

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут  
Кафедра Агromетеорології та агроєкології

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему: **Режим зрошення при вирощуванні озимої пшениці в умовах степової зони України (на прикладі Херсонської області)**

Виконала студентка 2 курсу групи МНЗ-2А,з/ф  
Спеціальності 103 «Науки про Землю»  
Освітньої програми «Агromетеорологія»  
Домбовська Ірина Олександрівна

Керівник канд. геогр. наук, доцент  
Жигайло Олена Леонідівна

Консультант \_\_\_\_\_ -

Рецензент канд. геогр. наук, доцент  
Боровська Галина Олександрівна

Одеса 2021

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

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

студентці Домбовській Ірині Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Режим зрошення при вирощуванні озимої пшениці в умовах степової зони України (на прикладі Херсонської області)

керівник роботи Жигайло Олена Леонідівна, 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 студенткою роботи 08 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Біологічні особливості пшениці озимої.

2. Особливості вологозабезпеченості озимої пшениці при зрошенні. 3. Ґрунтові та

агрокліматичні характеристики Херсонської області. 4. Характеристика водних

джерел Херсонщини. 5. Модель формування продуктивності

сільськогосподарських культур в умовах зрошення (MODSOL-6).

6. Агрометеорологічні дані за роки з 2004 по 2020 рр.: дати сівби та настання фаз

розвитку озимої пшениці, її сорти і гібриди; середні декадні та максимальні

температури повітря; кількість опадів за декаду; середній за декаду дефіцит

вологості повітря; запаси продуктивної вологи в ґрунті в орному (0-20 см) і в

метровому (0-100см) шарах ґрунту; кількісні характеристики найменшої польової

вологоємності ґрунтів за весняно-літній період вегетації. 7. Метеорологічні дані з

2031 по 2050 рр. за сценарієм RCP8.5: середні декадні та максимальні температури

повітря; кількість опадів за декаду; середній за декаду дефіцит вологості повітря,

сумарне випаровування.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно

розробити): 1. Вивчити біологічні особливості пшениці озимої, особливості

вологозабезпеченості при зрошенні на сільськогосподарських угіддях Херсонської

області з урахуванням її ґрунтово-кліматичних характеристик. 2. Вивчити методику

виконання розрахунків агрометеорологічних характеристик. 3. Вивчити методику

моделювання режиму зрошення и продуктивності пшениці озимої. 4. Провести

розрахунки в період відновлення вегетації – повна стиглість за період з 2004 по 2020

рр., визначити за цей період найсухіший і найвологіший роки та створити аналіз

умов вирощування озимої. 5. Провести розрахунки фотосинтетичної

продуктивності посівів і врожаю зерна озимої пшениці в умовах незрошеного і зрошеного землеробства Херсонської області. 6. Провести моделювання режиму зрошення посівів озимої пшениці в умовах змін клімату. Оцінити формування продуктивності посівів і врожаю зерна озимої пшениці на богарі та різному режимі зрошення в період з 2031 по 2050 рр.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Динаміка середніх декадних і максимальних температур повітря та опадів з 2031 по 2050 рр. 2. Динаміка характеристик вологозабезпеченості озимої пшениці в період з 2031 по 2050 рр. 3. Залежність врожаю озимої пшениці від умов зволоження в Херсонській області за період з 2031 по 2050 рр. 4. Динаміка загальної біомаси та площі листя на богарі при умовах середньої, сильної та дуже сильної посухи в Херсонській області за період з 2031 по 2050 рр. 5. Динаміка загальної біомаси та площі листя на зрошенні при умовах середньої, сильної та дуже сильної посухи в Херсонській області за період з 2031 по 2050 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 роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи магістра.	28.10.2021 р. - 04.11.2021 р.	94	5 (відмінно)
2.	Оформлення текстової частини першого другого, та третього розділів кваліфікаційної роботи. Проведення розрахунків.	05.11.2021 р. - 21.11.2021 р.	90	5 (відмінно)
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>22.11.2021 р. - 26.11.2021 р.</b>	92	5 (відмінно)
3.	Побудова табличного та графічного матеріалу. Аналіз отриманих розрахунків. Оформлення текстової частини четвертого і п'ятого розділів кваліфікаційної роботи	27.11.2021 р. - 01.12.2021 р.	98	5 (відмінно)
4.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	02.12.2021 р. - 08.12.2021 р.	98	5 (відмінно)
5.	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	09.12.2021 р. - 10.12.2021 р.	-	-
6.	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.	-	-	-
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>95,0</b>	

Студентка \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Домбовська І.О.**  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Жигайло О.Л.**  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Домбовська І.О.** Тема кваліфікаційної роботи магістра «**Режим зрошення при вирощуванні озимої пшениці в умовах степової зони України (на прикладі Херсонської області)**».

Серед продовольчих сільськогосподарських культур, які вирощуються в Україні однією з головних культур є пшениця озима. Для виробництва високоякісного зерна пшениці озимої умови Південного Степу країни є найсприятливішими. Однак через недостатнє і нестійке зволоження отримання сталих урожаїв озимої пшениці можливо тільки за рахунок зрошення.

Зрошення зменшує негативний вплив ґрунтової та повітряної посухи на продукційній процес рослин, оптимізує умови їх вирощування, дозволяє максимально використовувати генетичні можливості сортів, родючість ґрунтів і добрив, сприяє максимальному використанню надходження сонячної радіації.

**Мета** – вивчити вплив режиму зрошення на продуктивність і урожайність зерна озимої пшениці в умовах Півдня України.

Основні задачі:

- Дослідити умови вирощування озимої пшениці в період відновлення вегетації – повна стиглість за 2004-2020 рр. та охарактеризувати найсухіший і найвологіший роки.
- Дослідити за допомогою моделі мінливість показників продуктивності посівів і врожаю зерна пшениці озимої на богарі та зрошенні.
- Провести моделювання режиму зрошення посівів озимої пшениці в умовах змін клімату за сценарієм RCP8.5.
- Оцінити формування продуктивності посівів і врожаю зерна озимої пшениці на богарі та при різному режимі зрошення в період з 2031 по 2050 рр.

**Об'єктом** досліджень є посіви озимої пшениці. **Предметом** досліджень – процес формування продуктивності посівів і врожайності зерна озимої пшениці в умовах незрошеного і зрошеного землеробства.

При виконанні роботи використано статистичні методи досліджень і математичного моделювання продукційного процесу рослин.

Досліджено, що врожай пшениці озимої на богарі, як в найсухіші, так і найвологіші роки є значно нижче потенційного. На зрошенні можливо найповніше використати потенціал сучасних гібридів і сортів, якій для даного регіону становить 5-7 т/га.

Досліджено, що на території Херсонської області за період 2031-2050рр. засушливі умови посиляться. В більшості років буде спостерігатися сильна і дуже сильна посуха. Продуктивність посівів на богарі буде економічно невиправданою. Для отримання сталих урожаїв озимої пшениці і економічного використання зрошувальних вод, розглянути режими зрошення при середній, сильній і дуже сильній посухах.

Робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи 89 сторінок машинописного тексту, в т.ч. 23 таблиці та 9 рисунків.

**Ключові слова:** режим зрошення, пшениця озима, продуктивність, урожай, посуха, зрошувальна норма, вегетаційний полив.

## ANNOTATION

**DombovskaIryna.**The theme of the master's qualification work «**Irrigation regime for growing winter wheat in the steppe zone of Ukraine (Kherson region example)**».

Winter wheat is one of the main crops growing in the Ukraine. Agro-climatic conditions of the Southern Steppe of the country are the most favorable for high quality wheat grain production. However, due to insufficient and unstable moisture, obtaining stable yields of winter wheat is possible only through irrigation.

Irrigation reduces the negative impact of soil and air drought of crops growing and optimizes the conditions of their cultivation. It allows making the most of genetic possibilities of grades, fertility of soils and fertilizers, promotes the maximum use of receipt of solar radiation.

**The purpose** is exploring the effect of irrigation regime for winter wheat productivity and yield capacity in the South of Ukraine.

The main tasks:

- Investigation the conditions of winter wheat growing during the restoration of vegetation - full maturity in 2004-2020 and describe the driest and wettest years.
- Investigation the variability of wheat productivity indicators in rain-fed and irrigation using mathematical model method.
- Modeling winter wheat irrigation regime in climate change condition to the RCP8.5 scenario.
- Evaluation of winter wheat productivity in rain-fed conditions and various irrigation regimes in the 2031-2050 years period.

The object of research is winter wheat crops. The subject of research is the process of, winter wheat yield forming of in non-irrigated and irrigated agriculture.

Statistical methods of research and mathematical modeling of plant production process were used in the work.

It is investigated the winter wheat yield in rain-fed, both in the driest and wettest years is much lower than the potential. The potential of modern hybrids and varieties, which is 5-7 t/ha for this region, can be used to the fullest in irrigation..

It is investigated that arid conditions in the Kherson region in 2031-2050 years period will intensify. In most years there will be a strong and very severe drought. Crops growing in rain-fed will be economically unjustified. To obtain sustainable yields of winter wheat and economical irrigation water using, the irrigation regimes in moderate, severe and very severe droughts were consider.

The work consists of an introduction, 5 chapters, conclusions, list of references and appendices. The total volume of work is 89 pages of typewritten text, incl. 23 tables and 9 figures.

**Key words:** irrigation regime, winter wheat, productivity, harvest, drought, irrigation rate, vegetative watering.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>		7
<b>1</b>	<b>ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ.....</b>	9
1.1	Народногосподарське значення озимої пшениці.....	9
1.2	Біологічні особливості озимої пшениці.....	10
1.3	Особливості вологозабезпеченості озимої пшениці при зрошенні.....	14
1.4	Дози і види мінеральних добрив при вирощуванні озимої пшениці.....	16
<b>2</b>	<b>ПРИРОДНІ УМОВИ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ</b>	19
2.1	Основні типи ґрунтів Херсонської області .....	19
2.2	Короткий опис агрокліматичних умов області.....	22
2.3	Характеристика водних джерел Херсонщини.....	24
<b>3</b>	<b>МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	30
3.1	Методика обробки даних агрометеорологічних спостережень	30
3.2	Методика виконання розрахунків за моделлю MODSOL-6....	32
<b>4</b>	<b>ОЦІНКА АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....</b>	39
4.1	Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації – нижній вузол соломини.....	40
4.2	Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації – повна стиглість	44

<b>5</b>	<b>МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ЗРОШЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....</b>	<b>48</b>
5.1	Моделювання режиму зрошення та продуктивності озимої пшениці за період 2004 - 2020 рр.....	48
5.2	Моделювання режиму зрошення та продуктивності озимої пшениці за період 2031-2050 рр.....	53
	5.2.1 Моделювання продуктивності озимої пшениці в умовах незрошеного землеробства.....	53
	5.2.2 Моделювання режиму зрошення та продуктивності озимої пшениці в умовах посухи різної інтенсивності	64
<b>ВИСНОВКИ.....</b>		
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>		<b>70</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>		<b>72</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>		<b>77</b>

## ВСТУП

Серед продовольчих сільськогосподарських культур, які вирощуються в Україні окреме місце посідає озима пшениця. Це пояснюється тим, що саме під цією культурою зайнято більш ніж половина ріллі, та саме озима пшениця займає перше місце за сукупним валовим збором. Завдяки вищевикладеному наразі Україна є одним з провідних виробників та експортерів пшениці.

Ґрунтово-кліматичні умови Південного Степу є найсприятливішими для отримання сталих урожаїв озимої пшениці та виробництва високоякісного зерна. Однак степова зона півдня України є зоною недостатнього і нестійкого зволоження. Невелика кількість опадів при значному надходженні теплових ресурсів призводить до того, що ведення землеробства в Південному Степу знаходиться на межі постійного ризику, а врожайність коливається в широких межах. В таких умовах ведення успішної сільськогосподарської діяльності можливо тільки за рахунок зрошення.

Погодні умови останнього десятиліття (2011-2020 рр.) доводять реалістичність прогнозів про те, що до 2030-2040 років практично неможливо буде вести богарне землеробство у південних областях України.

**Актуальність роботи.** Зрошення зменшує негативний вплив ґрунтової та повітряної посухи на продукційний процес рослин, оптимізує умови їх вирощування, дозволяє максимально використовувати генетичні можливості сортів, родючість ґрунтів і добрив, сприяє максимальному використанню надходження сонячної радіації.

**Мета** досліджень полягала у вивченні впливу режиму зрошення на продуктивність і урожайність зерна озимої пшениці в умовах Півдня України.

**В завдання досліджень** входило:

➤ Вивчити наявну наукову інформацію про вирощування озимої пшениці в умовах зрошення;



- Вивчити методику обробки даних агрометеорологічних спостережень;
- Вивчити динамічну математичну модель MODSOL-6 та методику проведення розрахунків за моделлю;
- Дослідити умови вирощування озимої пшениці в період відновлення вегетації – повна стиглість за 2004- 2020 рр та охарактеризувати найсухіший і найвологіший роки.
- Дослідити за допомогою моделі мінливість показників фотосинтетичної продуктивності посівів і врожаю зерна озимої пшениці в умовах незрошеного і зрошеного землеробства Херсонської області;
- Провести моделювання режиму зрошення посівів озимої пшениці в умовах змін клімату за сценарієм RCP8.5;
- Оцінити формування продуктивності посівів і врожаю зерна озимої пшениці на богарі та при різному режимі зрошення в період з 2031 по 2050 рр.

**Об'єкт дослідження:** посіви озимої пшениці.

**Предмет дослідження:** процес формування продуктивності посівів і врожайності зерна озимої пшениці в умовах незрошеного і зрошеного землеробства.

**Методи досліджень.** При виконанні роботи використовувались статистичні методи досліджень і математичного моделювання продукційного процесу рослин.

**Апробація результатів.** Основні матеріали кваліфікаційної роботи викладені й обговорені на другому гідрометеорологічному з'їзді, присвяченому 100-річному Ювілею Гідрометеорологічної Служби України (2021 рік).

# 1 ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

## 1.1 Народногосподарське значення озимої пшениці

До найбільш цінних продовольчих культур у більшості країн світу відносять пшеницю, оскільки вона має велике продовольче значення. Хліб, манна крупа, макаронні, а також борошняні кондитерські вироби, що виготовляються з пшениці, займають велике місце у харчуванні населення. Хліб є основою харчування, становлячи у середньому 40-50% добової кількості калорій, необхідні харчування [13, 18].

Пшеничний хліб характеризується високою поживністю, смаковими якостями. По засвоюваності пшеничний хліб перевершує хліб із борошна інших зернових культур. У 100 грамах пшеничного хліба міститься 245-255 ккал, що свідчить про високу поживність та енергоємність.

Цінність пшеничного хліба визначається багатим хімічним складом зерна. У зерні пшениці від 11 до 20% білка, 63-74% крохмалю, близько 2% жирів, до 2% зольних мінеральних речовин та багато вітамінів (В1, В2, РР, Е, провітаміни А, Д). Пшеничне борошно, крім хлібопечення, використовується для виробництва макаронних та кондитерських виробів. Зерно переробляють на спирт, крохмаль, декстрин тощо.

Однак високоякісний хліб та хлібобулочні вироби отримують лише з борошна м'якої пшениці. За державним стандартом, зерно пшениці належить до вищого, першого та другого класів, які містять відповідно 36, 32 та не менше 28% сирої клейковини першої групи та має питому вагу не менше 755 г./л, склоподібність – не нижче 60%, а хлібопекарська сила муки 280 і більше одиниць альвеографа.

Озима пшениця – важлива кормова культура. Пшеничні висівки – цінний концентрований корм для всіх видів сільськогосподарських тварин. Солону в подрібненому вигляді або присмачену кормовою патокою

використовують як грубий корм для великої рогатої худоби. У чистому вигляді або в суміші з викою її вирощують на зелений корм, що використовується рано навесні, за житом. Агротехнічне значення пшениці озимої полягає в тому, що вона є хорошим попередником для інших культур сівозміни [13,18].

## 1.2 Біологічні особливості озимої пшениці

**Вимоги до світла.** Пшениця вибаглива до світла культура. Якщо восени спостерігається похмура погода, то відбувається неглибоке залягання вузла кушіння та недостатнє загартування, це призводить до зниження морозо- і зимостійкості, а весною викликає вилягання. Під час наливу зерна спостерігається зниження вмісту в ньому білка.

**Вимоги до тепла.** У різні періоди вегетації пшениця висуває різні вимоги до тепла. Насіння її починає проростати при температурі 1...2 °С, але для дружного проростання і появи сходів потрібна більш висока температура. При температурі 14...16°С сходи з'являються через 7...9 днів після посіву. Сума активних температур у період сівба - сходи становить 116...139°С. Через 13...15 днів після повних сходів при температурі 12...15°С починається кушіння, воно триває 30...45 днів в залежності від терміну посіву, температури та вологості.

Озима пшениця кушиться восени та навесні. Знижена температура повітря (до 6...10°С) за достатньої вологості, а також підвищена хмарність затримують загальний розвиток рослин, але сприяють більш інтенсивному кущенню. У сприятливих умовах зростання одна рослина утворює 3 ... 5 стебел [13].

У перехідний осінньо-зимовий період для розвитку озимої пшениці найбільш сприятлива суха ясна і тепла погода вдень (до 10...12°С) зі зниженням до негативних температур вночі, це сприяє більшому накопиченню вуглеводів, проходженню загартування та кращій перезимівлі.

