

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут
Кафедра Агromетеорології та агроекології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: **Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу**
Вінницької області та ступінь його використання
основними сільськогосподарськими культурами

Виконала студентка 2 курсу групи МНЗ-2А, з/ф
Спеціальності 103 «Науки про Землю»
Освітня програма «Агromетеорологія»

Шелестюк Ольга Григоріївна

Керівник канд.геогр.наук, доцент
Кирнасівська Наталія Василівна

Консультант -

Рецензент канд.геогр.наук, доцент
Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут

Кафедра агрометеорології та агроекології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітня програма Агрометеорологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агрометеорології та агроекології

Польовий А.М.

« 28 » жовтня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

студентці Шелестюк Ользі Григоріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу Вінницької області та ступінь його використання основними сільськогосподарськими культурами

керівник роботи Кирнасівська Наталія Василівна, канд.геогр.наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від “ 18 ” жовтня 2021 року № 216 «С»

2. Строк подання студентом роботи 08 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1 Матеріали агрокліматичного довідника Вінницької області (середні багаторічні дані по температурі повітря, сумі опадів, сумі дефіцитів вологості повітря і фенології ряду сільськогосподарських культур). Інформація про урожайність ярого ячменю, кукурудзи, гороху, цукрового буряку по роках з 2006 по 2019. Щорічні метеорологічні дані за період 1989-2019 рр. з «ТСХ-1 по Вінницькій області». Порівняльна оцінка показників виконана з урахуванням середньобаторічних агрометеорологічних даних за період з 1986 по 2005 рр. та щорічних даних за період 2006-2019 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Ознайомитися з фізико-географічними та агрокліматичними умовами Вінницької області. 2. Ознайомитися з біологічними особливостями росту та розвитку ряду сільськогосподарських культур (ярий ячмінь, кукурудза, горох, цукровий буряк). 3. Визначити алгоритм розрахунку біокліматичного потенціалу території Вінницької області. 4. Надати агрокліматичну оцінку загальної біологічної продуктивності клімату території Вінницької області. 5. Оцінити ступінь ефективності використання біокліматичного потенціалу території рядом сільськогосподарських культур.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Графіки середньорічної температури повітря на ст. Білопіль, Липовець, Крижопіль за період з 1989 по 2019 рік. 2. Графіки динаміки річної кількості опадів за період з 1989 по 2019 роки на станції Білопіль, Липовець, Крижопіль Вінницької області. 3. Графік значення біокліматичного потенціалу (B_k , бали) та супутніх показників (M_d , K_p) для території Вінницької області за період 1966-1980 рр. 4. Порівняльна діаграма сум позитивних температур повітря вище 10 °С та річних сум опадів за

періоди: I - 1966-1980 рр.; II - 1986-2005 рр. 5. Графік значення біокліматичного потенціалу для умов відкритого рівного місця (Бк, бали) та з урахуванням мікроклімату ґрунтів (Бкг, бали) на території Вінницької області 6. Порівняльна оцінка значень біокліматичного потенціалу (Бк, бали) для території Вінницької області за періоди: I – 1966-1980 рр.; II – 1986-2005 рр.; III – 2006-2019 рр.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Отримання завдання та збір вихідних даних до проекту. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи магістра	28.10.2021 р. - 04.11.2021 р.	92	5(відмінно)
2.	Вивчення існуючих методів оцінки показників тепло- та вологозабезпечення території, біокліматичного потенціалу та проведення відповідних розрахунків. Оформлення текстової частини розділу I	05.11.2021 р. - 10.11.2021 р.	92	5(відмінно)
3.	Проведення критичного аналізу одержаних результатів, складання таблиць, побудова графіків.	11.11.2021 р.- 15.11.2021	92	5(відмінно)
4.	Оформлення текстової частини розділу II.	16.11.2021 р.- 21.11.2021 р.	92	5(відмінно)
	Рубіжна атестація	22.11.2021 р. - 26.11.2021 р.	92	5(відмінно)
5.	Узагальнення отриманих результатів.	27.11.2021 р.- 4.12.2021 р.	95	5(відмінно)
6.	Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	5.12.2021 р. - 7.12.2021 р.	96	5(відмінно)
7.	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору	08.12.2021 р.	96	5(відмінно)
8.	Підготовка паперової версії кваліфікаційної роботи магістра	09.12.2021 р. - 10.12.2021 р.	92	5(відмінно)
9.	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95,0	

Студентка _____
(підпис)

Шелестюк О.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Кирнасівська Н.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ
на кваліфікаційну роботу магістра
Шелестюк Ольги Григоріївни на тему:
«Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу Вінницької
області та ступінь його використання основними сільськогосподарськими
культурами»

Повне бонітування клімату має два основних етапи. На першому етапі надається оцінка загального сільськогосподарського потенціалу природних умов за ресурсами клімату на основі загальних показників тепло- та вологозабезпеченості. Результати оцінки можуть бути надані як у вигляді сукупних балів бонітету за всіма видами ресурсів, так і за окремими бонітувальними показниками. На другому етапі надається оцінка сільськогосподарського потенціалу природного середовища за ресурсами клімату стосовно до окремих сільськогосподарських культур та їх груп, і система бонітувальних показників формується з урахуванням потреб рослин до клімату.

Метою роботи є вивчення природних умов території Вінницької області та надання оцінки біологічної її продуктивності в цілому та ефективності використання біокліматичного потенціалу основними сільськогосподарськими культурами (ярим ячменем, кукурудзою, горохом, цукровим буряком).

Об'єкт дослідження – територія Вінницької області. Предмет дослідження – біокліматичний потенціал території.

В кваліфікаційній роботі магістра використані класичні методи агрокліматичних розрахунків і узагальнень.

В роботі наведені результати аналізу змін температурного режиму та оцінка теплозабезпеченості рослин, а також аналіз змін опадів та оцінка вологозабезпеченості території і розрахунок коефіцієнту росту. На основі одержаних результатів виконана агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу території Вінницької області в сучасних умовах. Проаналізована просторово-часова мінливість біокліматичного потенціалу на території області. Виконана кількісна оцінка ступеню ефективності використання біокліматичного потенціалу ярим ячменем, кукурудзою, горохом, цукровим буряком та порівняльна оцінка продуктивності сільськогосподарських культур і біокліматичного потенціалу території.

Робота містить 90 сторінок; 18 таблиць; 15 рисунків; 34 літературних джерела

Ключові слова: агрокліматичні ресурси; температурний режим, теплозабезпеченість, ресурси вологи, вологозабезпеченість, коефіцієнт росту, біокліматичний потенціал, ярий ячмінь, кукурудза, горох, цукровий буряк, продуктивність.

SUMMARY

for a master's degree

Shelestyuk Olga Grigorievna on the topic:

"Agroclimatic estimate of bioclimatic potential of Vinnytsia region and the degree of its use by main crops"

Complete climate estimate has two main stages. At the first stage, an assessment of the overall agricultural potential of natural conditions by climate resources is provided on the basis of general indicators of heat and moisture supply. The results of the assessment can be provided both in the form of aggregate credit scores for all types of resources, and for individual credit ratings. The second stage provides an assessment of the agricultural potential of the natural environment in terms of climate resources in relation to individual crops and their groups, and the system of credit indicators is formed taking into account the climate plants demand.

The purpose of the work is to study the Vinnitsa region natural conditions and to estimate its biological productivity in general and the efficiency of bioclimatic potential of main crops (spring barley, corn, peas, sugar beets).

The object of research is Vinnitsa region territory. The subject of research is the bioclimatic potential of the territory.

In the master's qualification work the classical methods of agroclimatic calculations and generalizations are used.

The research presents the results of the temperature changes analysis and assessment of plants heat supply, as well as the analysis of changes in precipitation and assessment of territory moisture supply and the calculation of the growth rate. Based on the obtained results, an agroclimatic assessment of the bioclimatic Vinnitsa region potential in modern conditions was performed. The spatio-temporal variability of bioclimatic potential in the region is analyzed. Quantitative assessment efficiency degree of bioclimatic potential use of spring barley, corn, peas, sugar beet and comparative assessment of crop productivity and bioclimatic potential of the territory were performed.

The work contains 90 pages; 18 tables; 15 drawings; 34 literature seal

Keywords: agroclimatic resources; temperature regime, heat supply, moisture resources, moisture supply, growth rate, bioclimatic potential, spring barley, corn, peas, sugar beet, productivity.

	ЗМІСТ	Стр.
	ВСТУП.....	7
1	ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	10
1.1	Рельєф, ґрунт, рослинність та агрокліматичні ресурси в теплий період року.....	10
1.2	Вимоги ряду сільськогосподарських культур до кліматичних умов.....	14
2	АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	19
2.1	Стан вивчення питання щодо оцінки біокліматичного потенціалу територій.....	19
2.2	Алгоритм розрахунку біокліматичного потенціалу територій.....	25
2.3	Агрокліматична оцінка біологічної продуктивності клімату Вінницької області.....	32
2.3.1	Аналіз змін температурного режиму та оцінка теплозабезпеченості рослин.....	32
2.3.2	Аналіз змін опадів та оцінка вологозабезпеченості території.....	38
2.3.3	Коефіцієнт росту.....	45
2.3.4	Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу території Вінницької області в сучасних умовах.....	48
2.3.5	Просторово-часова мінливість біокліматичного потенціалу на території Вінницької області.....	54
3	КІЛЬКІСНА ОЦІНКА СТУПЕНЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ КУЛЬТУРАМИ.....	65
3.1	Зернові культури (ярий ячмінь, кукурудза).....	67

3.2	Зернобобові культури (горох).....	71
3.3	Коренеплоди (цукровий буряк).....	73
3.4	Порівняльна оцінка продуктивності сільськогосподарських культур та біокліматичного потенціалу території.....	75
	ВИСНОВКИ.....	81
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	87

ВСТУП

Для розвитку, розміщення і спеціалізації сільськогосподарського виробництва першочергове значення має використання біокліматичного потенціалу під яким розуміють сукупність природних умов і природних ресурсів сільськогосподарського виробництва. З біокліматичним потенціалом пов'язані можливий набір сільськогосподарських культур, біологічна продуктивність, ефективність затрат, територіальна спеціалізація, заходи по охороні та покращенню навколишнього середовища. Першочерговість урахування природних ресурсів обумовлена тим що на території нашої країни природні виробничі сили неоднорідні, в межах України є декілька типів клімату.

В більш вузькому розумінні біокліматичний потенціал характеризується комплексом кліматичних факторів, які визначають можливу біологічну продуктивність земель для даної території.

Повне бонітування клімату має два основних етапи. На першому етапі надається оцінка загального сільськогосподарського потенціалу природних умов за ресурсами клімату на основі загальних показників тепло- та вологозабезпеченості. Результати оцінки можуть бути надані як у вигляді сукупних балів бонітету за всіма видами ресурсів, так і за окремими бонітувальними показниками. На цьому етапі визначається ступінь забезпеченості сільськогосподарського виробництва різними видами агрокліматичних ресурсів в цілому. В практичному плані результати такої оцінки можуть мати інтерес при використанні землі в якості товару при ринкових відносинах, при розробці стратегії і тактики сільськогосподарської політики в тому чи іншому регіоні країни, заходи оптимізації умов середовища при оцінці необхідності агроекологічного обмовлення ведення сільського господарства.

На другому етапі надається оцінка сільськогосподарського потенціалу природного середовища за ресурсами клімату стосовно до окремих

сільськогосподарських культур та їх груп, і система бонітувальних показників формується з урахуванням рослин до клімату. На цьому етапі виявляється ступінь забезпеченості агрокліматичними ресурсами росту, розвитку та формування врожаю конкретних сільськогосподарських культур.

Основними завданнями кваліфікаційної роботи магістра є:

1. Ознайомитися з фізико-географічними та агрокліматичними умовами Вінницької області.
2. Ознайомитися з біологічними особливостями росту та розвитку ряду сільськогосподарських культур (ярий ячмінь, кукурудза, горох, цукровий буряк).
3. Визначити алгоритм розрахунку біокліматичного потенціалу території Вінницької області.
4. Надати агрокліматичну оцінку загальної біологічної продуктивності клімату території Вінницької області.
5. Оцінити ступінь ефективності використання біокліматичного потенціалу території рядом сільськогосподарських культур.

Об'єктом досліджень є сучасні агрокліматичні показники всіх районів Вінницької області, середньобагаторічна урожайність сільськогосподарських культур (ярий ячмінь, кукурудза, горох, цукровий буряк). Для проведення досліджень був використаний матеріал агрокліматичного довідника Вінницької області (середні багаторічні данні по температурі повітря, сумі опадів, сумі дефіцитів вологості повітря і фенології ряду сільськогосподарських культур) [1, 7]. Інформація про урожайність зазначених сільськогосподарських культур по роках з 2006 по 2019 надана за даними Вінницького ГМЦ. Проведено розрахунки біокліматичного потенціалу в відносних одиницях (БКП), біологічної продуктивності клімату (Бк) в балах, коефіцієнта зростання (Кр), коефіцієнта зволоження (Md) по Д.І. Шашко, ціни балу в ц. на 1 бал бонітету (за шкалою Шашко Д.І.). У дослідженнях використаний метод Д.І. Шашко [31] і Ю.А. Гулянова [6]. Для аналізу умов тепло- та вологозабезпеченості та визначення величини

біокліматичного потенціалу використовувалися також щорічні метеорологічні дані за період 1989-2019 рр. Порівняльна оцінка показників виконана з урахуванням середньобогаторічних агрометеорологічних даних за період з 1986 по 2005 рр. та щорічних даних за період 2006-2019 рр.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Рельєф, ґрунт, рослинність та агрокліматичні ресурси в теплий період року

Вінницька область розташована у Лісостеповій зоні України. Територія області складає 26,5 тис. км². Протяжність території із заходу на схід становить 196 км, з півночі на південь – 200 км. Більша частина області лежить на Волино-Подільській височині (висота до 362 м), менша південно-західна частина території в межах Дністровського пониження. Через північно-східні райони проходить Придніпровська височина, висота над рівнем моря якої до 322 м.

Рельєф місцевості в своїй більшості хвилясто-горбистий, має водно-ерозійний характер. Для височин характерне чергування межиріч з відносно глибоко врізаними долинами річок, балками. Характерний рельєф створюють річкові долини Дністра і Південного Бугу. (рис. 1.1)

На території області протікає значна кількість річок. Великі з них: Дністер, який розділяє південно-західну частину області з Молдовою; Південний Буг, який протікає через всю область з північного заходу на південний схід. За своїм режимом ріки Вінницької області відносяться до типу рівнинних, та які живляться за рахунок снігу. Для річок характерний значний похил русла (особливо в Придністров'ї), деякі з них порожисті.

За ґрунтовим покривом територія області поділяється на 4 райони: північно-східний, де переважають чорноземи; в центральних і західних районах переважають сірі і світло сірі опідзолені ґрунти; в південно-східному і Придністровських районах, наряду зі значними площами типових чорноземів, зустрічаються опідзолені ґрунти. Значне місце займають темно-сірі ґрунти (рис. 1.2). [1]



Рисунок 1.1 – Фізико-географічна карта Вінницької області

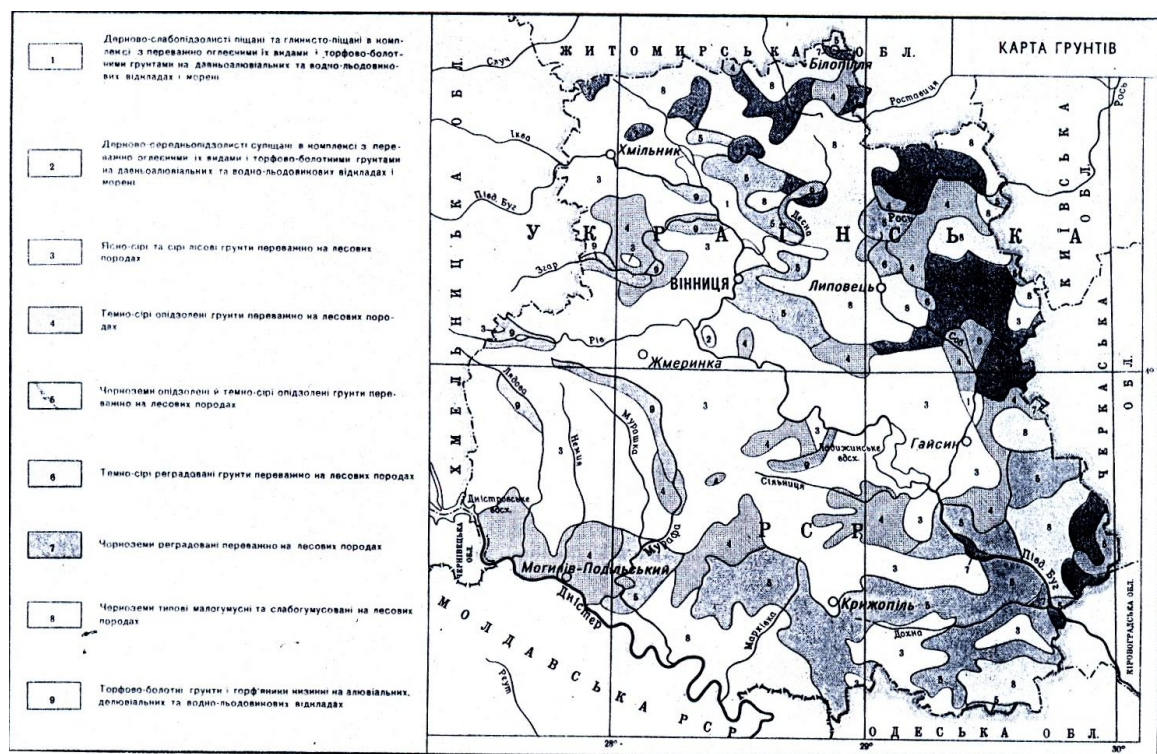


Рисунок 1.2 – Карта ґрунтів Вінницької області

Лісами зайнято біля 10 % території. Найбільші масиви лісів знаходяться в південно-східній і центральній частинах області.

Згідно структури земельних угідь Вінницька область відноситься до розряду землеробських. Спеціалізація сільського господарства зернова, в південних районах розвинуто виноградарство.

Клімат області помірно-континентальний з м'якою зимою, помірно-теплим літом, частіше всього з достатньою кількістю опадів за вегетаційний період.

Значний вплив на формування клімату області мають відроги Азорського та Сибірського антициклонів, південні сектори Атлантичних циклонів і північні окраїни Південних циклонів (рис. 1.3).

Середня річна температура повітря знаходиться в межах 7.6 – 9.3 °С. Самий холодний місяць – січень. Середня його температура -4...-6 °С. Абсолютний мінімум температури повітря складає -31...-39 °С. Зима часто характеризується нестійким сніговим покривом, частими відлигами.

Початок весняних процесів настає в середині березня і триває весна біля двох місяців. Перехід середньої добової температури повітря через +5 °С настає в першій декаді квітня, що співпадає з початком польових робіт і відновленням вегетації. Приморозки зупиняються зазвичай в кінці квітня.

Літній період починається в другій половині травня і триває до середини вересня. Середня температура самого теплого місяця – липня рівна +18...+21 °С. Абсолютний максимум складає +37...+39 °С.

Початок осені відмічається в першій декаді жовтня, що співпадає з середньою датою настання приморозків. Осінь досить тривала і затягується в окремі роки до кінця грудня. Сума активних температур у Вінницькій області складає в середньому 2700 °С. Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище) триває 208-227 днів. Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 162-172 днів [1].

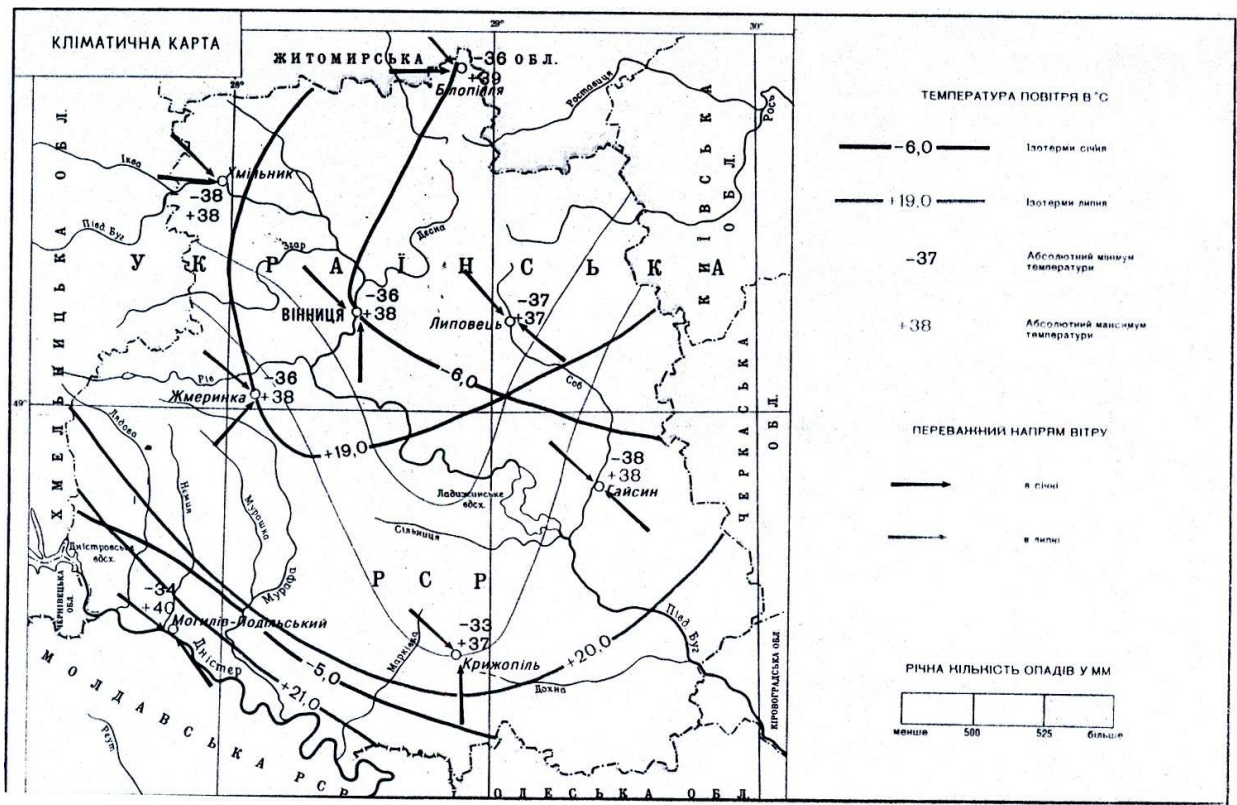


Рисунок 1.3 – Кліматична карта території Вінницької області

Річна кількість опадів складає 550...650 мм. Більша їх частина (70-80%) випадає в теплий період року.

