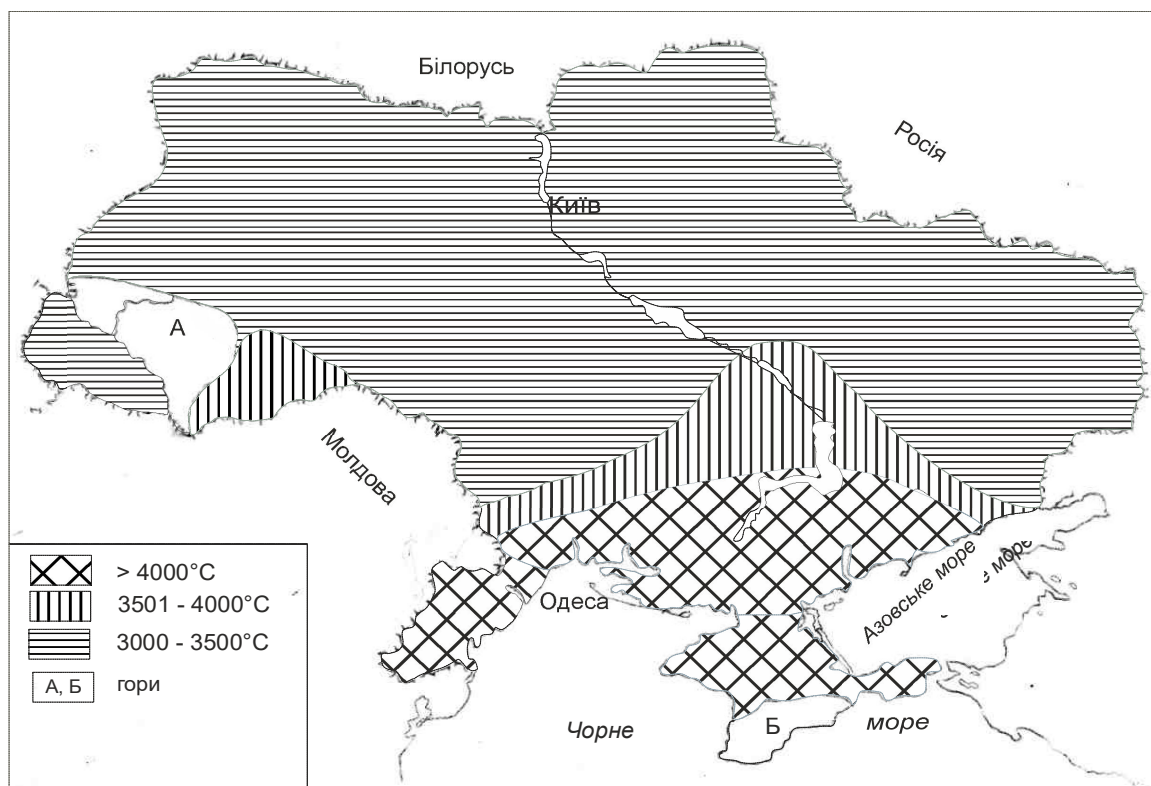


Рисунок Г6 – Розподіл сум температур повітря вище 5 °C за кліматичним сценарієм А2 період 2031 – 2050 рр.



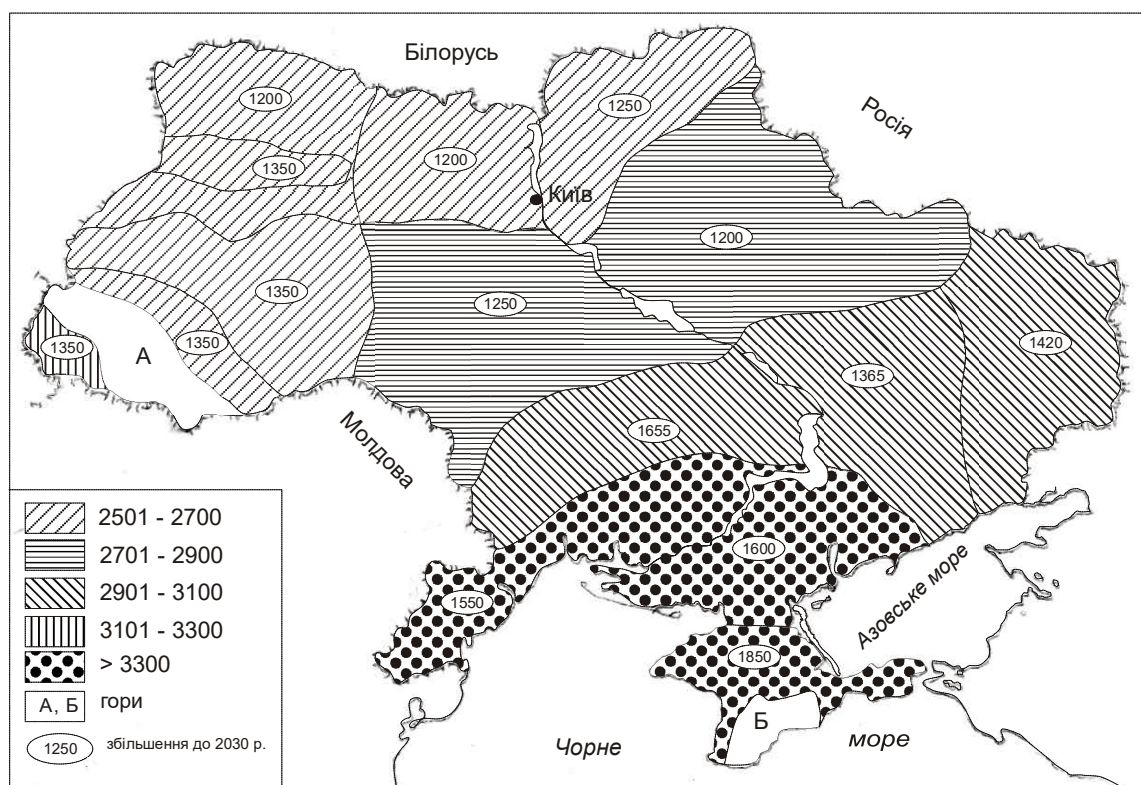


Рисунок Г7 – Середня багаторічна сума температур вище 10°C за період 1986 – 2005 рр.

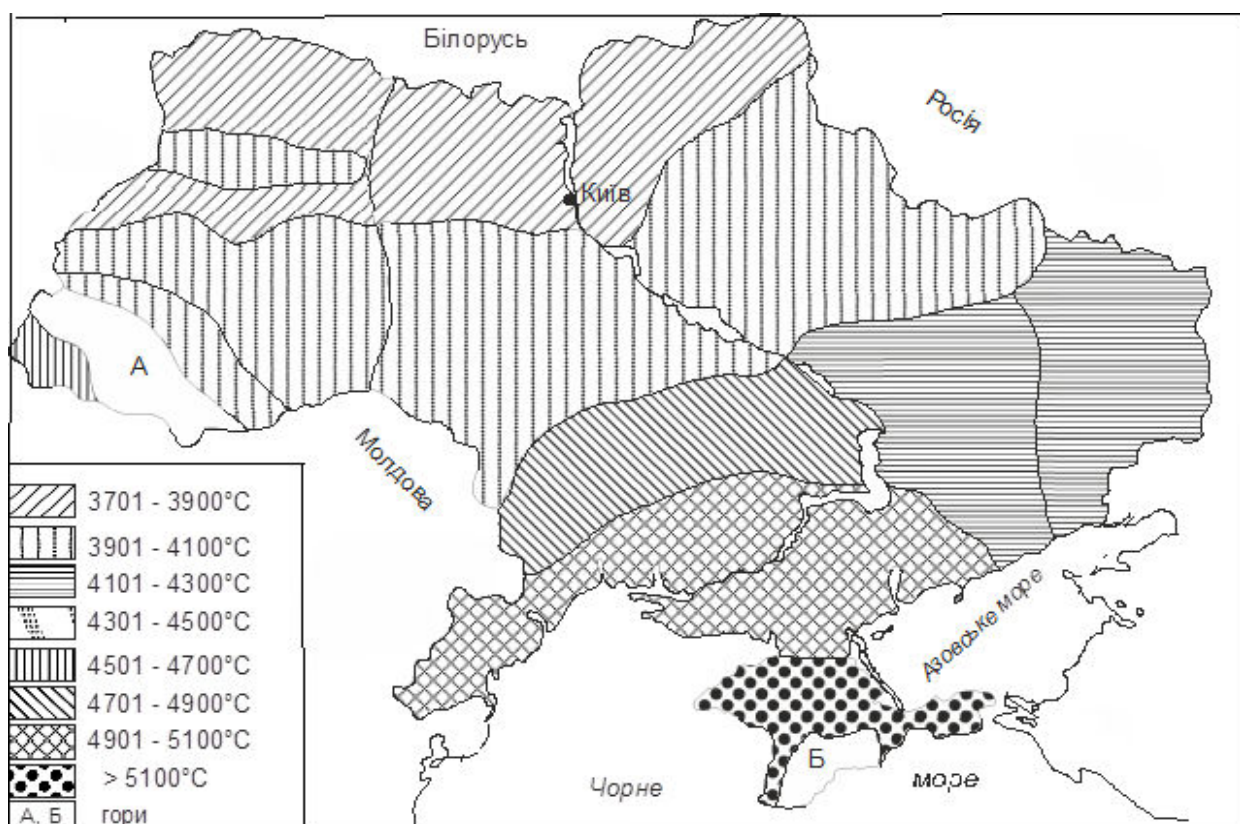


Рисунок Г8 – Сума температур повітря вище 10 °C за кліматичним сценарієм *GFDL-30%* на період 2011–2030 рр.