Вихід у трубку у пшениці озимої починається через 25...35 днів після весняного відростання, колосіння - через 30...35 днів після виходу в трубку. Цвітіння пшениці починається через 2-3 дні після колошіння і триває близько тижня. Тривалість формування, наливу та дозрівання зерна близько 30...35 днів, залежить від погодних умов та особливостей сорту. За дощової та прохолодної погоди цей період подовжується, а при посушливій – скорочується.

Загальна сума позитивних температур від посіву до повної стиглості становить 1850...2200°C. Тривалість вегетаційного періоду (включаючи зиму) коливається від 275 до 350 днів.

Озима пшениця досить жаро- і посухостійка. Однак при надто високих температурах (вище 40°C), при нестачі вологи та сухих вітрах порушується нормальний процес фотосинтезу, підвищується транспірація, гальмується зростання рослин, що перешкоджає гарному наливу зерна. Дія суховіїв сильніше дається взнаки тоді, коли вони тривалі і супроводжуються недовіком вологи в ґрунті. Зрошення пшениці в посушливих районах знижує негативну дію суховіїв і запобігає щуплості зерна.

**Вимоги до вологи.** Озима пшениця краще використовує осінні та зимові опади, споживає значно більше вологи, ніж яра. Це пов'язано з тим, що вона має більш тривалий період вегетації та формує вищий урожай сухої маси. Споживання вологи протягом вегетації йде нерівномірно і залежить від віку, інтенсивності росту та розвитку, густоти рослин, температури, розвитку кореневої системи та наявності вологи у ґрунті [13].

У фазі проростання зерна та появи сходів рослини споживають порівняно невелику кількість вологи. Однак щоб отримати дружні та повноцінні сходи, необхідно мати у верхньому шарі ґрунту (0...10 см) не менше 10 мм продуктивної вологи. У міру зростання та розвитку рослин потреба у волозі підвищується. Для нормального осіннього куціння озимої пшениці необхідно мати не менше 30 мм продуктивної вологи в шарі ґрунту 0...20 см. Озима пшениця найбільшу кількість вологи витрачає від весняного

відростання до колосіння (до 70% загальної потреби у воді за вегетацію) та найменше – від цвітіння воскової стиглості зерна (до 20%). Критичним періодом по відношенню до вологи у пшениці озимої є вихід у трубку - колосіння. При нестачі вологи у період припиняються зростання рослин, формування площі листя, це призводить до порушення диференціації генеративних органів, утворенню великої кількості безплідних квіток, знижуються загальне накопичення сухої речовини і висота рослин, що веде до недобору врожаю.

Під час цвітіння та наливу зерна нестача вологи знижує озерненість колосу, крупність та врожай зерна. До початку весняної вегетації завдяки осіннім, зимовим та весняним опадам ґрунт зволожується на глибину 50...80 см, а у вологі роки - до 150...200 см, що створює сприятливі умови щодо вологозабезпеченості. Коренева система пшениці озимої проникає на глибину до 1,5...2,0 м, вона використовує воду не тільки з коренеживаного шару, але і з глибших горизонтів ґрунту.

**Вимоги до ґрунтів.** Пшениця вимоглива до ґрунтів. Вони мають бути високородючими, мати хорошу структуру, містити достатню кількість поживних речовин: азоту, фосфору, калію та ін. Для пшениці сприятлива нейтральна або слабокисла (рН 6 – 7,5) реакція ґрунтового розчину.

Цим вимогам більшою мірою задовольняють високородючі чорноземні, темно-каштанові, дерново-карбонатні ґрунти з нейтральною або слабокислою реакцією (рНКСІ 6,0...7,5), із вмістом гумусу не менше 2,0...2,5%, фосфору та калію не менше 150 мг/кг ґрунту. Вона може давати хороші врожаї на удобрених слабоопідзолених, середньосуглинистих та сірих лісових ґрунтах. На легких супісках і осушених торфовищах, а також на кислих ґрунтах без відповідного їх поліпшення озима пшениця вдається погано. Вапнування, застосування органічних та мінеральних добрив на кислих ґрунтах з низьким вмістом органічної речовини - неодмінні умови при вирощуванні озимої пшениці [13].

**Вимоги до елементів живлення.** Споживання елементів мінерального харчування залежить від вмісту їх у ґрунті у доступних формах, інтенсивності розвитку рослин та потужності кореневої системи, погодних умов та інших факторів. Зниження інтенсивності росту рослин озимої пшениці часто пов'язане з недостатнім вмістом елементів мінерального харчування – азоту, фосфору, калію, а на деяких типах ґрунту також мікроелементів.

Азот - один з найбільш важливих елементів живлення рослин, він регулює зростання вегетативної маси, підвищує вміст білка та клейковини у зерні та впливає на формування врожаю. Він входить до складу амінокислот простих та складних білків, хлорофілу, деяких вітамінів та ферментів.

Споживання азоту рослинами пшениці озимої починається з перших днів життя і триває до закінчення наливу зерна. Так, у фазі кущіння споживання азоту становить 20...25%, у період виходу в трубку - колошіння - 50...55, цвітіння-початку воскової стиглості - 10...15 і до середини воскової стиглості - 5...10% максимальної кількості споживаного азоту. Найбільша потреба у ньому відчувається від початку виходу в трубку до колосіння [13,18].

Фосфор входить до складу багатьох органічних сполук, ферментів та вітамінів, бере участь в енергетичному обміні. Із забезпеченістю рослин фосфором пов'язані багато біохімічних процесів, що проходять в організмі.

Підвищена забезпеченість фосфором знижує негативну дію рухомих форм алюмінію на кислих дерново-підзолистих ґрунтах. Найбільший вміст фосфору в рослинах озимої пшениці посідає фаза сходів (1,0...1,5% на АСВ), зі зростанням і розвитку вміст фосфору помітно зменшується. Найбільше споживання фосфору припадає на фази виходу в трубку, колосіння та цвітіння. Недостатня забезпеченість рослин озимої пшениці фосфором затримує використання азоту, синтез білків, уповільнює зростання рослин, що призводить до зниження врожаю.

Калій покращує процес фотосинтезу, вуглеводний та білковий обмін, переміщення в рослинах вуглеводів. При калійному голодуванні рослин посилюється розпад білків, що сприяє розвитку різних патогенних грибів та бактерій. Зовнішні ознаки калійного голодування - побуріння країв листя і поява ними іржавих плям.

Надходження калію в рослини починається з фази сходів і продовжується до цвітіння. Максимальний вміст їх у рослинах озимої пшениці (2,5...3,8%) посідає початкові фази, до фази повної стиглості кількість калію знижується до 0,8...1,0%. Найбільше споживання калію припадає на фази виходу в трубку, колосіння та цвітіння [13,18].

### 1.3 Особливості вологозабезпеченості озимої пшениці при зрошенні

Режим зрошення пшениці озимої залежить від зональних і локальних умов та складається з вологозарядкового, передпосівного, післяпосівного, вегетаційних та освіжаючих поливів, які проводять за допомогою дощувальних машин. В отриманні високих урожаїв цієї культури вирішальна роль належить передпосівному вологозарядковому поливу, застосування якого забезпечує 40–63 % приросту врожаю за рахунок отримання своєчасних і дружніх сходів, доброго кушіння та нормального розвитку рослин пшениці в осінній та весняний періоди. Достатнє зволоження ґрунту з осені сприяє також інтенсивному росту, розвитку і глибшому проникненню кореневої системи [7].

Найбільш прийнятними нормами вологозарядкових поливів під озиму пшеницю слід вважати 800-1200 м<sup>3</sup> води на гектар. При високому рівні ґрунтових вод, з метою не допустити їх із поливною водою та не сприяти вторинному засоленню ґрунту, норми передпосівних поливів повинні бути зменшені до 300-600 м<sup>3</sup> води на гектар.

При вирощуванні пшениці озимої на зрошуваних землях спостерігається значна мінливість погодних умов, що викликає необхідність

зміни кількості поливів від 1 до 5. Міжполивний період при цьому змінюється в середньому від 12 до 28 днів. Велика мінливість у строках і кількості поливів указують на те, що в зоні південного Степу України режим зрошення слід формувати з урахуванням агротехнологічних та економічних фактичних показників.

Вегетаційні поливи пшениці озимої слід проводити з урахуванням погодних і гідрогеологічних умов, кількості опадів і характеру їх розподілу, потреби рослин у воді в різні періоди вегетації. Здебільшого у вологий рік достатньо провести один вегетаційний полив, у середньо-посушливий 2-3 і в посушливий рік 4-5 поливів з поливною нормою 400-500 м<sup>3</sup>/га [7].

За дефіциту водних та матеріально-технічних ресурсів на посівах озимої пшениці з добрим або задовільним станом рослин весною економічно вигідно проводити один вегетаційний полив нормою 400-500 м<sup>3</sup>/га. Кращим строком застосування вегетаційного поливу є період від виходу рослин в трубку до колосіння.

У початковий період вегетації, коли відростає вторинна коренева система, кореневмісний шар ґрунту (0-65 см) повинен бути оптимально зволуженим, тобто в діапазоні 71-100 % НВ. З кінця фази виходу в трубку рослини нарощують потужну кореневу систему, яка пронизує кореневмісний шар ґрунту, і практично вся продуктивна волога стає доступною для споживання. Зниження передполивних вологозапасів до 57 % НВ майже не впливає на формування врожаю.

До кінця фази молочної стиглості рослини пшениці озимої повинні перебувати в оптимальному режимі зволоження ґрунту (100-71 % НВ). Закінчення вегетаційних поливів без значних втрат можливе в кінці фази молочної стиглості. У цій фазі, за необхідності, пшеницю озиму слід поливати зменшеними нормами, оскільки повні норми призводять до вилягання. Зважаючи на малу ефективність у формуванні врожаю, четвертий вегетаційний полив практичного значення не має. Величина сумарного випаровування за весняно-літній період вегетації від відновлення вегетації до



збирання врожаю за трьох вегетаційних поливів сягає 4595 м<sup>3</sup>/га, що треба враховувати для оптимізації режимів зрошення цієї культури.

Веgetаційні поливи треба проводити з таким розрахунком, щоб вологість в активному шарі ґрунту у фази виходу в трубку, колосіння і наливання зерна була не нижча 60 % НВ на легких, 70 % НВ – на середніх і 80 % НВ – на важких ґрунтах. Своєчасні якісні поливи підвищують урожай пшениці озимої на 30-40 %. 33

Проводять веgetаційні поливи дощувальними машинами «Фрегат» та Zimmatic (рис. 1.1 і 1.2).



Рисунок 1.1 – Дощувальні машини «Фрегат»

#### 1.4 Дози і види мінеральних добрив при вирощуванні озимої пшениці

Пшениця озима надзвичайно вимоглива до умов живлення. Для формування 1 т зерна пшениці м'якої з ґрунту витрачається 22-25 кг азоту, 10-12 кг фосфору, 28-30 кг калію. За вирощування пшениці твердої кількість азотних мінеральних добрив повинна бути на 10–15 % більшою, ніж вноситься під пшеницю м'яку. Так, на заплановану 1 т/га врожаю зерна треба

вносити 35–40 кг/га азоту за діючою речовиною. Основну кількість поживних речовин засвоюють у стислі строки. До фази колосіння вони використовують 70–80 % азоту, 75–85 % фосфору, 90–93 % калію [7, 19].



Рисунок 1.2 – Дощувальні машини Zimmatic

Пшениця озима відносно живлення має два критичні періоди, перший – восени (по фосфору), другий – ранньою весною (по азоту). Важливо збільшити питому вагу внесення азотних добрив (30 % від загальної кількості) шляхом позакореневого підживлення у 2-3 прийоми від фази трубкування до цвітіння. При цьому в розчин азотних добрив необхідно додавати мікродобрива та стимулятори росту.

Основними прийомами внесення добрив під озиму пшеницю є основне, припосівне (у рядки) та підживлення. Основне добриво вносять під основний обробіток ґрунту, воно використовується для забезпечення живлення рослин упродовж усієї їх вегетації, а припосівне (рядкове удобрення) для оптимального розвитку у перший період росту рослин. До виходу в зиму рослини пшениці озимої використовують 30 % NPK від загальної потреби.

За використання у зрошуваній сівозміні пожнивних решток, сидератів можна розробити органо-мінеральну систему удобрення, яка забезпечить одержання максимального врожаю з високою віддачею. Також для підвищення продуктивності с-г культур сівозміни ефективним є проведення передпосівної бактеризації насіння пшениці озимої азотфіксувальними та фосфатмобілізувальними мікробними препаратами. Вони покращують живлення зернових рослин, замінюючи до 30 кг/га діючої речовини азотного чи фосфорного добрив. А на тлі обробки деструкторами пожнивних решток та їх заорювання і внесення середніх ( $N_{90}P_{60}$ ) доз мінеральних добрив для зернових, бактеризації насіння мікробними препаратами забезпечуються значні прирости врожаю с-г культур – як від застосування підвищених доз мінеральних добрив ( $N_{120-150}P_{90}$ )[7,18].

Найкращі умови для росту, розвитку і формування врожаю пшениці озимої в умовах зрошення створюються за внесення азоту 90–120 кг/га діючої речовини. Допустимими для пшениці є дози  $N_{60-90}P_{30-40}$ , а незадовільно низькими –  $N_{30-50}P_{10}$ . Внесення недостатньої кількості добрив призводить до значного недобору врожаю, низької якості зерна та зниження родючості ґрунту. Їх дози корегують залежно від попередника.

Максимальна потреба рослин пшениці озимої в азоті припадає на весняний період у фази виходу в трубку, колосіння та формування зерна.

## 2 ПРИРОДНІ УМОВИ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Херсонська область знаходиться на півдні України. Територія області із заходу на схід простягається на 258 км, а з півночі на південь на 180 км. Загальна площа області становить 28,6 тис. км. На півночі Херсонська область межує з Дніпропетровською областю, на заході – з Миколаївською, на північному сході - із Запорізькою, на півдні область омивається Чорним і Азовським морями і також межує з Автономною Республікою Крим [2].

### 2.1 Основні типи ґрунтів Херсонської області

Важливим компонентом ландшафту Херсонської області є ґрунти. В таблиці 1.1 наводяться типи ґрунтів, які сформувались на території області. Чорноземи займають північну та центральну частину області.

Найбільш родючими ґрунтами області є чорноземи звичайні. Для них характерний високий вміст гумусу в орному шарі (вище 4,5%), добре розвинутий гумусовий профіль, потужність якого становить 70-80 см [2,8].

У центральній частині області на рівнинних слабодренованих широких вододілах та їх схилах залягають чорноземи південні малогумусні. За гранулометричним складом ці ґрунти є важко- та середньосуглинковими. Глибина гумусового профілю змінюється в межах 45-64 см. Вміст гумусу в орному шарі складає 2,0-3,5 % і зменшується з півночі на південь [2].

На південь від чорноземів південних залягають темно-каштанові залишково слабо- та середньосолонцюваті ґрунти. За гранулометричним складом вони важко - та легко – середньосуглинкові. В приморській та присиваській зоні області розповсюджені каштанові ґрунти в комплексі із солонцями [2,8].

Дернові піщані ґрунти поширені на піщаних терасах Дніпра (Олешківські піски), на піщаних косах в Чорному та Азовському морях.