За агрокліматичним районуванням область розділена на 2 райони:

I – район помірно-теплий, вологий, займає північну і частково центральну частину області. В даному районі сума позитивних температур за період з T_c вище 10 °C складає 2630 – 2780 °C; в середньому за рік випадає 430 – 480 мм; гідротермічний коефіцієнт Селянінова дорівнює 1,3 – 1,5.

II – район теплий, але недостатньо вологий, який займає південну і південно-східну частину області. Район характеризується сумою позитивних температур вище 10 °C у 2780 – 2980 °C; середньорічна сума опадів складає 400 – 440 мм; гідротермічний коефіцієнт Селянінова дорівнює 1,2 – 1,3 [1].

1.2 Вимоги ряду сільськогосподарських культур до кліматичних умов

Ярий ячмінь невибагливий 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 [8].

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 недружне 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 [8].

Ячмінь — типова самозапильна рослина. Цвіте й запилюється він, як правило, ще до викидання колоса, хоча, наприклад, голозерні й рихлоколосі плівчасті ячмені схильні до відкритого цвітіння. 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 [8].

Кукурудза — рослина короткого світлового дня. Вона швидше закінчує вегетацію при тривалості світлового дня 8 – 9 год, а при 12 – 14 год вегетаційний період її подовжується. За тривалістю вегетаційного періоду гібриди й сорти кукурудзи поділяються на ранньостиглі, середньоранні, середньостиглі, середньопізні та пізньостиглі з вегетаційним періодом відповідно 90 – 100, 105 – 115, 115 – 120, 120 – 130 і 135 – 140 днів [8].

Як усі хліба другої групи, кукурудза теплолюбна культура. Мінімальна температура проростання насіння більшості гібридів і сортів 8 – 10 °С, а нормально розвинені і дружні сходи з'являються при температурі 10 – 12 °С. Кукурудза, висіяна в холодний і перезволожений ґрунт, проростає дуже повільно, сходи її часто бувають зріджені, бо набубнявіле насіння уражується грибними хворобами і втрачає польову схожість. Перспективними є виведені селекціонерами біотиби кукурудзи, здатні проростати при температурі 5 – 6 °С. Сходи кукурудзи витримують температуру до мінус 3 °С, у фазі 2 – 3 листків — до мінус 3 – 5 °С. Кукурудза краще витримує весняні заморозки, ніж ранні осінні (мінус 2 – 3 °С), які пошкоджують зерно незрілих качанів і різко знижують його схожість і товарну якість. Більш вибагливі до тепла сорти і гібриди зубоподібної групи, менше — кременистої. Кукурудза найкраще росте і розвивається при середньодобовій температурі до 25 °С. При більш низьких температурах (14 – 15 °С) ріст рослин затримується, а при зниженні їх до біологічного мінімуму (10 °С) припиняється. Високі температури (25 – 30 °С) кукурудза до цвітіння витримує добре, але якщо вони в період викидання волотей і з'явлення стовпчиків качанів перевищують 30 – 35 °С, різко порушується нормальний хід цвітіння і

запліднення рослин (розрив у часі між появою стовпчиків і розтріскуванням пиляків сягає 7 – 8 днів), внаслідок чого спостерігається значна череззерниця в качанах. Максимальна температура, за якої припиняється ріст кукурудзи, становить 45 – 47 °С. Сума біологічно активних температур, необхідна для дозрівання скоростиглих гібридів і сортів, становить 1800 – 2000 °С, середньо- і середньоранньостиглих 2300 – 2600 °С, пізньостиглих 3000 – 3200 °С [8].

Одні вчені відносять кукурудзу до посухостійких рослин, інші — до вологолюбних. Кукурудза в ранні фази росту й розвитку (до утворення генеративних органів) справді може тривалий час перебувати у стані в'янення, а при випаданні опадів відновлювати життєздатність і продовжувати вегетацію. Крім того, коренева система кукурудзи глибоко проникає у ґрунт і добре засвоює вологу з глибоких його шарів. На утворення одиниці сухої речовини кукурудза витрачає майже удвічі менше води, ніж хліба першої групи. Коефіцієнт її транспірації становить у середньому 246 (174 – 406). Це він міг стати підставою для віднесення кукурудзи до посухостійких рослин. Проте після утворення на рослинах 8 – 9 листків і особливо з появою волоті потреби кукурудзи у волозі різко зростають, досягаючи максимуму в період від початку цвітіння (викидання волоті) до початку молочної стиглості. Триває він приблизно місяць і є найбільш критичним для кукурудзи за її потребою у волозі. В цей період кукурудза використовує близько 70 % вологи від загальної спожитої її кількості. Встановлено, що навіть короткочасна (2 – 3-денна) ґрунтова посуха у період викидання волотей чи запилення (якщо при цьому спостерігається в'янення рослин) може призвести до зниження врожаю на 22 %. Кукурудза дуже чутлива до вологи також під час наливання зерна. Оптимальна вологість ґрунту в період активної вегетації має становити 75 – 80 % НВ, що забезпечується випаданням улітку до 300 мм опадів [8].

Горох невибагливий до тепла. Насіння його починає проростати, коли ґрунт прогріється всього до 1 – 2 °С, а сходи добре витримують короткочасні

заморозки до мінус 5 – 7 °С. Найсприятливішою температурою для гороху у період вегетації є 15 – 18 °С. Проте в період наливання і дозрівання зерна для гороху потрібна дещо вища температура (близько 25 °С) [8].

До вологи горох вибагливий починаючи з проростання: насіння бубнявіє при поглинанні до 115 % води від власної сухої маси. Найвищі врожаї формує у районах з річною кількістю опадів 450 – 600 мм і вологістю ґрунту 70 – 80 % НВ. В посушливі роки (особливо коли в період від сходів до кінця цвітіння запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту становлять менше 25 мм) різко знижує врожай — опадають квітки, зменшуються озерненість бобів, маса 1000 насінин. Негативно впливає на урожайність зерна гороху і надмірна волога — розвивається велика вегетативна маса, на що витрачається багато поживних речовин, рослини сильно уражуються хворобами. На півдні горох добре реагує на зрошення [8].

За тривалістю вегетаційного періоду горох належить до скоростиглих культур — визріває за 75 – 115 днів. Тому його часто вирощують як парозаймаючу культуру.

Цукрові буряки — дворічна рослина. В перший рік з насіння виростає потовщений коренеплід із запасами поживних речовин та розеткою прикореневих листків. Тривалість вегетаційного періоду у різних зонах бурякосіяння від 120 – 140 до 180 – 200 днів. Цукрові буряки — рослина довгого дня, вибаглива до світла. Необхідна для них сумарна сонячна радіація становить до 3 тис, а ФАР — до 1,1 – 1,3 тис. МДж/м². Цукристість значною мірою залежить від кількості сонячних днів у серпні – вересні [8].

Насіння цукрових буряків активно проростає при середньодобовій температурі ґрунту 6 – 8 °С на глибині 6 – 7 см. Сходи витримують заморозки до 4 – 5 °С. Холодна погода на початку вегетації спричинює цвітушність. Фотосинтез та ріст буряків найкраще відбуваються при температурі 20 – 22 °С, але активний ріст і нагромадження цукру тривають до настання періоду зниження температур восени до рівня нижче 6 °С.

Необхідна сума активних температур у різних районах бурякосіяння становить 1800 – 3000 °C [8].

Цукрові буряки вибагливі до вологи і водночас є посухостійкими. Для бубнявіння і проростання насіння потрібно 150 – 170 % води від маси клубочків. На формування 1 ц коренеплодів і відповідної кількості листя при урожайності 400 – 500 ц/га буряки використовують з ґрунту близько 80 ц води, або 3200 – 4000 м³/га. Тому при їх вирощуванні велике значення мають заходи, спрямовані на нагромадження і зберігання вологи в ґрунті. Найбільше води буряки потребують в період посиленого росту (в липні–серпні). Оптимальна вологість ґрунту для них 65 – 70 % НВ. Відносно менше зниження врожаю цукрових буряків у роки з недостатньою кількістю опадів порівняно з іншими рослинами пояснюється тим, що коренева система їх глибоко проникає в ґрунт (до 2 м і більше), а також тривалим періодом вегетації і здатністю використовувати пізньолітні опади [8].

2 АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Стан вивчення питання щодо оцінки біокліматичного потенціалу територій

Кліматичні ресурси території можна характеризувати біокліматичним потенціалом (БКП). Значна частина природних ресурсів, у тому числі агрокліматичних, в даний час використовуються недостатньо. Це пов'язано, насамперед, з малою вивченістю клімату та місцевого клімату на регіональному рівні з точки зору використання його в сільському господарстві. Тому бонітування клімату на території конкретної країни і навіть адміністративної області належить до ряду актуальних питань, які пов'язані з оцінкою біологічної продуктивності природних умов. Її звичайно виконують у відносних одиницях або в балах і називають по-різному – "бонітет клімату", "бонітування клімату", "сільськогосподарський бонітет клімату", хоча сутність їх майже однакова. Слово "бонітет" походить від латинського "bonitas", що означає доброякісність [14, 28, 31].

Наукові передумови урахування біокліматичного потенціалу і оцінки його використання розвинуті в роботах видатних вчених К.А. Тимирязева, В.В. Докучаєва, Г.Н. Висоцького, А.І. Воейкова, С.Г.Струмиліна і ін.

Дослідженнями з бонітування клімату стосовно території колишнього СРСР і країн Східної Європи займалися П. . Колосков, С.А. Сапожникова, Д.І. Шашко, А.Д. Еюбов, Е.Л. Хершкович та ін.

Узагальнюючи наукові положення різних вчених щодо факторів біологічної продуктивності дозволяє зазначити наступне:

- загальна біологічна продуктивність земель, яка відображає природне багатство місцевості за інших рівних умов визначається кількістю сонячної енергії яка надходить, а також співвідношенням тепла і вологи;

- порівняльна міжрегіональна оцінка біологічної продуктивності повинна проводитися з урахуванням комплексу природних умов; ґрунтова родючість повинна розглядатися в нерозривному зв'язку з кліматичними умовами;

- слід розрізняти порівняльну оцінку біологічної продуктивності земель, їх природний потенціал і оцінку господарського використання земель.

Вчення про біокліматичний потенціал одержало значний розвиток в агрокліматичних дослідженнях. Дослідники прагнуть не тільки якісно а і кількісно оцінити біологічну продуктивність земель на основі БКП.

В цьому напрямлені значний внесок мають підходи П.І. Колоскова, які надані в ранній його роботі (1963). Рахують, що роботами П.І. Колоскова дано поштовх розвитку вчення про біокліматичний потенціал. Слід відмітити значення сформульованого ним наукового положення про проявлення кліматичного потенціалу в територіальних особливостях сільського господарства. До найбільш важливих елементів клімату він відніс температуру, вологу та світло. Визнаючи велику складність при урахуванні світла (інтенсивність, тривалість освітлення), Колосков П.І. обмежився урахуванням температури повітря і вологи, запропонувавши для розрахунку БКП наступну формулу:

$$\text{БКП} = A \cdot \frac{H}{(E - e) \cdot 32}, \quad (2.1)$$

де A – сума величин спеціальної температури $T_{s3/2}$, як показник біокліматичної ефективності і фенологічної ємності усього вегетаційного періоду сільськогосподарських культур;

H - кількість опадів за рік;

$(E-e)$ – дефіцит вологості повітря за рік.

Якщо брати біологічну продуктивність клімату на верхній межі достатнього зволоження, тобто при загальному річному показнику зволоженості $H/(E-e)=32$, за одиницю, то при інших значеннях показника

зволоженості біологічна продуктивність буде дорівнювати його величині, яка поділена на 32.

Виконавши розрахунки за формулою 2.1, П.І. Колосков склав схематичну карту розподілу БКП на території колишнього СРСР при фактичному зволоженні. На території центральної частини України та Молдови його значення коливаються в межах від 1,5 до 2,0.

Разом з тим С.А. Сапожникова (1970) розробила методику розрахунку сільськогосподарського бонітету клімату стосовно до зернових культур. При цьому показник продуктивності клімату ($Пк$) визначається по формулі:

$$Пк = \frac{Уф}{\sum T_{c > 10^0 C} \div 100}, \quad (2.2)$$

де $Уф$ – врожай культури (ц/га);

T_c – сума активних середньодобових температур повітря за теплий період.

За одержаними даними, враховуючи ГТК була складена карта розподілу $Пк$ на території колишнього СРСР.

Розвиваючи методику, С.А. Сапожникова та А. Д. Брінкен (1979) запропонували удосконалений метод розрахунку бонітету клімату стосовно до зернового господарства при природному зволоженні. Формула має вигляд:

$$Вк = \frac{E \cdot \sum T_{c > 10^0 C}}{100}, \quad (2.3)$$

де $Вк$ – бонітировочний бал клімату;

E – бонітировочний бал зволоження рівний середній врожайності тих культур, що приходяться на одиницю тепла ($\sum T_c = 100$ °C) при даному зволоженні.

Відповідні розрахунки були виконані для території соціалістичних країн Європи (у неї увійшла і ЕЧ колишнього СРСР) і складена агрокліматична карта розподілу B_k та E . На ній виділено 9 макрорайонів зі значеннями сільськогосподарського бонітету клімату (B_k) від 20 до 70 балів.

Розвиваючи методику оцінки бонітету клімату, Шашко Д. І. [31] свої дослідження з урахування БКП будував на основі отриманого з масових матеріалів кількісного зв'язку продуктивності рослин з головними факторами росту. По кожному з головних факторів при виключенні впливу інших факторів встановлені форма зв'язку і коефіцієнти зростання. Сукупна оцінка впливу факторів на продуктивність рослин виражена добутком частки коефіцієнтів. Перші результати його досліджень з порівняльної оцінки продуктивного значення клімату, отримані цим способом, викладені в роботі.

У наступних роботах метод біокліматичного потенціалу був доведений до практичного застосування. У цих роботах кліматичному індексу біологічної продуктивності у відносних одиницях було надано паралельну назву – біокліматичного потенціалу.

Крім того, в роботах по загальному агрокліматичному і природно-сільськогосподарському районуванню приділено велику увагу питанню прояву біокліматичного потенціалу в територіальній спеціалізації та інших особливостях сільськогосподарського виробництва. Для порівняльної оцінки загальної біологічної продуктивності використовується природна шкала відносних значень BKP та розраховується за формулою:

$$B_k = Kp(\kappa y) \cdot \frac{\sum T_{ak}}{\sum T_{ak(баз)}}, \quad (2.4)$$

де B_k – відносне значення біокліматичного потенціалу;

$Kp(\kappa y)$ – коефіцієнт росту;

$\sum T_{ak}$ – сума активних середніх добових температур повітря за період активної вегетації, щодо якої проводиться порівняльна оцінка;

$\sum T_{ак(баз)}$ - базисна сума середніх добових температур повітря за період активної вегетації, тобто сума відносно якої проводиться порівняльна оцінка.

В якості базисних можуть бути взяті суми температур повітря: 1000 °С – для порівняння з продуктивністю клімату на межі масового польового землеробства; 1900 °С – для порівняння з середньою на землі продуктивністю, характерною для південно-тайгової зони; 3100 °С – для порівняння з продуктивністю в оптимальних умовах зростання в помірній зоні, характерною для передгірних районів Краснодарського краю Росії.

За 100 балів продуктивності клімату Шашко Д. І. [31] прийняв середньозважений по всіх сортодільницях колишнього СРСР урожай зернових культур, рівний 20 ц/га. Величина (в балах) фактичної продуктивності клімату розраховувалася за графіком зв'язку врожаю зі значеннями показника зволоження при різних сумах температур повітря. Автором побудована карта ареалів загальної біологічної продуктивності клімату за біокліматичним потенціалом, який виражений у відносних одиницях і в балах (B_k). На території колишнього СРСР B_k змінюється від 40 до 210 балів.

При оцінці біокліматичного потенціалу можуть бути використані різні підходи, серед яких найбільш відомими є методи Д. І. Шашко та О. Д. Сиротенко – на їх основі розраховані величини БКП для широкого кола країн та регіонів.

Оцінка біокліматичного потенціалу за методом О. Д. Сиротенко [27] базується на використанні імітаційної системи «клімат – ґрунт – урожай». Під біокліматичним потенціалом тут мається на увазі величина наземної біомаси у сухій речовині. Основними показниками БКП є: радіаційно-термічний потенціал (РТП) – фундаментальна характеристика ґрунтово-кліматичних ресурсів, яка обмежена і не піддається регулюванню в умовах відкритого ґрунту з надходженням фотосинтетично активної радіації (ФАР) та термічним режимом при оптимальному мінеральному живленні, а також

гідротермічний потенціал (ГТ) – що враховує також умови природного зволоження. З використанням даної імітаційної системи отримано більшість оцінок агрокліматичних ресурсів та продуктивності сільського господарства під впливом змін клімату на території Росії та всього пострадянського простору, включаючи Республіку Білорусь. Так, ґрунтуючись на сценарії HadCMA1F1 Гадлеєвського центру у Великій Британії, О. Д. Сиротенко передбачає зростання врожайності зернових культур до 2020 р. по відношенню до сучасного рівня на 8 %, а кормових культур – на 13 % зволожених районах північного заходу Європейської території Росії, тобто в прилеглих до Білорусії регіонах.

Показник БКП розроблявся для оцінки агрокліматичних умов на території СРСР, тому він набув поширення в країнах цього регіону. В даний час роботи з оцінки біокліматичного потенціалу проводяться переважно в Росії та Україні. Дослідження БКП в Росії включають детальні оцінки біокліматичного потенціалу окремих регіонів [2, 5, 6, 10], оцінки БКП за допомогою чисельних моделей продуктивності сільськогосподарських культур [9, 27] та узагальнюючі роботи з урахуванням переоцінки БКП в умовах сучасного потепління клімату [17, 32, 33, 34]. Оцінками БКП та його змін на території України займається Міщенко З.А., Кирнасівська Н.В., Вольвач О.В. [4, 11, 12, 13, 22, 23]. У Білорусі також проводилися роботи з оцінки біокліматичного потенціалу території [15, 16, 18], проте переважним напрямком робіт є оцінка сприятливості окремих агрокліматичних характеристик для зростання та розвитку рослин [3, 6, 11, 25].

Міщенко З.А. і Кирнасівською Н.В. [20, 21, 23] на основі загальних агрокліматичних ресурсів України проведено дослідження з регіональної оцінки біокліматичного потенціалу на території України і побудовані комплексні карти *БКП* і його показників для умов природного та оптимального зволоження. Карта при природному зволоженні складена для умов відкритого рівного місця за основним показником – *БКП*, який виражено у балах. На карті виділено 8 макрорайонів. Для кожного

макрорайону були визначені значення сум температур вище 10 °С, сум опадів за рік, показника зволоження Д.І. Шашко, коефіцієнту росту та біокліматичного потенціалу в відносних одиницях. В межах даних макрорайонів B_k змінюється від 110 до 160 балів.

На карті біокліматичного потенціалу для умов оптимального зволоження виділено 12 макрорайонів. В межах даних макрорайонів B_k змінюється від 80 до 210 балів. Встановлено, що біологічна продуктивність клімату при введенні меліоративних заходів, які направлені на покращення кліматичних умов для сільськогосподарського виробництва, зростає в направленні з півночі на північний схід на південь і південний схід.

Регіональний підхід до оцінки біологічної продуктивності клімату на прикладі України дозволив суттєво деталізувати карто-схему розподілення B_k та БКП на території СНГ, яку склав Д. І. Шашко.

При безсумнівній цінності виконаних наукових досліджень є потреба їх подальшого розвитку, насамперед, в напрямку регіоналізації показників сільськогосподарського бонітету клімату в межах окремих країн, адміністративних областей. Крім того, необхідно удосконалення розглянутих фізико-статистичних моделей продуктивності клімату з тим, щоб крім загальної оцінки біокліматичного потенціалу території можна було б виконувати оцінку цього показника вже з урахуванням мікрокліматичних особливостей тієї чи іншої території.

2.2 Алгоритм розрахунку біокліматичного потенціалу територій

Ефективність вирощування тих чи інших сільськогосподарських культур поряд з технологічними і економічними факторами визначаються умовами тепло- і вологозабезпеченості, а також ґрунтовою родючістю.

При міжрегіональній оцінці земель тепло і волога, ґрунтова родючість, інтенсивність землеробства, біологічні особливості культур розглядаються як основні фактори біологічної продуктивності [31].

Зупинимось докладніше на біологічній значущості цих факторів.

Теплозабезпеченість. Вплив температурного фактора на продуктивність рослин різноманітна. Він відображається в основному на прискоренні продуктивності фотосинтезу (або швидкості росту рослин) з підвищенням температури. Характер залежності швидкості росту від температури ілюструється рис. 2.1, відображає продуктивність фотосинтезу у відсотках від максимуму. Згідно цього рисунка, для росту рослин існують температурний мінімум, оптимум і максимум.