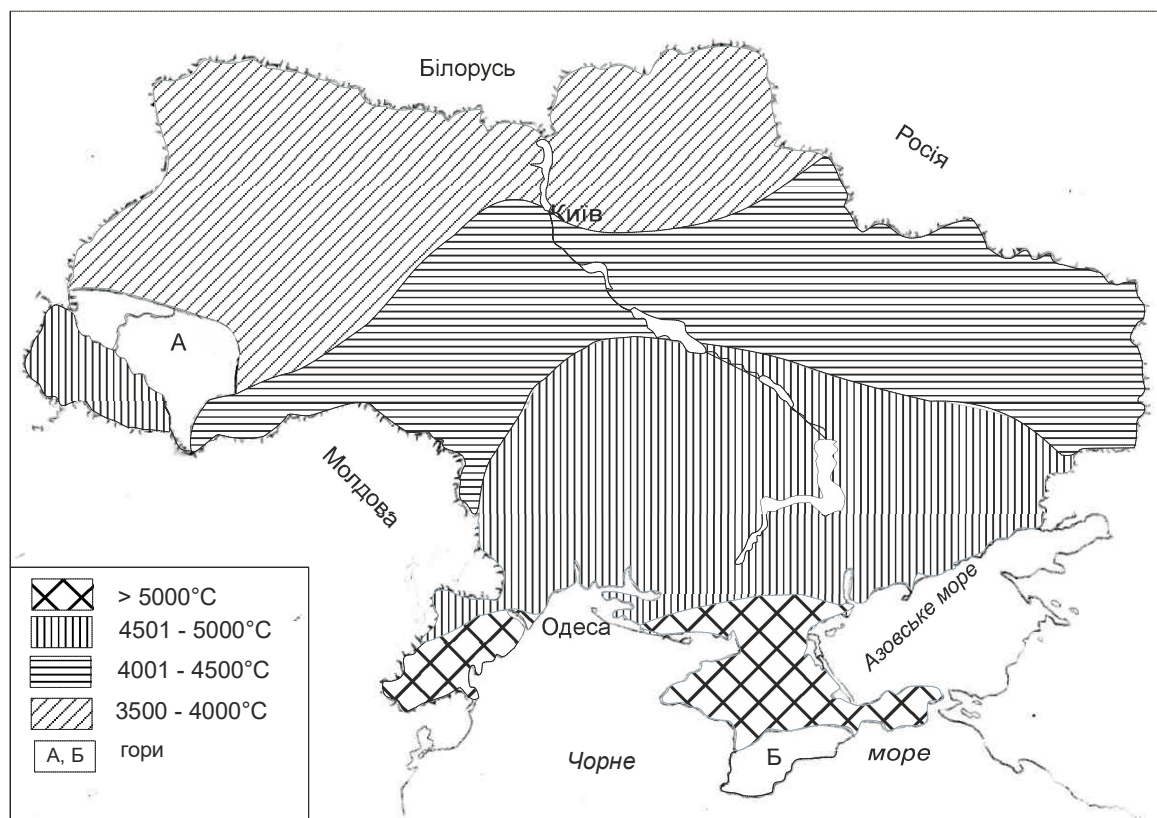


Рисунок Г9 – Сума температур повітря вище 10 °C за кліматичним сценарієм *GFDL-30%* за період 2031–2050 рр.

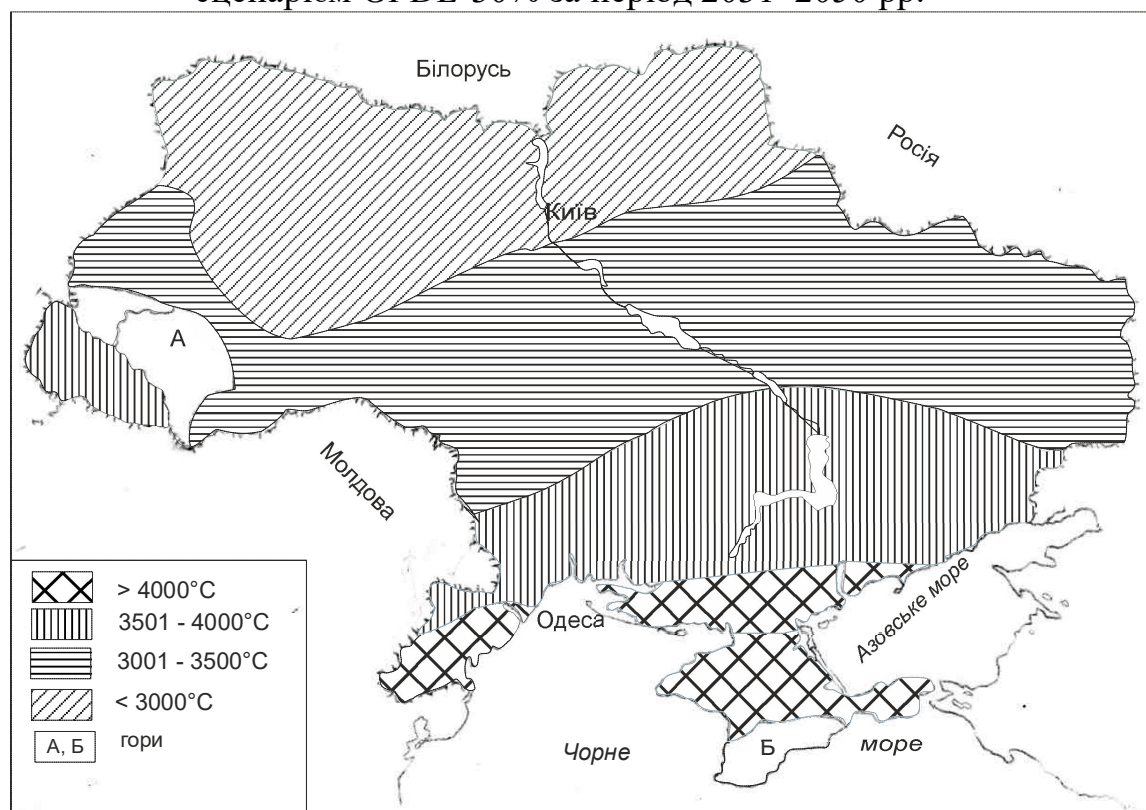


Рисунок Г10 – Сума температур повітря вище 10 °C за кліматичним сценарієм *A1B* за період 2011–2030 рр.

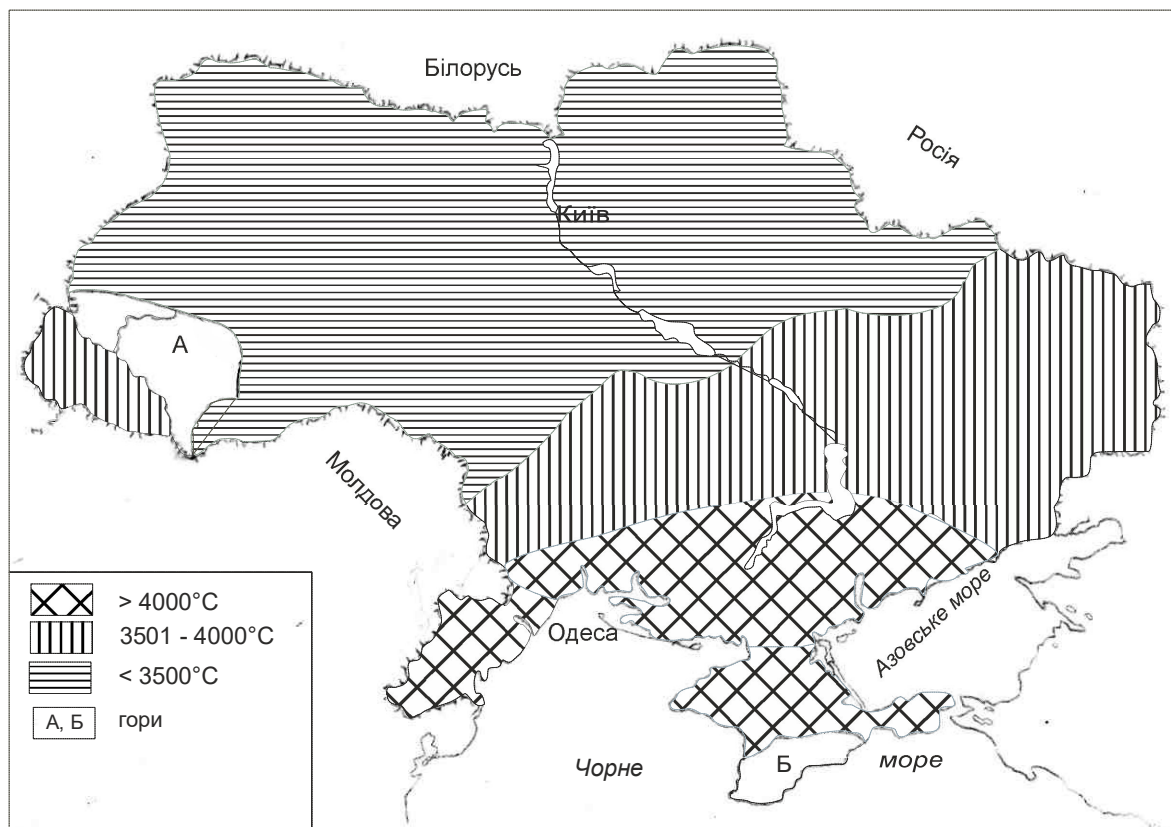


Рисунок Г11 – Сума температур повітря вище 10 °C за кліматичним сценарієм А1В за період 2031–2050 рр.