Таблиця 2.1 – Основні типи ґрунтів Херсонської області [8]

ТИП ҐРУНТУ	Загальна площа	
	тис. га	%
Чорноземи південні на лесах	828,2	41,0
Чорноземи залишково солонцюваті і осолоділі, переважно на лесових породах	152,8	7,6
Темно-каштанові ґрунти, переважно на лесових породах	582,9	28,9
Каштанові ґрунти, переважно на лесових породах	115,3	5,7
Солонці і солончаки	62,1	3,1
Оглеєні ґрунти подів і западин	159,6	7,9
Дернові ґрунти	58,3	2,9

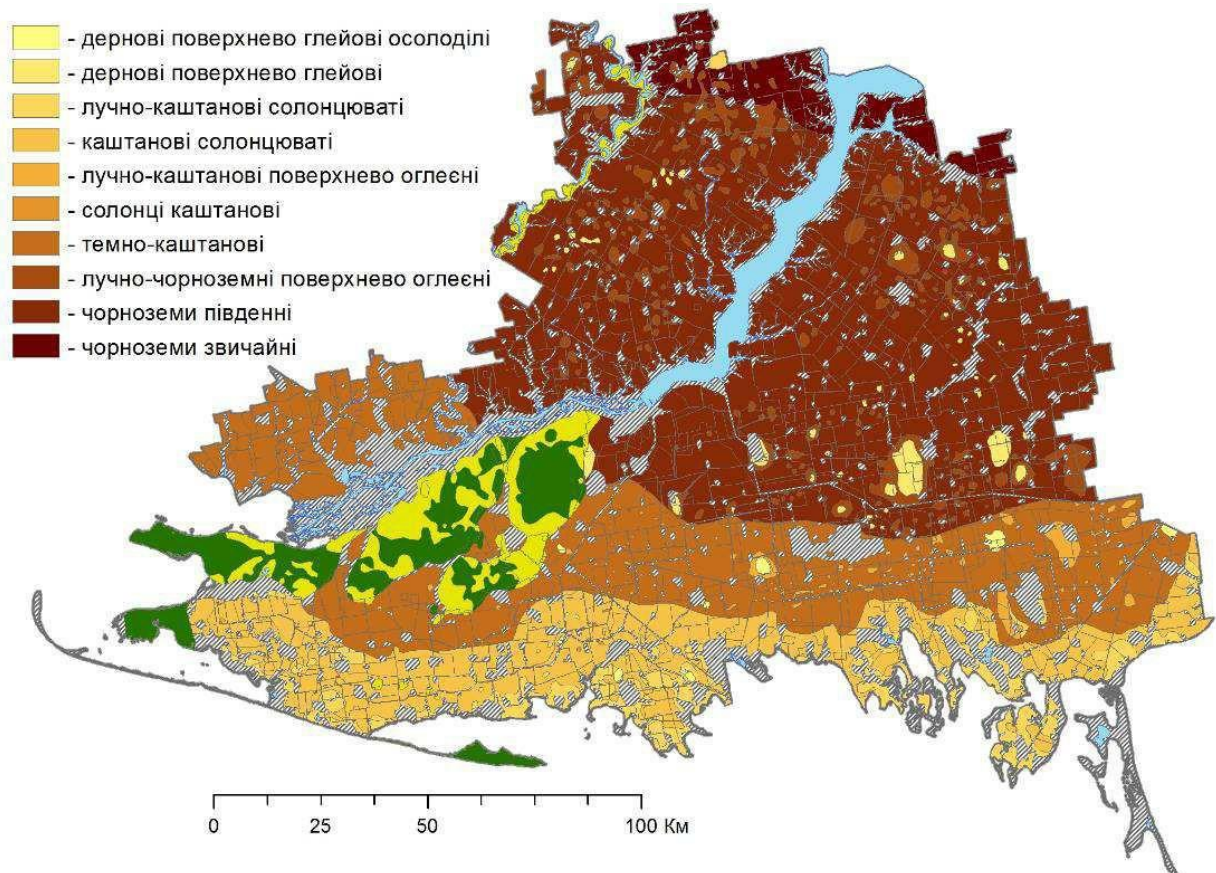


Рисунок 2.1 – Основні типи ґрунтів Херсонської області [4]

Для оцінки впливу ґрунтів на ріст та розвиток сільськогосподарських культур, а також на їх продуктивність необхідно знати їх агрогідрологічні характеристики. Агрогідрологічні характеристики основних ґрунтів Херсонської області наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Агрогідрологічні властивості ґрунтів. Херсонська бласть [2]

Генетичний тип	Механічний склад	Запаси вологи (мм) в шарах								
		0-20 см			0-50 см			0-100 см		
		непродуктивної	продуктивної при вологоємності		непродуктивної	продуктивної при вологоємності		непродуктивної	продуктивної при вологоємності	
			найменшій	повній		найменшій	повній		найменшій	повній
<b>Асканія-Нова</b>										
Темно-каштановий	важкосуглинковий	28	36	87	78	70	204	154	131	398
<b>Бехтери</b>										
Темно-каштановий	легкосуглинковий	15	30	81	43	75	190	89	148	370
<b>Велика Олександрівна</b>										
Чорнозем південний	важкосуглинковий	23	42		63	97	260	136	155	470
<b>Генічеськ</b>										
Темно-каштановий	важкосуглинковий	33	34	75	85	82	183	168	154	361
<b>Нова Каховка</b>										
Чорнозем південний	середньосуглинковий	13	33	104	35	80	255	76	149	467
Чорнозем південний	легкосуглинковий	12	31	113	33	79	255	72	149	471
<b>Нижні Сірогози</b>										
Чорнозем південний	важкосуглинковий	28	34	91	78	82	197	167	156	342
<b>Херсон</b>										
Темно-каштановий	середньосуглинковий	23	39	83	62	92	202	129	190	367
Темно-каштановий	середньосуглинковий	20	44	75	54	97	192	117	184	368

## 2.2 Короткий опис агрокліматичних умов області

Клімат Херсонської області помірно-континентальний. Зима в області м'яка, а літо спекотне. Середня по області температура повітря дорівнює 9,8...10,8°C. Середня температура січня становить мінус 0,8...2,2°C, а липня – плюс 22,9...23,9°C [2].

Зимовий період на Херсонщині триває 62-77 днів, з 6-14 грудня до 14-22 лютого, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °C у бік потепління та починається весна.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5,0°C і вище) триває 229-237 днів, починається в середньому по області 20-25 березня і закінчується 9-14 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5,0°C за цей період змінюється від 3635°C на сході до 3770°C у центрі області, у приморських районах - від 3810°C до 3860°C [2].

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 1°C і вище) триває 183-189 днів[2].

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15°C і вище), триває в області 132-142 дні.

Середня кількість опадів по області за рік становить 444 мм, змінюючись по території від 368 до 503 мм [2].

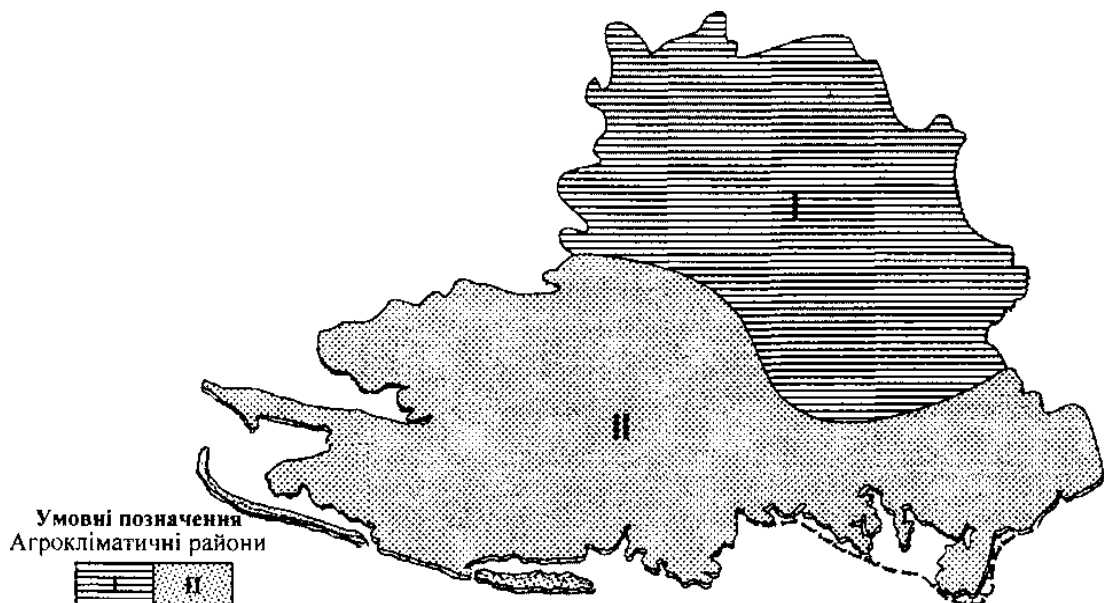
Херсонська область – найбільш засушлива область України. Переважна кількість опадів випадає в літній період у вигляді злив. Сніговий покрив нестійкий і утримується кілька десятків днів, а в прибережній частині області ще менше – близько 15 днів.

Клімату Херсонщини притаманні суховії. Вони негативно впливають на розвиток сільськогосподарських культур, що призводить до істотного зниження їх урожайності [2].

Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період спостерігається град, дуже сильний дощ, зливи, сильний вітер та пилові бурі.

Відносна вологість повітря у теплий період року (квітень-жовтень) по області коливається від 59 % влітку до 80 % весною та восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 27-51 день, у приморських районах – 4-5 днів [2].

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Херсонської області, поділено на два агрокліматичних райони (високого рівня теплозабезпечення посушливого та високого рівня теплозабезпечення дуже посушливого) рис. 2.2.



Агрокліматичні райони та підрайони	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)	сума позитивних температур повітря вище 10 °С	кількість опадів, мм
I. Високого рівня теплозабезпечення, посушливий	0,9-1,0	3300-3400	290-320
II. Високого рівня теплозабезпечення, дуже посушливий	0,7-0,8	3450-3550	260-290

Рисунок 2.2 – Агрокліматичне районування Херсонської області [2]



### 2.3 Характеристика водних джерел Херсонщини

Основним джерелом зрошення в Херсонській області є Каховське водосховище, яке перетинає область з півночі на південь протяжністю – 100 км [33].

На дослідних полях Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України створено показово-випробувальний полігон для демонстрації впровадження науково-технічного прогресу в галузі зрошуваного землеробства. Зрошувані землі використовуються для вирощування зернових, технічних, кормових та овочевих культур, садівництва та виноградарства. На зрошенні вирощується зерна близько 30%, овочів 95%, 60% кормів в кормових одиницях від загального виробництва в області, 100% рису.

В області прийнята і діє Комплексна програма розвитку водного господарства Херсонської області на період до 2020 року, завдання і заходи якої повністю корелюють із Загальнодержавною програмою розвитку водного господарства та оздоровлення басейну р.Дніпро до 2021 року. Комплексною програмою передбачено задіяти у використанні 390 тис. га зрошуваних земель. А з урахуванням ділянок-«супутників» - 460 тис. га. У тому числі забезпечити впровадження краплинного зрошення на площі 70 тис. га [33].

Водні об'єкти Херсонської області займають площу 430539,74 га. Природні водотоки розташовані на площі 10676,23 га. При цьому, розташування природних водних об'єктів надзвичайно нерівномірне, вони сконцентровані в основному в західній та центральній частині території, в той час, як східна її частина – безводна.

Зважаючи на це, а також на посушливий клімат, в області створена мережа штучних водних об'єктів, загальною площею біля 92 тис.га. З них 12317,41 га займають ставки у кількості 1154 шт; 64286,63 га - штучні водосховища; 15356,85 га - штучні водотоки (канали, колектори, канали).

**Річки Херсонської області**[28]. В межах області протікає 6 річок довжиною більш 10 км. Середня густина річкової сітки становить 0,1 км/км<sup>2</sup>. Для річок області характерно мішане живлення: снігове становить 85-90%, підземне дорівнює 10-15%. Режим річок характеризується значними весняними повеннями в основному в березні і низьким рівнем у літку з незначними дощовими повеннями. Весняні повені на малих (менш 10 км довжиною) річках спостерігаються не кожного року, замерзання річок (приблизно 15-25 грудня, льодохід - 5-10 березня. В зв'язку з характерними для Херсонщини нестійкими зимами, коли періоди з низькою температурою повітря перериваються відлигами різної тривалості, при переході температури повітря через 0°C на річках встановлюється нестійкий льодовий режим с утворенням заберегів, сала, зрідка шуги, а в окремі роки - ледостоя. Товщина льоду на річках з природним режимом становить від 5-10 до 15-20 см (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Характеристики річок області

Назва річки	Довжина, км	В межах області, км	Ширина русла, м	Уклон, м/км	Ширина заплав, м	Примітка
Дніпро	2 285	198	500-1000	0,11	3000-7000	
Інгулець	549	180	30-40	0,1	800	
Рогачик	24	24	5	0,7	80	Влітку пересихає
Каланчак	48	48	4	0,5	200	Влітку пересихає
Веревчина балка	53	29	6	0,5	100-800	В окремі роки пересихає
Балка Каменка	57	57	4-10	0,17	200	Балка з ставками

**Річка Дніпро** нижньою течією перетинає територію області з північного сходу на південний захід на протязі 216 км[28,33,34].

У 1956 р. на Дніпрі збудована Каховська ГЕС (в 106 км від гирла). Греблею гідроелектростанції створено Каховське водосховище, яке введено в експлуатацію з 1958 р. Площа водосховища в межах області 630 км<sup>2</sup>, довжина 97 км, ширина від 5 до 25 км. Середня глибина водойми 8,5 м, максимальна 24 м, об'єм водосховища 18,2 км<sup>3</sup>. Каховське водосховище регулює річний стік Дніпра. Водоймище тягнеться в північно-західному напрямку відповідно плавним змінам напрямків річкової долини.

Мінералізація води 200-400 мг/л. Температура води у водосховищі влітку до 20-24 ° С, іноді вода прогривається до 30 ° С. Взимку, як правило, водойма замерзає. Лід утримується від початку грудня до кінця лютого. Вміст кисню у воді коливається від 0,4 до 21,7 мг/дм<sup>3</sup>, найбільш низький рівень насиченості киснем відзначається влітку в період масового розвитку синьо-зелених та інших водоростей, так зване "цвітіння" води, яке охоплює 80-95% акваторії.

У нижній течії Дніпра рукавами і протоками розбиває плавні на ряд плавневих масивів. Вершиною дельти Дніпра прийнято вважати місце відгалуження рукава Кошова (де створено Херсон). У цьому місці ширина Дніпра близько 600 м. Площа дельти складає 350 км<sup>2</sup>. Довжина її 47 км. Найбільш значними рукавами дельти є Козак, Конка, Кошова, Чайка. У 16 км нижче Херсона Дніпро поділяється на два рукави Рвач і Бакай. Нижче за течією відбувається подальший поділ і в лиман річка впадає багатьма великими і малими протоками. За рукаву Рвач проходять морські судна в порт Херсон.

Річний хід рівня вод є типовою для рівнинних річок зі змішаним (з переважанням снігового) типом харчування. Найбільша частина стоку припадає на весняну повінь, найменша відзначається взимку. Літні та осінні паводки трапляються щорічно, але вони настільки малі, що на хід рівня майже не впливають. У літній період іноді відзначається зворотна течія в річці, що пов'язано з відсутністю спусків в нижній б'єф Каховського водосховища [28,33,34].

Води низов'я Дніпра є гідрокарбонатно-кальцієвими. Вміст кисню коливається від 6 до 16 мг/дм<sup>3</sup> (з 75-100% насиченням). Застійних явищ не буває навіть в період ледостою.

На гирловій ділянці річки в період припливів солоність різко зростає, величина мінералізації збільшується в десятки разів. В результаті поширення солоної води з лиману, як більш важкої, по дну річки, спостерігається велика різниця в солоності поверхневих і придонних шарів. При цьому різко зменшується доступ кисню в глибину і близько дна відзначається його дефіцит. Як правило, язик солоної води проходить по судноплавному каналу річки, іноді досягає по дну річки м Херсон.

Приблизно на 15 км вище м Херсона в р. Дніпро впадає остання велика права притока – р. Інгулець [28]. Загальна довжина річки 549 км, в межах області 180 км. Річкова долина розбита на тераси, має ширину до 5 км, плавні низькі, русло звивисте - 100 км нижньої течії Інгульця знаходиться в підпорядкуванні р. Дніпро. Глибина русла до 9 м, на перекатах - до 0,6 м, ширина до 30-40 м. Дно дрібнозернисте піщане, місцями глинисте. Річка Інгулець перетинає 4 райони області. Глибина річки вище с. Калінінського не постійна, нижче - рівномірно збільшується і до гирла річка судноплавна. У період будівництва Інгулецької зрошувальної системи дно русла штучно поглиблювалося. У зв'язку з тим, що Інгулецька зрошувальна система забирає води більше стоку Інгульця, то в поливної період нижче смт. Снігурівка русло річки служить природним каналом для дніпровських вод.

Хімічний склад вод Інгульця формується під впливом дуже мінералізованих стічних вод підприємств Криворізького залізрудного басейну, тому річка відноситься до середньо- і сильно-мінералізованих. Кількість солей в різні роки і періоди змінюється від 1,6-1,8 до 5,0-5,6 г/дм<sup>3</sup>, в середньому 3,5-4,0 г/дм<sup>3</sup>. Тип засоленості – хлоридно-натрієва.

З огляду на те, що протягом зими з Криворізького басейну скидаються високомінералізовані води, в останні роки в передполивній період проводиться промивання р. Інгулець водою з Карачунівського водосховища.

Але, незважаючи на це, а також на змішування вод Інгульця з дніпровською водою, якість води, яка йде на зрошення, дуже низька. Середня мінералізація її за останні 20 років становить 0,6-3,6 г/дм<sup>3</sup>.

**Штучні водойми.** Водосховища - штучні водойми, які утворюються при спорудженні водопідпірної греблі в долині річки. Створюють їх для накопичення запасів води і перерозподілу їх в залежності від потреб господарства. В межах Херсонської області частково знаходиться Каховське водосховище, яке згідно з класифікацією відноситься до групи дуже великих водосховищ [34].

**Ставки** - штучні водойми (з об'ємом до 1 млн. м<sup>2</sup>), утворені внаслідок перегородження греблею малої річки, струмка, балки, яру, обвалів території в зниженнях рельєфу. Вони мають велике значення в господарстві маловодний Херсонщини - як ємності для створення запасів води, для водопостачання, зрошення, риборозведення. В області створено понад 200 ставків. Більшість ставків - це водойми, які наповнюються виключно поверхневими водами - талими і зливовими. У період весняного водопілля їх розміри збільшуються. До кінця літа через значну втрату води в процесі випаровування малі водойми дуже зменшуються, деякі пересихають. У великих ставках вода частково або повністю використовується в господарстві залежно від умов експлуатації.

У ставках Херсонської області спостерігаються значні сезонні зміни складу води. Мінералізація різко збільшується від весни до осені. У ставках атмосферного харчування мінералізація води навесні становить 150-300 мг/дм<sup>3</sup>, влітку вона збільшується в нових ставках до 400-500 мг/дм<sup>3</sup>, а в старих, непроточних - до 700-800 мг/дм<sup>3</sup>. У ставках з живленням ґрунтовими водами мінералізація навесні становить 500-600 мг/дм<sup>3</sup>, а влітку і в маловодні роки збільшується до 1000-1500 мг/дм<sup>3</sup>.

**Канали.** Водами Дніпра живляться Інгулецька зрошувальна система, Краснознам'янська і Каховська зрошувальні системи та Північно-Кримський канал, споруджений для потреб водопостачання і зрошення.

Поверхня в межах цих систем рівнинна, є поди. Глибина залягання ґрунтових вод від 1-2 до 20-40 м. Для зменшення витрат води на фільтрацію дно і стіни відкритих каналів покриті протифільтраційним покриттям (залізобетонні плити по поліетиленовій плівці, монолітний бетон, місцями - суглинних ґрунт). Внутрігосподарську мережу споруджують переважно в сталевих трубах. Відведення дренажних і поверхневих вод здійснюють по зливних каналах в акумулюючі ставки і малі водосховища, які використовують для рибного господарства.