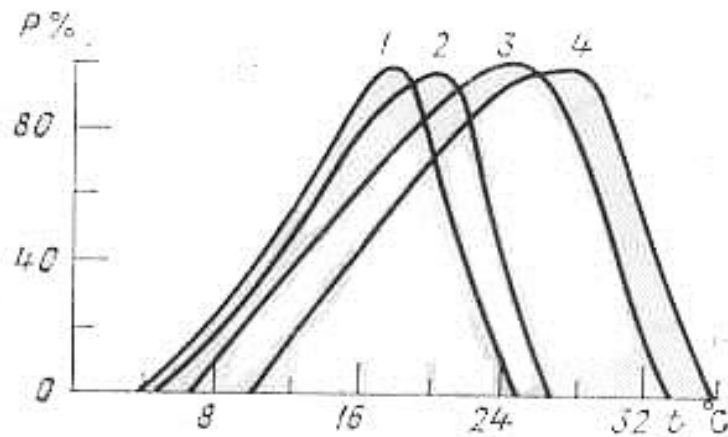


Рисунок 2.1 – Продуктивність (P) фотосинтезу (% від максимуму)

1 – картопля, 2 – пшениця, 3 – кукурудза, 4 – бавовник.

З підвищенням температури пов'язано прискорення не тільки біохімічних процесів, але і біофізичних, що впливають на продуктивність рослин (транспірація, розчинення твердих тіл в рідинах та ін.) [31].

Зростання продуктивності культур пов'язано також з обробітком пізньостиглих культур, як більш урожайних, так як вони здатні протягом тривалого часу використовувати в процесі фотосинтезу сонячну енергію. Крім того, теплозабезпеченістю визначається можливість набору в сівозміні культур різної продуктивності (зернові, коренеплоди, технічні та ін.), а отже, і різної загальної біологічної продуктивності. Із збільшенням теплозабезпеченості в південних районах створюються передумови для збору двох урожаїв однорічних культур з одного поля.

Сукупний вплив температурного фактора на продуктивність рослин приблизно виражається сумами середніх добових температур повітря за період активної вегетації ($\Sigma T_{\text{акт}}$). В ареалі вирощування певних екологічних типів сільськогосподарських культур залежність продуктивності від теплозабезпеченості можна апроксимувати рівнянням прямої (рис. 2.2).

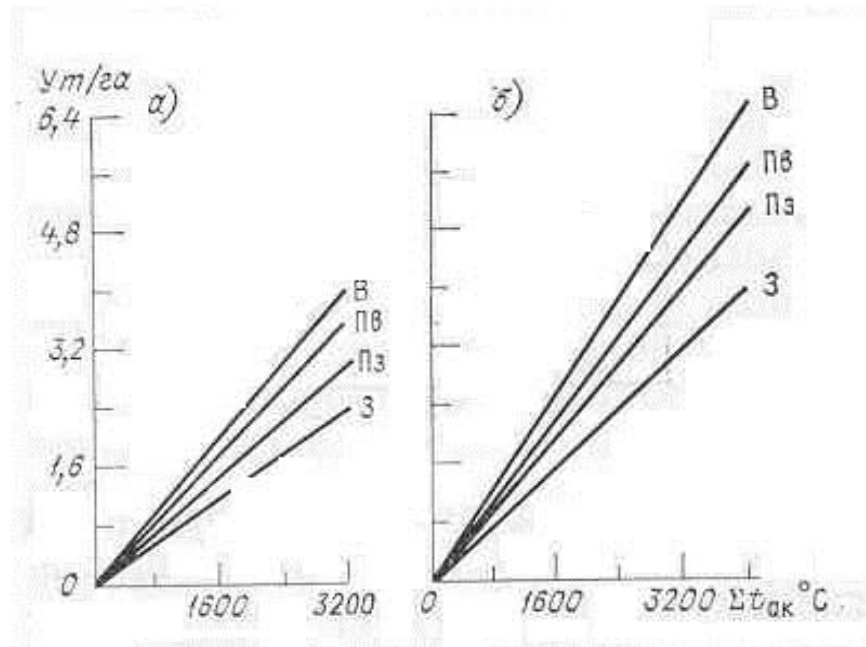


Рисунок 2.2 – Зв'язок врожайності озимої пшениці (а) і кукурудзи (б) з теплозабезпеченістю ($\Sigma T_{\text{акт}}$) по зонах зволоження

Примітка: Зони зволоження: В – волога, Пв – напівволога, Пз – напівзасушлива, З – посушлива.

На рисунку наведено типові графіки зв'язку врожайності сільськогосподарських культур з теплозабезпеченістю, що характеризується $\Sigma T_{\text{акт}}$. Ці графіки побудовані на основі графіків зв'язку продуктивності рослин з вологозабезпеченістю [31].

Вологозабезпеченість. Вплив вологозабезпеченості на продуктивність рослин пов'язаний в основному зі ступенем доступності рослинам ґрунтової вологи та поживних речовин. Для фактора вологи також характерні мінімум, оптимум і максимум вологозабезпеченості. Найбільш інтенсивне накопичення біомаси відбувається в місцях з достатнім зволоженням, де річні суми опадів і випаровування збалансовані, а запаси ґрунтової вологи

протягом вегетаційного періоду вище нижньої межі оптимального зволоження, тобто перебувають на рівні, близькому до найменшої вологості. Оптимум вологозабезпеченості відповідає приблизно вологості ґрунту, рівної 60% ПВ. За нижню межу оптимального зволоження приймається також вологість уповільнення зростання (ВУЗ), вологість розриву капілярів (ВРК).

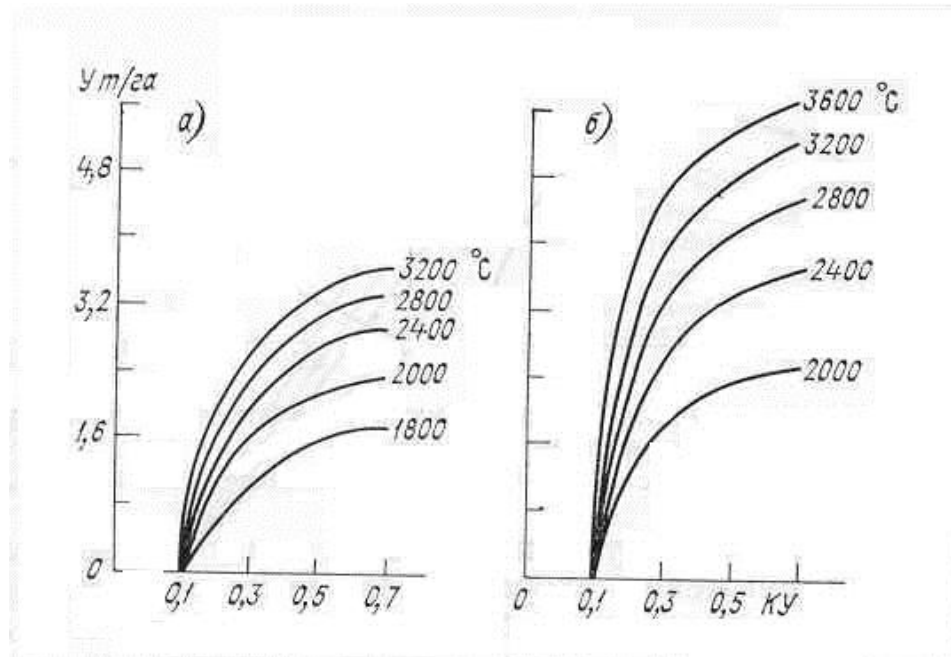


Рисунок 2.3 – Зв'язок врожайності озимої пшениці (а) і кукурудзи (б) з вологозабезпеченістю за температурними відрізками

Примітка: КУ – коефіцієнт атмосферного зволоження.

Ці показники відповідають приблизно вологості ґрунту, рівній 50 %, тобто повної вологості за вирахуванням вологості стійкого в'янення.

Вологозабезпеченість рослин в природних умовах приблизно виражається показником атмосферного зволоження KU ($KU = P/f$) в середньому за рік або в певний період вегетації. Характер зв'язку продуктивності рослин з показником річного атмосферного зволоження ілюструється графіками (рис. 2.3), побудованими за даними госсортодільниць. Аналогічна закономірність зв'язку продуктивності рослин з вологозабезпеченістю характерна і для лісової рослинності [31].

Тим самим показано, що у подібних умовах теплозабезпеченості продуктивність рослин визначається ступенем вологозабезпеченості, а в подібних умовах вологозабезпеченості – загальною теплозабезпеченістю. Практично важливо враховувати спільний вплив тепло- і вологозабезпеченості на продуктивність рослин. Такий вплив виражається через біокліматичний потенціал. Опираючись на модель Д.І. Шашко [31], алгоритм розрахунків біокліматичного потенціалу полягає в наступному.

Для порівняльної оцінки біокліматичної продуктивності великої території СНД із різним поєднанням тепла і вологи в міжзональних розрізах застосовується формула для визначення відносних значень біокліматичного потенціалу (*БКП*):

$$БКП = K_p \cdot \frac{\sum T_c > 10^0 C}{1000^0 C}, \quad (2.5)$$

де $\sum T_c > 10^0 C$ – сума середніх добових температур повітря за період активної вегетації в даному місці; $1000^0 C$ – базисна сума температур повітря для порівняння з продуктивністю на межі можливого польового землеробства; K_p – коефіцієнт росту.

У приведеній формулі коефіцієнт росту K_p являє собою відношення врожайності в даних умовах вологозабезпеченості до максимальної врожайності в умовах оптимальної вологозабезпеченості. Його значення визначаються по формулі:

$$K_p = 1,5 \lg(20Md) - 0,21 + 0,63Md - Md^2, \quad (2.6)$$

де Md – показник атмосферного зволоження.

Умовний показник зволоження розраховується по формулі:

$$Md = \frac{\sum P}{\sum (E - e)}, \quad (2.7)$$

де P – кількість опадів за рік (мм);

$(E - e)$ – сума дефіцитів вологості повітря за рік (мм).

Для порівняльної оцінки (у балах) біологічної продуктивності (B_k) відносно середньої для країни продуктивності застосовується формула:

$$B_k = K_p \cdot \frac{\sum T_c \cdot 100}{1900^{\circ}C} = 55 \cdot BKP, \quad (2.8)$$

де $1900^{\circ}C$ – базисна сума середніх добових температур повітря для порівняння із середньою по країні продуктивністю клімату;

55 – коефіцієнт пропорційності, розрахований по співвідношенню базисних сум температур повітря $1000^{\circ}C$ та $1900^{\circ}C$ і виражений у відсотках.

Для умов оптимального зволоження на території яка розглядається, біокліматичний потенціал у вигляді BKP' і B_k' розраховується по формулі:

$$BKP' = K'_p \cdot \frac{\sum T_c > 10^{\circ}C}{1000^{\circ}C}, \quad (2.9)$$

$$B_k' = 55 \cdot BKP'. \quad (2.10)$$

Тоді коефіцієнт ефективності використання біокліматичного потенціалу території культурою (Ke) можна розрахувати по співвідношенням

$$K_e = \frac{BKP_k}{BKP} \cdot 100\%; K_e = \frac{B'_k}{B_k} \cdot 100\%. \quad (2.11)$$

При значеннях $Md \approx 0,50 - 0,55$ складаються оптимальні умови для вологозабезпеченості рослин. Відносно цих умов K_p приймає значення одиниці.

Подальша регіоналізація розрахункової схеми оцінки біокліматичного потенціалу в межах обмежених територій (адміністративна область, невеликий район, окреме господарство) з урахуванням мікроклімату може виконуватися наступним чином.

Майже повсюдно на території України, в тому числі і у Вінницькій області має місце велика строкатість ґрунтів, що розрізняються на малих площах за механічним складом. Для ряду регіонів СНД (Північно-західна частина Росії і Західний Сибір, Білорусія) виконані дослідження з клімату ґрунтів, що дозволили отримати кількісну оцінку мікрокліматичної мінливості показників тепло і вологозабезпечення на ґрунтах різного механічного складу. Міщенко З.А., Кирнасівською Н.В. [21, 24] виконані аналогічні розробки стосовно території України. Фонові значення *БКП* і *Бк* придатні для оцінки біологічної продуктивності клімату на рівнинних землях з середньосуглинистими ґрунтами.

Для перерахунку *БКП* і *Бк* на ґрунти піщані, супіщані, важкосуглинисті і глинисті доцільно ввести перехідні коефіцієнти (K_z) у вигляді:

$$K_{n_z} = \frac{\sum T_{n_z}}{\sum T_{z_c}}; \quad K_{c_z} = \frac{\sum T_{c_z}}{\sum T_{z_c}}; \quad K_{в_z} = \frac{\sum T_{в_z}}{\sum T_{z_c}}, \quad (2.12)$$

де $\sum T_{z_c}$ - сума температур ґрунту на глибині 10, 20 см за період з T_c вище 10°C (середній суглинок, прийнятий за нормальне місцезнаходження);

$\sum T_{n_z}$, $\sum T_{c_z}$, $\sum T_{в_z}$ - ті ж суми температур відповідно для піщаних, супіщаних і важкосуглинистих ґрунтів.

Тоді формули для розрахунку біокліматичного потенціалу 2.6 - 2.9, приймуть такий вигляд:

$$БКП_z = K_p \cdot \frac{\sum T_c \cdot 10^0\text{C}}{1000^0\text{C}} \cdot K_z, \quad (2.13)$$

$$B_{K_z} = 55 \cdot БКП \cdot K_z, \quad (2.14)$$

$$BKП'_2 = K'_p \cdot \frac{\Sigma T_c \succ 10^0 C}{1000^0 C} \cdot K_2, \quad (2.15)$$

$$B'_{к2} = 55 \cdot BKП' \cdot K_2, \quad (2.16)$$

де $BKП_Г$, $B_{КГ}$ - значення біокліматичного потенціалу в відносних одиницях і в балах на ґрунтах різного механічного складу при природному зволоженні; $BKП'_2$, $B'_{к2}$ - теж в умовах оптимального зволоження; K_2 - перехідні коефіцієнти для перерахунку біокліматичного потенціалу на піщані, супіщані, важкосуглинисті і глинисті ґрунти.

2.3 Агрокліматична оцінка біологічної продуктивності клімату Вінницької області

2.3.1 Аналіз змін температурного режиму та оцінка теплозабезпеченості рослин

Для загальної оцінки біологічної продуктивності земель території Вінницької області за методикою Д.І. Шашко на перших етапах проведена детальна оцінка змін температурного режиму та теплозабезпеченості.

Для оцінки температурного режиму території Вінницької області проаналізовано графіки динаміки середньорічної температури повітря на метеостанціях, які розташовані на півночі, в центральній частині та півдні Вінницької області (ст. Білопіль, ст. Липовець, ст. Крижопіль) за період з 1989 по 2019 рр.

Так на півночі області (ст. Білопіль) середньорічна температура повітря за означений період склала 8,2 °С та коливалася в межах 6,4 – 9,9 °С. Найбільш теплими за досліджуваний період були: 2008, 2015, 2019 рр., а найбільш холоднішим виявився 1996 рік. Тренд має висхідний характер,

Тср, °C

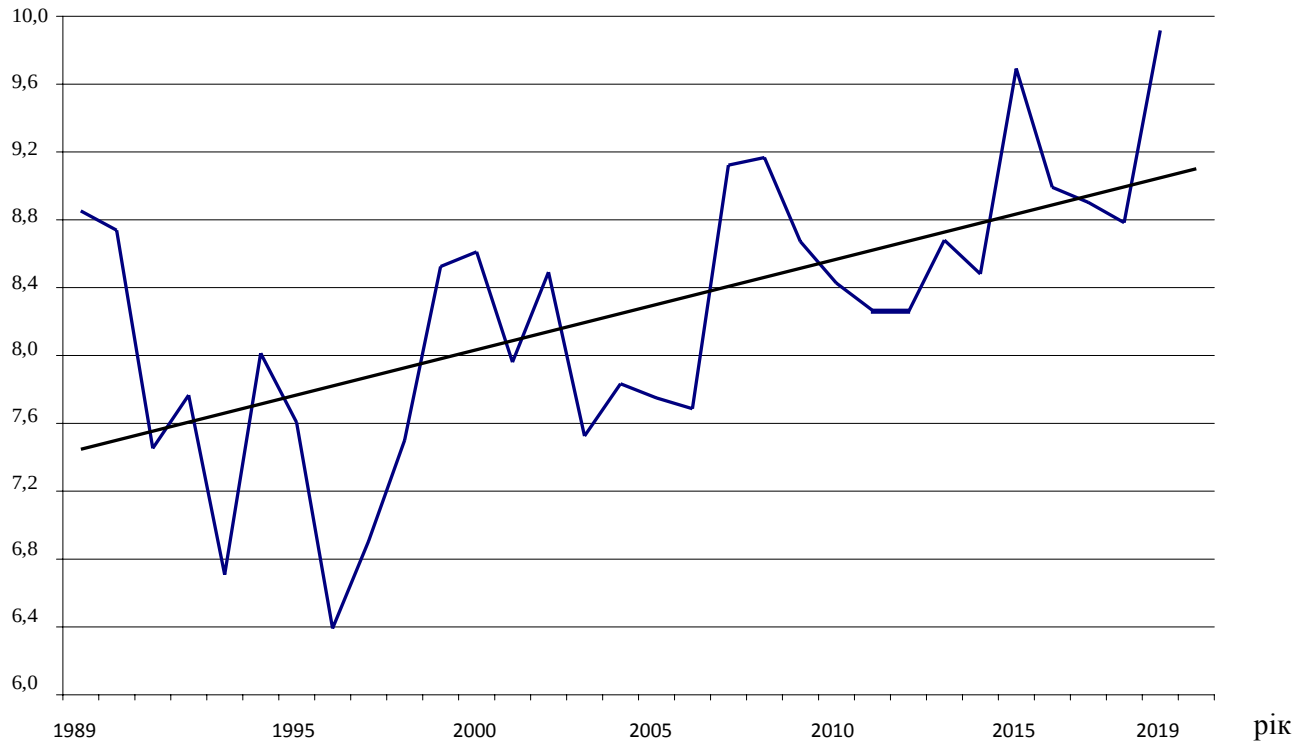


Рисунок 2.1 – Середньорічна температура повітря на ст. Білопілья за період з 1989 по 2019 рік

тенденція збільшення середньорічної температури повітря складає в середньому 0,4 – 0,7 °C на 10 років (рис. 2.1).

Наслідком зростання температурного режиму за останнє десятиліття на досліджуваній території стало збільшення вегетаційного періоду. Найбільш тривалий вегетаційний період з температурою вище 5 °C, спостерігався у 2012, 2015 і 2019 роках, відповідно 241, 227, 221 днів, а найменш тривалий відзначався в 2009 і 2016 роках, відповідно 216 та 197 днів. Тривалість періоду активної вегетації (з середньодобовою температурою вище 10 °C) також має тенденції до зростання. За останнє десятиріччя період зріс на 12 днів в порівнянні з минулим 20-річним періодом (табл. 2.1).

Поряд зі збільшенням тривалості вегетаційного періоду в останньому десятиріччі відзначено зростання сум активних температур у порівнянні з попереднім двадцятирічним періодом. Так суми активних температур за

Таблиця 2.1 - Середні значення суми активних температур ($^{\circ}\text{C}$) і тривалості вегетаційного періоду за 1986 – 2005 рр. і 2006-2019 рр.

Період	$\Sigma T_c > 10^0 \text{C}$	$\Sigma T_c > 5^0 \text{C}$	$N_{en} > 10^0 \text{C}$	$N_{en} > 5^0 \text{C}$
ст. Білопілля				
1986 - 2005 рр.	2646	2993	162	208
2006-2019 рр.	2794	3438	174	225
	+148	+445	+12	+17
ст. Липовець				
1986 - 2005 рр.	2740	3062	167	212
2006-2019 рр.	2844	3508	171	226
	+104	+446	+4	+14
ст. Крижопіль				
1986 - 2005 рр.	2839	3252	169	217
2006-2019 рр.	3373	3820	180	237
	+534	+568	+11	+20

період активної вегетації з середньодобовою температурою вище 10°C зросли на 148°C , а за період з температурою вище 5°C на 445°C . Отримані дані переконливо свідчать про поліпшення теплозабезпеченості сільськогосподарських культур (табл. 2.1).

В центральній частині області (ст. Липовець) середньорічна температура повітря за досліджуваний період склала $8,4^{\circ}\text{C}$ та коливалася в межах від $7,0$ до $10,0^{\circ}\text{C}$. Тренд середньорічної температури має також висхідних характер, за останні 30 років середньорічні значення температури повітря зросли в середньому на $0,5^{\circ}\text{C}$ на 10 років. З графіка (рис. 2.2) видно, що останні роки відзначаються найбільшим максимумом, найтеплішими були 2007, 2015, 2019 рр. з температурою $9,5$; $9,8$; $10,0^{\circ}\text{C}$. Найхолоднішими були роки в десятиріччі 1990-2000-х тисячних – 1993 та 1996 роки з температурою $7,0$ та $6,8^{\circ}\text{C}$ відповідно. Аналізуючи дані табл. 2.1 видно, що на ст. Липовець суми активних температур за період активної вегетації культур за останнє десятиріччя збільшилися на 104°C , а за період з температурою вище 5°C на 446°C в порівнянні з періодом 1986-2005 рр.