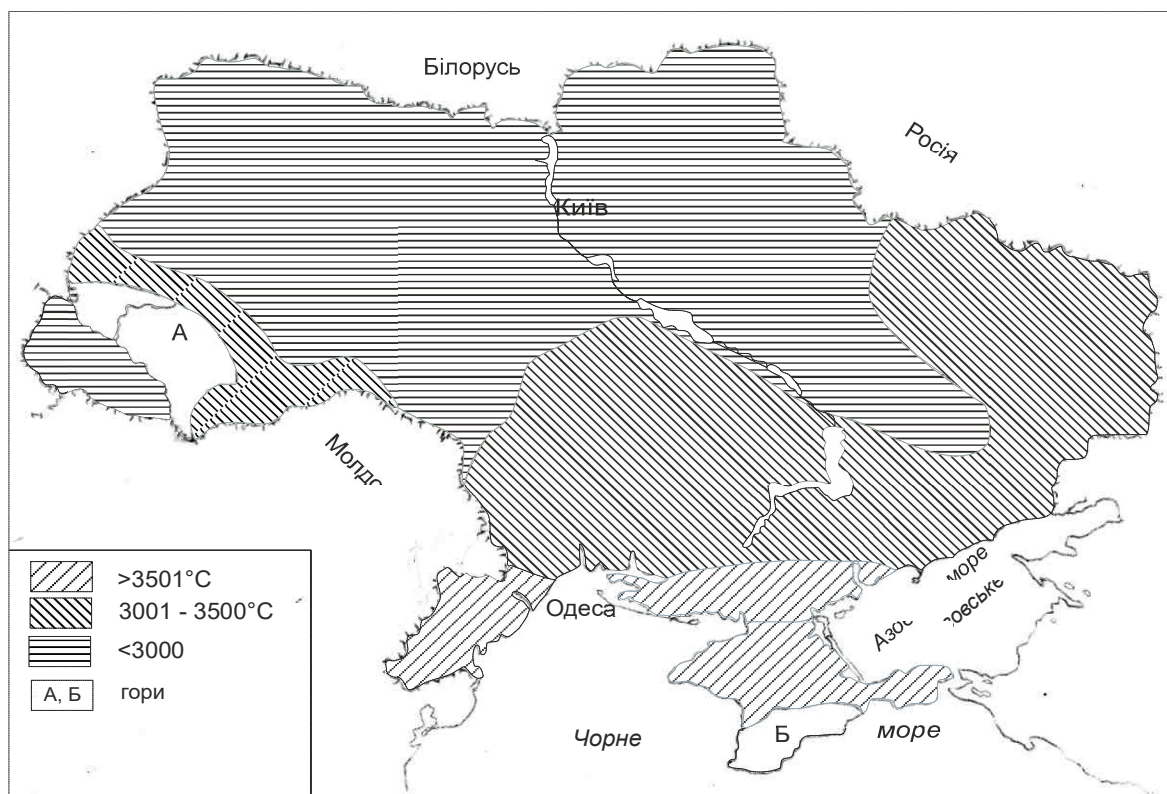


Рисунок Г12 – Сума температур повітря вище 10 °C за кліматичним сценарієм А2 за період 2011–2030 рр.



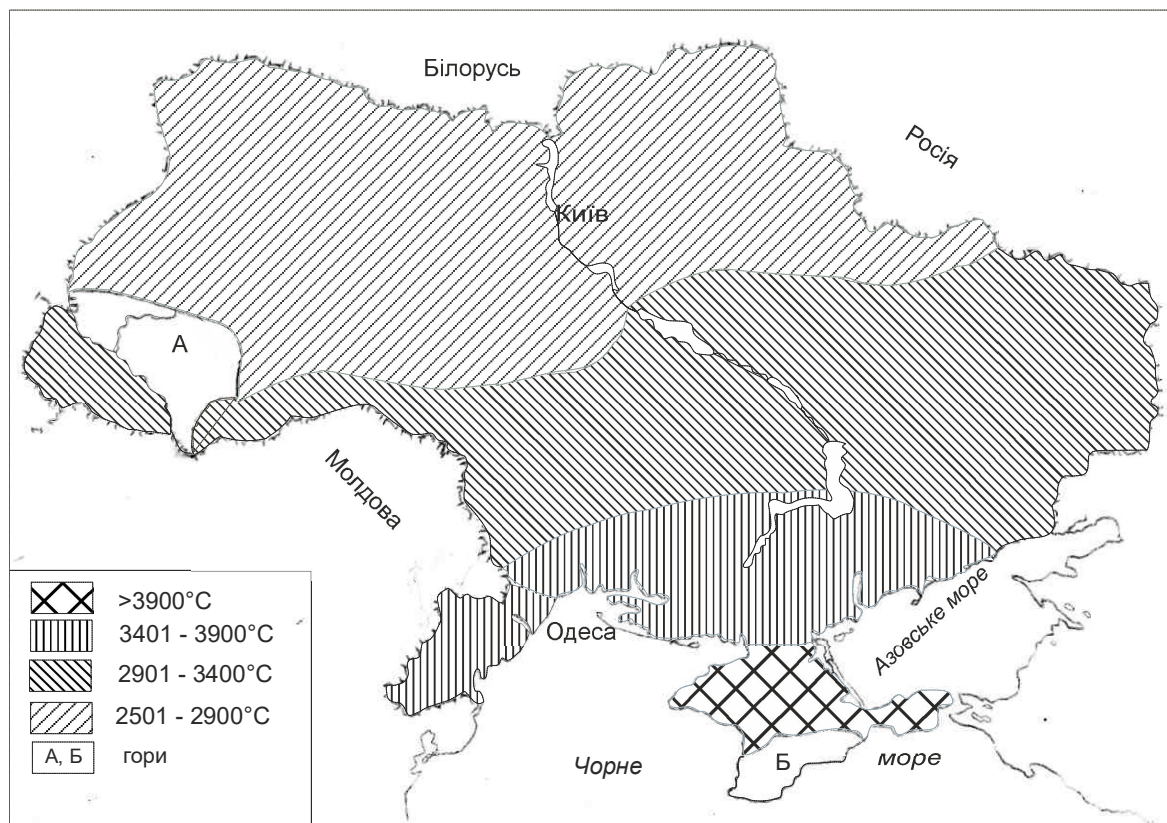


Рисунок Г13 – Сума температур повітря вище 10 °С за кліматичним сценарієм А2 за період 2031–2050 рр.

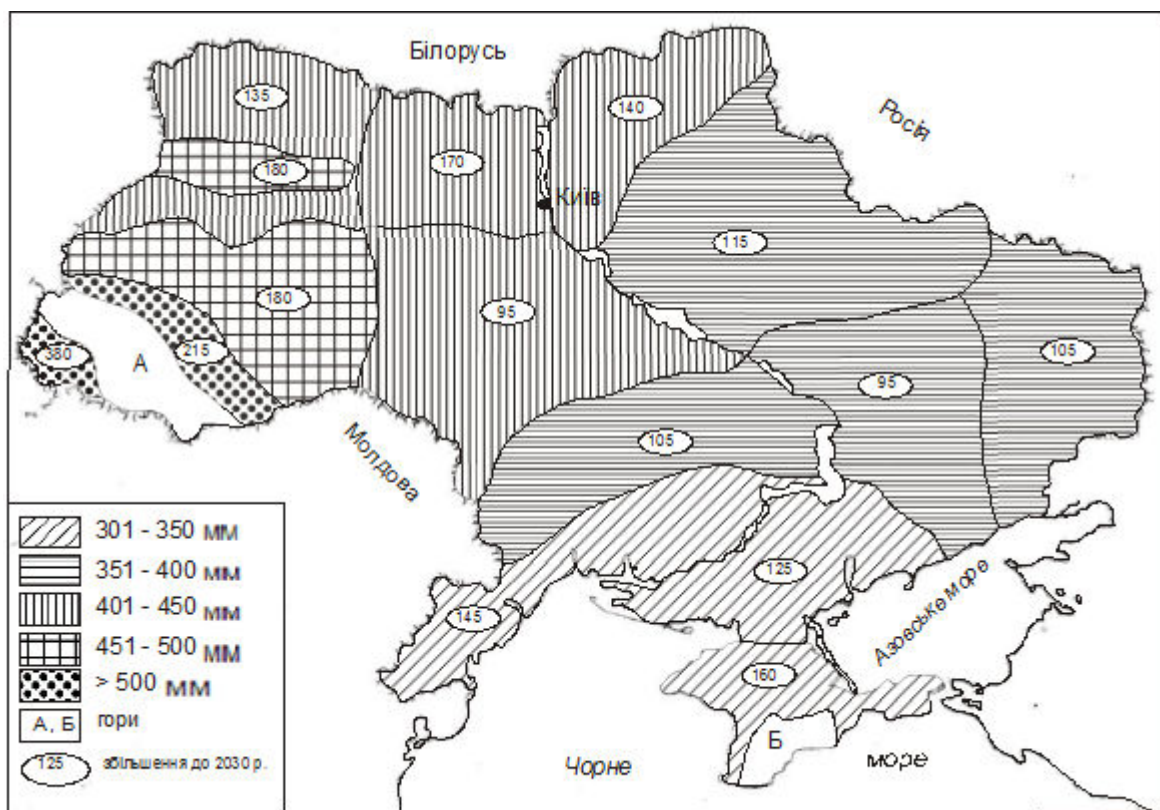


Рисунок Г14 – Середня багаторічна сума опадів за період з температурою вище 5 °С за період 1991 – 2005 р.р.

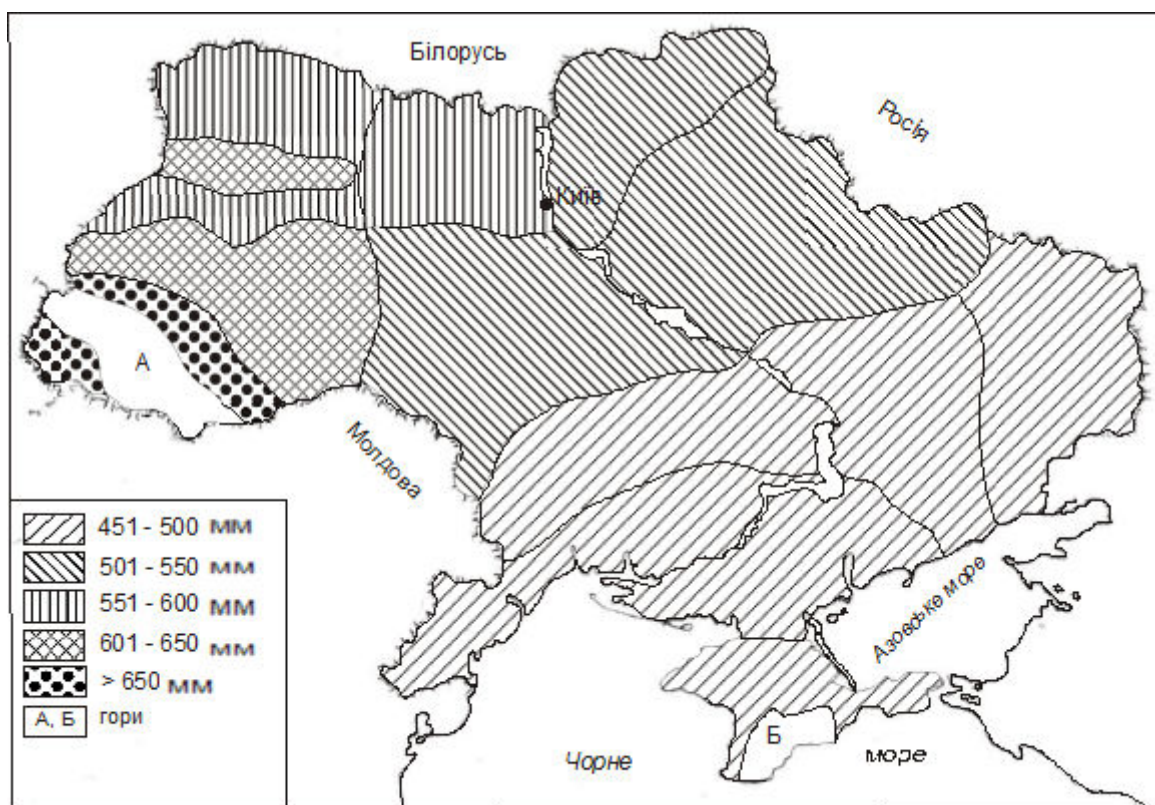


Рисунок Г15 – Середня багаторічна сума опадів за період з температурою вище 5 °С за сценарієм *GFDL-30 %* за період 2011 – 2030 рр.