**Інгулецька зрошувальна система** споруджена в 1951-1963 рр. Вода з Дніпра антірекою по руслу Інгульця проходить до водозабору головної насосної станції, далі самопливом - до Інгулецького каналу і звідси - в міжгосподарські розподільні канали Миколаївської та Херсонської областей, також в Жовтнєве водосховище для водопостачання м. Миколаєва. В процесі експлуатації системи спостерігається підтоплення зрошуваних земель і оборотний стік, іригаційна ерозія ґрунту[34].

**Краснознам'янська зрошувальна система** - меліоративна система в Скадовському, Цюрупинському та Голопристанському районах. Джерело їх харчування - Північно-Кримський канал. Вода самопливом надходить в магістральний канал довжиною 102 км, далі в розподільні і звідси - в зрошувальні канали загальною довжиною 976 км [34].

**Каховська зрошувальна система**— меліоративна система в Херсонській та Запорізькій областях. Джерело її живлення – Каховське водосховище, з якого вода надходить у Каховський магістральний канал довжиною 130 км, далі в міжгосподарські і внутрішньогосподарські канали, загальна довжина яких становить 520 км. Уздовж каналів висаджені лісосмуги, за допомогою дренажу підтримується оптимальний водно-сольовий режим ґрунту на зрошуваних і прилеглих територіях. Зокрема, навколо заповідника Асканія-Нова усвідомлена охоронна зона шириною 2 км і споруджений вертикальний дренаж по всьому контуру заповідника [34].

### 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Методика обробки даних агрометеорологічних спостережень

Для аналізу умов вирощування пшениці озимої в роботі виконані розрахунки агрометеорологічних показників: середньої за період дати настання фази розвитку, тривалість окремих міжфазних періодів, суми активних і ефективних температур, суми опадів, середньої за період температури повітря, середні запаси продуктивної вологи в ґрунті, вологоспоживання, вологопотреби, вологозабезпеченості.

Середня за період дата настання фаз розвитку сільськогосподарської культури розраховується за кількістю днів від якоїсь постійної дати наступу конкретної фази. В якості реперної дати вибирається початок місяця ранньої з дат. Для кожної фази, це буде свій місяць. Для отримання середньої за період дати необхідно середньоарифметичне число додати до початку цього ж місяця з ранньою датою.

Тривалість окремих між фазних періодів визначається підрахунком числа днів між датами початку і кінця цього періоду, починаючи з наступного дня після дати настання першої фази розвитку. Середня тривалість періоду розраховується як середнє арифметичне.

Для розрахунку сум активних температур необхідно середньодекадну температуру помножити на число днів відповідного періоду. Якщо між фазний період припадає на дві повних, або неповних декади, або більше, операцію слід виконувати для кожної з них окремо та результати скласти.

Для отримання суми ефективних температур необхідно заздалегідь від середньої температури відібрати величину біологічного мінімуму. Якщо останній перевищує середньодекадну температуру, суму ефективних температур слід визначити від дати переходу температури через біологічний

мінімум. Дату переходу можна визначити графічно або по інтерполяційній формулі.

Для розрахунку суми опадів по періодах вегетації необхідно суму опадів за декаду перерахувати пропорційно кількості днів в декаді, потім підсумувати опади всіх декад, що входять до цього міжфазного періоду.

Середня за період температура повітря визначається шляхом ділення шляхом розподілу суми позитивних температур на тривалість періоду.

Середні запаси продуктивної вологи за періодами вегетації розраховуються як середнє арифметичне з декадних значень запасів вологи, що входять у цей період. Слід врахувати, що визначення запасів вологи проводиться за 8-ми, 18-ми 28-ми числами місяця. Якщо дата наступу фази розвитку посідає початок декади (2-е, 12-е, 22-е числа), то під час розрахунку середніх запасів вологи у період слід враховувати запаси вологи попередньої декади.

Вологоспоживання сільськогосподарської культури за міжфазний період розраховується за спрощеним рівнянням водного балансу

$$E = W_{\text{п}} - W_{\text{к}} + \sum R, \quad (3.1)$$

$E$  – фактичне вологоспоживання культури, мм;  $\sum R$  – сума опадів за період, мм;  $W_{\text{п}}$  і  $W_{\text{к}}$  – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на початку та в кінці періоду, мм.

Вологопотреба  $E_o$  розраховується за методом А.М. Алпатьєва

$$E_o = k \cdot \sum d, \quad (3.2)$$

$k$  – біофізичний коефіцієнт випаровування даної культури, безрозмірний,  $\sum d$  – сума дефіцитів вологості повітря за період, мм.



Вологозабезпеченість  $V$  культури визначається відношенням фактичного вологоспоживання культури до її вологопотреби

$$V = \frac{E_{\phi}}{E_o} \cdot 100\%. \quad (3.3)$$

### 3.2 Методика виконання розрахунків за моделлю MODSOL-6

Для розрахунків режимів зрошення пшениці озимої було використано динамічна математична модель MODSOL-6, розробленої на базі наукової школи "Математичне моделювання продукційного процесу рослин" (А.М. Польовий) для оцінки продуктивності сільськогосподарських культур в умовах зрошення [10,26].

Структуру моделі визначають закономірності формування гідрометеорологічного режиму в агроєкосистемі, а також біологічні закономірності зростання та розвитку агрокультур залежно від факторів довкілля. Основою моделі є система рівнянь радіаційного, теплового та водного балансів, балансу біомаси у рослинному покриві [10].

Природно-фізична система «грунт – рослина – атмосфера» в моделі подана трьома основними частинами.

Перша частина системи це вхід, якій містить такі характеристики довкілля: географічні, кліматичні або погодні, ґрунтові, біологічні, фенологічні, антропогенні і початкові параметри агрокультури.

Друга частина представляє **внутрішню структуру системи**, що описується системою рівнянь радіаційного, теплового та водного балансів, балансу біомаси у рослинному покриві, рівняннями засолення та осолонцювання ґрунтово-рослинного покриву, а також мінерального живлення.

Третя частина – **вихід**, якій є результатом діяльності системи, має вихідну інформацію у вигляді кількісних показників продуктивності: суха біомаса, г/м<sup>2</sup>, відносна площа листя, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, урожайність, ц/га.

Для виконання розрахунків за моделлю необхідно підготувати інформацію чотирьох видів [11]:

- 1) Разова;
- 2) Епізодична;
- 3) Щодекадна;
- 4) Параметри моделі.

**Разова.** До цієї групи входять: географічна широта пункту; дата відновлення вегетації – дата місяця, коли наступила фаза; дата дозрівання, настання технічної стиглості; запаси вологі у метровому шарі ґрунту, мм; найменша вологоємність метрового шару ґрунту, мм; вологість в'янення; густота стояння рослин на 1 м<sup>2</sup> на дату першого визначення; кількість легкогідролізуючого азоту, рухливих форм фосфору та калію на дату відновлення вегетації, мг/100г ґрунту; кількість азоту, фосфору та калію мінеральних добрив, що вносять у рік отримання врожаю, мг/га; натрієво-кальцієвий потенціал ґрунту на начало вегетації; вміст солей в водній витяжці ґрунту на початок вегетації, г/дм<sup>3</sup>.

**Епізодична.** До складу цієї групи входять: поливна норма; натрієво-кальцієвий потенціал зрошуваних вод; мінералізація зрошуваних вод, г/дм<sup>3</sup>.

**Щодекадна.** До складу цієї групи входять: середня максимальна температура повітря, °С; середньодекадна температура повітря, °С; середньодекадна температура ґрунту на глибині 20 см; кількість годин сонячного сяйва, год.; сума опадів за декаду, мм; середній за декаду дефіцит вологості повітря, мб; глибина залягання ґрунтових вод, м; кількість днів в розрахунковій декаді.

**Параметри моделі.** До складу цієї групи входять наступні характеристики: найменша вологоємність метрового шару ґрунту, мм; початкові значення росту стеблин, листя, коріння, генеративних

(продуктивних) органів; максимальна площа листкової поверхні,  $m^2/m^2$ ; біологічний нуль культури, для якої ведеться розрахунок; суми ефективних температур росту стеблин, листя, коріння, генеративних (продуктивних) органів, цілої рослини таначала росту генеративних (продуктивних) органів; початкові значення онтогенетичної кривої фотосинтезу та дихання; питома поверхнева щільність листя; частка стеблин, листя, коріння, генеративних (продуктивних) органів в рослині та радіус коріння; плато та нахил світлової кривої фотосинтезу; функція впливу важких металів на ріст рослини.

### **Введення вхідної інформації для виконання розрахунків на ПЕОМ.**

Для моделювання продуктивності сільськогосподарських культур в залежності від якості зрошуваних вод створено модель «MODSOL» для ПЕОМ. Виконуючий розрахунки файл носить назву "LNMOD2.exe". Програма знаходиться у фонді алгоритмів та програм кафедри агрометеорології та агроєкології ОДЕКУ [https://odeku.edu.ua/kafedra\\_ahrometeorologiyi\\_ta\\_ahroekologiyi/](https://odeku.edu.ua/kafedra_ahrometeorologiyi_ta_ahroekologiyi/). Для проведення розрахунків по певній станції (або області) на ПЕОМ створюються дві директорії:

1. Середньобагаторічні дані.
2. Поточні дані за 20\_\_ рік.

Наступний крок полягає у створенні файлу з розширенням «DAT», в який необхідно вести відповідні вихідні дані.

#### *Підготовка файлів середньобагаторічних даних.*

Зупинимося більш детально на підготовці робочого масиву «LNMOD2.dat»:

Перший рядок складається з чотирьох чисел: 1) назва пункту, пишеться буквами, починаючи з другої позиції; 2) рік складання розрахунку (прогнозу), пишеться дві останні цифри року через одну позицію після назви пункту; 3) дата розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після року; 4) місяць розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію післядати.

Другий рядок складається з п'яти чисел: 1)  $n$  – кількість розрахункових декад, число ціле, записується в трьох позиціях; 2)  $t_{об}$  – кількість днів від 21

березня , число ціле, записується в трьох позиціях;3) N1 – дата сходів (відновлення вегетації) ціле число, в трьох позиціях;4) N2 – місяць сходів (відновлення вегетації) пишеться арабськими цифрами, ціле число, в трьох позиціях; 5)  $\varphi$  – географічна широта пункту (області), хвилини виражені в частках градуса. Десятеричне число в шести позиціях з двома знаками після коми[11].

Третій рядок: $t_{s_{max}}$  – масив максимальних температур повітря, число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми;

Четвертий рядок: $W(0)$  - запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на початок розрахунків, мм;

П'ятий рядок: $t_s$  – масив середньодекадних температур повітря, число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Шостий рядок: $ss$  – масив інформації про кількість годин сонячного саява в розрахункових декадах (в середньому за один день декади), число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Сьомий рядок: $os$  – сума опадів за декаду, число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Восьмий рядок: $dv$  – масив кількості днів в розрахункових декадах, число ціле, в трьох позиціях.

Дев'ятий рядок: $np$  – масив норм поливу, число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Десятий рядок: $S_{зр.в.}$  – масив мінералізації зрошуваної води, число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Одинадцятий рядок: $dww$  – масив середніх за декаду значень дефіциту насичення повітря, число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Дванадцятий рядок: $S_{Na-Ca}$  – масив натрієво-кальцієвого потенціалу зрошуваної води, число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Тринадцятий рядок – інформаційний масив (масив «inf»). Містить вісім чисел, кожне число кодується у восьми позиціях з трьома знаками після коми: $inf(1)$  – початкова маса листя;  $inf(2)$  – початкова маса стебел;

inf (3) –початкова маса коріння; inf (4) –початкова маса колосся (репродуктивних або продуктивних органів); inf (5) – початкова величина площі листя;inf (6) –дорівнює нулю; inf (7) – запаси вологи в метровому шарі ґрунту на початок розрахунків [11].

Чотирнадцятий рядок – продовження інформаційного масиву: inf (8) – оптимальна сума ефективних температур від сходів (відновлення вегетації), при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин – для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу, °C; inf (9) – сума ефективних температур від сходів (відновлення вегетації), при якій спостерігається максимальна інтенсивність дихання рослин – для розрахунку онтогенетичної кривої дихання, °C;inf (10) – оптимальна сума ефективних температур для розрахунку ростової функції листя; inf (11) – оптимальна сума ефективних температур для розрахунку ростової функції стебел;inf (12) – оптимальна сума ефективних температур для розрахунку ростової функції коренів;inf (13) – оптимальна сума ефективних температур для розрахунку ростової функції колосся (репродуктивних органів).

П'ятнадцятий рядок – продовження інформаційного масиву: inf (15) – початок онтогенетичної кривої фотосинтезу, задається як величина, що дорівнює 0,5, відн. од.;inf (16) – початок онтогенетичної кривої дихання, задається як величина, що дорівнює 0,5, відн. од.;inf (17) – дорівнює нулю;inf (18) – дорівнює нулю;inf (19) – задається як величина, що дорівнює 2,0;inf (20) – питома поверхнева щільність листя;inf (21) – частка листя у рослині[11].

Шістнадцятий рядок – продовження інформаційного масиву: inf (22) – частка стебел у рослині; inf (23) – частка коренів у рослині; inf (24) – доля колосся (репродуктивних органів) у рослині; inf (25) – плато світлової кривої фотосинтезу; inf (26) – нахил світлової кривої фотосинтезу; inf (27) – забруднення важкими металами листя; inf (28) – забруднення важкими металами стебел; inf (29) – забруднення важкими металами

коріння; inf (30) – забруднення важкими металами генеративних (продуктивних) органів; inf (31) –дорівнює нулю; inf (32) –дорівнює нулю; inf (33) – дорівнює нулю; inf (34) – дорівнює нулю; inf (35) – поглинальна здібність коріння.

Сімнадцятий рядок – продовження інформаційного масиву: inf (36) –концентрація рухомих форм важких металів в ґрунті; inf (37) – радіус кореня; inf (38) – оптимальна температура розвитку рослини; inf (39) – сума ефективних температур за вегетаційний період від сходів (відновлення вегетації) до дозрівання (воскової стиглості); inf (40) – функція впливу на ріст рослин[11].

Розрахунки виконуються за допомогою файлу з розширенням «exe». Інформація, що виводиться, міститься у файлі «LNMOD. res».

Результати розрахунків видаються у вигляді таблиць в наступному порядку:

Таблиця 1 містить інформацію про:

- номер розрахункової декади (декада);
- номер розрахункової доби (доба);
- значення абсолютно сухої біомаси ( $\text{г/м}^2$ ) листя (ml);
- значення абсолютно сухої біомаси ( $\text{г/м}^2$ ) стебел (ms);
- значення абсолютно сухої біомаси ( $\text{г/м}^2$ ) коренів (mr);
- значення абсолютно сухої біомаси ( $\text{г/м}^2$ ) колосся (mp),
- значення всієї абсолютно сухої біомаси ( $\text{г/м}^2$ ) посіву (m).

Таблиця 2 містить інформацію про:

- значення площі листя (LL,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ );
- середню за декаду добову суму сумарної сонячної радіації (q,  $\text{кал/см}^2 \cdot \text{доба}$ );
- середню за декаду ефективну температуру ( $ts_1$ ,  $^{\circ}\text{C}$ );
- суму ефективних температур наростаючим підсумком ( $ts_2$ ,  $^{\circ}\text{C}$ );
- середню за декаду інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах

навколишнього середовища ( $ftl$ ,  $\text{мг}\cdot\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год.}$ );

- значення функції впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу ( $ksifl$ , від. од.);
- значення функції впливу вологозабезпеченості на інтенсивність фотосинтезу ( $gamf$ , від. од.).

Таблиця 3 містить інформацію про чисельні значення:

- ростової функції листя ( $bl$ , відн. од.);
- ростової функції стебел ( $bs$ , відн. од.);
- ростової функції коренів ( $br$ , відн. од.);
- ростової функції колосся ( $bp$ , від. од.);
- онтогенетичної кривої фотосинтезу ( $afl$ , відн. од.);
- онтогенетичної кривої дихання ( $arl$ , відн. од.).

Таблиця 4 містить інформацію про:

- норму добрив,  $\text{кг/га}$  діюч. реч.;
- норму фосфогіпсу,  $\text{кг/га}$ ;
- функцію впливу добрив на продуктивність рослин;
- функцію впливу фосфогіпсу на продуктивність рослин;
- загальний вміст меліорантів.

Урожайність господарсько-корисної частини сільськогосподарських культур виведена у стрічку[11].

## 4 ОЦІНКА АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Для вирощування польових культур агрокліматичні умови в цілому, задовільні на всій території України, проте протягом кожного періоду вегетаційного циклу вони мають різну потребу у теплі та волозі, що зумовлено особливостями їх росту і розвитку [24]. Кожна фаза розвитку рослини має власний внесок в урожайність культури, а її тривалість залежить від агрокліматичних умов.

Максимальний приріст продукції формується за оптимальних значень агрометеорологічних факторів, які забезпечують біологічний оптимум рослин у кожний період вегетаційного циклу. Агрометеорологічні екстремуми негативно впливають на продуктивність рослин, формуючи мінімальний або нульовий її приріст. Відмінності поточних умов від оптимальних значень агрометеорологічних факторів характеризують ступінь задоволення потреб польової культури, пропорційноякому у кожний міжфазний період формується відповідна частка врожаю, стосовно її кінцевого рівня.