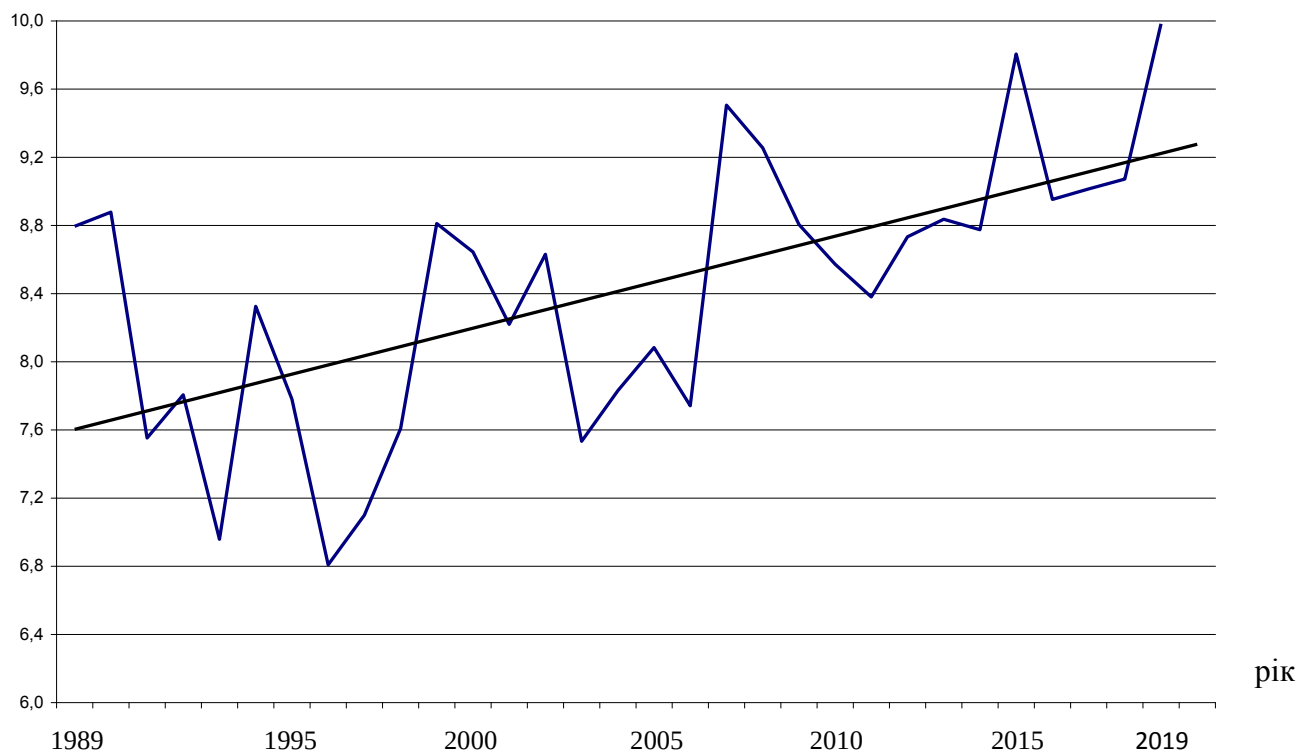
Т_{ср}, °C

Рисунок 2.2 – Середньорічна температура повітря на ст. Липовець за період з 1989 по 2019 рік

Як зі збільшенням температури збільшується і тривалість вегетаційного періоду. Так, тривалість періоду збільшилася на 4 та 14 днів за періоди з температурою вище 10 °C та 5 °C відповідно.

На крайньому півдні Вінницької області (ст. Крижопіль) в середньобогаторічному температура повітря складає 9,4 °C та коливається від 7,4 до 10,9 °C.к і повсюдно в даному районі найтеплішими були останні роки (2005-2018 рр.), де середньорічна температура була не нижче 10,1 – 10,9 °C (рис. 2.3). Найхолоднішим виявився 1996 рік, середньорічна температура складала 7,4 °C. Тренд середньорічної температури повітря в даному районі має висхідний характер, тенденція на наступний рік додатна 0,2 °C. В цілому за період 1989 – 2019 рік тенденція досить суттєва та складає 1,9 °C. Аналізуючи дані по сумі активних температур повітря за два періоди (табл. 2.1) встановлено, що на півдні області найбільше зростання сум активних температур, як за період активної вегетації культур так і за період з

температурою повітря вище 5 °С. Так збільшення температур за останнє десятиріччя складає 534 і 538 °С відповідно в порівнянні з періодом 1986 – 2005 років. Як слідство, збільшилась і тривалість відповідних періодів на 11 та 20 днів. Отже, в кінці ХХ століття у зв'язку з ростом сумарної тривалості блокуючих процесів намітилася тенденція збільшення річної

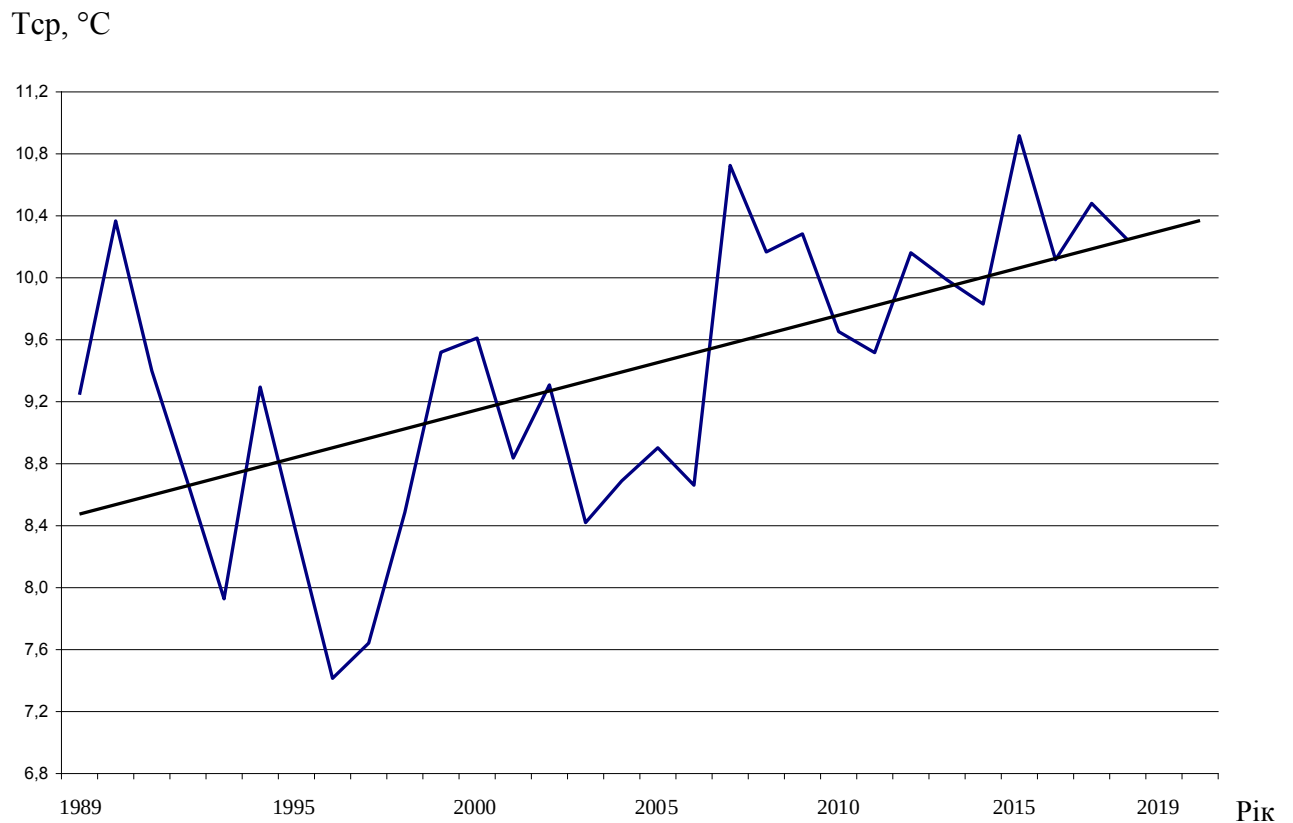


Рисунок 2.3 – Середньорічна температура повітря на ст. Крижопіль за період з 1989 по 2019 рік

амплітуди температури повітря - в основному за рахунок підвищення температур липня.

Теплозабезпеченість визначає потенційні природні ресурси сільського господарства, які обумовлюють набір сільськогосподарських культур за їх потребою до тепла, а також формування їх продуктивності. На даний час запропоновані різні показники теплозабезпеченості рослин: сума активних температур, сума ефективних температур, сума температурних показників або індексів швидкості розвитку рослин та ін. За оцінки теплозабезпеченості

і встановлення кліматичних меж сільськогосподарських культур потрібно розрізняти кліматичні, біологічні та біокліматичні температури.

Суми кліматичних температур визначають загальні ресурси тепла в даній місцевості. Суми біологічних температур визначають потребу рослин в теплі. Суми біокліматичних температур визначають кількість тепла, яке забезпечує щорічне досягання рослин або ж настання господарсько цінних фаз розвитку.

Шашко Д.І. запропонував суми біокліматичних температур вище 10 °С визначати за формулою:

$$\sum t_{\text{бк}, > 10^{\circ}\text{C}} = \sum t_{\text{б}} + P_{\text{к}} + P_{\text{ш}} + P_{\text{м}} + P_{\text{к}} + 200(250, 300), \quad (2.12)$$

де $\sum t_{\text{б}}$ - сума біологічних температур; $P_{\text{к}}$ - різниця сум кліматичних температур за період з середньою добовою температурою вище 10 °С і температур на межі розвитку рослин; $P_{\text{ш}}$ - поправка на широту місцевості; $P_{\text{м}}$ - поправка на мікрокліматичні особливості місцеположення; $P_{\text{к}}$ - поправка на континентальність; 200(250, 300) - відхилення сум кліматичних температур, які відповідають забезпеченості 90%, °С.

Таблиця 2.2 – Потреба ряду сільськогосподарських культур у теплі у Вінницькій області

Культура	$\overline{T}$ сходів/ дозрівання	Група скоростиглості	$P_{\text{к}}$	$P_{\text{ш}}$	$\sum T_{\text{б}}$	$\sum T_{\text{бкл}}$
Ярий ячмінь	5/10	Середньостиглі	-150	-50	1300	1350
Кукурудза	8/10	Скоростиглі	-50	50	1800	2050
		Середні			2100	2350
		пізні			2800	3050
Горох	5/10	середньостиглі	-150	0	1550	1650
Цукровий буряк	8/8	середні	-150	0	2200	2300

Поправка на широту місцевості $P_{ш}$ складає за емпіричними даними приблизно 0-15 °С на 1° широти. Поправку $P_{м}$ на мікрокліматичну особливість місцевості можна в середньому прийняти рівною $\pm 200-300$ °С для середніх широт (45-55 °).

Для ряду сільськогосподарських культур Вінницької області були визначені суми біокліматичних температур вище 10 °С. При визначенні цих температур враховувалася кліматична температура $P_{к}$, поправка на широту місцевості $P_{ш}$ і відхилення сум температур 250 °С (табл. 2.2).

2.3.2 Аналіз змін опадів та оцінка вологозабезпеченості території

Продуктивність рослин, особливо в умовах неполивного їх вирощування визначається, при інших факторах росту, вологою. Тому при оцінці теплозабезпеченості необхідна оцінка вологозабезпеченості тієї чи іншої території. Для цього потрібні надійні агрокліматичні показники.

Аналіз даних про опади показав, що за останні 30 років спостерігається незначне скорочення кількості опадів (рис.2.4-2.6), що при зростанні середньорічних значень температури призводить до збільшення випаровування. Розглянемо динаміку річної кількості опадів на досліджуваних станціях Вінницької області.

Отже на півночі області (ст. Білопілля) за період з 1989 по 2019 рік найбільш зволоженими були 2005 та 2013 роки (719 та 737 мм), а 2015 рік ознаменувався, як найпосушливіший, оскільки річна кількість опадів в цьому році була майже в два рази меншою (436 мм). Тренд річної кількості опадів за 30 річний період має від'ємну тенденцію (-55 мм).

В центральній частині області (ст. Липовець) за досліджуваний період тренд річної суми опадів має низхідний характер. Так, на початок дослідного періоду по тренду річна сума опадів складала 725 мм, а в кінці – зменшилася до 555 мм. Різниця суттєва та складає 170 мм. Прогностична тенденція на 2020 рік складала (- 5,3 мм). Найбільш зволоженими були 1991 рік (790 мм) та

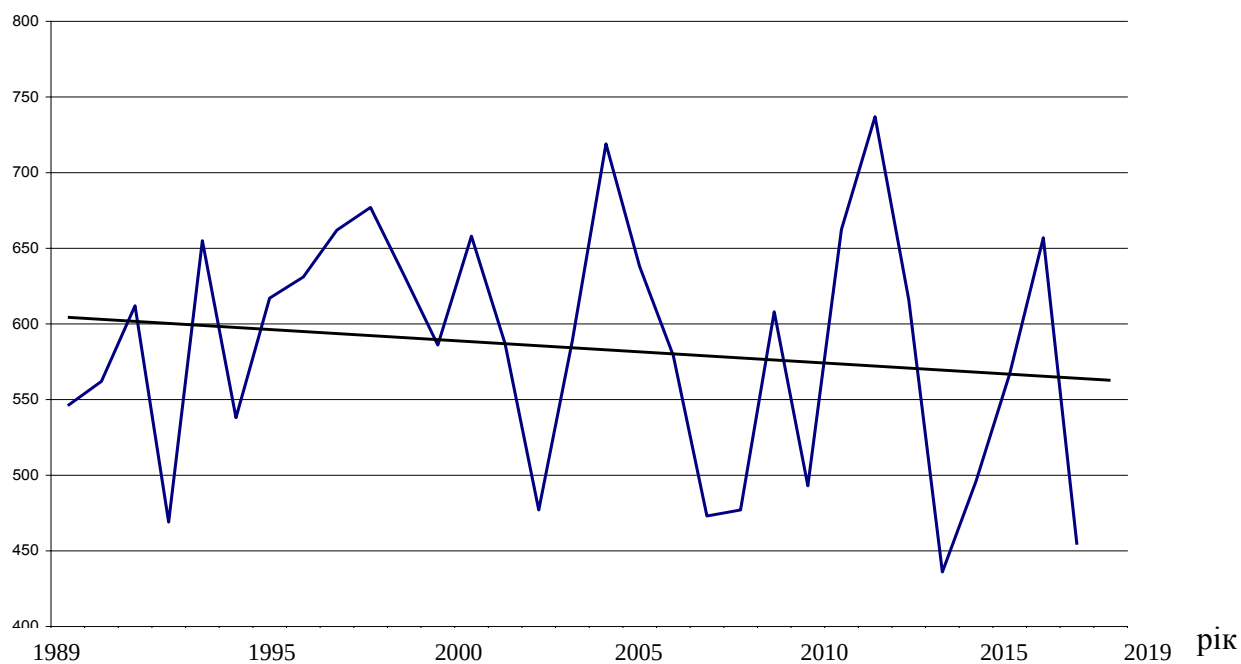
ΣR , мм

Рисунок 2.4 – Графік динаміки річної кількості опадів за період з 1989 по 2019 роки на станції Білопільля Вінницької області

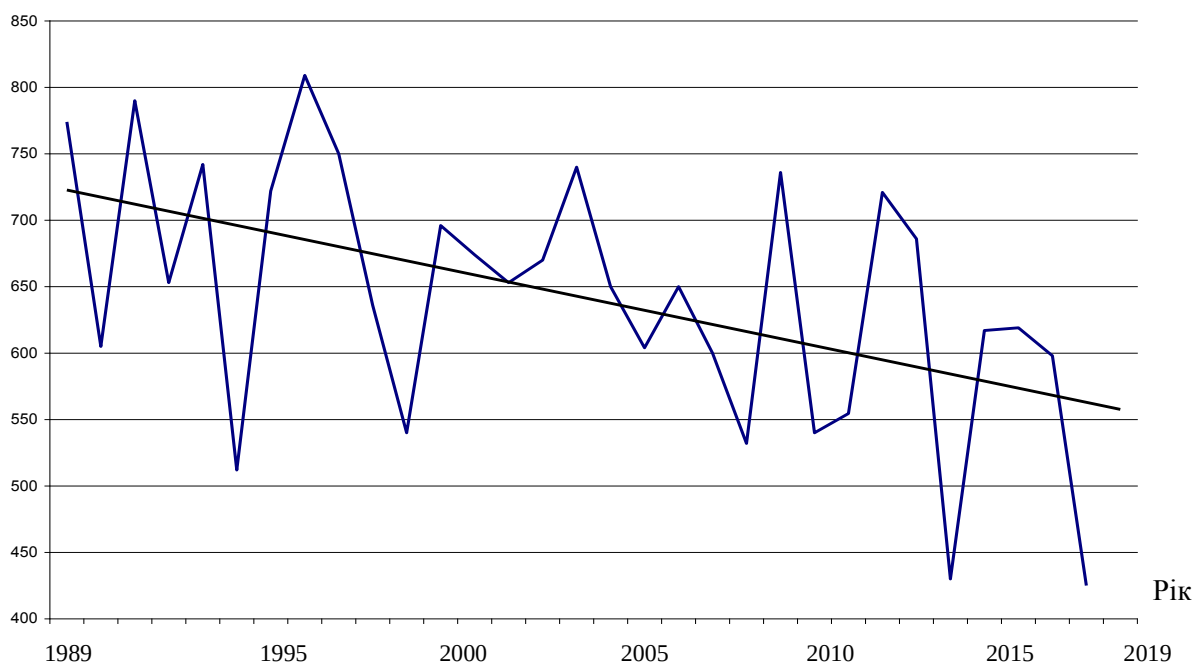
 ΣR , мм

Рисунок 2.5 – Графік динаміки річної кількості опадів за період з 1989 по 2019 роки на станції Липовець Вінницької області

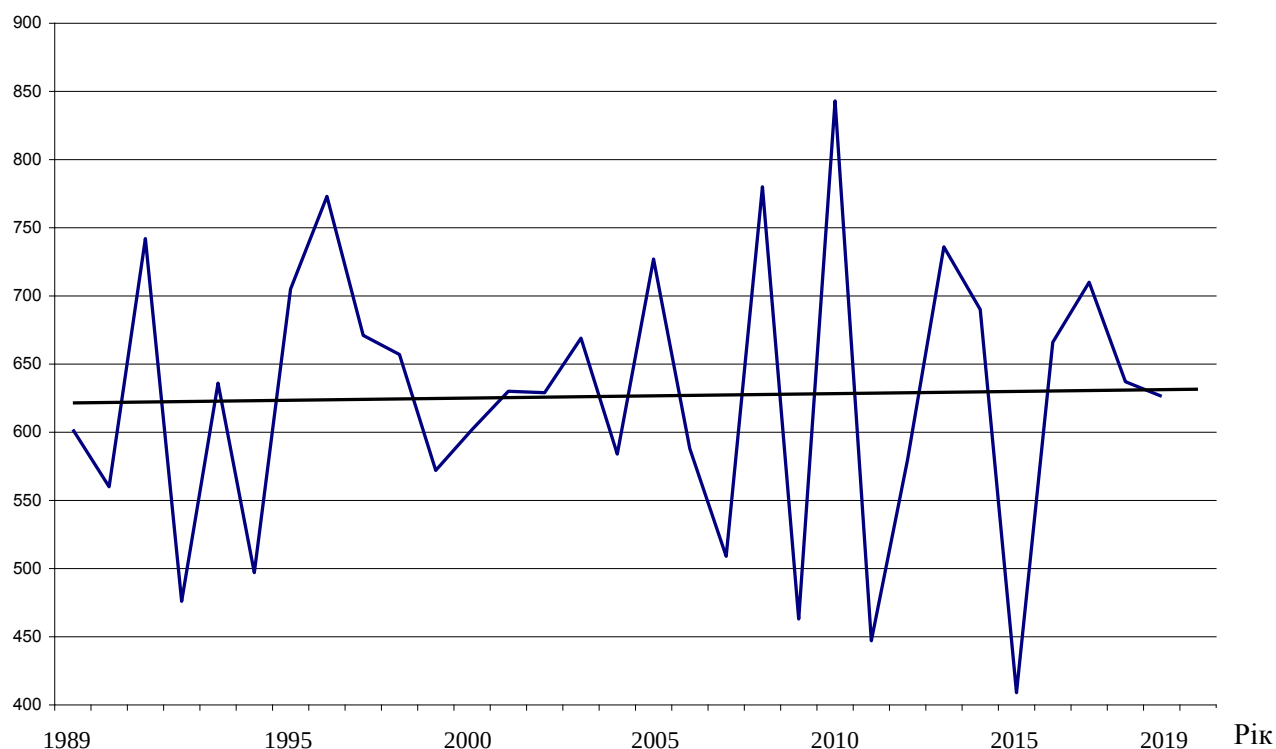
ΣR , мм

Рисунок 2.6 – Графік динаміки річної кількості опадів за період з 1989 по 2019 роки на станції Крижопіль Вінницької області

1996 (809 мм), а 2015 та 2019 були най посушливішими. Річна кількість опадів склала 430 та 425 мм відповідно.

На півдні області (ст. Крижопіль) в середньобаторічному випадає 626 мм опадів. Найбільш зволженими були 2008 та 2010 роки з річною кількістю опадів 780 та 843 мм. Найсухішим був, як і по всій території, 2015 рік, коли річна кількість опадів склала 409 мм. На даній частині території тренд річної кількості опадів на протязі останніх 30 років залишався беззмінним та має досить мізерну тенденцію до підвищення на наступний рік.

У таблиці 2.3 наведені середні місячні суми опадів за різні періоди осереднення. Звертає на себе увагу збільшення кількості опадів навесні в періоді 2001-2019 та скорочення кількості опадів в липні-вересні, що при високому температурному фоні цих місяців збільшує загрозу засух та висихання більшості сільськогосподарських культур.

Таблиця 2.3 – Місячна сума опадів, осереднена за різні періоди

Місяць	ст. Білопілля			ст. Липовець			ст. Крижопіль		
	1961-1990	1971-2000	2001-2019	1961-1990	1971-2000	2001-2019	1961-1990	1971-2000	2001-2019
січень	33	29	33	44	39	41	37	31	43
лютий	28	27	34	39	33	39	36	30	39
березень	36	28	34	34	33	40	34	30	43
квітень	46	52	37	49	55	45	44	49	43
травень	55	57	59	59	58	56	54	59	61
червень	84	89	86	95	100	80	87	91	83
липень	93	96	78	101	101	68	94	92	78
серпень	72	66	55	69	65	60	57	60	55
вересень	43	51	49	44	46	59	48	56	54
жовтень	32	31	34	36	35	40	30	33	43
листопад	39	38	36	46	46	42	41	42	46
грудень	38	35	38	47	45	45	39	37	40
рік	592	598	575	663	683	616	577	608	628

Кількість опадів в осінньому періоді не компенсує зниження запасу продуктивної вологи в орному шарі, оскільки значення випаровуваності перевищують суму опадів, що випали в цих місцях майже в півтора рази.

Таким чином, зміни, що спостерігаються в останні десятиліття зводяться до наступного: збільшення суми активних температур за червень-серпень визначає зростання випаровування, який не компенсується опадами, що випадають, особливою посушливістю відрізняються липень і серпень.