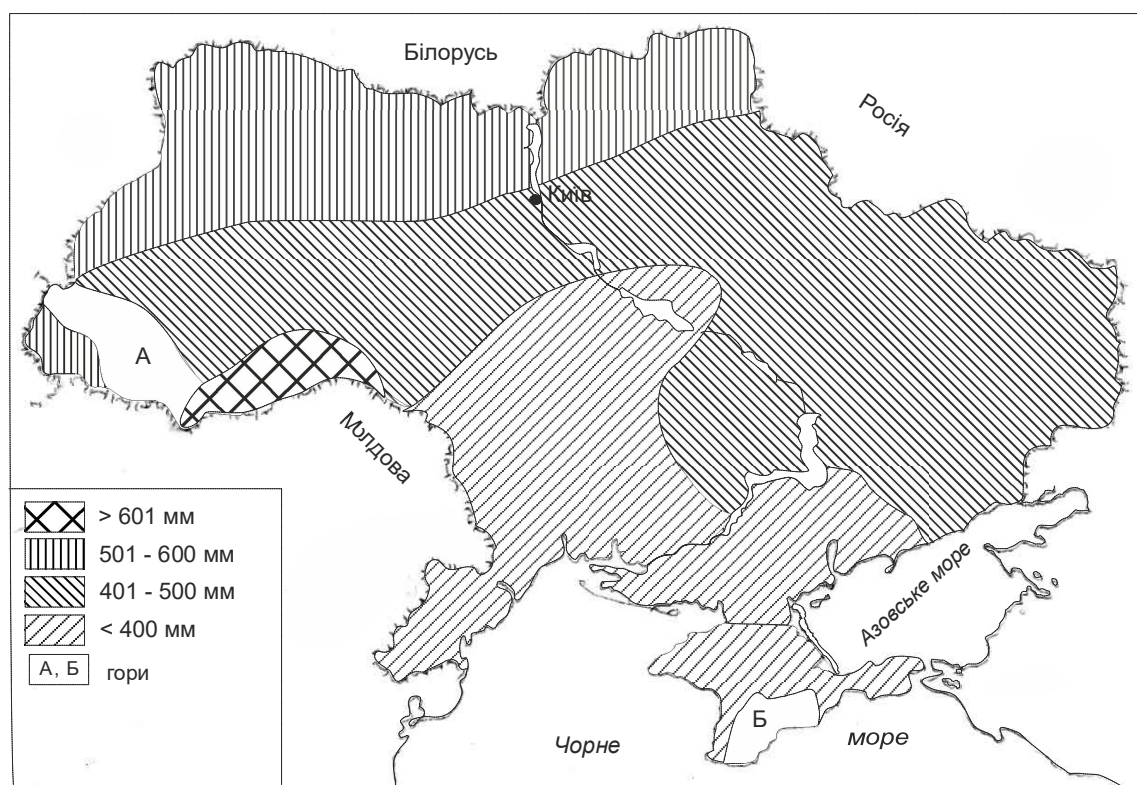


Рисунок Г16 – Середня багаторічна сума опадів за період з температурою вище 5 °С за сценарієм *GFDL-30 %* за період 2031 – 2050 рр.



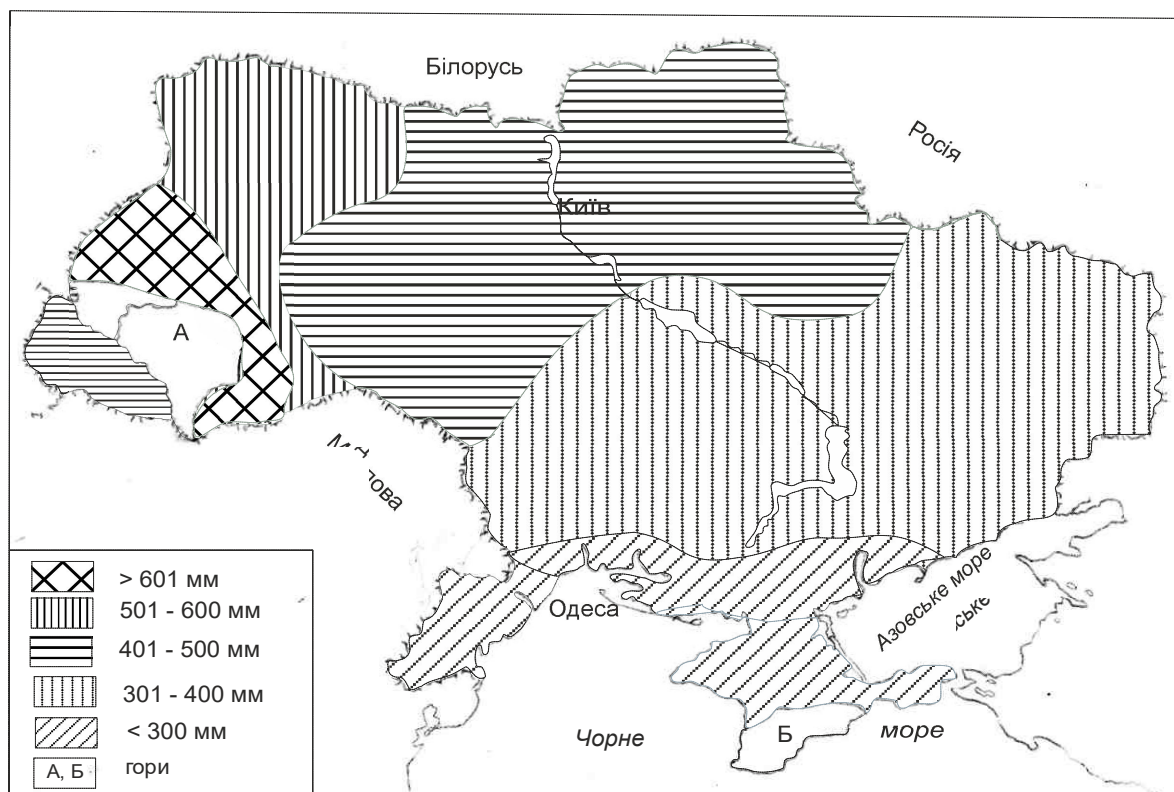


Рисунок Г17 – Середня багаторічна сума опадів за період з температурою вище 5 °С за сценарієм *A1B* за період 2011 – 2030 рр.

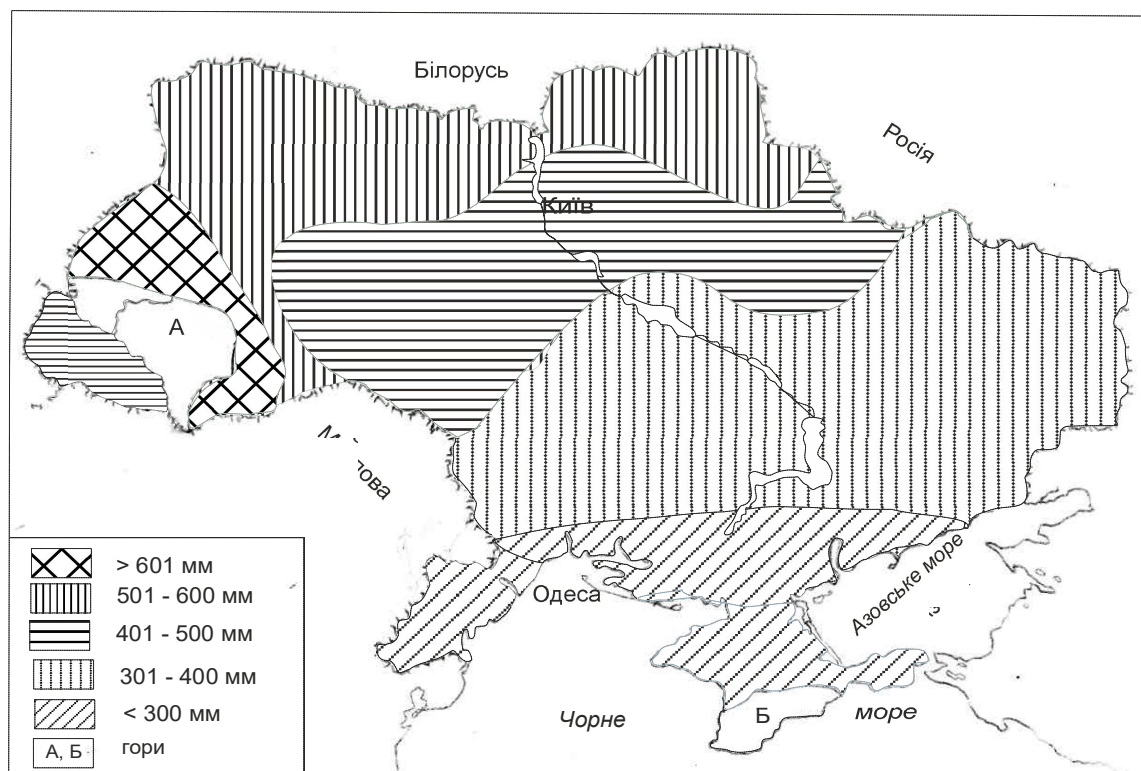


Рисунок Г18 – Середня багаторічна сума опадів за період з температурою вище 5 °С за сценарієм *A1B* за період 2031 – 2050 рр.