Формування найбільшої врожайності сільськогосподарських культур відбувається за повного задоволення потреб рослин, саме за оптимальних значень факторів зовнішнього середовища, значну частку яких складають метеорологічні умови [24]. Проте оптимальні умови створюються рідко. За звичай, на тій чи іншій фазі розвитку рослини потерпають від надлишку або дефіциту вологи і тепла.

В роботі були використані агрометеорологічні дані за 2004-2020 роки [3] по семи гідрометеорологічних станціях: Асканія-Нова, Бехтери, Велика Олександрівка, Нижні Сірогози, Генічеськ, Нова Каховка, Херсон. Виконані розрахунки і отримані такі агрометеорологічні показники:

- дати настання фаз розвитку озимої пшениці;



- тривалість періоду;
- суми активних і ефективних температур;
- середня температура повітря;
- сума опадів;
- середні запаси продуктивної вологи в 0-100см шарі ґрунту.

Оброблена агрометеорологічна інформація по семи станціях з 2004 по 2020 роки. Розрахунки проводились за міжфазні періоди вегетації озимої пшениці:

- ✓ відновлення вегетації – нижній вузол соломини;
- ✓ відновлення вегетації – повна стиглість.

За період відновлення вегетації – повна стиглість виконані розрахунки і отримані показники вологопотреби, вологоспоживання і вологозабезпечення озимої пшениці в Херсонській області. Методика розрахунків агрометеорологічних показників описана в підрозділі 3.1.

Аналіз періоду 2004 - 2020 років показав, що для озимої пшениці в Херсонській області за 17 років найсухіший був 2012 рік, а найвологіший – 2016 рік. Тому в роботі наведені розрахунки і проведено аналіз умов вирощування озимої пшениці у весняно-літній період за дані роки.

#### 4.1 Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації - нижній вузол соломини

Як відомо з літератури [13] відновлення вегетації озимої пшениці починається, коли температура повітря стає вище 5°C. Протягом вегетації сприятливою середньою температурою є 16-20 °C із зниженням у період кушіння до 10-12 °C та підвищенням при трубкуванні до 20-22 °C, цвітінні та наливанні зерна – до 25-30 °C. Для розвитку сильної кореневої системи кращою температурою ґрунту є 10-20 °C .

Аналіз розрахунків показав (табл. 4.1), що в 2012 році в середньому по області відновлення вегетації спостерігається у кінці другої декади березня

(20.03), поява нижнього вузла соломини приходиться на початок першої декади травня (01.05). Тривалість періоду в середньому становить 42 дні.

Середня температура повітря за період відновлення вегетації – нижній вузол соломини становить  $11,0^{\circ}\text{C}$ , при цьому накопичується сума активних температур  $468^{\circ}\text{C}$ , а сума ефективних температур дорівнює  $263^{\circ}\text{C}$ .

В районі Великої-Александрівки тривалість періоду становить 51 день, що на 9 днів довше за середню по області, тому і суми активних ( $707^{\circ}\text{C}$ ) і ефективних ( $452^{\circ}\text{C}$ ) температур будуть більшими за середні (табл. 4.1). Середня температура за цей період становить  $13,9^{\circ}\text{C}$ , що на  $2,8^{\circ}\text{C}$  вище за середню по області.

Найкоротший термін (31 день) даного періоду спостерігається в районі станції Нижні Сірогози. Середня температура буде нижче за середню обласну на  $1,2^{\circ}\text{C}$ . Меншою будуть і суми активних й ефективних температур.

У 2016 році (табл. 4.2) відновлення вегетації спостерігалось в середньому по області 23 лютого, що на місяць раніше ніж у 2012 році. Нижній вузол соломини з'явився в цьому році на дві декади раніше (11.04). Тривалість між фазного періоду в середньому по області була на 5 днів довше. Середня температура повітря за період була нижчою за температуру в 2012 році на  $5,0^{\circ}\text{C}$ .

В районах станцій Генічеськ і Великої Олександрівки тривалість періоду становила 55 днів при середній температурі  $6,7^{\circ}\text{C}$  і  $7,5^{\circ}\text{C}$  відповідно. В районі Херсону тривалість періоду становила 37 днів при середній температурі повітря  $5,3^{\circ}\text{C}$ .

При середній температурі повітря  $6,0^{\circ}\text{C}$ , в середньому по області суми активних та ефективних температур складали  $297^{\circ}\text{C}$  і  $124^{\circ}\text{C}$  відповідно, що на 171 і 145 менше ніж у 2012 році.

Таблиця 4.1 – Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації - нижній вузол соломини. Херсонська область. 2012 рік

ГМС	Дата настання фаз		Тривалість періоду, дні	Суми температур повітря		Середня температура повітря, °С	Сума опадів, мм	Середні запаси продуктивної вологи (мм, %НВ)	
	Віднов. вегет.	Нижн. вуз. сол.		Активних	Ефективних			0-100 см	
								мм	%
Аск-Нова	18.03	02.05	45	499	284	11,1	41	75	57
Бехтери	20.03	02.05	43	462	247	10,7	33	118	79
Бехтери	20.03	02.05	43	462	247	10,7	33	118	79
В-Олек-ка	20.03	10.05	51	707	452	13,9	35	84	54
Генічеськ	19.03р	30.04	42	423	218	10,1	48	89	58
Н. Сірогози	22.03	22.04	31	303	148	9,8	41	100	64
Н. Каховка	18.03р	30.04	43	466	261	10,8	34	139	93
Херсон	22.03р	04.05	43	544	329	12,7	18	81	44
Хесон	22.03	24.04	33	342	177	10,4	18	126	66
Среднее	20.03	01.05	42	468	263	11,0	31	103	66
Найбільш	22.03	10.05	51	707	452	13,9	48	139	93
Найменш.	18.03	22.04	31	303	117	9,8	18	75	44

Умови зволоження в середньому за досліджуваний період в 2012 році склалися таким чином. Сума опадів становила 31 мм. Запаси вологи в метровому шарі ґрунту дорівнювали 103 мм (66 % НВ). У 2016 році кількість опадів була більшою (36 мм проти 31 мм). Запаси продуктивної вологи в 0-100см шарі ґрунту проти 2012 року були більшими (122 мм проти 103 мм) и склали 79% НВ.

Найбільша кількість опадів у 2012 році спостерігалася в районі Генічеська (48 мм), а в 2016 році в районі Великої Олександрівки (80 мм). Найменша сума опадів спостерігалася в Херсоні (18 мм і 20 мм).

Як видно з таблиці 4.2 запаси вологи в ґрунті залежать не тільки від опадів, що припадають на період відновлення вегетації – нижній вузол соломини. Так в районі станції Нова Каховка випало на 14 мм менш опадів ніж в районі станції Генічеськ, але запаси вологи у метровому шарі ґрунту становили 93 % НВ, а в районі Генічеська лише 58% НВ.

Таблиця 4.2 – Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці за період відновлення вегетації - нижній вузол соломини. Херсонська область. 2016 рік

ГМС	Дата настання фаз		Тривалість періоду, дні	Суми температур повітря		Середня температура повітря, °С	Сума опадів, мм	Середні запаси продуктивної вологи в шарі	
	Віднов. вегет.	Нижн. вуз. сол.		Активних	Ефективних			0-100 см	
								мм	%
Аск-Нова	22.02	16.04	53	342	157	6,5	40	84	64
Бехтери	22.02	12.04	49	326	131	6,7	24	134	91
Бехтери	22.02	14.04	51	352	147	6,9	28	134	91
В-Олек.	24.02	20.04	55	414	209	7,5	80	122	79
Генічеськ	22.02	18.04	55	367	172	6,7	33	121	79
Н. Сірогози	24.02	04.04	39	189	64	4,8	35	122	78
Н. Каховка	22.02	04.04	41	225	70	5,5	39	144	97
Херсон	24.02	08.04	43	265	100	6,2	21	118	64
Хесон	24.02	02.04	37	197	62	5,3	20	122	64
Середнє	23.02	11.04	47	297	124	6,0	36	122	79
Найбільш	24.02	20.04	55	414	209	7,5	80	144	97
Найменш.	22.02	02.04	37	197	62	4,8	20	84	64

У 2016 році (табл. 4.2) найбільша кількість опадів спостерігалася в районі станції Великої Олександрівки (80мм), але найбільші запаси вологи в метровому шарі ґрунту були в районі станції Нова Каховка (144 мм) при сумі опадів в 2,5 рази меншій (39 мм проти 80 мм).

Найменша кількість опадів спостерігалася в районі станції Херсон, як у 2012 році, так і в 2016 році (20 мм і 40 мм відповідно), найменші запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в районі станції Асканія-Нова (57 % і 64 % відповідно).

Тому, вологозабезпеченість рослин в цей період дуже сильно залежить від запасів вологи в ґрунті, яка накопичується за осінній та зимовий періоди.

#### 4.2 Агromетeоролoгiчнi показники умов вирoщування озимoi пшеницi за перiод вiдновлення вегетациi – повна стиглiсть

Тривалiсть перiоду вегетациi озимoi пшеницi вiд вiдновлення вегетациi до повної стиглостi в 2012 році в середньому по областi становив 98 днiв (табл 4.3), в 2016 році за рахунок бiльш сприятливих агromетeоролoгiчних умов вiн був бiльш розтягнутий i становив 122 дня (табл. 4.4), що на 24 днi довше нiж у 2012 році.

Слiд зазначити, що вiдновлення вегетациi в 2012 році по всiєї областi почалося у березнi, а в 2016 році у лютому. Але кiнець вегетациi i в 2012 році, i в 2016 році вiдмiчається в середньому по областi в третiй декадi червня, 26.06 i 25.06 вiдповiдно.

Найбiльш тривалий перiод вегетациi в 2012 році спостерiгався в районi станциi Бехтери i становив 104 днi, а 2016 році в районi Великої Олександрiвки 126 днiв, що на 22 днi довше нiж у 2012 році.

В Нижнiх Сiрогозах у 2012 році перiод вегетациi дорiвнював лише 90 днiв, найменший перiод вегетациi у 2016 році спостерiгався у районi

Херсону і склав 116 днів, тобто він був довшим самого короткого періоду 2012 року на 26 днів.

За цей період в середньому по області накопичується в 2012 році 1660°C активних і 1150°C ефективних температур (табл.4.3), в 2016 році сума температур становила 1542°C і 934°C відповідно. В районі Великої Олександрівки ці суми вищі за середні по області (табл. 4.3 і 4.4). Найменші суми активних температур спостерігаються в районі Нова Каховка, а ефективних температур – в Асканії-Нової.

Таблиця 4.3 – Агрометеорологічні показники розвитку озимої пшениці протягом вегетації. Херсонська область. 2012рік

Рік	Дата настання фаз		Тривалість періоду, дні	Суми температур повітря, °С		Сума опадів, мм	E <sub>ф</sub> , мм	E <sub>о</sub> , мм	V %
	віднов. вег.	повна стигл.		Активних	Ефективних				
Аск-Нова	18.3	22.6	96	1393	912	126	214	365	0,59
Бехтери	20.3	30.6	102	1693	1183	249	325	602	0,54
Бехтери	20.3	2.7	104	1743	1227	249	325	610	0,54
В-Олек.	20.3	26.6	98	1751	1264	87	152	425	0,36
Генічеськ	19.3	28.6	101	1711	1202	113	183	242	0,75
Н. Сірогози	22.3	20.6	90	1543	1089	126	201	374	0,54
Н. Каховка	18.3	24.6	98	1548	1058	164	269	359	0,75
Херсон	22.3	24.6	94	1656	1184	70	137	368	0,37
Хесон	22.3	26.6	96	1704	1229	70	175	376	0,47
Середнє	20.3	26.6	98	1660	1150	139	220	413	0,55
Найбільш	22.3	2.7	104	1751	1264	249	325	610	0,75
Найменш.	18.3	20.6	90	1543	912	70	137	242	0,36

З літератури звісно [7,13,18], що озима пшениця потребує достатньої кількості вологи протягом усієї вегетації. Як правило, високий урожай її спостерігається при весняних запасах вологи в метровому шарі ґрунту до 200 мм, а на період колосіння – не менше 80 – 100мм при постійній вологості ґрунту 70 – 80% НВ. Вологість, більша за 80 % НВ, несприятлива для пшениці, бо погіршується газообмін кореневої системи через насичення повітря в ґрунті.

Таблиця 4.4 – Агрометеорологічні показники розвитку озимої пшениці протягом вегетації. Херсонська область. 2016 рік

Рік	Дата настання фаз		Тривалість періоду, дні	Суми температур повітря, °С		Сума опадів, мм	E <sub>ф</sub> , мм	E <sub>о</sub> , мм	V %
	віднов. вег.	повна стигл.		Активних	Ефективних				
Аск-Нова	22.2	4.7	132	1593	937	257	287	489	0,59
Бехтери	22.2	24.6	122	1556	952	239	276	365	0,76
Бехтери	22.2	24.6	122	1556	952	238	275	365	0,76
В-Олек.	24.2	30.6	126	1690	1058	265	273	475	0,57
Генічеськ	22.2	22.6	120	1517	912	216	239	328	0,73
Н. Сірогози	24.2	24.6	120	1506	912	246	298	408	0,73
Н. Каховка	22.2	22.6	120	1446	852	191	300	400	0,75
Херсон	24.2	24.6	120	1558	960	183	264	397	0,67
Хесон	24.2	24.6	116	1452	870	178	214	356	0,60
Середнє	23.2	25.6	122	1542	934	224	270	398	0,68
Найбільш	24.2	4.7	126	1690	1058	257	300	489	0,76
Найменш.	22.2	22.6	116	1446	852	178	214	328	0,57

Протягом вегетації пшениця поглинає вологу нерівномірно[7,13]. Найбільше вона потрібна рослинам у період трубкування, особливо за 15 днів до виколошування тривалістю близько 20 днів, коли рослина інтенсивно росте і в неї формуються колоски, квітки. Нестача вологи в цей час зумовлює значне зниження врожаю внаслідок меншої кількості зерен у колосі та меншої маси 1000 зерен.

В Херсонській області умови вологозабезпечення озимої пшениці дуже різняться по роках. Так у 2012 році в середньому по області сума опадів становила 139 мм, а в 2016 році 224 мм. Дефіцит вологи становив у 2012 році 193 мм, а у 2016 році він зменшився до 128 мм. Вологозабезпеченість посівів в середньому по області в 2012 році була незадовільною і дорівнювала 0,55 від. од., а в 2016 році забезпеченість вологою посівів була задовільною (0,68 від. од.)

Дуже різняться вологозабезпеченість по районах області. В сухий 2012 рік (табл. 4.3) у двох районах, Генічеськ і Нова Каховка вологозабезпеченість становила 0,75 від. од., а в районі Великої Олександровки і Херсоні дуже погане забезпечення вологою посівів (0,36-0,37 від. од.). В 2016 році (табл. 4.4) у більшості районах посіви були добре забезпечені вологою.

Дослідження показали, що основним лімітуючим фактором в Херсонській області є волога, тому в наступному розділі розглянемо продуктивність посівів озимої пшениці в залежності від умов зволоження в богарних умовах та в умовах зрошення.



## 5 МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМУ ЗРОШЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

5.1 Моделювання режиму зрошення та продуктивності озимої пшениці за період 2004-2020 рр.

Моделювання формування урожаю озимої пшениці виконувалось за допомогою математичної моделі MODSOL-6, що методика виконання розрахунків за моделлю описана в підрозділі 3.2.

Параметри моделі оптимізовані до культури озима пшениця, що вирощується в Південному Степу України в межах Херсонської області. Розрахунки виконувались з використанням стандартної декадної метеорологічної інформації:

- ✓ кількість годин сонячного сяйва;
- ✓ середня та максимальна температура повітря;
- ✓ дефіцит насичення повітря водяною паром;
- ✓ кількість опадів.

Застосовувалися показники водного режиму ґрунту: запаси продуктивної вологи в 0-100 см шарі ґрунту та його найменша вологоємність; режим зрошування та якість зрошувальних вод.

Задавалися початкові характеристики озимої пшениці, початкові та граничні умови для рішення системи рівнянь.

За допомогою моделі виконані розрахунки і отримані :

- ✓ Режими зрошення;
- ✓ Динаміка площі листя;
- ✓ Загальна біомаса посіву;
- ✓ Урожай зерна озимої пшениці.

Було розглянуто три варіанти погодних умов:

- 1-й варіант – середні умови за 17 років (з 2004 по 2020 рр.) [3];
- 2-й варіант – умови 2012 року (характеризується як найсухіший);
- 3-й варіант – умови 2016 року (характеризується як найвологіший).

За середньобагаторічними даними середньодекадна температура за період відновлення вегетації – повна стиглість становить 14,0 °С, а максимальна температура повітря дорівнює 24,6 °С [2]. За цей період випадає 167 мм опадів, що є недостатнім для оптимального розвитку рослин і формування максимального урожаю. З літератури відомо [2,7], що для отримання максимального врожаю озимої пшениці оптимальна кількість опадів повинна становити 250 мм за даний період. Вологозабезпеченість в багарних умовах за середньобагаторічними даними є незадовільною (табл. 5.1). Тому і урожай за середньобагаторічними даними становить 2,7 т/га, що становить лише 38 % від потенційного врожаю зерна озимої пшениці.

Розглянемо як склалися агрометеорологічні умови для озимої в 2012 році.