Стримуючим фактором для оптимального розвитку великого числа сільськогосподарських культур в досліджуваному районі є ресурси зволоження, про що свідчать значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) за період активної вегетації в порівнянні двох періоді та наведені в табл. 2.4.

Величина ГТК за період 1986-2005 рр. з травня по серпень по області дорівнює 1,2-1,7 та характеризує умови забезпеченого зволоження. В період з 2006 по 20019 роки значення гідротермічного коефіцієнту знизилася до 1,1-

Таблиця 2.4 – Середні значення ГТК за період активної вегетації в періоди 1986-2005 рр. та 2006-2019 рр.

Станція	За період				
	1986 – 2005 рр.				2006-2019 рр.
	Травень-червень	червень-липень	Липень-серпень	За період із середньою добовою температурою вище $> 10^{\circ}\text{C}$	За період із середньою добовою температурою вище $> 10^{\circ}\text{C}$
Білопілля	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1
Хмільник	1,5	1,7	1,6	1,5	1,1
Вінниця	1,4	1,6	1,4	1,4	1,0
Жмеринка	1,4	1,5	1,6	1,5	1,0
Гайсин	1,3	1,4	1,2	1,3	1,0
М.-Подільський	1,3	1,3	1,2	1,2	0,97

0,97 за період із середньодобовою температурою вище 10°C і характеризує умови зволоження як недостатні. Це слідство розташування досліджуваного району в лісостеповій зоні і переважання в останні роки антициклональної погоди.

Шашко Д.І. запропонував використовувати в цьому сенсі відношення опадів до дефіциту вологості повітря або можливого випаровуванню:

$$f=0.45 \sum(E - e), \quad (2.13)$$

де f - умовна випаровуваність, мм;

$\sum(E-e)$ - сума середніх добових значень дефіциту вологості повітря, гПа.

Перевага показника зволоження $P/\sum(E-e)$ пояснюється тим, що кількість транспірації, а надалі і урожайність пов'язані з дефіцитом вологості повітря краще, ніж з іншими метеорологічними факторами.

На основі даних по показнику атмосферного зволоження Д.І. Шашко [31] вивів класифікацію клімату по вологозабезпеченості. Отже, виділено три основних типи зволоження:

I тип, опади за рік перевищують можливе випаровування (область достатнього зволоження), $KU > 0,45$ (1,0);

II тип - опади за рік менше випаровуваності (область недостатнього зволоження), $KU = 0,45-0,15$ (1,0-0,33);

III тип - випаровуваність значно перевищує опади (область незначного зволоження), $KU < 0,15$ (0,33).

Підобласті виділяють по динаміці річного зволоження. При цьому використовують відношення опадів теплого періоду до опадів холодного періоду. По відношенню опадів виділяють території з перевищенням опадів теплого над опадами холодного періоду в 1-2, 2-4 і >4 .

В табл. 2.5 за даною методикою надана класифікація клімату Вінницької області за умовами вологозабезпеченості. Як видно з таблиці за річним значенням показника зволоження KU по області можна виділити два типи зволоження: I - область достатнього зволоження, яка охоплює райони ст. Хмільник та Липовець ($KU = 0,50-0,52$ (1,10-1,14)) та II - область недостатнього зволоження, яка має місце в районах ст. Білопіль, Вінниця, Жмеринка, Гайсин, Могилів-Подільський та Крижопіль ($KU = 0,32-0,45$ (1,00-0,70)). За динамікою зволоження, яка оцінювалася по відношенню опадів теплого періоду до опадів холодного періоду, має місце практично повсюдно слабкозасушлива підобласть з напіввологою зоною зволоження. Виключення складають райони ст. Хмільник, Липовець, де зона зволоження класифікується як волога. Так перевищення опадів теплого періоду над холодним більше в 2,5-2,9 рази, тут має місце, як правило, засушливе літо, весна та осінь з деяким підвищеним зволоженням.

Таблиця 2.5 - Класифікація клімату Вінницької області за умовами вологозабезпеченості (методика Д.І. Шашко)

Станція	ΣP , мм	Σd , гПа	f, гПа	Показник зволоження			Кількість опадів			Область (підобласть по типу різного зволоження)	Зона зволоження
				P/ Σd	P/f	f/P	Теплий період	Холодний період	На скільки більше		
Білопілья	590	1314	591	0,45	1,00	1,00	428	162	2,6	II недостатнього зволоження (слабкозасушлива)	напівволога
Хмільник	654	1314	591	0,50	1,10	0,90	468	186	2,5	I достатнього зволоження	волога
Липовець	668	1278	575	0,52	1,14	0,86	476	192	2,5	I достатнього зволоження	волога
Вінниця	594	1314	591	0,45	1,00	0,99	441	153	2,9	II недостатнього зволоження (слабкозасушлива)	напівволога
Жмеринка	624	1387	624	0,45	1,00	1,00	456	168	2,7	II недостатнього зволоження (слабкозасушлива)	напівволога
Гайсин	588	1497	674	0,39	0,86	1,15	420	168	2,5	II недостатнього зволоження (слабкозасушлива)	напівволога
Могилів- Подільський	584	1825	821	0,32	0,70	1,41	433	151	2,8	II недостатнього зволоження (засушлива)	напівволога
Крижопіль	610	1533	690	0,40	0,88	1,13	439	171	2,6	II недостатнього зволоження (слабкозасушлива)	напівволога

2.3.3 Коефіцієнт росту

Коефіцієнт росту $K_{p(KY)}$ - це відношення врожайності в даних умовах вологозабезпечення до максимальної урожайності в умовах оптимального вологозабезпечення. Його значення виражають формулою

$$K_{p(KY)} = \lg(20KY), \quad (2.14)$$

При значеннях $KY=0,50$ складаються оптимальні умови для вологозабезпеченості рослин. Відносно цих умов $K_{p(KY)}$ приймає значення одиниці. По території Вінницької області значення $K_{p(KY)}$ коливаються в межах 0,81 (ст. М.-Подільський) до 1,0 (ст. Хмільник).

Більш точно зміну емпіричних значень коефіцієнту росту характеризує складна функція

$$K_{p(KY)'} = 1,5 \lg(20KY) - 0,21 + 0,63KY - KY^2 \quad (2.15)$$

Одержані значення $K_{p(KY)'}$ по території Вінницької області коливаються від 0,82 (ст. М.-Подільський) до 1,00 (ст. Хмільник) (табл.2.6). Наведені середні емпіричні і розрахункові значення коефіцієнту росту для станцій Вінницької області. Середні емпіричні значення коефіцієнту росту ($K_{p(e)}$) визначені по таблиці, наведеній в роботі [31] за даними урожайності різних екологічних типів сільськогосподарських культур та коефіцієнту атмосферного зволоження. Так, значення $K_{p(e)}$ по території області коливаються від 0,81 (ст. М.-Подільський) до 1,00 (ст. Хмільник).

Як бачимо з одержаних розрахункових даних, наведених в табл.2.6, досить близькі емпіричні і розраховані значення коефіцієнтів росту вказують на надійність використання логарифмічної і особливо складної функції для

Таблиця 2.6 - Значення коефіцієнту росту K_p у Вінницькій області

Станція	$KY = P/\Sigma d$	$K_{p(e)}$	$K_{p(KY)}$	$K_{p(KY)'} $	$K_{p(e)} - K_{p(KY)'} $	$K_{p(t)}$	$K_{p(c)}$
Білопілля	0,45	0,97	0,95	0,97	0,00	2,65	2,44
Хмільник	0,50	1,00	1,0	1,00	0,00	2,63	2,63
Липовець	0,52	1,00	1,02	1,00	0,00	2,74	2,79
Вінниця	0,45	0,97	0,95	0,97	0,00	2,64	2,51
Жмеринка	0,45	0,97	0,95	0,97	0,00	2,67	2,54
Гайсин	0,39	0,92	0,89	0,91	0,01	2,78	2,47
Могилів- Подільський	0,32	0,81	0,81	0,82	-0,01	3,00	2,43
Крижопіль	0,40	0,93	0,90	0,92	0,01	2,84	2,56

визначення відносної біологічної продуктивності рослин в даних природно-кліматичних умовах.

Так відношення сум середніх добових температур за період активної вегетації до базисної суми цих температур представляє собою температурний коефіцієнт росту $K_{p(t)}$

$$K_{p(t)} = \frac{\sum t_{ак}}{\sum t_{ак(баз)}}. \quad (2.21)$$

Даний показник по території Вінницької області коливається в межах 2,63 (ст. Хмільник) – 3,00 (ст. Могилів-Подільський).

Таким чином відносні значення біокліматичного потенціалу можна представити як добуток коефіцієнту росту по вологозабезпеченості і коефіцієнту росту по теплозабезпеченості, тобто сукупний коефіцієнт росту $K_{p(c)}$

$$K_{p(c)} = K_{p(ky)} K_{p(t)} \quad (2.22)$$

За цією формулою відносні значення біокліматичного потенціалу можна розглядати як сукупний коефіцієнт росту. Він показує у скільки раз скоріше або повільніше відбувається процес фотосинтезу і ріст рослин відносно умов, які прийняті за еталон.

Так даний показник по території Вінницької області коливається в межах 2,43 (ст. Могилів-Подільський) – 2,79 (ст. Липовець).

Від аналізу окремих показників перейдемо до комплексної оцінки агрокліматичних умов, що складаються в досліджуваній області в останньому десятилітті. Біокліматичний потенціал - найважливіший показник оцінки природних умов територій, що синтезує в собі вплив на біологічну продуктивність основних факторів - тепла і вологи.

2.3.4 Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу території Вінницької області в сучасних умовах

Використовуючи алгоритм розрахунку біологічної продуктивності земель, наданий в п. 2.2, виконані розрахунки біокліматичного потенціалу у відносних величинах і балах для території Вінницької області базуючись на даних шести станцій – ст. Білопілья, ст. Вінниця, ст. Гайсин, ст. Хмільник, ст. Жмеринка та ст. Могилів-Подільський за період з 2006 по 2019 рр.

Для цього були використанні середні багаторічні данні по сумах активних температур повітря за період з T_c вище 10 °С, а також по річних дефіцитах вологи повітря і опадів. Значення $БКП$, B_k , $B_k(on)$, Md і K_p розраховані для умов відкритого рівного місця при природному зволоженні.

Результати зведені в табл. 2.7-2.12. Так, на півночі області (ст. Білопілья) середні значення коефіцієнта зволоження (Md) встановилося на позначці 0,37, що характеризує північну частину Вінницької області, як напіввологоу лісостепову зону (табл. 2.7). Відносний показник біологічної продуктивності, за досліджуваний період, дорівнює 2,58, що відповідає 142 балам. За даний період дослідження мінімальне значення $БКП$ відзначено в 2015 році, що визначається впливом блокуючого антициклону, який визначав жарку і суху погоду на території області протягом літнього періоду. Максимальне значення біологічної продуктивності відзначається у 2018 році, де на фоні позитивних максимальних температур випала значна кількість опадів. Середній $БКП$ (зі значенням 2,18-2,35) спостерігався в 28% років, в 72% - $БКП$ має підвищену та помірно-високу продуктивність клімату. Аналізуючи щорічні дані, можна зробити висновок, про те, що біологічний потенціал на ст. Білопілья в 2006, 2012-14 і 2018 роках відзначався високим рівнем $БКП$ у порівнянні з іншими роками, що пов'язано з добрим зволоженням і висока врожайність зернових культур в ці роки добре узгоджується з отриманими даними.

Таблиця 2.7 – Агрокліматична оцінка БКП при природному зволоженні території Вінницької області (ст. Білопілля)

Роки	ΣR	Σd	Коефіцієнт зволоження		$\Sigma T_{\text{акт.}}$	БКП	Б _к , бали
			Md	K _p			
2006	638	1217	0,53	1,03	2845	2,9	161
2007	579	1608	0,36	0,86	2912	2,4	133
2008	473	1380	0,34	0,83	2684	2,2	123
2009	477	1552	0,31	0,79	2910	2,3	126
2010	608	1540	0,39	0,89	2986	2,7	146
2011	493	1554	0,32	0,81	2956	2,4	132
2012	662	1651	0,40	0,90	3245	2,9	161
2013	737	1411	0,52	1,02	2857	2,9	161
2014	616	1452	0,42	0,92	2999	2,8	152
2015	436	1935	0,22	0,64	3062	2,0	108
2016	496	1690	0,29	0,76	3172	2,4	133
2017	567	1586	0,36	0,86	2768	2,4	133
2018	842	1640	0,39	0,89	3777	3,4	185
2019	454	1731	0,26	0,72	3212	2,3	127
середнє	577	1568	0,37	0,85	3028	2,58	142

На ст. Хмільник, яка розташована на північному заході першого агрокліматичного району Вінницької області, за період з 2006 по 2019 роки в середньому випадає 596 мм опадів, найбільша кількість (>700 мм) випадала у 2006 та 2013 роках, а найменша спостерігалась у 2011 році (455 мм) (табл.2.8). Дефіцит вологості повітря за даний період в середньому склав 1568 мб та коливався від 1178 до 1886 мб. Як слідство, коефіцієнт зволоження в даному районі складає в середньобогаторічному 0,40, що відповідає вологій зоні зволоження. Відносний показник біологічної продуктивності клімату за період складає 2,58, що відповідає 141 балу. Мінімальне значення біокліматичного потенціалу відзначається у 2011 році (78 балів), коли на фоні достатньо високих температур випала мінімальна кількість опадів. Максимальне значення біокліматичного потенціалу відзначається у 2006 році (171 бал), де рік відзначався максимальною кількістю опадів на фоні достатньо високих сум температур за теплий період року. Низька продуктивність клімату (1,41-1,90) спостерігається в 10% років,

Таблиця 2.8 – Агрокліматична оцінка БКП при природному зволоженні території Вінницької області (ст. Хмільник)

Роки	ΣR	Σd	Коефіцієнт зволоження		$\Sigma T_{\text{акт.}}$	БКП	Б _к , бали
			Md	K _p			
2006	748	1178	0,63	1,1	2824	3,1	171
2007	685	1558	0,44	0,94	2944	2,77	152
2008	641	1384	0,46	0,96	2566	2,46	135
2009	636	1482	0,43	0,93	2862	2,66	146
2010	628	1349	0,47	0,97	2906	2,82	147
2011	455	1528	0,30	0,78	2937	1,41	78
2012	667	1554	0,43	0,93	3202	2,98	164
2013	744	1342	0,55	1,04	2810	2,92	161
2014	539	1529	0,35	0,85	3011	2,56	141
2015	391	1886	0,21	0,62	3063	1,90	104
2016	563	1605	0,35	0,85	3150	2,68	147
2017	607	1538	0,39	0,89	2741	2,44	134
2018	547	1602	0,34	0,83	3447	2,86	157
2019	489	1612	0,30	0,78	3197	2,49	137
середнє	596	1511	0,40	0,89	2976	2,58	141

а в 37% років має місце середня та підвищена біологічна продуктивність клімату (Б_к=120-140 балів). Аналізуючи щорічні дані, можна зробити висновок, про те, що біологічний потенціал на ст. Хмільник в 2006, 2012, 2013 і 2018 роках відзначався дуже високим рівнем БКП у порівнянні з іншими роками, що пов'язано з добрим зволоженням на фоні достатнього теплозабезпечення у теплий період.

На станції Вінниця, яка розташована в центральній частині області в першому агрокліматичному районі за період з 2006 по 2019 роки показник зволоження Md в середньобаторічному складає 0,33, що відповідає умовам недостатнього зволоження (табл. 2.9). Коефіцієнт росту в середньобаторічному складає 0,81 та коливається по роках в межах 0,56 (2015 р.) – 0,96 (2006, 2009 рр.). Як слідство, біокліматичний потенціал у відносних одиницях в середньобаторічному складає 2,58, що відповідає 142 балам і формує помірно високу біологічну продуктивність клімату на досліджуваній території. Низька продуктивність клімату спостерігається в 2015 році (108 білів) у зв'язку з засушливістю на фоні високих температур.

Таблиця 2.9 – Агрокліматична оцінка БКП при природному зволоженні на території Вінницької області (ст. Вінниця)

Роки	ΣR	Σd	Коефіцієнт зволоження		$\Sigma T_{\text{акт.}}$	БКП	Б _к , бали
			Md	K _p			
2006	631	1357	0,46	0,96	2830	2,70	149
2007	550	1753	0,31	0,79	3016	2,40	131
2008	612	1477	0,41	0,91	2660	2,42	133
2009	454	1649	0,28	0,75	2917	2,19	120
2010	718	1564	0,46	0,96	2916	2,80	154
2011	441	1651	0,27	0,73	2946	2,15	118
2012	510	1800	0,28	0,75	3267	2,45	135
2013	614	1448	0,42	0,92	2814	2,59	142
2014	551	1599	0,34	0,83	3021	2,51	138
2015	368	1999	0,18	0,56	3070	1,72	95
2016	470	1681	0,28	0,75	3151	2,36	130
2017	542	1719	0,32	0,81	2795	2,26	125
2018	572	1632	0,35	0,85	3445	2,93	161
2019	533	1702	0,31	0,79	3179	2,51	138
середнє	540	1645	0,33	0,81	3002	2,43	134

Найвищий біокліматичний потенціал в 161 бал спостерігався в 2006, 2012, 2013 рр., та 185 балів у 2018 р. та сформував дуже високу біологічну продуктивність клімату в дані роки.

На станції Жмеринка, яка розташована на південному заході першого агрокліматичного району Вінницької області за період 2006 – 2019 років випадає в середньому 595 мм опадів (табл. 2.10). Дефіцит вологості повітря за даний період складає 1639 мб. Як слідство, показник зволоження Шашко складає 0,37, що характеризує дану територію як область недостатнього зволоження, слабкозасушливу. Сума активних температур за теплий період коливається від 2826 до 3458 °С та в середньобаторічному складає 3042 °С. Дані умови тепло та вологозабезпечення в окремі роки формую різну біологічну продуктивність клімату в районі даної станції. Так, аналізуючи щорічні дані, відмітимо, що тільки в двох роках (2011 та 2015) за рахунок посушливих умов сформувалася низька біологічна продуктивність клімату.

Таблиця 2.10 – Агрокліматична оцінка БКП при природному зволоженні території Вінницької області (ст. Жмеринка)

Роки	ΣR	Σd	Коефіцієнт зволоження		$\Sigma T_{\text{акт.}}$	БКП	Б _к , бали
			Md	K _p			
2006	652	1389	0,47	0,97	2855	2,68	148
2007	621	1765	0,35	0,85	3020	2,57	141
2008	783	1488	0,53	1,03	2673	2,75	151
2009	556	1516	0,37	0,87	2930	2,55	140
2010	822	1483	0,55	1,04	2901	3,02	166
2011	431	1697	0,25	0,70	2979	2,08	115
2012	616	1837	0,34	0,83	3398	2,82	155
2013	695	1436	0,48	0,98	2826	2,77	152
2014	528	1652	0,32	0,81	3052	2,47	136
2015	391	1849	0,21	0,62	3094	1,92	106
2016	591	1678	0,35	0,85	3150	2,68	147
2017	503	1752	0,29	0,76	3040	2,31	127
2018	682	1650	0,41	0,91	3458	3,15	173
2019	458	1751	0,26	0,72	3215	2,31	127
середнє	595	1639	0,37	0,85	3042	2,58	142

В більшості років має місце підвищена та помірно-висока біологічна продуктивність клімату, а 2010 та 2018 рік відзначається дуже високою біологічною продуктивністю клімату. В ці роки біокліматичний потенціал становить ≥ 160 балів за рахунок благоприємних умов зволоження та достатнього тепло забезпечення території.

На станції Гайсин, яка розташована на крайньому сході другого агрокліматичного району Вінницької області в середньобогаторічному за досліджуваний період випадає 582 мм опадів (табл. 2.11). За кількістю опадів найсухішими були 2015 та 2019 рік (≈ 420 мм), що на 160 мм менше норми. Найзволоженішими були 2010, 2016 роки, в які випало на 140 мм більше норми. Дефіцит вологості повітря за період в середньому складає 1729 мб та коливався по роках від 1355 мб до 2143 мб. Як слідство, коефіцієнт зволоження в даному районі в середньому складає 0,34, та формує зону недостатнього зволоження, слабкозасушливу. За теплий період сума активних температур в середньобогаторічному складає 3168 °C та коливається по роках від 2796 (2008 р.) до 3588 °C (2018 рік). Дані умови

Таблиця 2.11 – Агрокліматична оцінка БКП при природному зволоженні території Вінницької області (ст. Гайсин)

Роки	ΣR	Σd	Коефіцієнт зволоження		$\Sigma T_{\text{акт.}}$	БКП	Б _к , бали
			Md	K _p			
2006	561	1355	0,41	0,91	2967	2,7	148
2007	526	1854	0,28	0,75	3178	2,36	130
2008	660	1509	0,44	0,94	2796	2,63	145
2009	488	1625	0,30	0,78	3041	2,37	130
2010	750	1589	0,47	0,97	3067	2,97	164
2011	555	1626	0,34	0,83	3048	2,50	138
2012	592	1965	0,30	0,78	3473	2,68	148
2013	663	1599	0,41	0,91	2986	2,72	149
2014	612	1762	0,35	0,85	3199	2,72	149
2015	423	2143	0,20	0,60	3220	1,93	106
2016	710	1660	0,43	0,93	3263	3,03	167
2017	571	1892	0,30	0,78	3175	2,48	136
2018	615	1794	0,34	0,83	3588	2,98	164
2019	421	1832	0,23	0,66	3354	2,21	122
середнє	582	1729	0,34	0,82	3168	2,59	143

вологості та теплозабезпечення формують в середньому помірну високу біологічну продуктивність клімату при БКП 2,59 та Б_к 143 бали.

В 2015 році на фоні високих температур та низькій кількості опадів відзначається низька біологічна продуктивність клімату. А 2010 та 2018 рік відзначається дуже високою біологічною продуктивністю клімату за рахунок благоприємних умов тепло- та вологозабезпечення території.