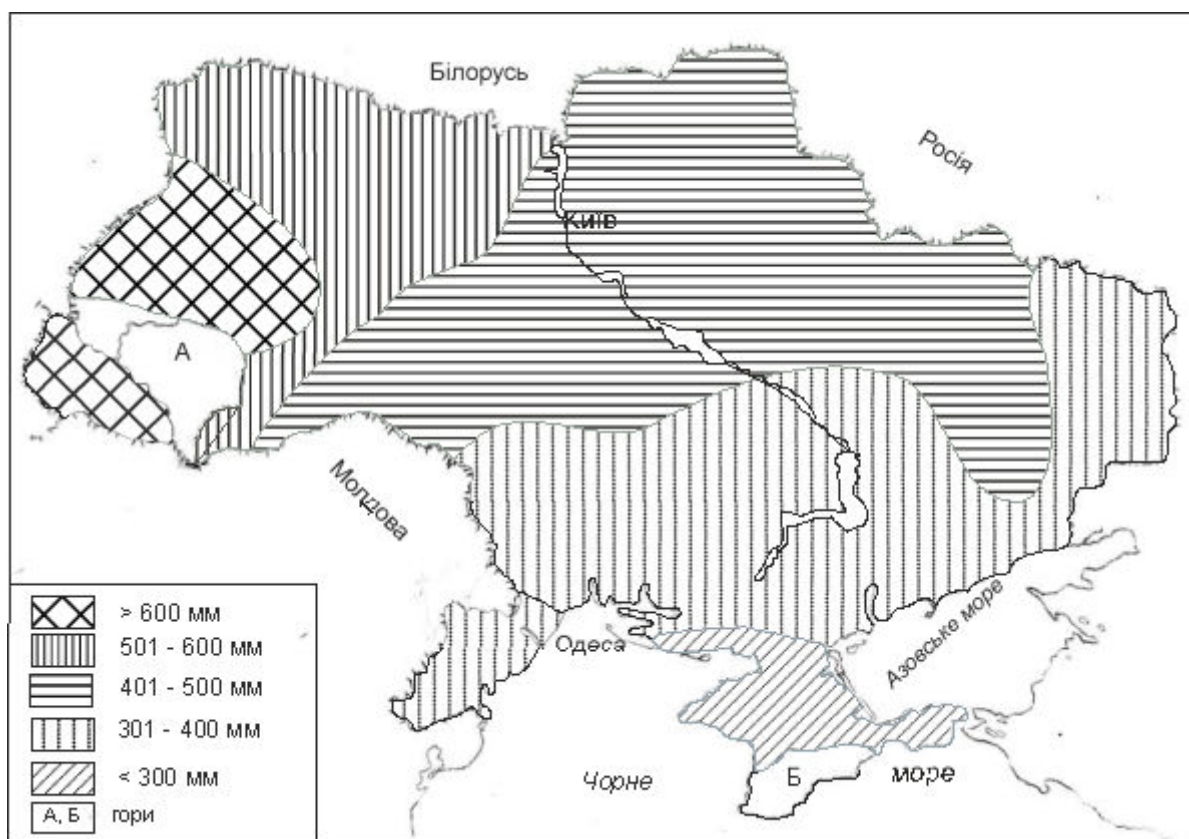


Рисунок Г19 – Середня багаторічна сума опадів за період з температурою вище 5 °С за сценарієм А2 за період 2011 – 2030 рр.

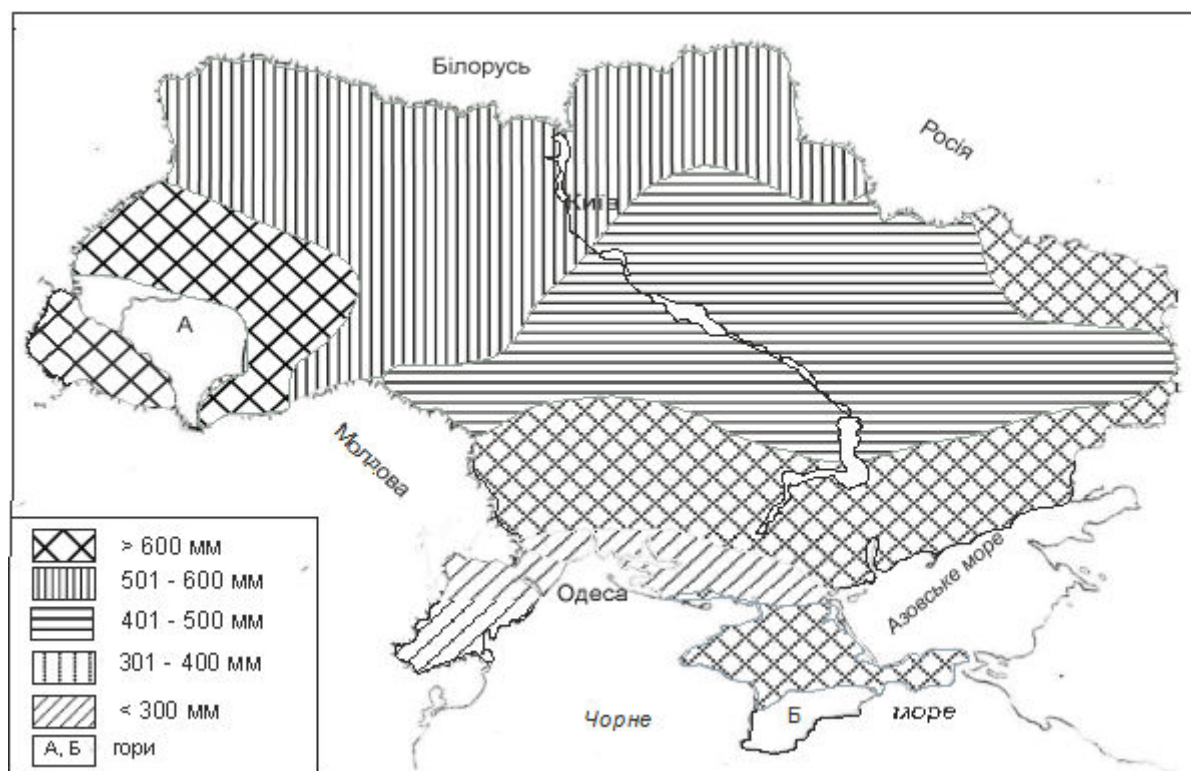


Рисунок Г20 – Середня багаторічна сума опадів за період з температурою вище 5 °С за сценарієм А2 за період 2031 – 2050 рр.



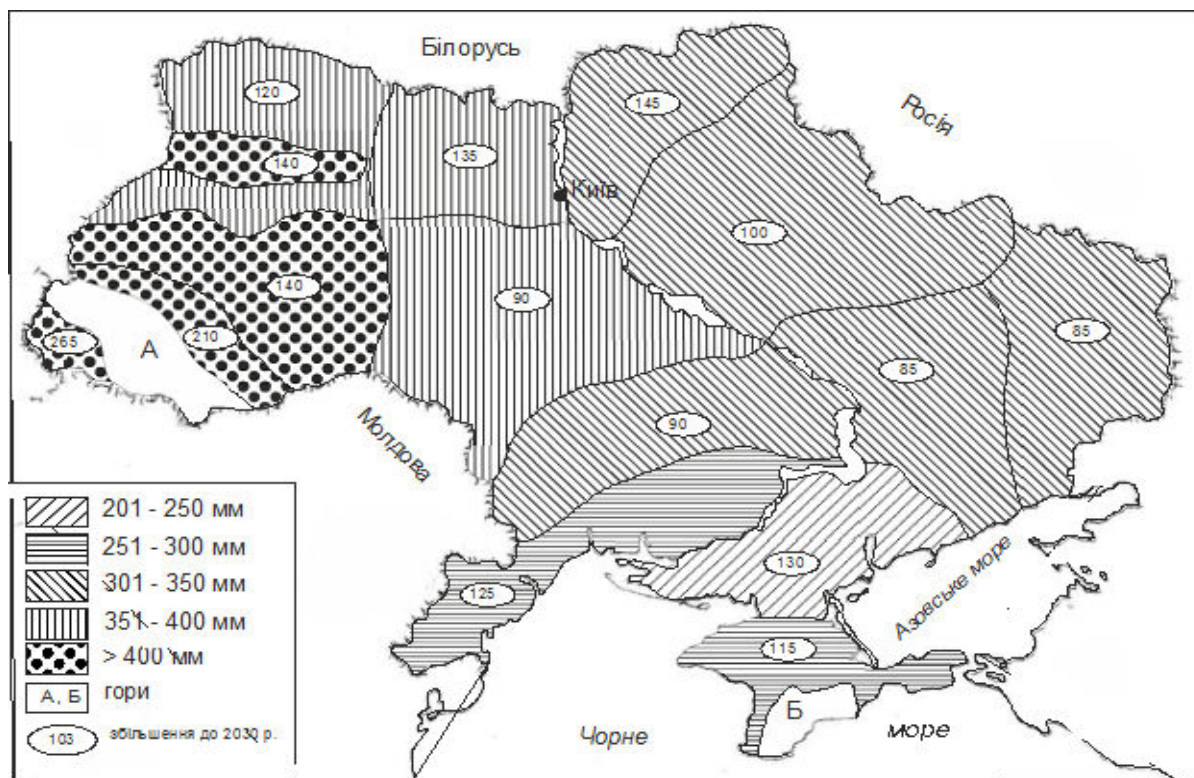


Рисунок Г21 – Середня багаторічна сума опадів за період з температурами повітря вище 10 °С (1986 – 2005 рр.).