Таблиця 5.1 – Агрометеорологічні умови весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці в Херсонській області

Період, рік	Максимальна температура повітря, °С	Середня температура повітря, °С	Сума опадів, мм	Волого потреба, мм	Волого споживання, мм	Волого забезпеченість, від. од.
2004-2020	24,6	14,0	167	477	244	0,51
2012, найсухіший	28,1	17,0	139	545	195	0,36
Різниця	+4,5	+3,0	82%	114 %	80%	71%
2016, найвологіший	22,9	12,7	241	423	274	0,69
Різниця	-1,7	-1,3	144%	88%	112%	135%

Середньодекадна температура становила на 3,0 °С вище норми (17,0 °С проти 14,0 °С), вище на 3,5 °С була й максимальна температура повітря. Такі високи температури визначили значний ріст дефіциту вологи в повітрі, які в свою чергу привели до зростання вологопотреби (545 проти 477). Вологоспоживання навпаки зменшилося (195 мм проти 244 мм). Кількість опадів була на 17% нижча за норму (табл. 5.1). Вологозабезпеченість озимої пшениці у 2012 році була дуже поганою.

Спекотна погода заважала оптимальному розвитку площі листя, тому загальна біомаса рослин була в 2 рази меншою за норму, урожай становив 1,6 т/га, що в 1,5 рази менш ніж отримують в середньому за 20-ти річний період (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Фотосинтетична продуктивність посіву озимої пшениці в Херсонській області

Період, рік	Показники продуктивності посіву		
	Максимальна площа листя, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Суха загальна біомаса, г/м <sup>2</sup>	Урожай зерна, т/га
2004-2020	3,6	473	2,7
2012, найсухіший	1,4	155	0,7
Різниця	-2,6	-246	-1,1
2016, найвологіший	4,0	625	3,7
Різниця	+0,4	+152	+1,0

Агрометеорологічні умови весняно-літнього періоду вегетації озимої в 2016 році можливо назвати сприятливими. Середньодекадна температура повітря була на 1,3 °С нижче норми, а головне, що максимальна температура повітря була 22,9 °С, що на 1,7 °С нижче норми, що сприяло зниженню дефіциту вологи в повітрі, а значить і зниженню вологопотреби рослин. В

цьму році вологоспоживання було більшим за норму (274 мм проти 244 мм). Вологозабезпеченість в даному році була задовільною.

Агрометеорологічні умови 2016 року дозволили отримати урожай на 37 % більше середньобагаторічного. (табл. 5.2).

Таким чином, вирощування озимої пшениці на богарі призводить до втрати потенціальноможливого урожаю, що в свою чергу призводить до економічних збитків.

Вирощування озимої пшениці на зрошувальних землях дає можливість найповніше використати потенціал сучасних гібридів і сортів, якій для даного регіону становить 5-7 т/га [21,27].

В роботі за допомогою моделі були виконані розрахунки продуктивності озимої пшениці в умовах зрошення. Для кожного варіанту (табл. 5.3) були встановлені зрошувальні норми і вегетаційні поливи:

- ✓ для середнього багаторічного періоду проводилося 2 вегетаційних полива нормою 600 м<sup>3</sup>/га (1-й полив в період трубкування – 4 декада вегетації і 2-й полив в період колосіння – 7 декада вегетації);
- ✓ для «сухого» 2012 року проводилося три вегетаційних поливи нормою 800 м<sup>3</sup>/га (1-й полив в період трубкування - 4 декада вегетації і 2-й полив в період колосіння - 6 декада вегетації; 3-й полив в період початку наливу зерна 8 декада вегетації);
- ✓ для «вологого» 2016 року проводилося 2 вегетаційних полива нормою 600 м<sup>3</sup>/га (1-й полив в період трубкування – 5 декада вегетації і 2-й полив в період колосіння - 8 декада вегетації);

При такому режимі зрошення озимої продуктивність рослин значно зростає. У всіх трьох варіантах максимальна площа листя перевищує 6 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, що дозволяє сформувати загальну біомасу в два рази більшу загальної біомаси, що сформувалася в богарних умовах, а урожай зерна озимої пшениці підвищити до потенціального (табл. 5.3).

При такому режимі зрошення озимої продуктивність рослин значно зростає. У всіх трьох варіантах максимальна площа листя перевищує 6 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>,

що дозволяє сформувати загальну біомасу в два рази більшу загальної біомаси, що сформувалася в богарних умовах, а урожай зерна озимої пшениці підвищити до потенціального (табл.5.4).

Таблиця 5.3 – Режим зрошення озимої пшениці в Херсонській області в період 2004-2020 рр.

РЕЖИМ ЗРОШЕННЯ												
Зрошувальна норма, м <sup>3</sup> /га	Декади вегетації											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Веgetаційні поливи, м <sup>3</sup> /га											
2004-2020 рр.												
2000	–	–	–	600	–	–	600	–	–	–	–	–
2012, найсухіший рік												
2400	–	–	–	800	–	800	–	800	–	–	–	–
2016, найвологіший рік												
1200	–	–	–	–	600	–	–	600	–	–	–	–

Таблиця 5.4 – Фотосинтетична продуктивність посіву озимої пшениці в Херсонській області на зрошенні

Період, рік	Показники продуктивності посіву		
	Максимальна площа листя, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Суша загальна біомаса, г/м <sup>2</sup>	Урожай зерна, т/га
2004-2020	6,3	999	6,2
2012, найсухіший	6,1	659	5,3
2016, найвологіший	6,8	1161	7,1

## 5.2 Моделювання режиму зрошення та продуктивності озимої пшениці за період 2031-2050 рр.

### 5.2.1 Моделювання продуктивності озимої пшениці в умовах незрошеного землеробства

За допомогою моделі MODSOL-6 були виконані розрахунки продуктивності посівів озимої пшениці за період з 2031 по 2050 роки. В роботі використані масиви метеорологічних характеристик сценарію RCP8.5:

- середня температура повітря;
- кількість опадів;
- дефіцит вологи повітря;
- випаровування.

В середньому за 20-ти річний період відновлення вегетації на посівах озимої пшениці очікується на початку третьої декади березня (22.03). Повна стиглість зерна озимої пшениці очікується у першій декаді липня (04.07). Тривалість вегетаційного періоду становитиме 104 дні. В порівнянні з середньо багаторічними датами кліматичного періоду 1986-2005 рр. відновлення вегетації очікується на 9 днів пізніше, а повна стиглість буде співпадати. Тому тривалість вегетації буде на 8 днів коротше за минулий кліматичний період (табл. 5.5).

Дослідження наставання фаз розвитку в майбутньому по окремих роках (табл. 5.6) показало, що найраніше відновлення вегетації очікується в кінці лютого (2039 р.), а найпізніше на початку квітня (2034 р.). Достигання повної стиглості зерна озимої пшениці очікується найраніше на початку третьої декади червня (2038 р.), найпізніше у кінці першої декади липня (2031 р.).

Таблиця 5.5 – Фази розвитку у весняно-літній період вегетації озимої пшениці в середньому за кліматичний період. Херсонська область

Період	Дата відновлення вегетації	Дата повної стиглості	Тривалість періоду, дні
2004-2020	13.03	03.07	112
2031-2050	22.03	04.07	104
Різниця	+9	+1	-8

Тривалість періоду при відновленні вегетації посівів озимої пшениці на початку квітня (07.04) і настання повної стиглості зерна в кінці першої декади липня (07.07) становитиме 91 день, цей період буде найкоротшим з двадцяти досліджуваних років. Найдовшим періодом від відновлення вегетації до повної стиглості буде період в році, коли відновлення вегетації очікується в третій декаді лютого (26.02), в цьому році настання повної стиглості буде у кінці червня (30.06), а тривалість становитиме 126 днів.

Таблиця 5.6 – Фази розвитку у весняно-літній період вегетації озимої пшениці в окремі роки з 2031 по 2050 рр. Херсонська область

Рік	Дата відновлення вегетації	Дата повної стиглості	Тривалість періоду, дні	Рік	Дата відновлення вегетації	Дата повної стиглості	Тривалість періоду, дні
2031	22.03	10.07	110	2041	01.03	27.06	119
2032	01.03	30.06	122	2042	18.03	22.06	96
2033	01.03	03.07	125	2043	01.03	27.06	119
2034	07.04	07.07	91	2044	31.03	06.07	98
2035	12.03	09.07	119	2045	31.03	06.07	98
2036	18.03	01.07	105	2046	22.03	26.07	95
2037	28.03	08.07	102	2047	11.03	06.07	118
2038	15.03	23.06	100	2048	12.03	28.06	109
2039	26.02	30.06	126	2049	28.03	08.07	102
2040	30.03	06.07	99	2050	6.03	08.07	113

Температурний режим в середньому за досліджуваний період 2031-2050 рр. в порівнянні з періодом 1986-2005рр. очікується більш спекотним, при середній температурі повітря в межах минулого кліматичного періоду (14,2°C проти 14,0 °C), максимальні температури очікуються на 1,2 °C вищими (25,8 °C проти 24,6 °C).

Очікується, що кількість опадів в середньому за 2031-2050 рр. буде на 12% меншою за суму опадів у минулому кліматичному періоді. Вологопотреба в майбутньому залишиться на рівні минулих (табл. 5.7). Але за рахунок меншого вологоспоживання, вогозабезпеченість незначно, але буде меншою.

Таблиця 5.7 – Агрокліматичні умови весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці в Херсонській області

Період	Максимальна температура повітря, °C	Середня температура повітря, °C	Сума опадів, мм	Волого потреба, мм	Волого споживання, мм	Волого забезпеченість, від. од.
2004-2020	24,6	14,0	167	477	244	0,51
2031-2050	25,8	14,2	148	473	230	0,49
Різниця	+1,2	+0,2	-12%	1%	6%	4%

В окремі роки агрометеорологічні умови будуть дуже різними. Очікуються роки, коли середня температура повітря буде 1,3°C вище за середню (рис. 5.1), максимальна температура буде зростати до 26,3°C (2034 і 2046 рр.). Середня температура повітря у 2039 році буде нижче середньобогаторічної на 2,1°C (12,1°C проти 14,2 °C), а максимальна на 3,1°C (22,7°C проти 25,8°C)



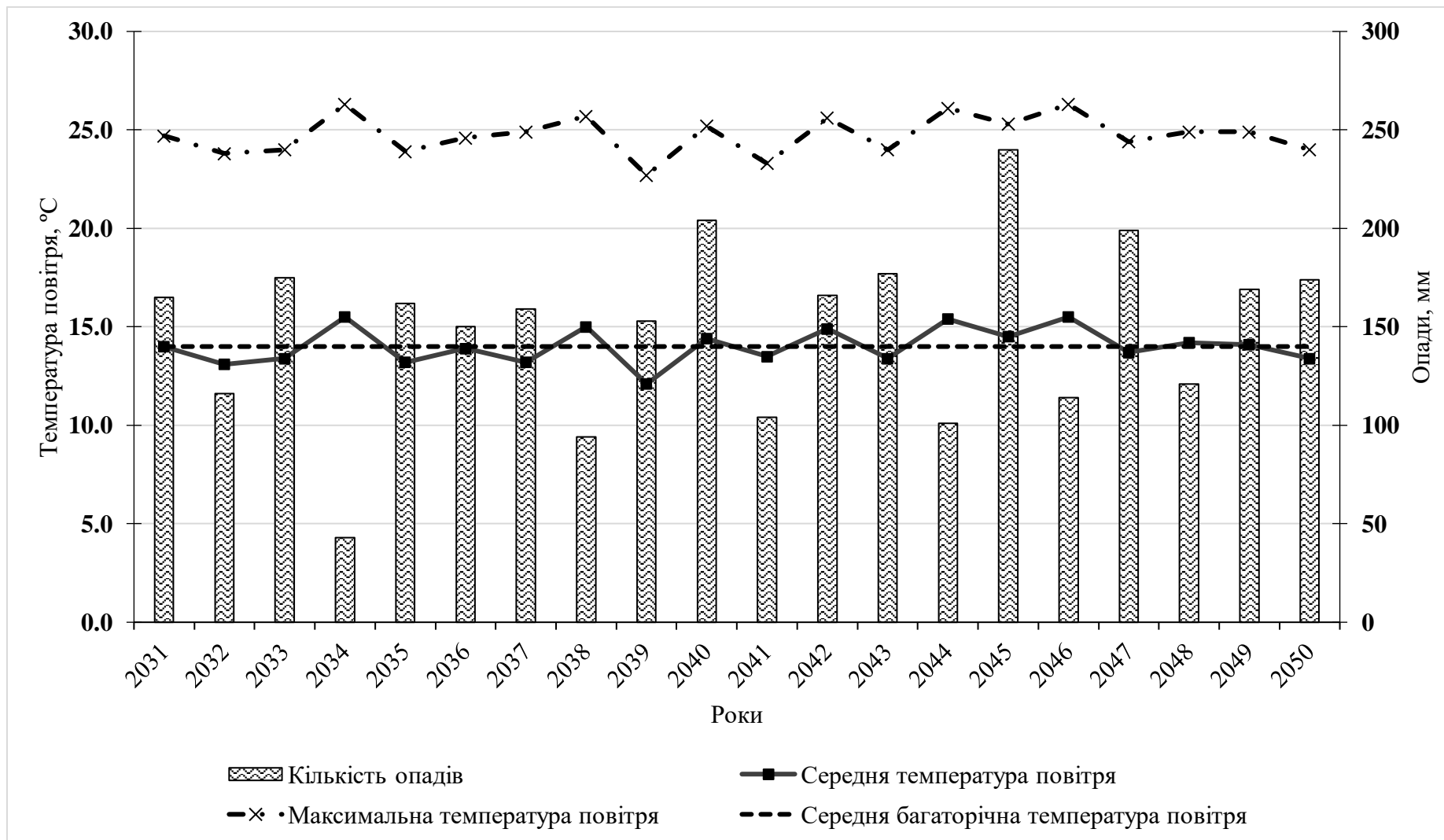


Рисунок 5.1– Динаміка середніх декадних і максимальних температур повітря та опадів з 2031 по 2050 рр.

Херсонська область

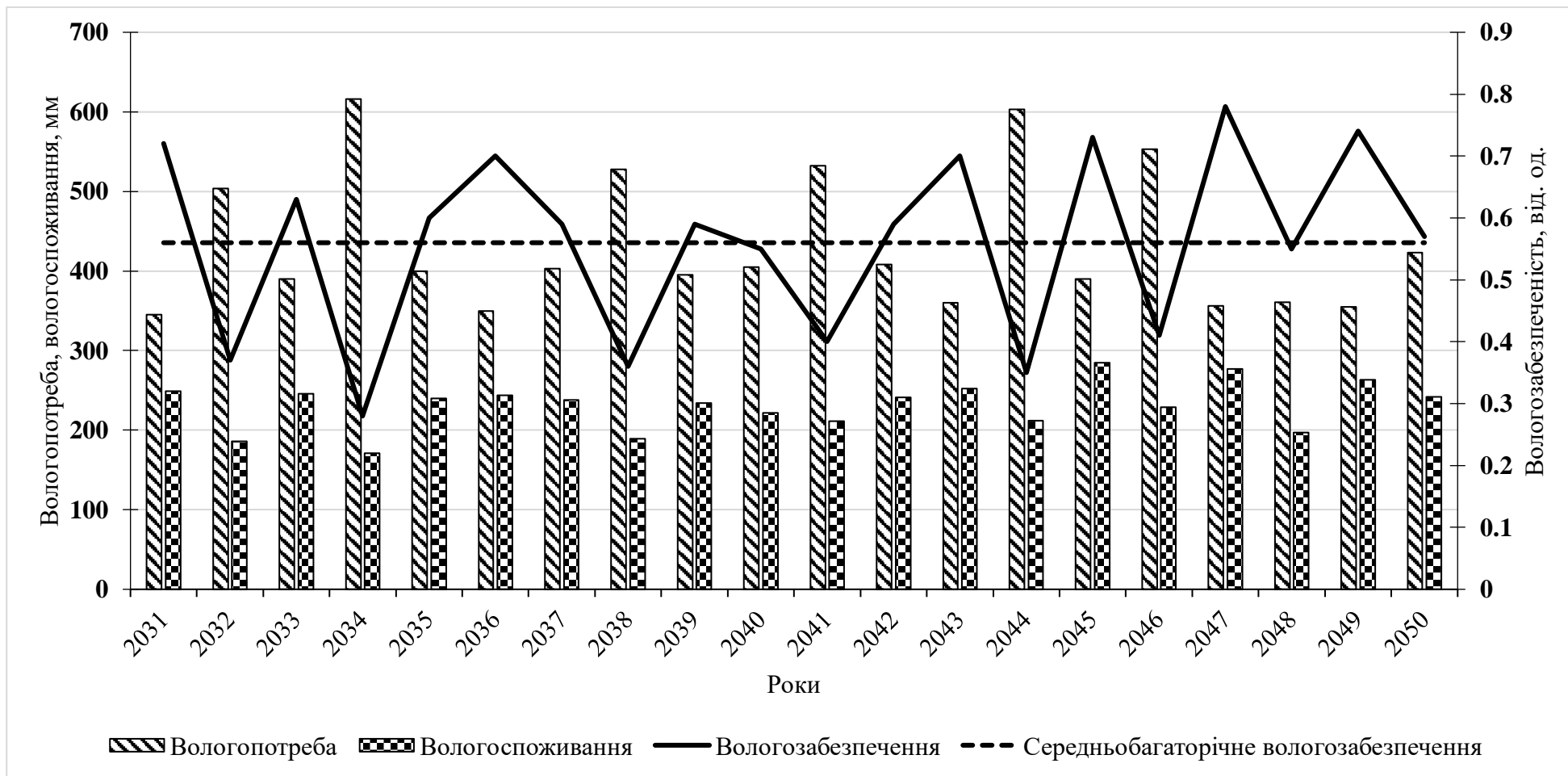


Рисунок 5.2 – Динаміка характеристик вологозабезпеченості озимої пшениці з 2031 по 2050рр. Херсонська область

За вологозабезпеченістю будуть роки дуже добрі (0,74 і 0,78 від.од.) , коли вологопотреба буде дорівнювати відповідно 355 і 356 мм, а вологоспоживання 263 і 277 мм. Кількість опадів в ці роки очікується на 14% і 34% більшою (169мм і 199 мм проти 148мм). 6 років з 20 вологозабезпеченість становитиме 0,55...0,59 від. од. 5 років з 20 зменшуватиметься до 0,36...0,41 від. од. В 2034 році вологозабезпеченість посівів становитиме лише 0,28 від. од. Кількість опадів в цьому році очікується за період від відновлення вегетації до повної стиглості лише 43мм. Вологопотреба зростатиме до 616 мм, що становитиме 130% від середньобагаторічної, вологоспоживання знижуватиметься до 171 мм (рис. 5.2).