На південному заході області у другому агрокліматичному районі Вінницької області на ст. Могилів-Подільський (табл. 2.12) за досліджуваний період в середньому за рік випадає 566 мм опадів, коефіцієнт зволоження складає 0,30, що відповідає умовам недостатнього зволоження. Як слідство, коефіцієнт росту знижується в даному районі до 0,81. Сума активних температур за теплий період року складає 3002 °С. Дані кліматичні умови в середньобогаторічному формують підвищену біологічну продуктивність клімату, при відносному показникові БКП 2,43 та БКП рівному 134 бали. Засушливі умови 2015 року на даній території сформували дуже низьку біологічну продуктивність клімату (БКП 95 балів).

Таблиця 2.12 – Агрокліматична оцінка БКП при природному зволоженні території Вінницької області (ст. Могилів-Подільський)

Роки	ΣR	Σd	Коефіцієнт зволоження		$\Sigma T_{\text{акт.}}$	БКП	Б _к , бали
			Md	K _p			
2006	646	1557	0,41	0,91	3115	2,85	157
2007	422	2165	0,19	0,58	3319	1,92	106
2008	825	1582	0,52	0,02	3182	3,24	178
2009	531	1956	0,27	0,73	3117	2,28	126
2010	811	1782	0,46	0,96	3323	3,20	176
2011	354	1929	0,18	0,56	3221	1,79	99
2012	545	2275	0,24	0,68	3800	2,59	142
2013	611	1723	0,35	0,85	3106	2,62	144
2014	661	1763	0,37	0,87	3255	2,83	156
2015	327	2380	0,14	0,45	3332	1,49	82
2016	555	2061	0,27	0,73	3457	2,53	139
2017	543	2052	0,26	0,72	3295	2,36	130
2018	589	1929	0,31	0,79	3851	3,05	168
2019	510	2006	0,25	0,70	3601	2,52	138
середнє	566	1940	0,30	0,68	3355	2,52	139

Аналізуючи щорічні дані, відзначимо, що найвищий біокліматичний потенціал спостерігався в 2006, 2010, 2018 роках та сформував помірно-високу та високу біологічну продуктивність клімату за рахунок збалансованого температурного режиму та зволоження території.

2.3.5 Просторово-часова мінливість біокліматичного потенціалу на території Вінницької області

Для підвищення потенціалу в галузі оцінки вразливості та адаптації до змін клімату знадобиться проведення широкого спектру робіт, спрямованих на формування науково-технічної бази, визначення та реалізацію практичних заходів та заходів, підготовки управлінських рішень у цій галузі.

Ефективність стратегії адаптації економіки до клімату, що змінюється, буде базуватися на вирішенні задач мінімізації економічних втрат. Прийняття завчасних адаптаційних заходів дозволить підвищити стійкість економіки до

змін клімату, що відбуваються і різким проявам погодно-кліматичної мінливості, уникнути або принаймні знизити втрати від негативних проявів кліматичної мінливості та небезпечних гідрометеорологічних явищ, а також підвищити ефективність економіки за рахунок коректного обліку сприятливих та несприятливих для галузей економіки змін клімату [17].

З метою прослідити динаміку змін біокліматичного потенціалу були проведені розрахунки для різних часових періодів: I - 1966-1980; II - 1986-2005; III - 2006-2019 рр. Так як територія Вінницької області має різні види ґрунтів, які відрізняються за гранулометричним складом, то проведено уточнення значень БКП з урахуванням теплових ресурсів ґрунтів території за методикою З.А. Міщенко та Н.В. Кирнасівської, яка наведена у п. 2.2.

На рис. 2.7 представлено розподіл значення БКП та супутніх показників по території Вінницької області за середньорічними даними агрокліматичного довідника періоду 1966-1980 рр. [29, 30], які відповідають кліматичним умовам, типовим для третьої четверті ХХ століття, базуються на даних спостережень на 11 метеорологічних станціях (Білопіль, Козятин, Уладовка-Нове, Хмільник, Липовець, Вінниця, Жмеринка, Гайсин, Немирів, Могилів-Подільський, Крижопіль). Значення біокліматичного потенціалу розраховані для умов відкритого рівного місця та в цілому дозволяють побачити загальні закономірності в зміні біокліматичного потенціалу. Так, в першому агрокліматичному районі області, в якому розташовані перші шість станцій сума середньодобових температур повітря за теплий період складає 2465-2565 °С та в середньорічному випадало 591-626 мм опадів (Рис. 2.8). Як слідство, показник зволоження складав 0,44-0,5, що відповідає оптимальному зволоженню, а коефіцієнт росту 0,95-1,0. Біокліматичний потенціал на даній частині території при даному співвідношенні волого-теплових ресурсів складає 133-136 балів, що відповідає підвищеній біологічній продуктивності клімату за шкалою Д.І. Шашко. У другому агрокліматичному районі області, який охоплює територію станцій Жмеринка, Гайсин, Немирів, Могилів-

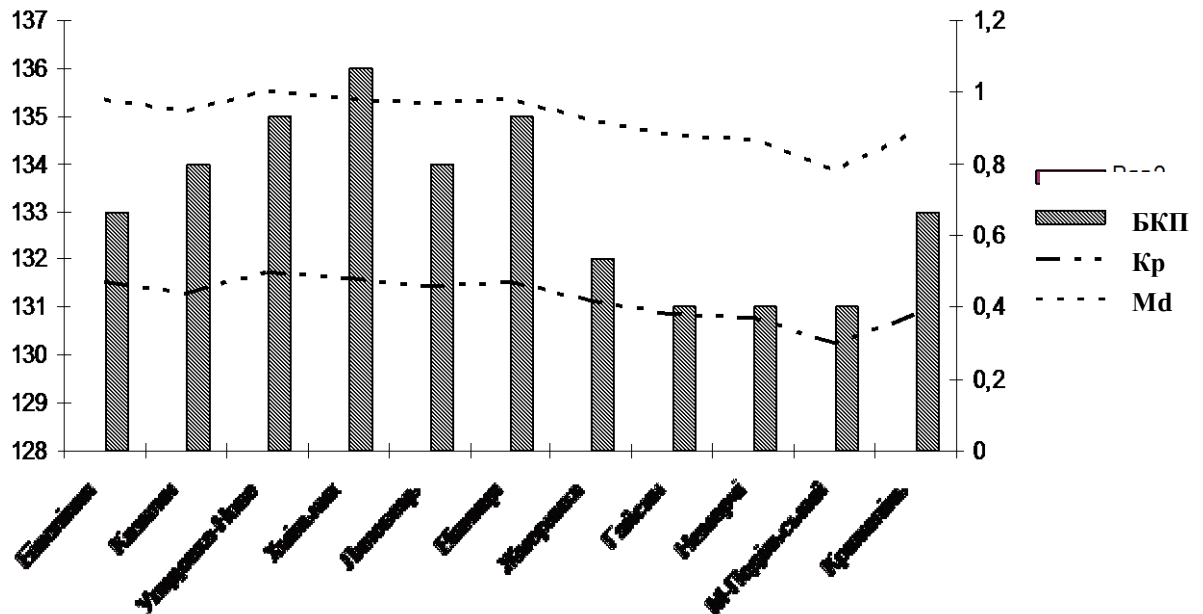


Рисунок 2.7 – Значення біокліматичного потенціалу (B_k , бали) та супутніх показників (Md , K_p) для території Вінницької області за період 1966-1980 рр.

Подільський, Крижопіль сума температур за теплий період збільшується до 2600 - 3060 °С при зменшенні річної суми опадів до 545-589 мм.

За таких умов коефіцієнт зволоження зменшується до 0,30-0,42, а коефіцієнт росту не перевищує 0,78-0,98. Так дані теплові ресурси та ресурси зволоження формують де що меншу біологічну продуктивність клімату у порівнянні з першим агрокліматичним районом ($B_k = 131$ -133 бали).

Результати розрахунків біологічної продуктивності клімату за II період 1986-2005 рр. представлені у табл.2.13 та на рис. 2.8.

Значення B_k та супутніх показників розраховані за середньобагаторічними даними з агрокліматичного довідника по Вінницькій області [1] та базуються на даних 7 метеорологічних станцій (Білопіль, Хмільник, Липовець, Вінниця, Жмеринка, Гайсин, Могилів-Подільський). Так, в даному періоді по території області в середньобагаторічному сума кліматичних температур збільшується з півночі області на південний захід від 2634 до 2974 °С, що на 122 °С вище в порівнянні з I періодом. За рік

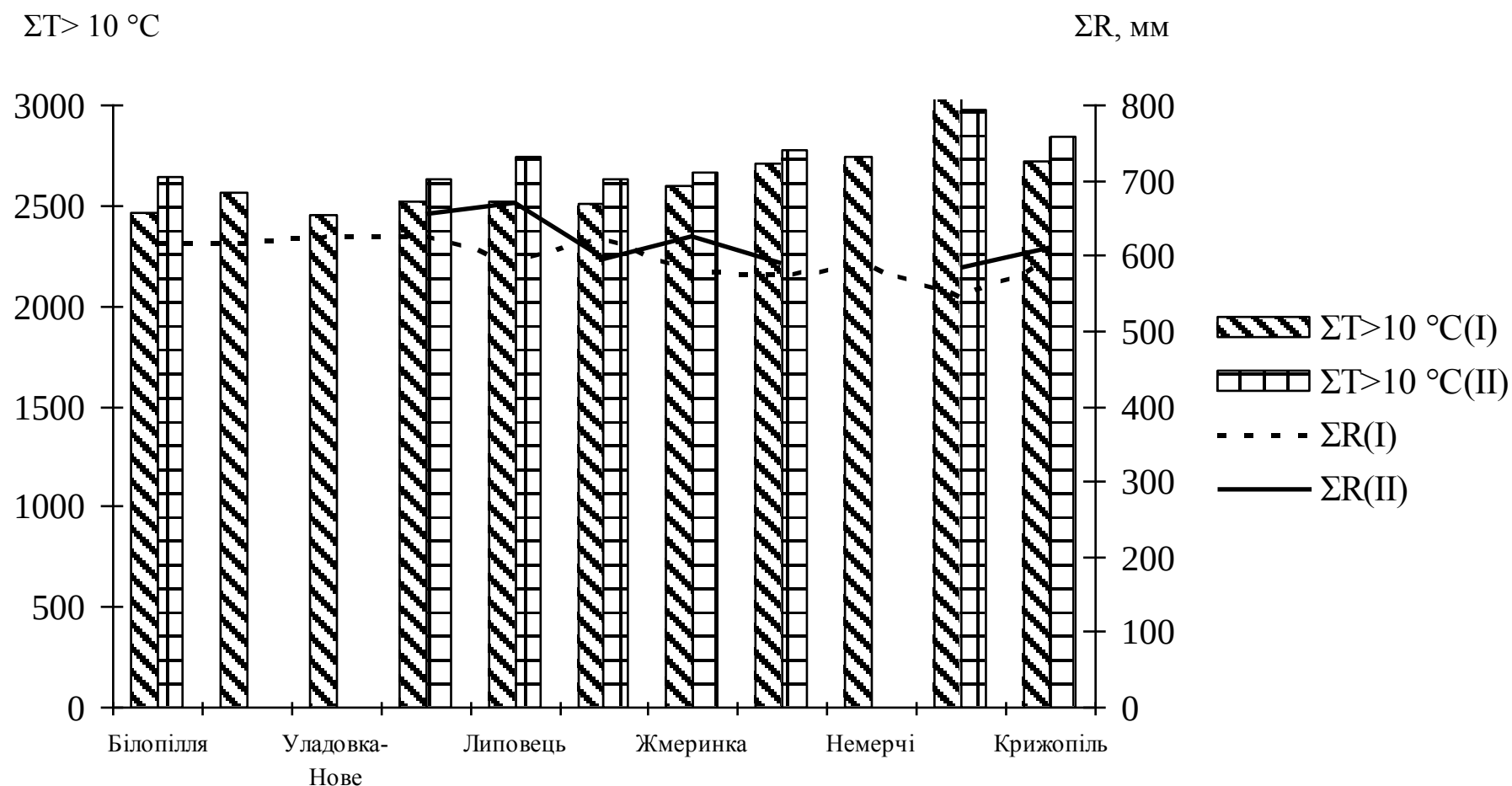


Рисунок 2.8 – Порівняльна діаграма сум позитивних температур повітря вище 10 °C та річних сум опадів за періоди: I - 1966-1980 рр.; II - 1986-2005 рр.

Примітка: ст.Білопілля; ст.Казатин; ст. Уладовка-Нове; ст. Хмільник; ст. Липовець; ст. Вінниця; ст. Жмеринка; ст. Гайсин; ст. Немирчі; ст.Могилів-Подільський; ст. Крижопіль

випадає 590 - 668 мм сум опадів, що в цілому на 21 мм більше в порівнянні з I періодом. Річний дефіцит вологи коливається в межах 1413 - 1881 гПа, який в середньому по області на 99 мб вище, ніж в першому періоді. Як слідство, умовний показник зволоження за Шашко по території області складає 0,31-0,46, в порівнянні з першим періодом спостерігається незначне зменшення коефіцієнта зволоження. Дані кліматичні умови, що сформувалися в даний період в середньобогаторічному призвели до зменшення коефіцієнту зростання до 0,89 в порівнянні з першим періодом.

Опираючись на зазначені агрокліматичні показники розраховано біокліматичний потенціал (БКП) за формулами для території Вінницької області у відносних значеннях (БКП) та в балах (B_k). Як бачимо з одержаних результатів по території області біокліматичний потенціал складає 2,35-2,53 відносних одиниці, що дорівнює 129-139 балам та на 3 бали вище в порівнянні з I періодом, тобто продуктивність клімату в період 1986-2005 років зростає. Деякі станції, які розташовані в першому та другому агрокліматичному районі області відрізняються нехарактерними значеннями біокліматичного потенціалу. Так, на ст. Липовець середнє значення БКП склало 144 бали, що на 9 балів більше середніх значень по області. На ст. Могилів-Подільський, навпаки значення БКП зменшилося на 8 балів. Це пояснюється місцевими особливостями розподілу температури і, насамперед, опадів, пов'язаних з такими факторами, як характер підстильної поверхні, рельєф, можливо заболоченість. Наприклад, високе значення БКП на станції Липовець пов'язане з тим, що там річна кількість опадів на 14–74 мм вища, ніж на сусідніх станціях Хмільник та Вінниця. Низькі значення БКП на станції Могилів-Подільський порівняно зі станціями Гайсин та Жмеринка, пов'язано з нижчою кількістю опадів, а також підвищеним температурним режимом, тобто засушливістю. Коефіцієнт зволоження 0,31, найнижчий по території.

Продуктивність для оптимальних умов росту $B_{k(оп)}$ коливається від 79 до 89 балів.

Якщо звернутися до карти агрокліматичного районування біокліматичного потенціалу для умов природного зволоження території України [20, 21], то видно, що одержані бали біокліматичного потенціалу відповідають, на більшій частині території області, підвищеній продуктивності клімату. Виключення складають території станцій Хмільник, де має місце помірно-висока продуктивність клімату, та ст. Могилів-Подільський - середня продуктивність клімату.

Таблиця 2.13 – Оцінка біокліматичного потенціалу території Вінницької області за період 1986-2005 рр.

Станція	$\sum T_{кл} > ^\circ\text{C}$	$\sum R, \text{мм}$	$\sum d, \text{мм}$	M_d	$K_{p(кв)}$	БКП	$B_{к,}$ бали	$B_{к(оп)}$
Білопільля	2646	590	1441	0,41	0,91	2,42	133	83
Хмільник	2634	654	1413	0,46	0,96	2,53	139	86
Липовець	2740	668	1478	0,45	0,95	2,61	144	86
Вінниця	2636	594	1480	0,4	0,9	2,38	134	83
Жмеринка	2669	624	1513	0,41	0,91	2,44	132	83
Гайсин	2782	588	1613	0,36	0,86	2,39	129	82
М.- Подільський	2974	584	1881	0,31	0,79	2,35	134	79

Для уточнення біологічної продуктивності клімату з урахуванням теплових ресурсів ґрунтів на другому етапі нами виконано кількісну оцінку мікрокліматичної мінливості теплових ресурсів ґрунту на глибині 10 см з урахуванням різного механічного складу [13, 24]. Для цієї мети за формулою

$$\Delta T_{\text{зм}} = (\sum T_{\text{зм}} - \sum \bar{T}_{\text{г}}), \quad (2.23)$$

де ΣT_{gm} – сума температур ґрунту різного механічного складу;

$\Sigma \bar{T}_2$ - фонова сума температур ґрунту вище 10 °С на глибині 10 см для середньосуглинистого ґрунту, знаходилися відхилення сум температур середньосуглинистого ґрунту (ΣT_g), знятих з ізоліній на карті, виконаній Міщенко З.А. та Кирнасівською Н.В. для території України, від сум температур ґрунту різного механічного складу (ΣT_{gm}).

У більшості районів Вінницької області переважають середньосуглинисті ґрунти, виняток становлять райони ст. Могилів-Подільський та Крижопіль, де переважають легкоглинисті ґрунти. Легкосуглинисті ґрунти швидко прогріваються, ніж середньосуглинисті, а тим більше важкосуглинисті та їх термічні умови прирівнюються до оптимальних.

Результати роботи представлені у табл. 2.14. Встановлено, що у Вінницькій області ґрунти середньосуглинисті, що переважають на більшій частині території, з урахуванням місцевих умов та періоду дослідження, тепліші на 112-221 °С в порівнянні з фоновими значеннями сум температур ґрунту на глибині 10 см, які виділені ізолініями на карті. Легкоглинисті ґрунти, що мають місце в південних та південно-західних районах області виявилася теплішими на 505 °С в порівняно із фоновими значеннями.

Отже, для перерахунку БКП на ґрунти середньосуглинисті, важкосуглинисті ми запровадили перехідний коефіцієнт K_g (формула 2.12), який по території Вінницької області становить для середньосуглинистих ґрунтів 1,0-1,08. На легкосуглинистих ґрунтах збільшується до 1,17 (ст. Могилів-Подільський).

На основі загальної агрокліматичної оцінки зміни біокліматичного потенціалу території Вінницької області за природного зволоження, а також за отриманими даними щодо мікрокліматичної мінливості теплових ресурсів ґрунтів різного механічного складу, нами виконано мікрокліматичну оцінку біокліматичного потенціалу на даній території. Отримані результати надано на рис. 2.9.

Таблиця 2.14 – Відхилення сум температур ґрунту вище 10 °С на глибині 10 см ($\Delta\Sigma T_2$) від фонових $\Sigma\bar{T}_2$ і коефіцієнт K_2

№	Станція	Тип ґрунту	$\Sigma\bar{T}_2, ^\circ\text{C}$	$\Sigma T_{2,м}$	$\Delta\Sigma T_2$	K_2
1	Білопілья	сс	2780	2979	199	1,07
2	Хмільник	сс	2780	3001	221	1,08
3	Вінниця	сс	2860	2972	112	1,04
4	Жмеринка	сс	2900	2909	9	1,00
5	Гайсин	сс	3020	3202	182	1,06
6	М.-Подільський	лгл	3050	3555	505	1,17

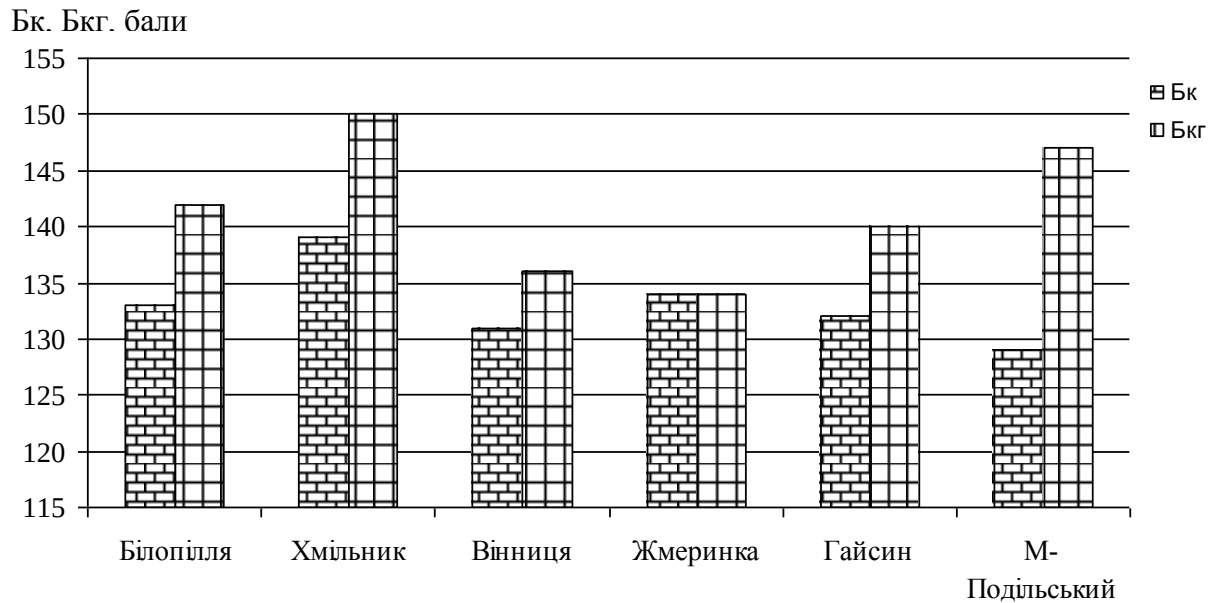


Рисунок 2.9 – Значення біокліматичного потенціалу для умов відкритого рівного місця (Бк, бали) та з урахуванням мікроклімату ґрунтів (Бкг, бали) на території Вінницької області

Як видно з рис. 2.9 при введенні поправки на температуру ґрунтів загальні закономірності розподілу величини B_K зберігаються, а самі значення біокліматичного потенціалу підвищуються. Єдиним винятком є ст. Жмеринка, де спостерігається незмінна величина біологічної продуктивності клімату з урахуванням мікроклімату ґрунтів. Ймовірно, причина цього у фізичних властивостях ґрунтів, які повністю відповідають середньому суглинку та не піддаються впливу місцевому рельєфу. Різке зростання B_{KT} на станції Могилів-Подільський пов'язане з тим, що в даному районі переважають мочаристі легкоглинисті ґрунти, що призвело до теплюючого ефекту. Різниця значна та складає 18 балів.