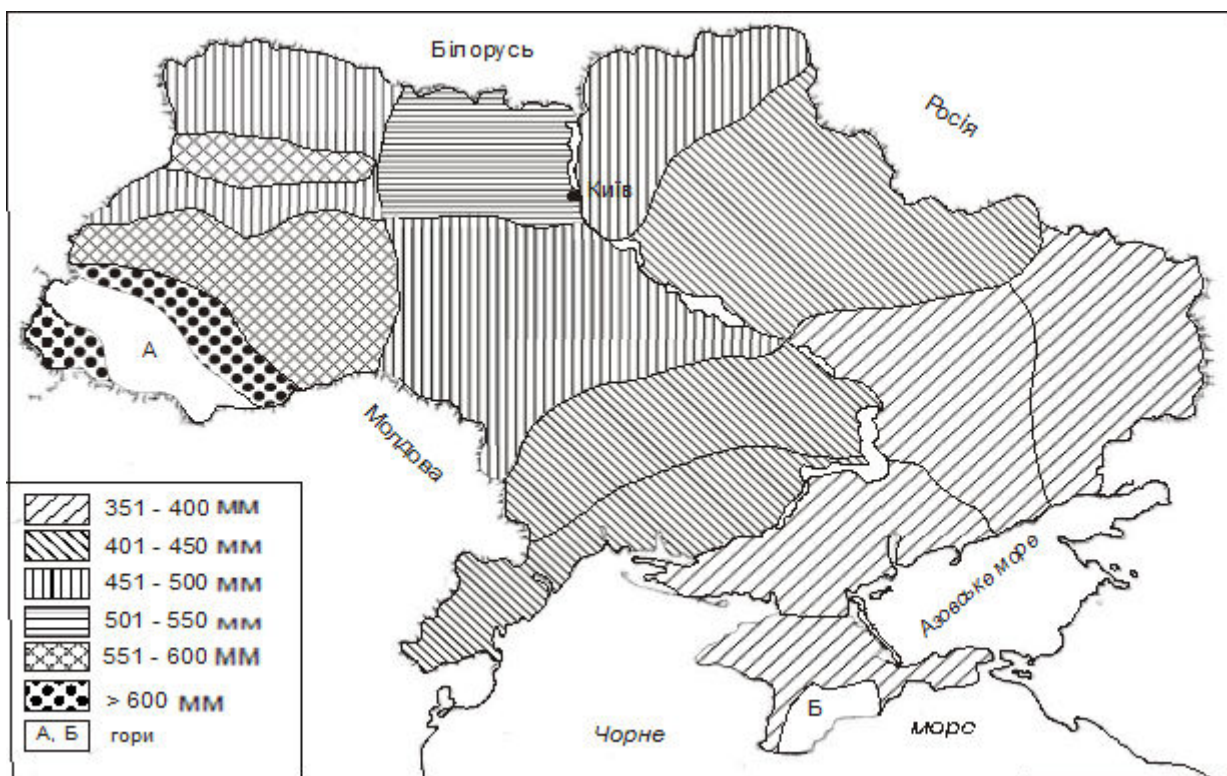


Рисунок Г22 – Сума опадів за період з температурами повітря вище 10 °С за кліматичним сценарієм *GFDL-30 %* на період 2011 – 2030 рр.



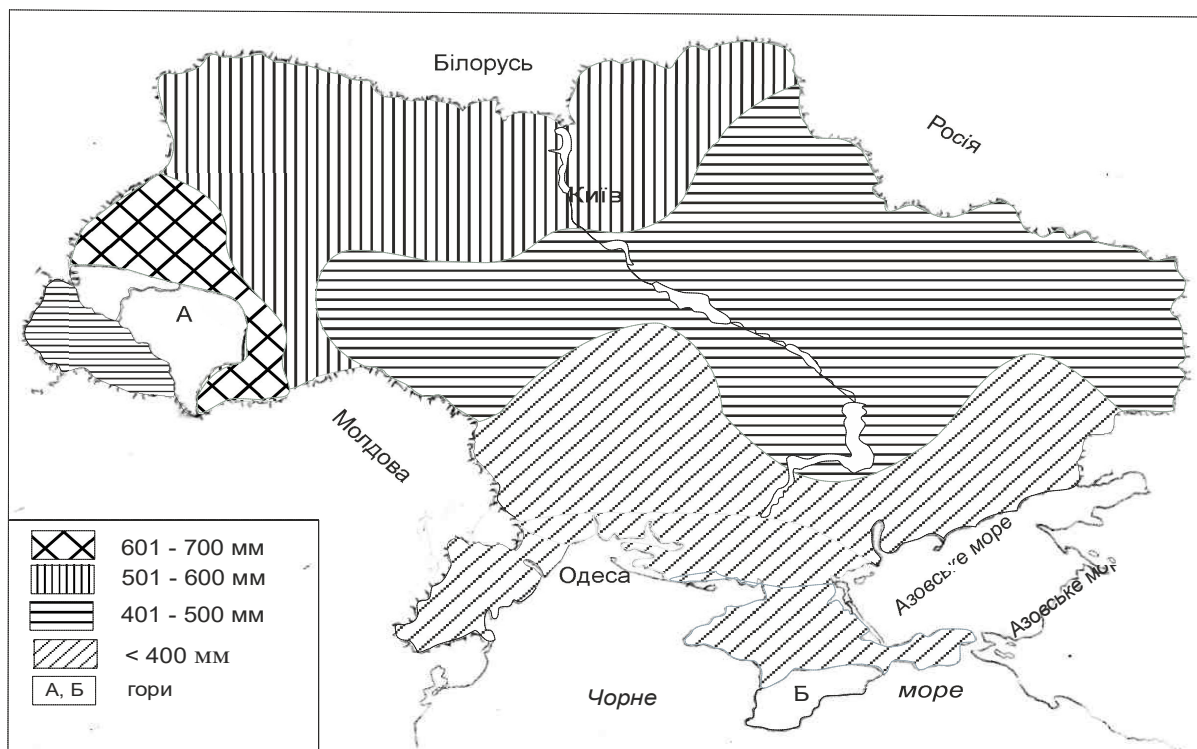


Рисунок Г23 – Сума опадів за період з температурами повітря вище 10 °C за кліматичним сценарієм *GFDL-30 %* на період 2031 – 2050 рр.

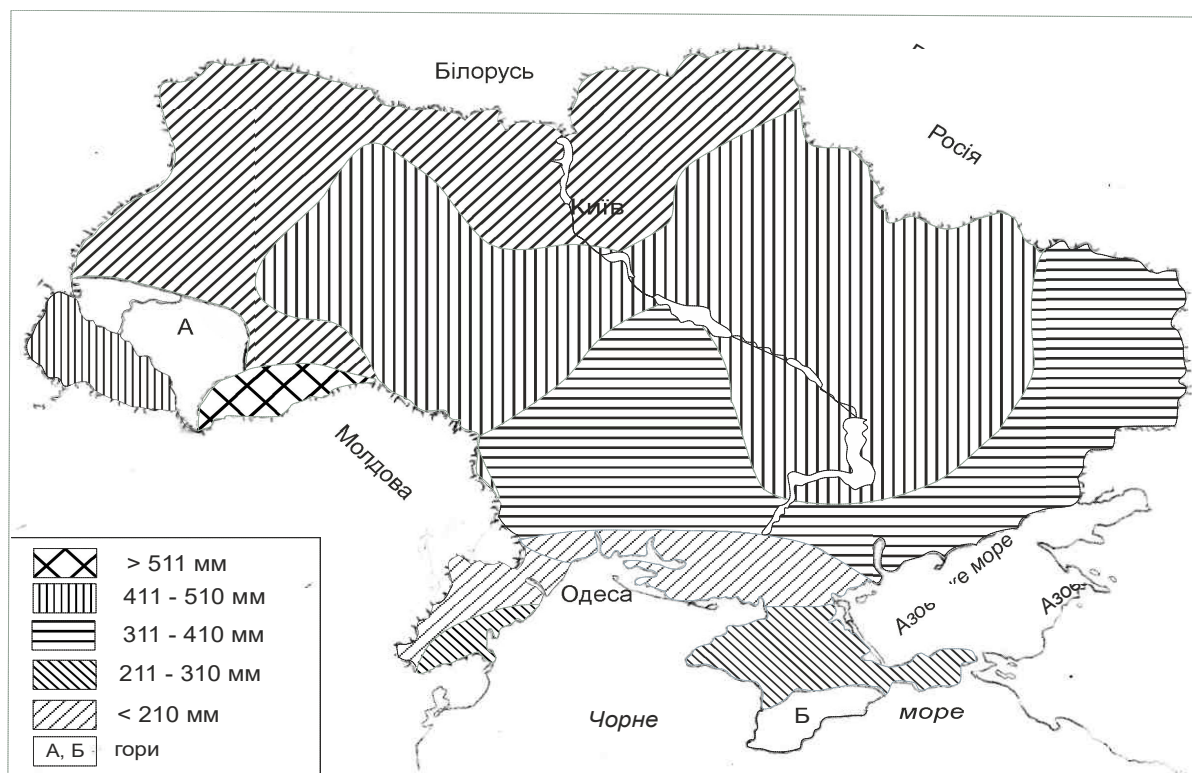


Рисунок Г24 – Сума опадів за період з температурами повітря вище 10 °C за кліматичним сценарієм *A1B* на період 2011 – 2030 рр.

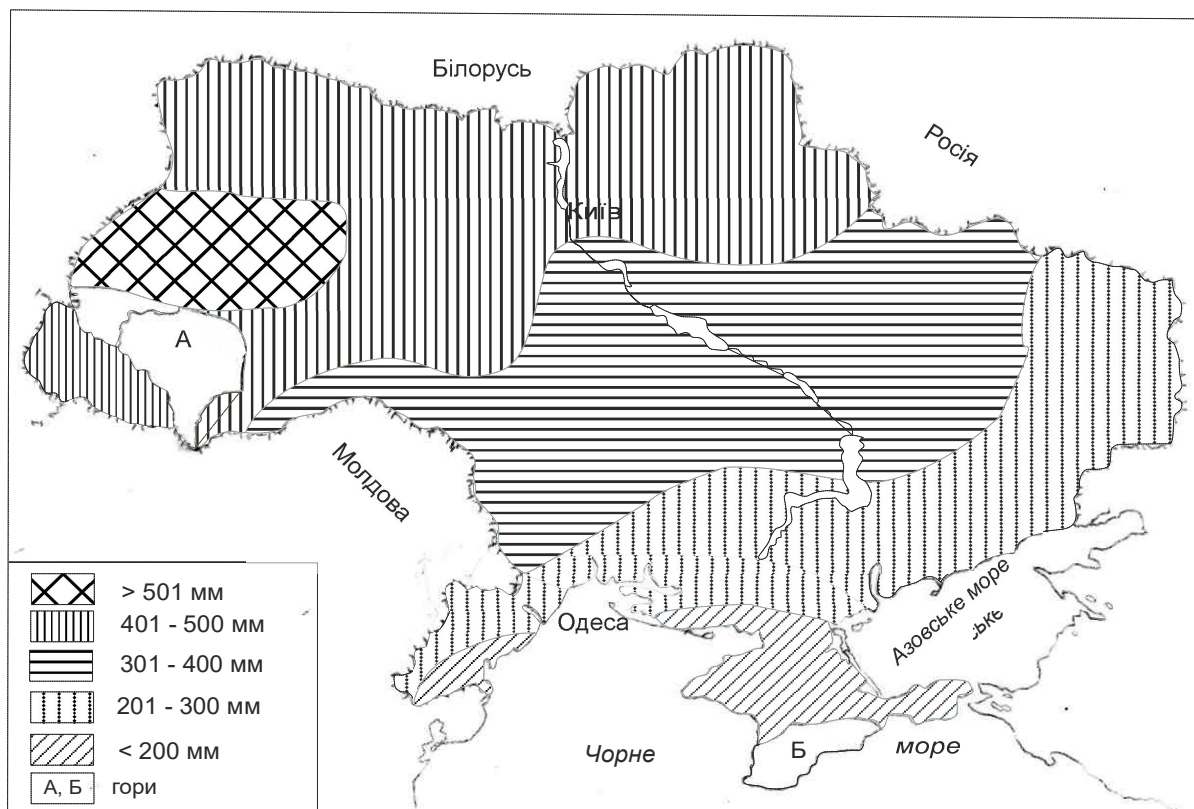


Рисунок Г25 – Сума опадів за період з температурами повітря вище 10 °С за кліматичним сценарієм *A1B* на період 2031 – 2050 рр.