В роботі були виконані розрахунки фотосинтетичної продуктивності посівів озимої пшениці за період 1986-2005 рр. Показниками фотосинтетичної продуктивності були обрані максимальна площа листя, суха загальна біомаса й урожай зерна озимої.

Встановлено, що при середньобагаторічних агрокліматичних умовах періоду 2004-2020 рр. формується максимальна площа листя  $3,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , при цьому на кінець вегетації суха загальна біомаса (коріння, листя, стеблини, колосся) дорівнює  $473 \text{ г}/\text{м}^2$ . Урожай зерна становить  $2,7 \text{ т}/\text{га}$ . За сценарієм RCP8.5 очікуватиметься, що в агрометеорологічних умовах 2031-2050 рр. буде спостерігатися зменшення продуктивності посіві озимої пшениці (табл. 5.8).

Лише в окремі роки (2036р., 2043р., 2047р. і 2049р.) фотосинтетична продуктивність очікуватиметься високою (табл. 5.9). Найбільша продуктивність спостерігатиметься у 2047 році. Максимальна площа листя і загальна біомаса озимої будуть в 4 рази більшими за середньобагаторічні ( $12,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$  проти  $3,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ,  $1760 \text{ г}/\text{м}^2$  проти  $447 \text{ г}/\text{м}^2$ ), урожай зерна очікуватиметься на  $4,6 \text{ т}/\text{га}$  більшим.

Таблиця 5.8 – Фотосинтетична продуктивність посіву озимої пшениці в середньому за період. Херсонська область

Період	Показники продуктивності посіву		
	Максимальна площа листя, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Суха загальна біомаса, г/м <sup>2</sup>	Урожай зерна, т/га
2004-2020	3,6	473	2,7
2031-2050	3,2	447	1,9
Різниця	-0,4	-26	-0,8

Досліджено, що в більшості років агрометеорологічні умови не сприяють високій продуктивності посівів озимої пшениці. Тому виною є посушливі умови Херсонської області.

Таблиця 5.9 – Фотосинтетична продуктивність посіву озимої пшениці з 2031 по 2050 рр. Херсонська область

Рік	Максимальна площа листя, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Суха загальна біомаса, г/м <sup>2</sup>	Урожай зерна, т/га	Рік	Максимальна площа листя, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Суха загальна біомаса, г/м <sup>2</sup>	Урожай зерна, т/га
2031	6,9	944	4,2	2041	3,4	428	1,7
2032	2,2	277	1,2	2042	4,8	740	3,5
2033	4,4	700	3,3	2043	7,0	1077	5,0
2034	1,8	200	0,9	2044	2,9	369	1,6
2035	5,2	720	2,9	2045	7,0	1077	5,0
2036	7,0	1077	5,0	2046	2,6	351	1,5
2037	4,0	564	2,5	2047	12,9	1760	6,5
2038	2,0	249	1,0	2048	4,1	650	3,0
2039	4,1	650	3,0	2049	10,8	1521	6,2
2040	4,0	623	2,8	2050	6,9	944	3,6

Для оцінки ступеня посушливості району досліджень, у роботі використовується гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянінова, який визначається стосовно суми місячних (декадних ) опадів до суми температур того ж періоду зменшеної в десять разів [24].

Посушливим вважається період із гідротермічним коефіцієнтом нижче 1,0, сухим – з гідротермічним коефіцієнтом 0,5. ГТК < 0,4 – признак дуже сильної посухи, ГТК = 0,4 ... 0,5 – сильна посуха, ГТК - 0,5...0,6 середня посуха.

На рисунку 5.3 наводиться залежність урожаю зерна озимої пшениці від умов зволоження. Як видно з рисунку, в Херсонській області в період з 2031 по 2050 рр. доброго зволоження не очікується, але спостерігатиметься періоди, коли гідротермічний коефіцієнт дорівнюватиме 0,8, що для району Південного Степу є задовільним, для формування високого врожаю (5,0...6,5 т/га) пристосованих до посушливих умов сортів озимої. Але такі умови в у 20-ти річному періоді очікуватимуться лише у 6-ти роках. У восьми роках з 20-ти спостерігатиметься середня посуха. В такі роки очікуватиметься урожайність в межах 2,5...3,5 т/га, що в рази є нижчим за потенційну урожайність сортів і гібридів озимої пшениці, які рекомендовані для вирощування в Сухому Степу. І шість років з 20-ти спостерігатимуться сильна і дуже сильна посуха. В умовах сильної посухи очікуватиметься урожай зерна озимої в межах 1,5...1,7 т/га, а в умовах дуже сильної посухи 0,9...1,4 т/га.

Продуктивність посівів в залежності від інтенсивності посухи наведена на рисунку 5.4. З рисунку видно, якщо спостерігатиметься середня та сильна посуха, тривалість періоду становитимуть одинадцять декад, якщо спостерігатиметься дуже сильна посуха період вегетації скоротиться до 10 декад.

При умовах середній посухи (рис. 5.4А) найбільший приріст загальної біомаси становитиме 172 г/м<sup>2</sup>, в цей період наставатиме колосіння, асиміляти, що накопичувались у вегетативних органах переміщуються в

генеративні (колос), площа листя починає зменшуватися за рахунок старіння. В подальшому починативумься налив зерна у колосі, закінчується функціонування фотосинтетичного апарату рослин (листя), тому приріст загальної сухої біомаси зменшуватиметься і становитиме  $119... 53 \text{ г/м}^2$ . Формується урожай зерна озимої пшениці, якій в залежності від вологозабезпеченості посівів буде коливатися в межах  $2,5...3,5 \text{ т/га}$  (табл. 5.9, рис. 5.3).

При умовах сильної посухи (рис. 5.4Б) в період колосіння меншою в 1,5 рази буде меншою площа листя ( $4,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$  проти  $2,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ), меншим буде і приріст біомаси ( $117 \text{ г/м}^2$  проти  $172 \text{ г/м}^2$ ), тому і урожай зерна в роки з сильною посухою очікуватиметься меншим в порівнянні з роками, коли спостерігатиметься середня посуха (табл. 5.9, рис. 5.3) і буде коливатися в межах  $1,5...1,7 \text{ т/га}$ .

В роки, коли буде спостерігатися дуже сильна посуха (рис. 5.4В), ще меншою буде площа листя ( $1,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$  проти  $4,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$  і  $2,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$  відповідно), а максимальний приріст загальної сухої біомаси буде в 3,5 рази меншим за приріст, що очікується в роки з середньою посухою ( $48 \text{ г/м}^2$  проти  $172 \text{ г/м}^2$ ) і в 2,5 рази меншим за приріст загальної сухої біомаси, що очікується в роки з сильною посухою ( $48 \text{ г/м}^2$  проти  $117 \text{ г/м}^2$ ).

Отже, площа листя в період трубкування до колосіння буде більш інтенсивно наростати, якщо буде спостерігатися середня посуха, меншою вона буде в умовах дуже сильної посухи. Інтенсивність формування площі листя, впливає на формування загальної біомаси посівів, тому в при умовах середньої посухи загальна біомаса озимої буде більшою за біомасу в умовах сильної та дуже сильної посухи.

Дослідження показали, що в 14 роках з 20-ти озиму пшеницю в Херсонській області без зрошення вирощувати немає сенсу.

В роботі за допомогою моделі виконано розрахунки режиму зрошення в умовах середньої, сильної та дуже сильної посухи.

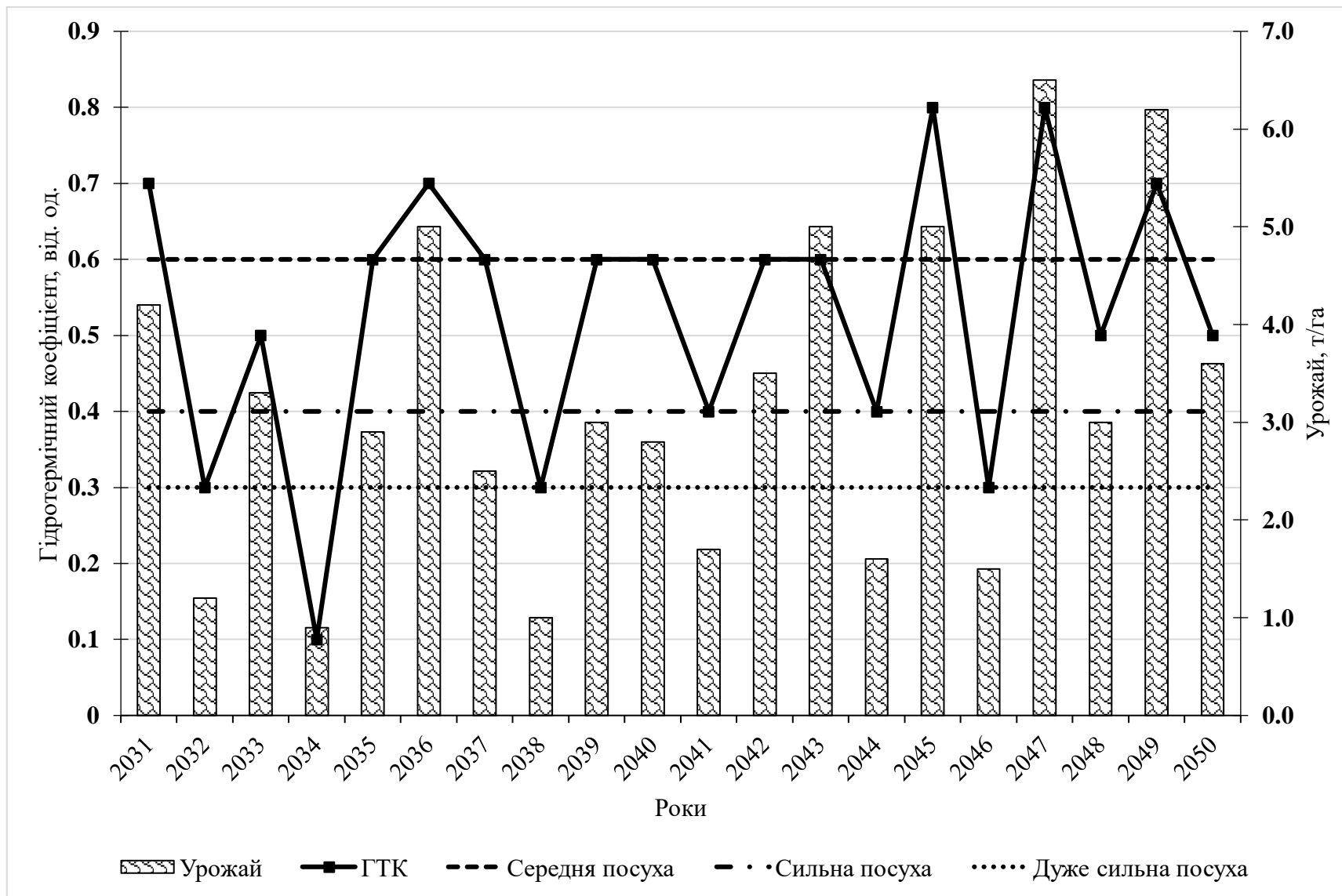


Рисунок 5.3 – Залежність врожаю озимої пшениці від умов зволоження. Херсонська область. 2031-2050 рр.

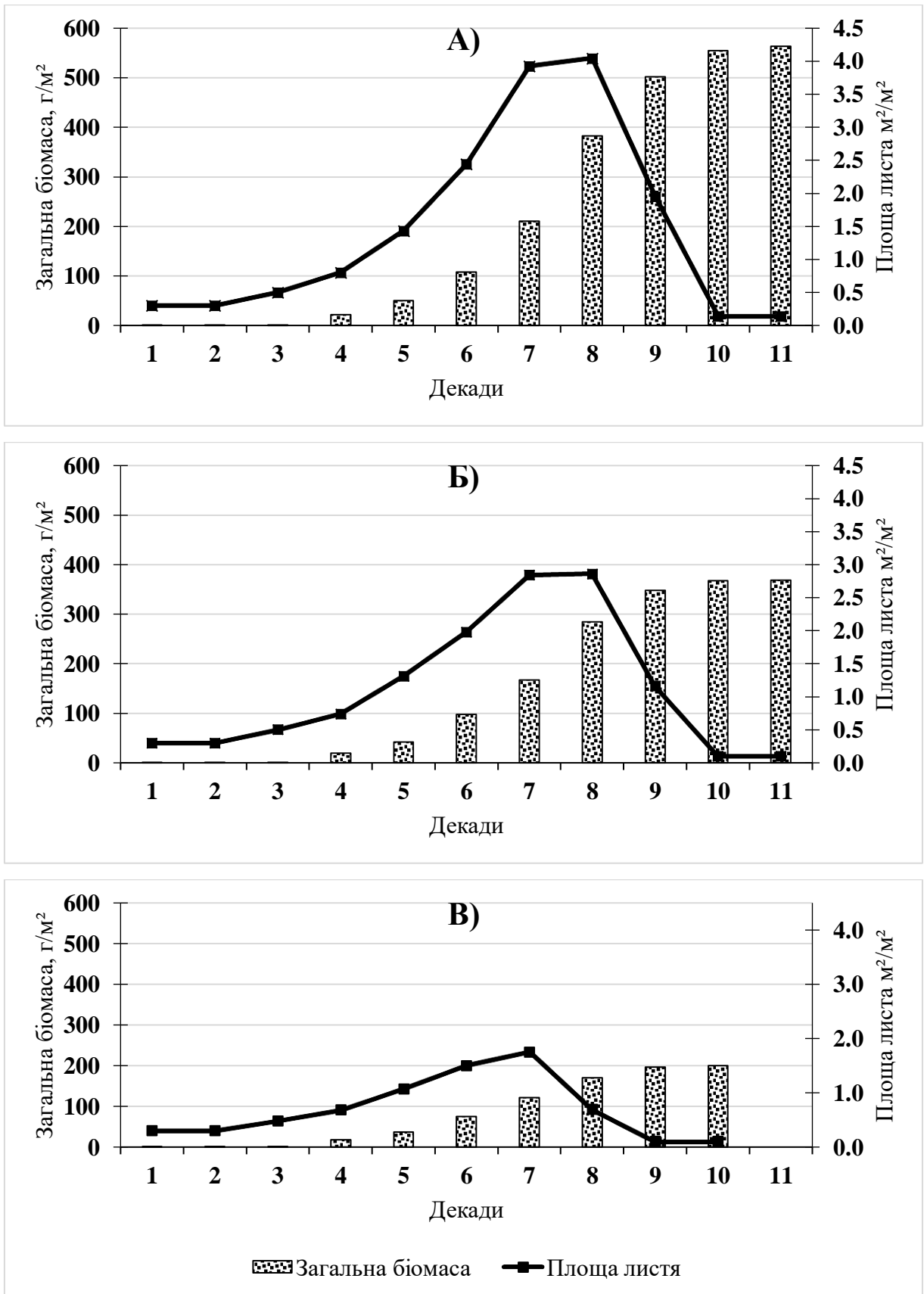


Рисунок 5.4 – Динаміка загальної біомаси та площі листа на богарі при: А) ГТК 0,6 – середня посуха; Б) ГТК 0,4 – сильна посуха; В) ГТК 0,1 – дуже сильна посуха.



### 5.2.2 Моделювання режиму зрошення та продуктивності озимої пшениці в умовах посухи різної інтенсивності

Результати досліджень формування продуктивності посівів показують, що погодні умови 2031-2050 рр. не будуть сприяти вирощуванню озимої пшениці у богарному землеробстві Херсонській області.

В роботі моделюються режими зрошення озимої пшениці в умовах посухи різної інтенсивності.

Розглянуто три сценарії режиму зрошення:

Сценарій 1 – режим зрошення за середньої посухи;

Сценарій 2 – режим зрошення за сильної посухи;

Сценарій 3 – режим зрошення за дуже сильної посухи.

**Сценарій 1. Режим зрошення озимої пшениці в умовах середньої посухи.** Для розрахунків за моделлю ураховувалось, що середня зрошувальна норма у весняно-літній період вегетації становить 2000 м<sup>3</sup>/га. Вегетаційні поливи проводились в період трубкування і в період колосіння-початок наливу зерна. В перший другий періоди задавались по два полива нормою 500 м<sup>3</sup>/га (табл. 5.10).

Таблиця 5.10 – Режим зрошення озимої пшениці в умовах середньої посухи для Херсонської області. Ступінь посушливості 0,6

РЕЖИМ ЗРОШЕННЯ											
Зрошувальна норма, м <sup>3</sup> /га	Декади вегетації										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Вегетаційні поливи, м <sup>3</sup> /га										
2000	–	500	500	–	–	–	–	500	500	–	–

Примітка: \*На прикладі агрометеорологічних умов 2037 року.