Третій період охоплює сучасні данні останніх 13 років (2006-2013). Розрахунки БКП базуються на щорічних даних ТСТ-1 і охоплюють 6 станцій Вінницької області (ст. Білопілля, Хмільник, Вінниця, Жмеринка, Гайсин, Могилів-Подільський). Розрахункові таблиці наведені в п.2.3.4.

Додатково було проаналізовано величини різниць значень БКП за різні періоди. На рис. 2.10 показані відмінності між значеннями БКП за період сучасного потепління клімату (II) та значеннями БКП за даними Д. І. Шашко (I), а також – відмінності значень БКП між періодом останніх 13 років (III) та періодом, що йому передував (II).

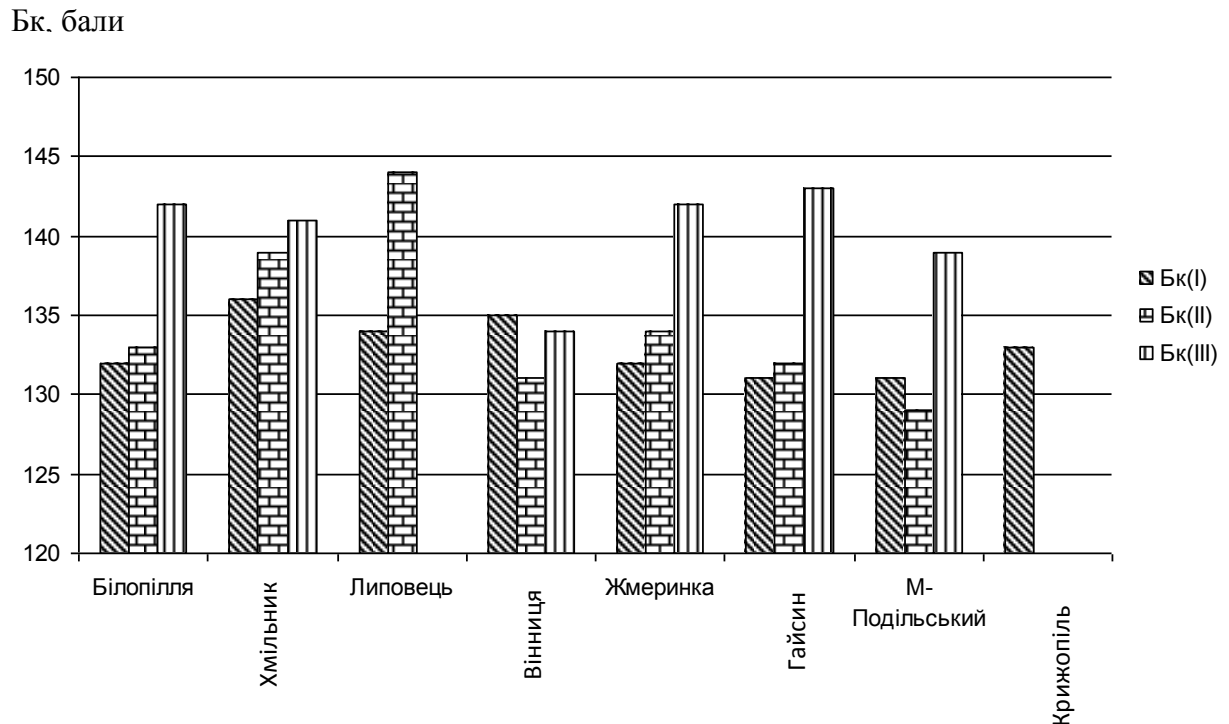


Рисунок 2.10 – Порівняльна оцінка значень біокліматичного потенціалу (Бк, бали) для території Вінницької області за періоди: I – 1966-1980 рр.; II – 1986-2005 рр.; III – 2006-2019 рр.

Отримані результати наочно свідчать, що біокліматичний потенціал території Вінницької області значно змінився протягом останніх десятиліть. Різниця між значеннями БКП за Д. І. Шашко та БКП, розрахованими для періоду сучасного потепління клімату (1986-2005 рр.), становить 2–3 бали, і її величина збільшується при просуванні з півдня на північ. Якщо розглядати період останніх 13 років (2006–2019 рр.) та період, що передував (1986–2005 рр.), то різниця між середніми значеннями БКП по шести раніше розглянутих станціях становитиме 8–10 балів. Це свідчить про те, що в

останні роки спостерігається значне покращення умов вирощування сільськогосподарських культур. Потепління клімату внесло деякі зміни до характеру розподілу значень різниць БКП на території області: найбільш помітне підвищення значень БКП спостерігається у північних районах та центрально-західних.

Мінімальні значення БКП за розглянуті періоди були характерними для ст. Могилів-Подільський, найбільші – для ст. Хмільник. Цікаво, що після введення поправок на температуру ґрунту на глибині максимуми та мінімуми відзначаються на різних станціях. Так мінімальне значення БКП на ст. Могилів-Подільський збільшується до 147 балів, та перевищує значення показника для станцій в центральній частині області та зберігається закономірність найвищого показника БКП для ст. Хмільник.

З КІЛЬКІСНА ОЦІНКА СТУПЕНЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ КУЛЬТУРАМИ

Ареал поширення сільськогосподарських культур по території країни в значній мірі залежить від господарської цінності культур, їх економічної доцільності, а в деяких випадках визначається також традиціями сільськогосподарського виробництва. Головною умовою успішного обробітку тієї чи іншої культури є наявність агрокліматичних ресурсів, що забезпечують в природних умовах зростання, розвиток і формування господарсько цінної продукції даної культури. Кожен вид (і навіть сорт) сільськогосподарської культури має свої особливості. Рослини мають різну тривалість вегетаційного періоду; їм необхідно різну кількість тепла, вологи та інших факторів для проходження вегетаційних циклів; вони неоднаково переносять заморозки, посухи, суховії. Отже, кожна сільськогосподарська культура по-своєму використовує наявні агрокліматичні ресурси [3, 6, 10, 11, 15, 25].

В Україні, в деяких агрокліматичних районах спостерігається дефіцит деяких видів агрокліматичних ресурсів, тобто середовище не завжди і не скрізь сприятливе для сільськогосподарського виробництва. Фахівцям сільського господарства відомі різні прийоми оптимізації середовища проживання рослин (зрошення, осушення, тепличні споруди і т. ін.). Однак більш ефективним і менш дорогим для великих, як правило, територій є підбір видів і сортів сільськогосподарських культур, які найбільш повно використовують наявні агрокліматичні ресурси. В Україні давно сформувався набір основних сільськогосподарських культур, однак не завжди відомо, наскільки повно ці культури використовують місцеві агрокліматичні ресурси. У зв'язку з цим оцінка ступеня використання

агрокліматичних ресурсів сільськогосподарськими культурами на території України і зокрема в Вінницькій області є актуальною.

Розрахунки по біокліматичному потенціалу тієї чи іншої території дозволяють провести порівняльну оцінку культур з метою найбільш доцільного їх набору, виявлення ступеня використання культурами природного потенціалу, можливості посівів в різних природних зонах проміжних культур, отримання двох врожаїв на рік. Культури, що дають різнорідні види сільськогосподарської продукції, можна оцінити по відсотку використання ними природного біокліматичного потенціалу. При цьому з величиною БКП порівнюється використовувана кожною культурою (в даному випадку ярим ячменем, кукурудзою, горохом, цукровим буряком) частина загального біокліматичного потенціалу у вигляді $БКП_k$ [21].

Він розраховується за формулою:

$$БКП_k = K_p \frac{\sum T_g}{1000^{\circ}C} \quad (3.1)$$

де $\sum T_g$ - сума середніх добових температур повітря за період вегетації сільськогосподарської культури.

Значення $БКП_k$ зручніше розраховувати в балах за формулою:

$$B_k' = 55 \cdot БКП_k. \quad (3.2)$$

Тоді коефіцієнт ефективності використання біокліматичного потенціалу території сільськогосподарською культурою (K_e) можна розрахувати за співвідношенням:

$$K_e = \frac{БКП_k}{БКП'} \cdot 100\%; \text{ або } K_e = \frac{B_k'}{B_k} \cdot 100\%. \quad (3.3)$$

Біокліматичний потенціал місцевості при природному зволоженні, розрахований за формулою (2.8) приймається за базисну величину, і з нею порівнюється частина біокліматичного потенціалу, яка використовується

кожною культурою (*БКПк*). Але суми температур в ній беруться за період вегетації конкретної культури (формула 3.1). Отримані відсотки (*Ке*,%) використання БКП по кожній культурі дають оцінку ступеня використання природних ресурсів набором культур на досліджуваній території.

На основі вищевикладеної методики нами проведена оцінка ступеня використання біокліматичного потенціалу сільськогосподарськими культурами на території Вінницької області. Для цієї мети взяті вісім пунктів (ст. Білопіль, ст. Хмільник, ст. Липовець, ст. Вінниця, ст. Жмеринка, ст. Гайсин, ст. Могилів-Подільський, ст. Крижопіль), в які увійшли дані, що характеризують агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю, кукурудзи, гороху, цукрового буряку.

3.1 Зернові культури (ярий ячмінь, кукурудза)

У табл. 3.1 наведено кількісну оцінку біокліматичного потенціалу для ярого ячменю, який належить до групи ранніх ярих зернових культур та коефіцієнт ефективності використання біологічної продуктивності клімату області культурою на ст. Білопіль, Хмільник, Липовець, Вінниця, Жмеринка, Гайсин, Могилів-Подільський, Крижопіль. У першому помірно-вологодому, з достатньою теплозабезпеченістю агрокліматичному районі області посів ярого ячменю в середньобагаторічному проводять 4 - 10 квітня. В середньому період активної вегетації культури триває 107 - 114 днів. За цей період накопичується сума середньодобових температур повітря в межах 1609 - 1696 °С. Відповідно до температурного режиму та режиму зволоження розглянутого району біокліматичний потенціал ярого ячменю виявляється найнижчим на крайній півночі, ст. Білопіль та в центрі області, ст. Жмеринка і дорівнює 87 балам, а найвищим на ст. Хмільник, Липовець - 90 балів.

Таблиця 3.1 - Кількісні показники біокліматичного потенціалу території (B_k) і ступеня його використання (K_e) яровими зерновими в Вінницькій області

Станція	$\Sigma T_c \succ 10^0 C$	ΣR , мм за рік	B_K , бали	Дати фенофаз		$\Sigma T_{en}, ^\circ C$	B_{KK} , бали	K_e , %
				посів	повна стиглість			
Ярий ячмінь								
Білопілья	2646	590	133	8.04	24.07	1622	87	65
Хмільник	2634	654	139	7.04	25.07	1638	90	65
Липовець	2740	668	144	7.04	22.07	1609	90	63
Вінниця	2636	594	131	4.04	27.07	1696	89	68
Жмеринка	2669	624	134	10.04	27.07	1660	87	65
Гайсин	2782	588	132	7.04	18.07	1569	77	58
М.-Подільський	2974	584	129	7.04	20.07	1704	76	59
Крижопіль	2839	610	141	2.07	20.07	1690	84	60

Продовження табл.3.1

<i>Кукурудза на зерно</i>								
Вінниця	2636	594	131	30.04	21.09	2403	126	96
М.-Подільський	2974	584	129	2.05	14.09	2496	111	86
Крижопіль	2839	610	141	27.04	09.09	2417	120	85

При загальному біокліматичному потенціалі першого агрокліматичного району в 131 - 144 бали, коефіцієнт ефективності використання його культурою не перевищує тут 63 - 68%.

У другому, з достатнім теплозабезпеченням та вологою, агрокліматичному районі області посів ярого ячменю проводять 7 квітня, а на крайньому півдні - 2 квітня. Дозрівання культури тут в середньобогаторічному спостерігається в кінці другої декади липня. За період активної вегетації культури накопичується 1569 - 1704 °С. При сформованих кліматичних умовах розглянутого агрокліматичного району біокліматичний потенціал ярого ячменю становить 58 - 60%.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що найбільш повно біологічну продуктивність клімату ярий ячмінь використовує в першому агрокліматичному районі області. Так як культура має дуже короткий період вегетації, то після її збирання тут можна вирощувати пожнивні сільськогосподарські культури, які використають біологічний потенціал території, який залишився.

В цій же таблиці наведені дані розрахунків біологічної продуктивності культури кукурудза, яка належить до групи пізніх ярих зернових культур. На території Вінницької області спостереження за посівами кукурудзи ведуть на трьох станціях Вінниця, Могилів-Подільський та Крижопіль. Посів культури в середньобогаторічному проводять в кінці квітня, на початку травня. Період вегетації триває 135-144 дні, дозрівання культури спостерігається на півдні раніше - 9-14 вересня, в центрі області (ст. Вінниця) - 21 вересня. За вегетаційний період накопичується 2403-2496 °С сум позитивних температур. В даних кліматичних умовах біологічна продуктивність культури кукурудза складає 111-126 балів. При загальній біологічній продуктивності клімату в 129-141 балів, коефіцієнт використання його культурою кукурудза складає 85-96 відсотків. Як бачимо з одержаних даних кукурудза практично повністю використовує біологічну продуктивність клімату в досліджуваному районі.

3.2 Зернобобові культури (горох)

У табл. 3.2 представлені результати розрахунків ступеня використання біокліматичного потенціалу горохом на станціях, які рівномірно висвітлюють територію Вінницької області.

У першому агрокліматичному районі області посів гороху в середньобагаторічному проводять в кінці першої декади квітня, а саме 7 - 14 числа. Дозрівання ж культури відзначається не пізніше 13 - 17 липня. В цілому за вегетаційний період в цьому агрокліматичному районі накопичується сума середньодобових температур рівна 1392 - 1452 °С. Так, значення біокліматичного потенціалу культури, отримане за формулою (3.1; 3.2) на ст. Білопіль та Жмеринка не перевищує 73 бали, а на ст. Хмільник, Липовець, Вінниця - 76-79 балів. При загальному біокліматичному потенціалі території першого агрокліматичного району в 131 - 144 бали, коефіцієнт ефективності використання *БКП* культурою в даному агрокліматичному районі становить 55 - 58%.

У другому досить тепловому та вологому агрокліматичному районі області сума середньодобових температур повітря за теплий період становить 2782 - 2974 °С, а кількість опадів, що випали в середньобагаторічному за рік 584-610 мм. Як наслідок загальна біологічна продуктивність клімату складає тут 129 - 134 балів. Посів гороху в цьому районі в середньобагаторічному проводиться 4-12 квітня, а дозрівання спостерігається в кінці першої декади липня. За вегетаційний період накопичується 1382-1493 °С сум середньодобових температур повітря, при цьому біокліматичний потенціал культури тут 67- 73 бали. Коефіцієнт ефективності використання *БКП* території 52-54%.

З одержаних даних бачимо, що культура горох, яка має досить короткий період вегетації, в повній мірі використовує 50 відсотків біокліматичного потенціалу території вирощування, що надає можливість

Таблиця 3.2 - Кількісні показники біокліматичного потенціалу території (B_k) і ступеня його використання (Ke) горохом у Вінницькій області

Станція	$\Sigma T_c \times 10^0 C$	ΣR , мм за рік	B_k , бали	Дати фенофаз		$\Sigma T_{вп}, ^\circ C$	B_{kk} , бали	Ke , %
				посів	дозрівання			
Білопілья	2646	590	133	09.04	13.07	1399	73	55
Хмільник	2634	654	139	07.04	13.07	1406	77	55
Липовець	2740	668	144	09.04	13.07	1414	79	55
Вінниця	2636	594	131	10.04	17.07	1452	76	58
Жмеринка	2669	624	134	14.04	15.07	1392	73	54
Гайсин	2782	588	132	12.04	11.07	1382	68	52
М.-Подільський	2974	584	129	05.04	09.07	1493	67	52
Крижопіль	2839	610	141	04.04	10.07	1467	73	52

аграріям використати біокліматичний потенціал, який залишився, для вирощування поживних культур, трав або ж для більш кращого проведення додаткових агротехнічних заходів, направлених на покращення температурного, теплового та поживного режиму ґрунтів з метою збільшення врожаїв послідуєчих культур.

3.3 Коренеплоди (цукровий буряк)

У табл. 3.3 представлені результати розрахунків ступеня використання природного потенціалу для цукрового буряка на семи станціях Вінницької області. У першому агрокліматичному районі області, куди входять ст. Білопіль, Хмільник, Липовець, Вінниця, Жмеринка посів цукрового буряку проводиться в середньобогаторічному 7-14 квітня. Дозрівання культури відзначається в середині другої декади липня, а саме 13 - 17 липня. На півночі агрокліматичного району (ст. Білопіль) суми температур повітря за вегетаційний період культури складають 1902 °С; на крайньому заході (ст. Хмільник) збільшуються до 2126 °С; в центральній частині агрокліматичного району (ст. Липовець, Вінниця) не перевищують 2186 - 2201 °С. На ст. Жмеринка зменшуються до 2036 °С. Біокліматичний потенціал цукрового буряку в розглянутому агрокліматичному районі на півночі і півдні дорівнює 99-91 балам, а в центрі збільшується до 123 балів. Так, при загальному біокліматичному потенціалі в 133 бали (ст. Білопіль) коефіцієнт ефективності використання БКП території цукровим буряком складає 74%. На ст. Хмільник при Бк рівному 139 бали коефіцієнт ефективності використання біокліматичного потенціалу збільшується до 84%, що на 10% більше, ніж на ст. Білопіль. У центрі агрокліматичного району області (ст. Липовець, Вінниця) при середній продуктивності клімату (144 - 131 балів) коефіцієнт ефективності використання БКП не перевищує 85-88%

Таблиця 3.3 - Кількісні показники біокліматичного потенціалу території (B_k) і ступеня його використання (Ke) цукровим буряком у Вінницькій області

Станція	$\Sigma T_c > 10^0 C$	ΣR , мм за рік	B_k , бали	Дати фенофаз		$\Sigma T_{en}, ^\circ C$	B_{kk} , бали	K_e , %
				Посів	Пожовтіння зовнішніх нижніх листків			
Білопіль	2646	590	133	24.04	15.08	1902	99	74
Хмільник	2634	654	139	19.04	26.08	2126	117	84
Липовець	2740	668	144	22.04	28.08	2186	123	85
Вінниця	2636	594	131	19.04	30.08	2201	115	88
Жмеринка	2669	624	134	23.04	22.08	2036	91	68
Гайсин	2782	588	132	19.04	16.08	2028	99	75
Крижопіль	2839	610	141	16.04	22.08	2195	109	77

відповідно на ст. Жмеринка коефіцієнт ефективності найменший і складає 68%.

У другому агрокліматичному районі області (ст. Гайсин, Крижопіль) посів цукрового буряку проводиться в кінці другої декади квітня (16-19.04). Дозрівання культури відзначається в середньобогаторічному через 136 - 141 день. За період активної вегетації накопичується сума активних температур повітря, що дорівнює 2028 °С (ст. Гайсин) і 2195 °С (ст. Крижопіль). З урахуванням таких показників біокліматичний потенціал цукрового буряку тут не перевищує 99 - 109 балів (див. табл. 3.3). Як наслідок, коефіцієнт використання біокліматичного потенціалу на ст. Гайсин дорівнює 75%, а на ст. Крижопіль - 77%.

3.4 Порівняльна оцінка продуктивності сільськогосподарських культур та біокліматичного потенціалу території

Біологічна продуктивність земель і ступінь використання біокліматичного потенціалу визначається не тільки факторами клімату, ґрунтової родючості і рівнем інтенсивності землеробства. На продуктивність рослин великий вплив мають біологічні особливості культур, реакція рослин на умови розвитку і росту. Для підвищення продуктивності земель велике наукове і практичне значення набуває порівняльна оцінка продуктивності екологічних типів сільськогосподарських культур, яка пов'язана з їх біологічними особливостями. Шашко Д.І. досліджував зв'язок врожаю на різних рівнях інтенсивності землеробства з відносними величинами біокліматичного потенціалу. Вчений виділив ступені і рівні ґрунтової родючості, які розрізняються коефіцієнтами використання рослинами сонячної енергії, а також ціною балу біологічної продуктивності по кліматичному індексу Бк (урожай в ц/га на один бал). Величини врожаїв (Ур) культур можуть бути приблизно розраховані по формулі

$$Y_p = C_{\delta} \cdot B_k \quad (3.4)$$

де C_{δ} - ціна балу за лімітним врожаєм;

B_k – біологічна продуктивність клімату.

Потенційний урожай по біокліматичному потенціалу $ПУ_{БКП}$ визначається за формулою:

$$ПУ_{БКП} = C_{\delta} \cdot B_k \quad (3.5)$$

де C_{δ} – ціна балу за лімітним врожаєм;

B_k – кліматичний індекс біологічної продуктивності.

Ціна балу може бути визначена по емпіричним значенням. Такі значення для зернових розраховуються за формулою

$$C_{\delta} = 0,10 + 0,8M_d \quad (3.6)$$

де M_d - коефіцієнт річного атмосферного зволоження.

Ефективність використання культурами БКП розраховується за формулою

$$БКП_{ef.} = \frac{Y_{\text{вир.}}}{ПУ_{БКП}} \cdot 100\% \quad (3.7)$$

Оцінка зв'язків врожаю сільськогосподарських культур та біокліматичного потенціалу території базується на даних, одержаних за останні 13-ть років (2006-2019 рр.). Як видно з табл. 3.4-3.6, значення біологічної продуктивності клімату B_k змінюються від 139 до 142 балів. Помірно-висока продуктивність клімату спостерігається на ст. Білопілья, Жмеринка, Гайсин та складає 141-142 бали. На ст. Вінниця та на ст. Могилів-Подільський, має місце підвищена продуктивність клімату (134 та 139 балів відповідно). Сума активних температур вище 10 °C накопичується за теплий

період від 2976 до 3355 °С, що достатньо для вирощування багатьох сільськогосподарських культур.