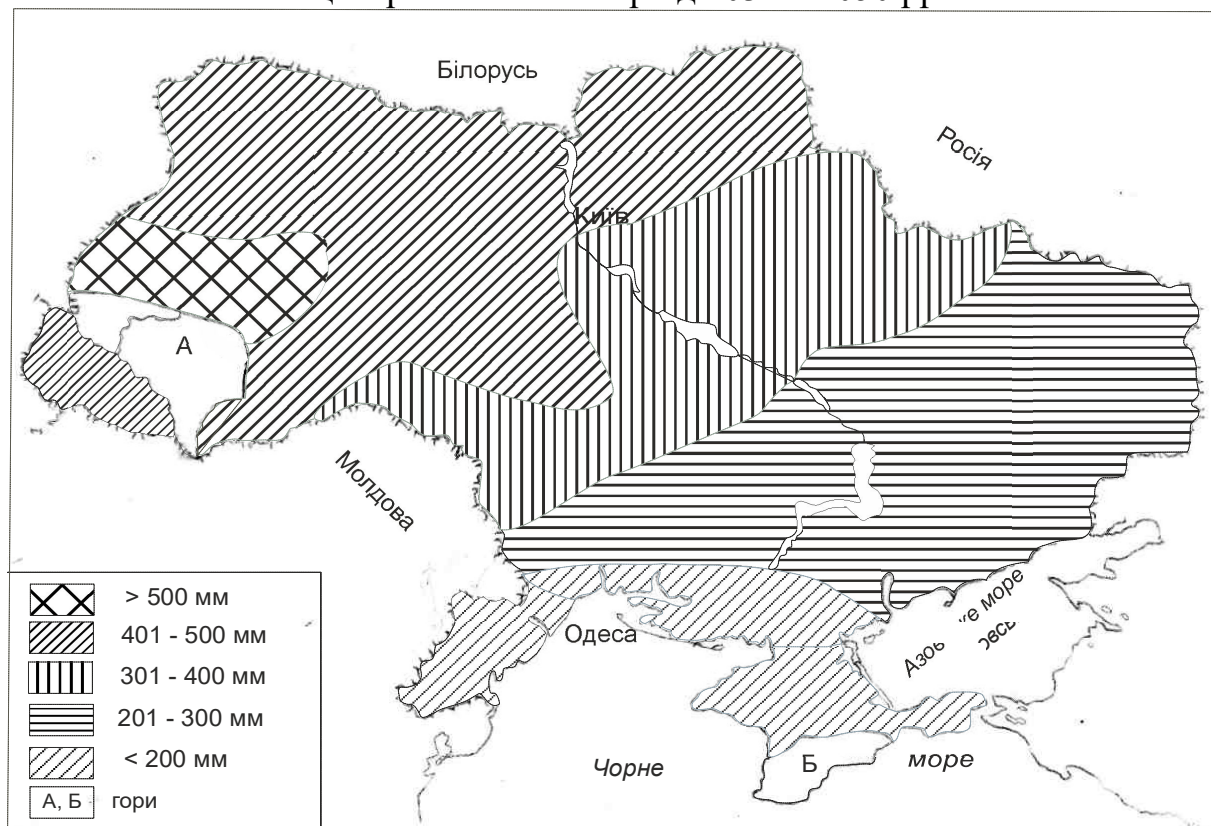


Рисунок Г26 – Сума опадів за період з температурами повітря вище 10 °С за кліматичним сценарієм *A2* на період 2011 – 2030 рр.

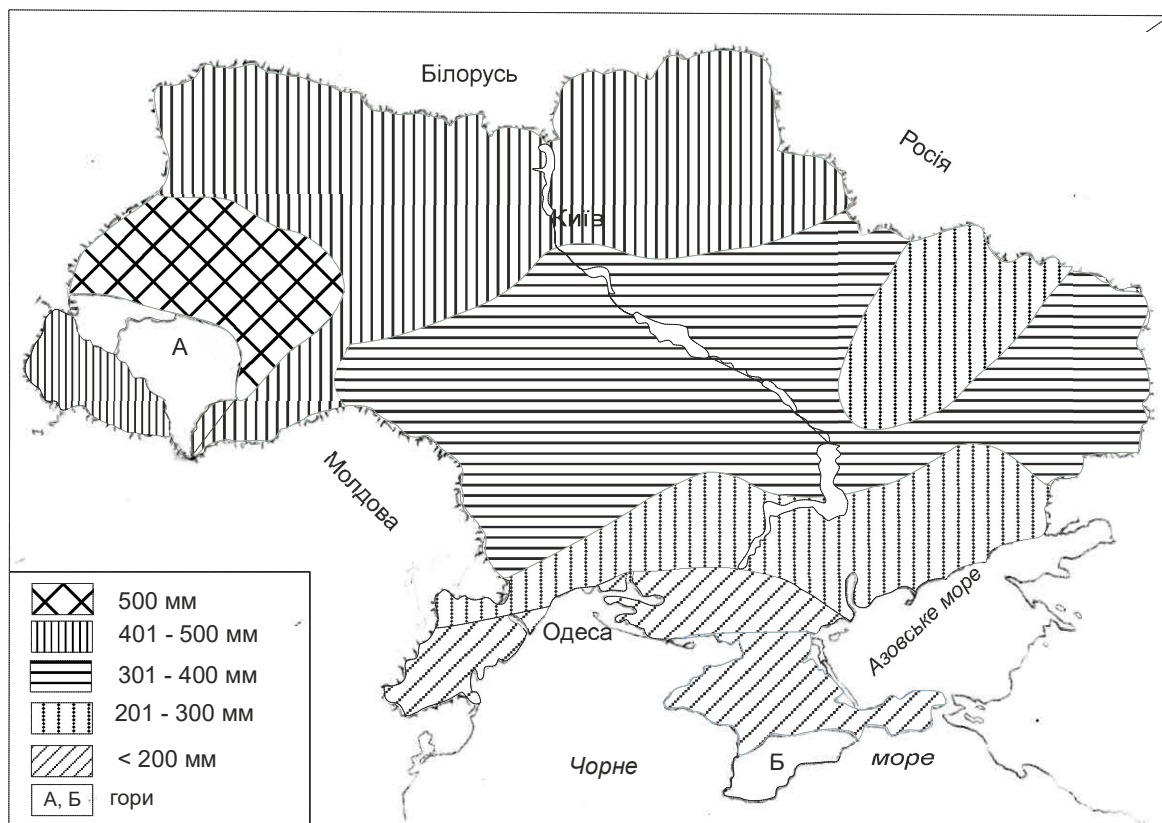


Рисунок Г27 – Сума опадів за період з температурами повітря вище 10 °С за кліматичним сценарієм А2 на період 2031 – 2050 рр.

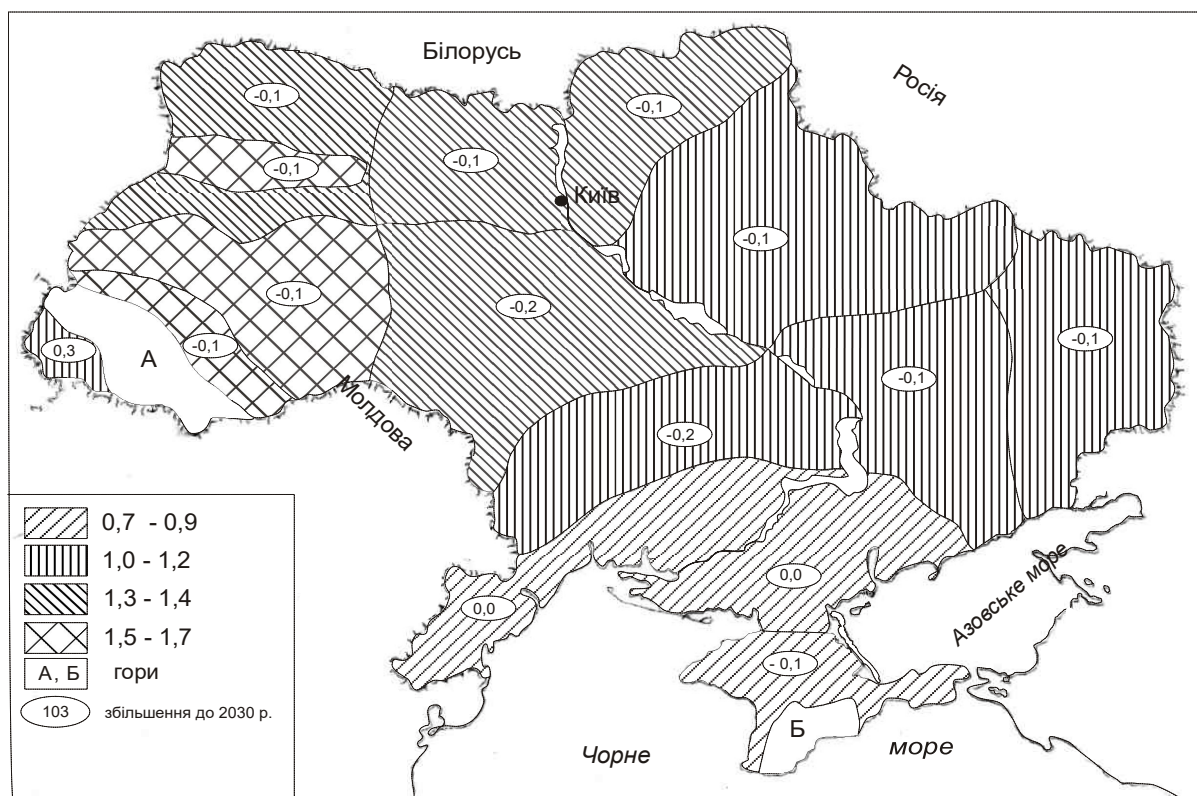


Рисунок Г28 – Середнє багаторічне значення ГТК по території України за період 1986 – 2005 рр.