Якщо звернутися до комплексного районування біокліматичного потенціалу на території України, виконаного Міщенко З.А., Кирнасівською Н.В. [7] бачимо, що вся територія Вінницької області має підвищену продуктивність клімату для вирощування сільськогосподарських культур. Нами розраховано потенціал урожайності по БКП для ярого ячменю кукурудзи та цукрового буряку в умовах Вінницької області, а також розрахована ефективність використання кліматичних ресурсів окремо для кожної культури. У розрахунках використано ціну бала бонітету для ярого ячменю 0,25 ц/га; кукурудзи 0,49 ц/га; цукрового буряка 0,82 ц/га на 1 бал бонітету клімату Бк за Д.І. Шашко.

Аналізуючи дані таблиці 3.4 встановлено, що при ціні балу в 0,25 ц/га потенційна урожайність ярого ячменю по території Вінницької області коливається в межах 30,8–32,7 ц/га (середня 32,25 ц/га), а фактична урожайність (середньобагаторічна за 2016-2020 рр.) змінюється в межах 31,5 - 47,8 ц/га (середня 40 ц/га), що на 7 ц/га вище потенційної. Ефективність використання біокліматичного потенціалу культурою становить 100 %.

Розрахунок ефективності використання біокліматичного потенціалу кукурудзою наведено в табл. 3.5. Встановлено, що при ціні балу в 0,49 ц/га потенційна урожайність кукурудзи по території Вінницької області коливається в межах 68,1-70,1 ц/га (середня 68,7 ц/га), а фактична урожайність (середньобагаторічна за 2016-2020 рр.) змінюється в межах 65,4-90,2 ц/га (середня 78 ц/га). Так, ефективність використання біокліматичного потенціалу культурою кукурудза по території області становить 100 %, що підтверджує ефективність вирощування даної культури на території Вінницької області.

Таблиця 3.4 - Ефективність використання біокліматичних ресурсів посівами *ярого ячменю* у Вінницькій області

Метеостанція	Md	B_k	$C_{б,ц} / га$	$ПУ_{бкп}$	$У_{вир.}$	$БКП_{ef.} \%$
Білопільля	0,37	142	0,23	32,7	47,8	100
Хмільник	0,40	141	0,23	32,4	38,4	100
Вінниця	0,33	134	0,23	30,8	38,1	100
Жмеринка	0,37	142	0,23	32,7	35,7	100
Гайсин	0,34	143	0,23	32,9	43,8	100
М.- Подільський	0,30	139	0,23	32,0	31,5	100

Таблиця 3.5 - Ефективність використання біокліматичних ресурсів посівами *кукурудзи* у Вінницькій області

Метеостанція	Md	B_k	$C_{б,ц} / га$	$ПУ_{бкп}$	$У_{вир.}$	$БКП_{ef.} \%$
Білопільля	0,37	142	0,49	69,6	82,0	100
Хмільник	0,40	141	0,49	69,1	90,2	100
Вінниця	0,33	134	0,49	65,7	78,1	100
Жмеринка	0,37	142	0,49	69,6	72,8	100
Гайсин	0,34	143	0,49	70,1	78,3	100
М.- Подільський	0,30	139	0,49	68,1	65,4	100

Таблиця 3.6 - Ефективність використання біокліматичних ресурсів посівами цукрового буряку у Вінницькій області

Метеостанція	Md	B_k	$C_{б,ц/га}$	$ПУ_{бкп}$	$У_{вир.}$	$БКП_{ef.}\%$
Білопілля	0,37	142	0,82	116,4	470,3	100
Хмільник	0,40	141	0,82	115,6	464,4	100
Вінниця	0,33	134	0,82	109,9	483,3	100
Жмеринка	0,37	142	0,82	116,4	484,5	100
Гайсин	0,34	143	0,82	117,3	505,3	100
М.- Подільський	0,30	139	0,82	114,0	487,1	100

Аналізуючи дані таблиці 3.6 встановлено, що при ціні балу в 0,82 ц/га потенційна урожайність цукрового буряку по території Вінницької області коливається в межах 109,9–117,3 ц/га (середня 115 ц/га), а фактична урожайність (середньобагаторічна за 2016-2020 рр.) змінюється в межах 464,4–505,3 ц/га (середня 482,5 ц/га), що на 367 ц/га вище потенційної. Ефективність використання біокліматичного потенціалу культурою становить 100 %.

Отже, серед зернових культур найбільшою продуктивністю відрізняється кукурудза, яка в 1,5-2,0 рази перевищує продуктивність ярових зернових, в даному випадку ярого ячменю. Високою продуктивністю відрізняється також цукровий буряк, який по зернових одиницях в ареалі його вирощування перевершує продуктивність зернових колосових в 2-3 рази. В останні п'ять років урожайність у виробництві розглянутих культур значно зросла, якщо порівнювати з урожаєм для нашої території, які наведені в роботі Шашко Д.І. [31] за рахунок покращення кліматичних ресурсів. Зокрема збільшилися суми позитивних температур у теплий період, відбулася перебудова рослин за рахунок

селекційного створення нових екологічних типів культур, підвищився рівень інтенсивності землеробства. Як наслідок, ефективність використання біокліматичного потенціалу культурами становить 100%, що підтверджує ефективність їх вирощування на даній території.

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень в даній кваліфікаційній роботі магістра виконана агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу території Вінницької області та кількісно оцінено ефективність його використання сільськогосподарськими культурами:

1. На першому етапі виконано аналіз змін температурного режиму та надана оцінка теплозабезпеченості рослин. Встановлено про зростання середньорічних та середньомісячних значень температури повітря за досліджуваний період (1989-2019 рр.). Тренд середньорічної температури має висхідних характер, за останні 30 років середньорічні значення температури повітря зросла в середньому на 0,2-0,7 °C на 10 років по території області. Наслідком зростання температурного режиму за останнє десятиліття стало збільшення вегетаційного періоду, який зріс на 12 днів в порівнянні з минулим 20-річним періодом. Поряд зі збільшенням тривалості вегетаційного періоду в останньому десятиріччі відзначено зростання сум активних температур у порівнянні з попереднім двадцятирічним періодом. Так суми активних температур за період активної вегетації з середньодобовою температурою вище 10 °C зросли на 100-500 °C, а за період з температурою вище 5 °C на 450-550 °C. Отже зростання сумарної тривалості блокуючих процесів сприяє підвищенню літніх температур, в основному в липні та серпні, що призводить до зростання суми активних температур і як наслідок – до збільшення випаровування.

Для оцінки теплозабезпеченості визначені суми біокліматичних температур вище 10 °C для ярого ячменю, кукурудзи на зерно, гороху, цукрового буряку. При визначенні цих температур враховувалася кліматична температура, поправка на широту місцевості $P_{\text{ш}}$ і відхилення сум температур 250 °C.

2. Аналіз даних про опади показав, що за останні 30 років спостерігається незначне скорочення кількості опадів, що при зростанні середньорічних значень температури призводить до збільшення випаровування, отже, умови стають більш посушливими. Звертає на себе увагу збільшення кількості опадів навесні в періоді 2001-2019 та скорочення кількості опадів в липні-вересні, що при високому температурному фоні цих місяців збільшує загрозу засух та висихання більшості сільськогосподарських культур. Кількість опадів в осінньому періоді не компенсує зниження запасу продуктивної вологи в орному шарі, оскільки значення випаровуваності перевищують суму опадів, що випали в цих місцях майже в півтора рази.

Значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) за період активної вегетації проаналізовано в порівнянні двох періодів. Так величина ГТК за період 1986- 2005 рр. з травня по серпень по області дорівнює 1,2-1,7 та характеризує умови забезпеченого зволоження. В період з 2006 по 2019 роки значення гідротермічного коефіцієнту знизилося до 1,1-0,97 і характеризує умови зволоження як недостатні.

За методикою Шашко Д.І. надана класифікація клімату Вінницької області за умовами вологозабезпеченості. За річним значенням показника зволоження KV по області можна виділити два типи зволоження: I - область достатнього зволоження ($KV = 0,50-0,52$ (1,10-1,14)) та II - область недостатнього зволоження ($KV = 0,32-0,45$ (1,00-0,70)). За динамікою зволоження, яка оцінювалася по відношенню опадів теплого періоду до опадів холодного періоду, має місце практично повсюдно слабкозасушлива підобласть з напіввологою зоною зволоження. Виключення складають райони ст. Хмільник, Липовець, де зона зволоження класифікується як волога. Так перевищення опадів теплого періоду над холодним більше в 2,5-2,9 рази, тут має місце, як правило, засушливе літо, весна та осінь з деяким підвищеним зволоженням.

3. Відносні значення біокліматичного потенціалу можна представити як добуток коефіцієнту росту по вологозабезпеченості і коефіцієнту росту по теплозабезпеченості, тобто сукупний коефіцієнт росту $K_{p(c)}$. Він показує у скільки раз скоріше або повільніше відбувається процес фотосинтезу і ріст рослин відносно умов, які прийняті за еталон. Так даний показник по території Вінницької області коливається в межах 2,43 (ст. Могилів-Подільський) – 2,79 (ст. Липовець).

4. Використовуючи модель розрахунку біологічної продуктивності земель Д.І. Шашко виконані розрахунки біокліматичного потенціалу у відносних величинах і балах для території Вінницької області базуючись на даних шести станцій ст. Білопілля, ст. Вінниця, ст. Гайсин, ст. Хмільник, ст. Жмеринка та ст. Могилів-Подільський за період з 2006 по 2019 рр. Для цього були використанні щорічні данні по сумах активних температур повітря за період з T_c вище 10 °С, а також по річних дефіцитах вологи повітря і опадів. Значення BKP , B_k , $B_k(on)$, Md і K_p розраховані для умов відкритого рівного місця при природному зволоженні для кожного року. Встановлено, що на території області показник зволоження Md в середньобаторічному коливається в межах 0,30 - 0,37, що відповідає умовам помірного та недостатнього зволоження. Коефіцієнт росту в середньо багаторічному складає 0,68 - 0,87. Як слідство, біокліматичний потенціал у відносних одиницях в середньо багаторічному складає 2,43 - 2,58, що відповідає 134-142 балам і формує в середньому підвищену та помірно високу біологічну продуктивність клімату на досліджуваній території. Аналізуючи щорічні дані, можна зробити висновок, про те, що біологічний потенціал в більшості роках відзначався високим рівнем BKP у порівнянні з іншими роками, що пов'язано з достатніми сумами позитивних температур повітря у теплий період та добрим зволоженням і високою врожайністю зернових культур в ці роки добре узгоджується з отриманими даними.

5. З метою прослідити динаміку змін біокліматичного потенціалу у просторі і часі були проведені розрахунки біокліматичного потенціалу для різних часових періодів: I - 1966-1980; II - 1986-2005; III - 2006-2019 рр. Так як територія Вінницької області має різні види ґрунтів, які відрізняються за гранулометричним складом, то проведено уточнення значень БКП з урахуванням теплових ресурсів ґрунтів території за методикою З.А. Міщенко та Н.В. Кирнасівської для другого періоду.

Проаналізовано величини різниць значень БКП за різні періоди, а саме показані відмінності між значеннями БКП за період сучасного потепління клімату (II) та значеннями БКП за даними Д. І. Шашко (I), а також – відмінності значень БКП між періодом останніх 13 років (III) та періодом, що йому передував (II). Встановлено, що біокліматичний потенціал території Вінницької області значно змінився протягом останніх десятиліть. Різниця між значеннями БКП за Д. І. Шашко та БКП, розрахованими для періоду сучасного потепління клімату (1986-2005 рр.), становить 2–3 бали, і її величина збільшується при просуванні з півдня на північ. Якщо розглядати період останніх 13 років (2006–2019 рр.) та період, що передував (1986–2005 рр.), то різниця між середніми значеннями БКП по шести раніше розглянутих станціях становитиме 8–10 балів. Це свідчить про те, що в останні роки спостерігається значне покращення умов вирощування сільськогосподарських культур. Потепління клімату внесло деякі зміни до характеру розподілу значень різниць БКП на території області: найбільш помітне підвищення значень БКП спостерігається у північних районах та центрально-західних.

Мінімальні значення БКП за розглянуті періоди були характерними для ст. Могилів-Подільський, найбільші – для ст. Хмільник. Цікаво, що після введення поправок на температуру ґрунту на глибині, максимуми та мінімуми Бк відзначаються на різних станціях. Так мінімальне значення БКП на ст. Могилів-Подільський збільшується до 147 балів, та перевищує

значення показника для станцій в центральній частині області та зберігається закономірність найвищого показника БКП для ст. Хмільник.

6. Проведена оцінка ступеня використання біокліматичного потенціалу сільськогосподарськими культурами (ярого ячменю, кукурудзи, гороху, цукрового буряку) на території Вінницької області. При загальному біокліматичному потенціалі першого агрокліматичного району в 131 - 144 бали, коефіцієнт ефективності використання його культурою не перевищує тут 63 - 68%. При сформованих кліматичних умовах другого агрокліматичного району біокліматичний потенціал ярого ячменю становить 58 - 60%. Найбільш повно біологічну продуктивність клімату ярий ячмінь використовує в першому агрокліматичному районі області. Так як культура має дуже короткий період вегетації, то після її збирання тут можна вирощувати пожнивні сільськогосподарські культури, які використають біологічний потенціал території, який залишився.

В кліматичних умовах території де вирощується кукурудза, біологічна продуктивність культури складає 111-126 балів. При загальній біологічній продуктивності клімату в 129-141 балів, коефіцієнт використання його кукурудзою складає 85-96 відсотків. Отже, культура практично повністю використовує біологічну продуктивність клімату в досліджуваному районі.

З одержаних даних встановлено, що культура горох, яка має досить короткий період вегетації, в повній мірі використовує 50 відсотків біокліматичного потенціалу території вирощування, що надає можливість аграріям використати біокліматичний потенціал, який залишився, для вирощування пожнивних культур, трав або ж для більш кращого проведення додаткових агротехнічних заходів, направлених на покращення температурного, теплового та поживного режиму ґрунтів з метою збільшення врожаїв послідуєчих культур.

Біокліматичний потенціал цукрового буряку в першому агрокліматичному районі на півночі і півдні дорівнює 99-91 балам, а в центрі збільшується до 123 балів. Так, при загальному біокліматичному потенціалі в

133 балів на півночі коефіцієнт ефективності використання БКП території цукровим буряком складає 74%, а на півдні району - 68% при Бк в 136 балів.

У другому агрокліматичному районі біокліматичний потенціал цукрового буряку тут не перевищує 99 - 109 балів. Як наслідок, коефіцієнт використання біокліматичного потенціалу на ст. Гайсин дорівнює 75%, а на ст. Крижопіль - 77%.

7. За методикою Шашко Д.І. досліджено зв'язок врожаю на різних рівнях інтенсивності землеробства з відносними величинами біокліматичного потенціалу за ціною балу біологічної продуктивності по кліматичному індексу Бк (урожай в ц/га на один бал). У розрахунках використано ціну бала бонітету для ярого ячменю 0,25 ц/га; кукурудзи 0,49 ц/га; цукрового буряка 0,82 ц/га на 1 бал бонітету клімату Бк. Оцінка зв'язків врожаю (2016-2020рр.) сільськогосподарських культур та біокліматичного потенціалу території базується на даних, одержаних за останні 13-ть років (2006-2019 рр.). Встановлено, що при ціні балу в 0,25 ц/га потенційна урожайність ярого ячменю по території Вінницької області в середньому складає 32,25 ц/га, а фактична урожайність 40 ц/га, що на 7 ц/га вище потенційної. Ефективність використання біокліматичного потенціалу культурою становить 100 %.

Встановлено, що при ціні балу в 0,49 ц/га потенційна урожайність кукурудзи в середньобагаторічному по області складає 68,7 ц/га, а фактична урожайність – 78 ц/га. Так, ефективність використання біокліматичного потенціалу культурою кукурудза по території області становить 100 %, що підтверджує ефективність вирощування даної культури на території Вінницької області.

Встановлено, що при ціні балу в 0,82 ц/га потенційна урожайність цукрового буряка по території області в середньобагаторічному складає 115 ц/га, а фактична урожайність – 482,5 ц/га, що на 367 ц/га вище потенційної. Ефективність використання біокліматичного потенціалу культурою становить 100 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Вінницькій області: (1986 – 2005 pp) /за редакцією начальника Вінницького ЦГМ М. М. Кощавки та к. геогр. н. Т.І.Адаменко. Вінниця: Астропринт, 2010. С. 209.
2. Бочарова А.А., Крымская О.В. Оценка биоклиматического потенциала на западе Белгородской области // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2013. № 7 (160). Выпуск 24. С. 163 – 167.
3. Витченко, А. Н. Теоретические и прикладные основы оценки агроэкологического потенциала ландшафтов Беларуси : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 11.00.01; Белорус. гос. ун-т. Минск, 1996. С. 29.
4. Вольвач О. В. Оценка биоклиматического потенциала лесостепных областей Украины применительно к возделыванию кукурузы. Український гідрометеорологічний журнал. Одеса: ОДЕКУ, 2011. № 8. С. 162–169.
5. Гордеев А.В., Клещенко А.Д., Черняков Б.А. и др. Биоклиматический потенциал России: теория и практика. Москва: Т-во научных изданий КМК, 2006. С. 512.
6. Гулянов Ю.А., Досов Д.Ж., Умарова С.А. Эффективность использования биоклиматических ресурсов при выращивании озимой пшеницы в Оренбуржье. Известия ОГАУ. 2010. Т.2. Вып. 26-1. С. 48–50.
7. Довідник з агрокліматичних ресурсів України. Агрокліматичні умови росту та розвитку основних сільськогосподарських культур. Серія 2. Київ: МСП, 1993, Частина 2. 718 с.
8. Зінченко О.І, Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. Київ: “Аграрна освіта”, 2003.
9. Ермакова Л.Н., Толмачева Н.И., Безматерных Е.А. Оценка агроклиматических ресурсов территории Пермского края. Географический вестник. Метеорология и климатология, 2010. Вып. 2(13).

10. Зоидзе Е.К., Овчаренко Л.И. Сравнительная оценка сельскохозяйственного потенциала климата территории РФ и степени использования ее агроклиматических ресурсов сельскохозяйственными культурами. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. С. 75.
11. Кирнасівська Н.В. Агрокліматична оцінка загальної біологічної продуктивності клімату на території центральної України для вирощування кукурудзи. Вісник Одеського державного екологічного університету, №7. Одеса. 2009. С.120-133
12. Кирнасівська Н.В. Агрокліматична оцінка та районування біокліматичного потенціалу території Одеської області. Наукові праці українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. Київ: Вип. 269. 2016 р. С. 158-166
13. Кирнасівська Н.В. Сравнительная агроклиматическая оценка биоклиматического потенциала территорий Киевской и Запорожской областей с учетом микроклимата. Український гідрометеорологічний журнал, №3. 2008. Одеса. С.117-124
14. Колосков П.И. О биоклиматическом потенциале и его распределении на территории СССР // Труды НИИАК. 1963. Вып. 23. с. 90-111.
15. Коляда В. В. Агроклиматическая оценка продуктивности сельскохозяйственных культур в Беларуси. Природопользование: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования. Минск, 2014. Вып. 25. С. 53–60.
16. Коляда В. В. Биоклиматический потенциал Беларуси в сравнении со странами СНГ и ЕС. Природопользование: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования. Минск, 2013. Вып. 24. С. 17–26.
17. Логинов В.Ф., Хитриков М.А. Прогноз изменений биоклиматического потенциала территории Беларуси на период 2016-2035 гг. Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2018. Т. 56. № 1. С. 51–64

18. Логинов В.Ф., Хитриков М.А. Пространственно-временные изменения биоклиматического потенциала территории Беларуси. Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2017. № 1. С. 42–57.
19. Ляшенко Г.В. Агроклиматическая оценка продуктивности сельскохозяйственных культур в Украине: монография. Одесса: ННЦ «ИВиВ им. В.Е. Таирова», 2011. С. 249
20. Мищенко З.А. Агроклиматология: учебник. Киев: КНТ, 2009. С. 512.
21. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Агроклиматические ресурсы Украины и урожай: монография. Одесса: Экология, 2011. С.296.
22. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Метод региональной оценки и районирования биоклиматического потенциала на территории Украины с учетом микроклимата. Метеорология и гидрология. М. 2005. №5.
23. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Региональная оценка биоклиматического потенциала земель на территории Украины. Метеорология, климатология и гидрология. 2000. Вып.43. С. 90-98.
24. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Сельскохозяйственная оценка климата различных почв на территории Украины. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. Одеса. 2002. Вып. 44. С . 117-124 .
25. Попытченко Л.М. Эффективность использования биоклиматических ресурсов яровым ячменем и подсолнечником на Донбассе. Вестник КрасГАУ. 2018. № 6. С. 26-29
26. Сапожникова С.А. Об уточнении оценки сельскохозяйственного бонитета климата // Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. С. 80-91.
27. Сиротенко О. Д. Имитационная система «Климат–урожай СССР». Метеорология и гидрология. 1995. № 4. С. 107–114.
28. Смирнова В.А. Биоклиматический потенциал как фактор развития, размещения и специализации отраслей растениеводства. Труды ВНИИСХМ. 1998. Вып. 23. С. 37-48.

29. Справочник оп климату СССР. Атмосферные осадки. Снежный покров. Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. Вып. 10, ч. 4. С. 696.
30. Справочник по климату СССР. Температура воздуха и почвы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1967. Вып. 10, ч. 2. С. 607.
31. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. С. 247.
32. Climate change 2007: the physical science basis / ed.: S. Solomon [et al.]. New York ; Cambridge : Cambridge Univ.Press, 2007. 996 p.
33. Kazandjiev V., Moteva M., Georgiev V. Climate change, agroclimatic resources and agroclimatic zoning of agriculture in Bulgaria // Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 113, No. 1–2, January–June 2009, pp. 23–37.
34. Zmudzka E., 2004. The climatic background of agricultural production in Poland (1951– 2000), *Miscellanea Geographica*, Warszawa 2004, vol. 11, pp. 127-137