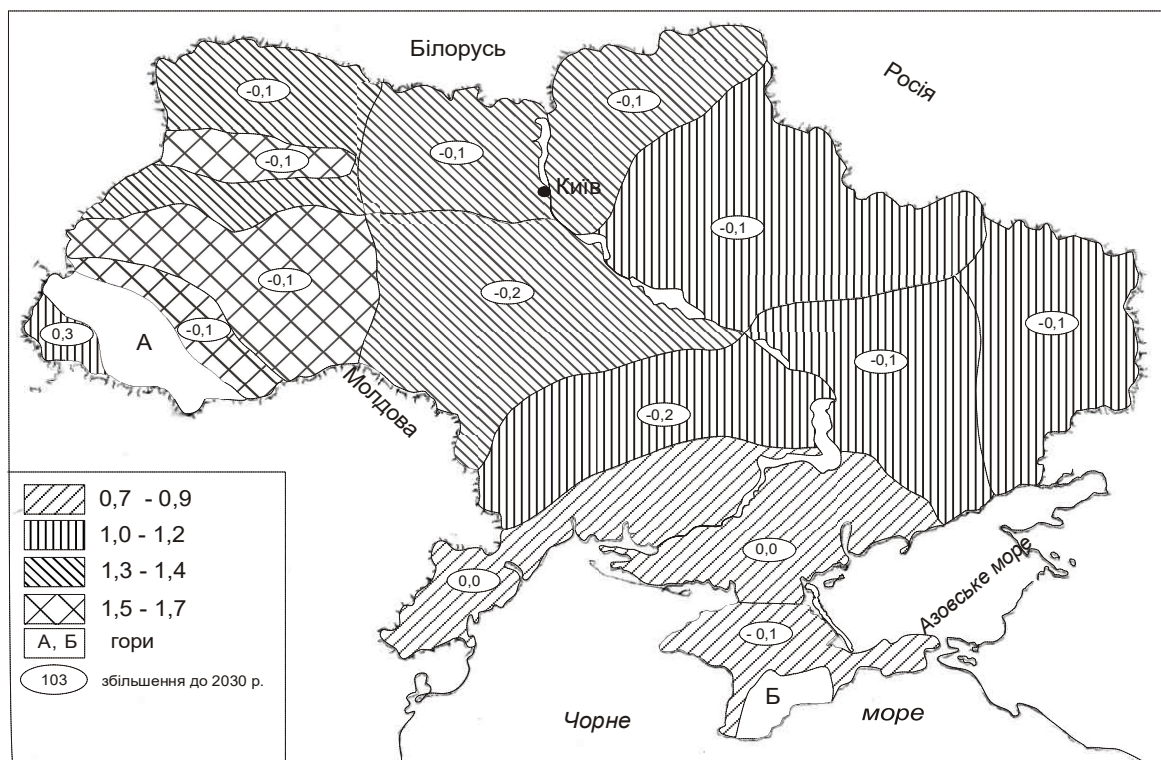


Рисунок Г29 – Гідротермічний коефіцієнт за кліматичним сценарієм *GFDL-30 %* за період до 2050 року.

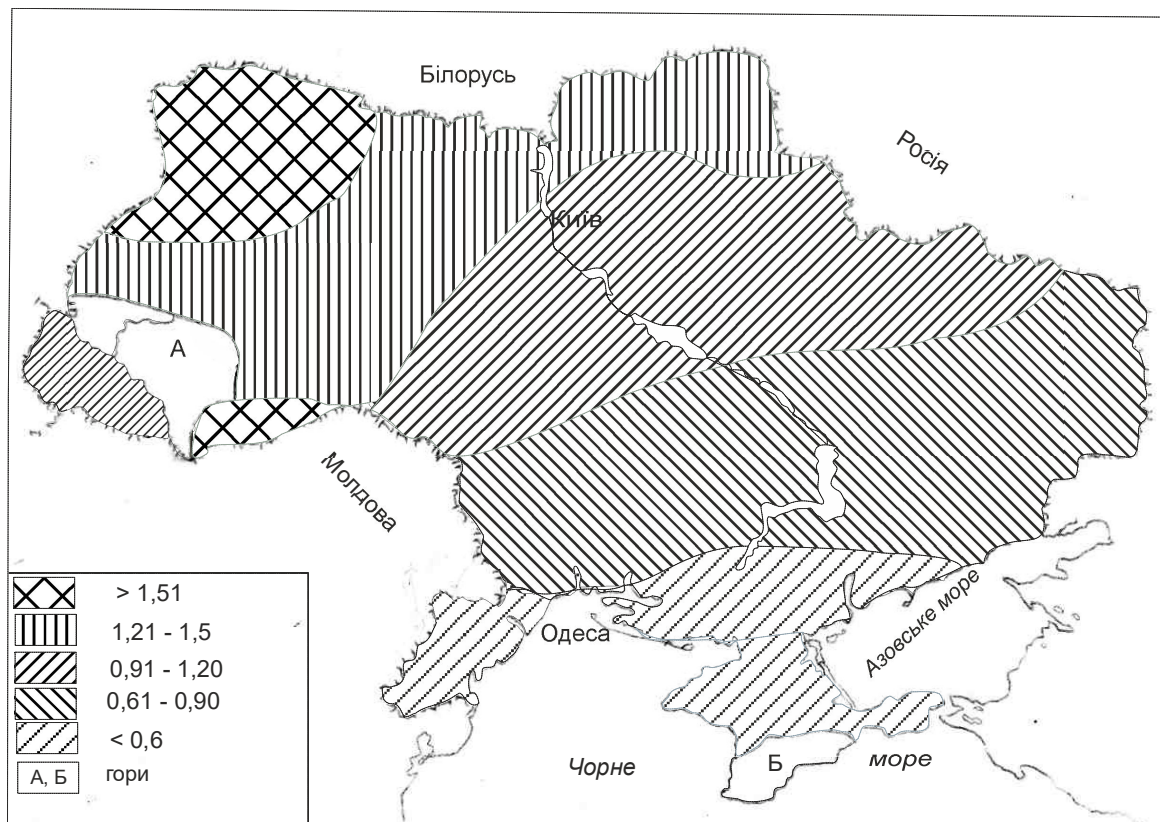


Рисунок Г30 – ГТК за сценарієм *A1B* за період до 2050 року.

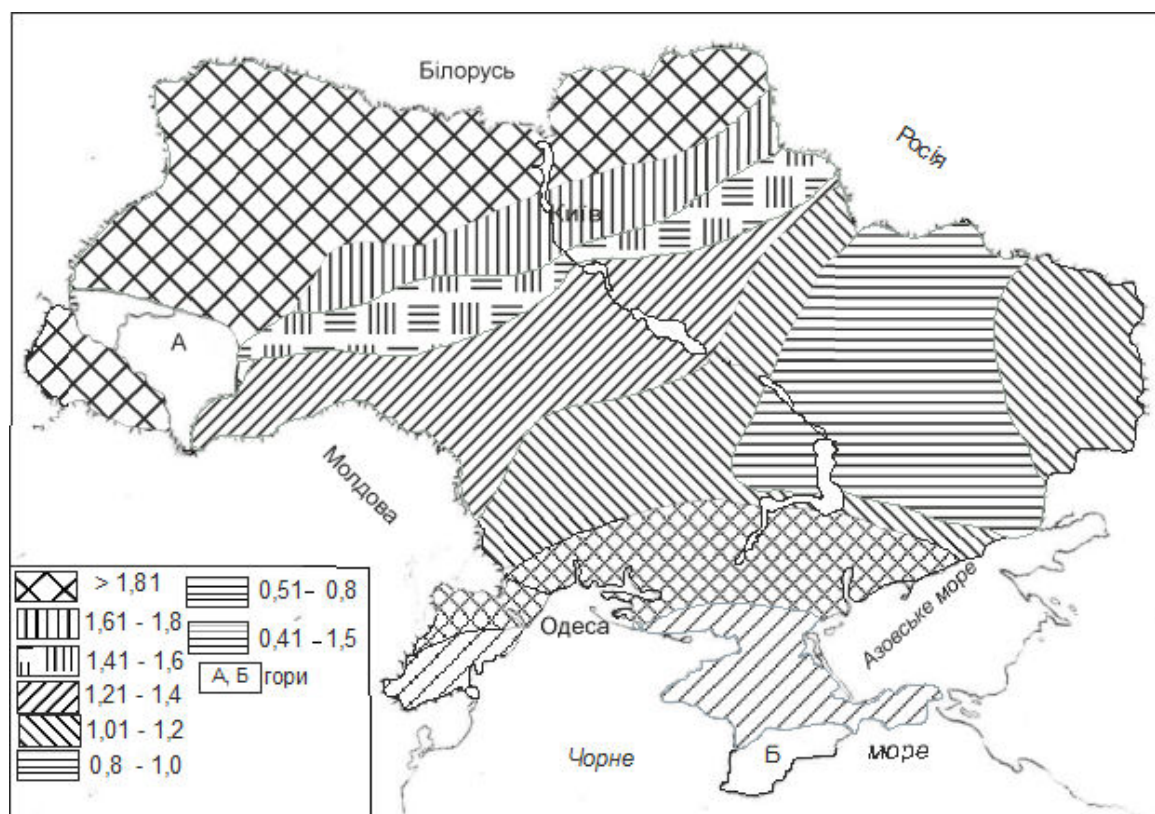


Рисунок Г31 – ГТК за сценарієм А2 за період до 2050 року.