Відновлення вегетації 29.03

\*\*Вегетаційні поливи: 1 і 2 декади квітня; 1 і 2 декади червня

В умовах середньої посухи на богарі урожайність буде 2,5 т/га, при цьому максимальна площа листя дорівнюватиме  $4,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а загальна біомаса посівів озимої буде  $564 \text{ г}/\text{м}^2$  (рис. 5.5А). На зрошенні нормою  $2000 \text{ м}^3/\text{га}$  продуктивність посівів зростатиме у два рази, урожайність становитиме 5,1 т/га, що відповідає потенційній урожайності сортів озимої (табл. 5.11 ).

Таблиця 5.11 – Продуктивність озимої пшениці в умовах середньої посухи (ГТК – 0,6) на богарі та на зрошенні. Херсонська область

Характеристики продуктивності посівів					
Максимальна площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$	Суха загальна біомаса, $\text{г}/\text{м}^2$	Урожай зерна, т/га	Максимальна площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$	Суха загальна біомаса, $\text{г}/\text{м}^2$	Урожай зерна, т/га
Богара			Зрошення		
4,0	564	2,5	6,6	1068	5,1

**Сценарій 2. Режим зрошення озимої пшениці в умовах сильної посухи.** В умовах сильної посухи виконувались два варіанти:

Варіант I – зрошувальна норма  $2000 \text{ м}^3/\text{га}$ ;

Варіант II – зрошувальна норма  $2500 \text{ м}^3/\text{га}$ .

В першому варіанті також як і в умовах середньої посухи задавались 4 вегетаційні поливи нормою  $500 \text{ м}^3/\text{га}$ . Термін вегетаційних поливів приходився також на період трубкування рослин і на період колосіння – початок наливу зерна (табл. 5.12 ).

Розрахунки показали, що урожай зерна при вегетаційній нормі  $2000 \text{ м}^3/\text{га}$  в умовах сильної посухи буде становити 3,6 т/га, що становить 70% потенційного врожаю. Тобто при умовах сильної посухи виникає більший дефіцит вологи для рослин, тому для збільшення врожаю потрібно збільшити зрошувальну норму.

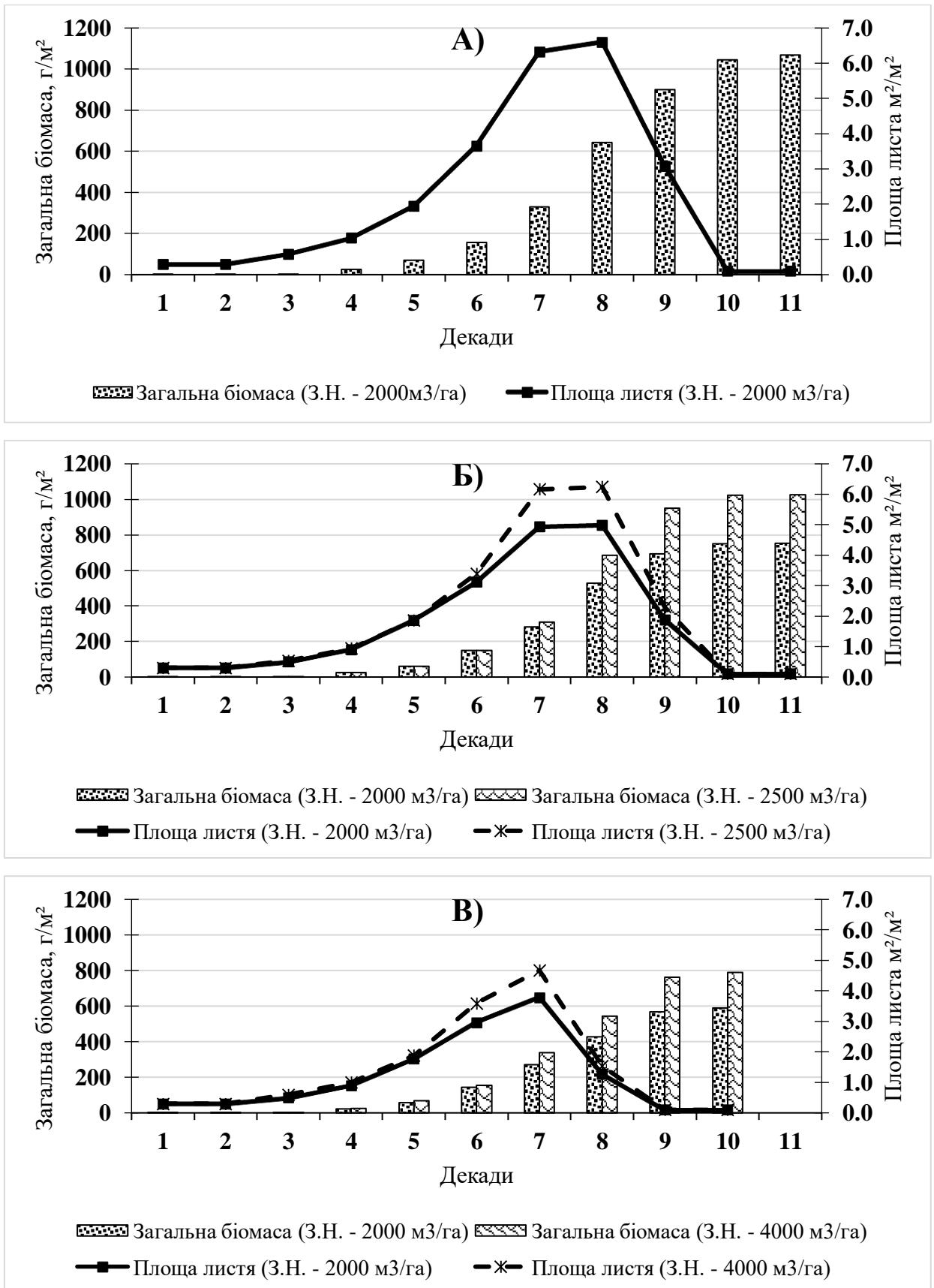


Рисунок 5.5 – Динаміка загальної біомаси та площі листя на зрошенні при: А) ГТК 0,6 – середня посуха; Б) ГТК 0,4 – сильна посуха; В) ГТК 0,1 – дуже сильна посуха.

В другому варіанті зрошувальну норму збільшили до 2500 м<sup>3</sup>/га. Додали вегетаційний полив нормою 500 м<sup>3</sup>/га. Терміни вегетаційних поливів було замінено з урахуванням менше забезпечених вологою декад вегетації озимої (табл. 5.12).

Таблиця 5.12 – Режим зрошення озимої пшениці в умовах сильної посухи для Херсонської області. Ступінь посушливості 0,4

РЕЖИМ ЗРОШЕННЯ												
Варіант	Зрошувальна норма, м <sup>3</sup> /га	Декади вегетації										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Веgetаційні поливи, м <sup>3</sup> /га										
I	2000	–	500	500	–	–	–	–	500	500	–	–
II	2500	–	500	500	–	500	500	500	–	–	–	–

Примітка: \*На прикладі агрометеорологічних умов 2044 року.

Відновлення вегетації 31.03

\*\*Веgetаційні поливи: Варіант 1 – 1і 2 декади квітня, 1і 2 декади червня;

Варіант 2 – 1і 2 декади квітня, 1,2,3 травня

Розрахунки показали, що в другому варіанті врожай зерна зростатиме до 5,1 т/га, тобто до нижнього потенційного рівня сортів озимої пшениці (табл. 5.13). Продуктивність посівів у порівнянні з продуктивністю на богарі зростатиме у 2,5...3 рази (рис. 5.5Б).

Таблиця 5.13 – Продуктивність озимої пшениці в умовах сильної посухи (ГТК – 0,4) на богарі та на зрошенні. Херсонська область

Умови вирощування	Варіант	Характеристики продуктивності посівів		
		Максимальна площа листя, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Суша загальна біомаса, г/м <sup>2</sup>	Урожай зерна, т/га
Богара		2,9	369	1,6
Зрошення	I	5,0	757	3,6
	II	6,2	1026	5,1

Сценарій 3. **Режим зрошення озимої пшениці в умовах дуже сильної посухи.** В умовах дуже сильної посухи виконувались також два варіанти:

Варіант I – зрошувальна норма 2000 м<sup>3</sup>/га;

Варіант II – зрошувальна норма 4000 м<sup>3</sup>/га.

В першому варіанті також як і в умовах середньої і сильної посух задавались 4 вегетаційні поливи нормою 500 м<sup>3</sup>/га. Термін вегетаційних поливів приходився також на період трубкування рослин і на період колосіння – початок наливу зерна (табл. 5.14 ).

Розрахунки показали, що урожай зерна при вегетаційній нормі 2000 м<sup>3</sup>/га в умовах дуже сильної посухи буде становити 3,0 т/га, що становить 60% потенційного врожаю. Тобто при умовах дуже сильної посухи виникає ще більший дефіцит вологи для рослин ніж у випадку сильної посухи, тому для збільшення урожаю потрібно збільшити зрошувальну норму.

В другому варіанті зрошувальну норму збільшили в два рази (до 4000 м<sup>3</sup>/га). Норму вегетаційних поливів з 500 м<sup>3</sup>/га збільшили до 800 м<sup>3</sup>/га та добавили ще один вегетаційний полив з урахуванням менше забезпечених вологою декад вегетації озимої (табл. 5.14).

Таблиця 5.14 – Режим зрошення озимої пшениці в умовах дуже сильної посухи для Херсонської області. Ступінь посушливості 0,1

РЕЖИМ ЗРОШЕННЯ											
Варіант	Зрошувальна норма, м <sup>3</sup> /га	Декади вегетації									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Веgetаційні поливи, м <sup>3</sup> /га									
I	2000	–	500	500	–	–	–	500	500	–	–
II	4000	–	800	800	–	800	–	800	800	–	–

Примітка: \*На прикладі агрометеорологічних умов 2034 року.

Відновлення вегетації 07.04

\*\*Веgetаційні поливи: Варіант 1 – 2і 3 декади квітня, 1і 2 декади червня;

Варіант 2 – 1і 2 декади квітня, 2 травня і 1,2 декади червня.

Розрахунки показали, що в другому варіанті врожай зерна зростатиме до 5,1 т/га, тобто до нижнього потенційного рівня сортів озимої пшениці (табл. 5.15). Продуктивність посівів у порівнянні з продуктивністю на богарі зростатиме у 3...5 разів (рис. 5.5В).

Таблиця 5.15 – Продуктивність озимої пшениці в умовах дуже сильної посухи (ГТК – 0,1) на богарі та на зрошенні. Херсонська область

Умови вирощування	Варіант	Характеристики продуктивності посівів		
		Максимальна площа листя, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Суха загальна біомаса, г/м <sup>2</sup>	Урожай зерна, т/га
Богара		1,8	200	0,9
Зрошення	I	3,8	590	3,0
	II	6,2	1026	5,1

Таким чином вирощування озимої пшениці на богарі в майбутньому буде економічно не вигідним. Для отримання в Херсонській області сталих і високих врожаїв потрібно вирощувати озиму на зрошенні. Правильне проектування водного режиму та його регулювання відповідно поточним умовам при зрошенні, які направлені на оптимізацію умов вологозабезпеченості рослин в процесі вегетації дозволять отримувати урожай озимої на рівні потенційного для певного сорту.

## ВИСНОВКИ

В роботі наведено дослідження впливу режиму зрошення на продуктивність і урожайність зерна озимої пшениці в умовах Півдня України, що дозволило вирішити ряд завдань, а саме:

1. Вивчені біологічні особливості озимої пшениці, особливості вологозабезпеченості озимої пшениці при зрошенні та дози і види мінеральних добрив при вирощуванні озимої пшениці.
2. Вивчені природні умови Херсонської області.
3. Вивчена динамічна модель формування продуктивності сільськогосподарських культурв умовах зрошення MODSOL-6, оптимізовані параметри моделі до культури озима пшениця, що вирощується в Південному Степу України в межах Херсонської області
4. Проведено ряд чисельних розрахунків за допомогою моделі MODSOL-6.
5. Виконано розрахунки та аналіз умов вирощування озимої пшениці в Херсонській області. Аналіз періоду 2004-2020 років показав, що для озимої пшениці в Херсонській області за 17 років найсухішийбув 2012 рік, а найвологіший– 2016 рік. Дослідження умов вирощування озимої пшениці в даний час, ще раз доказали, що основним лімітуючим фактором в Херсонській області є волога.
6. Виконано розрахунки та аналіз формування продуктивності посівів та урожаю зерна озимої в даний час.
7. Встановлено, що врожай на богарі, як в найсухішій, так і найвологішійроки є значно нижче потенційного, на зрошенні можливо найповніше використати потенціал сучасних гібридів і сортів, якій для даного регіону становить 5-7 т/га.
8. Виконано розрахунки та аналіз формування продуктивності посівів та урожаю зерна озимої за сценарієм *RCP8.5* в 2031-2050 рр.

9. Встановлено, що на території Херсонської області за період 2031-2050рр. засушливі умови посиляться. В більшості років буде спостерігатися сильна і дуже сильна посуха. Продуктивність посівів на богарі буде економічно не виправданою. Для отримання сталих урожаїв озимої пшениці і економного використання зрошувальних вод, розглянути режими зрошення при середній, сильній і дуже сильній посухах.

Таким чином вирощування озимої пшениці на богарі в майбутньому буде економічно не вигідним. Для отримання в Херсонській області сталих і високих врожаїв потрібно вирощувати озиму на зрошенні. Правильне проектування водного режиму та його регулювання відповідно поточним умовам при зрошенні, які направлені на оптимізацію умов вологозабезпеченості рослин в процесі вегетації, дозволять отримувати урожай озимої на рівні потенційного для певного сорту.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по території України /за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільськ, 2011. 107 с.
2. Агрокліматичний довідник по Херсонській області: (1986-2005 рр.) /за ред. С.І. Мельничук, Т.І. Адаменко. Одеса: Астропринт, 2011. 208 с.
3. Агromетeоролoгiчнi щорiчнiки (2004 – 2020 рр.). Київ: Український гідрометeоролoгiчний центр.
4. Безніцька Н.В. Моделювання ґрунтово-кліматичного потенціалу сільськогосподарських земель Херсонської області із застосуванням ГІС-технологій. Вісник НУВГП. Вип. 4(76). 2016. с. 33-45. <http://ep3.nuwm.edu.ua/8896/1/Vs763.pdf.zax.pdf>
5. Вольвач О.В., Жигайло О.Л. Методика оцінки посушливих явищ в Україні стосовно зернових культур. Причорноморський екологічний бюлетень. 2007. №2(24). С. 111-114.
6. Вплив зрошення на продуктивність різних сортотипів озимої пшениці в умовах Південного Степу України. / Ю.О. Лавриненко, Р.А. Вожегова, Г.Г. Базалій та ін. Наукові доповіді НУБіП України. № 3 (79), 2019. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.014>
7. Гамаюнова В.В. Вирощування пшениці озимої на зрошенні на засадах біологізації: науково-практичні рекомендації. Миколаїв: МНАУ, 2019. 40 с.
8. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України /за ред. Б.С. Носка, Б.С. Прістера, М.В. Лободи. Київ: Урожай, 1994. 333 с.
9. Жигайло О.Л. Агromетeоролoгiчeскaя oцeнкa прoдyктивнoстi лyцeрны нa бoгaрe и нa oрoшaeмыx зeмляx Oдeщины. Український гідрометeоролoгiчний жyрнaл, 2012. №11. С. 170-177.

10. Жигайло О.Л. Моделювання антропогенного забруднення ґрунтово-рослинного покриву та методи контролю: конспект лекцій. Дніпропетровськ: „Економіка”, 2005. 107с.
11. Жигайло О.Л., Колосовська В.В. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю» для магістрів денної та заочної форм, 1-го та 2-го року навчання за спеціальностями: 101 «Екологія»; 103 «Науки про Землю» Одеса: ОДЕКУ, 2021 р., 59 с. <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9274>
12. Заєць С.О., Онуфран Л.І., Фундират К.С. Водоспоживання пшениці озимої та ячменю озимого в умовах зрошення. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Зрошення – вагома складова сталого розвитку аграрного сектора в Україні». 2021, С.9-15.
13. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Озима пшениця. Рослинництво: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2001. С. 183 - 210.
14. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Вид. «ТЕС», 2015. 520 с.
15. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Вид. «ТЕС», 2018. 548 с.
16. Кульбида Н.І. Динаміка тенденції урожайності озимої пшениці в Україні. Міжвідомчий науковий збірник України. Метеорологія. Кліматологія та гідрологія. Одеса, 2001, Вип. 44. С. 95-102.
17. Ляшенко Г.В. Агрокліматическое районирование Украины по условиям увлажнения. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2005. Вип. 49. С. 274 – 284.
18. Натіс І.Т. Пшениця озима на Півдні України: монографія. Херсон: Олдіплюс, 2011. 352 с.

19. Науково-практичні аспекти оптимізації штучного зволоження в умовах півдня України. / Р.А. Вожегова, С.В. Коковіхін, П.В. та ін. Зрошуване землеробство: Міжвідомчий тематичний збірник наукових праць. Херсон: Грінь Д.С., 2013. Вип. 60. С. 377.
20. Научнообоснованная система орошаемого земледелия / Под ред. В. И. Остапова. Киев: Урожай. 1987. 192 с.
21. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / Балюк С.А., Медведєв В.В., Тараріко О.Г. та ін. Київ: ТОВ «ВИК ПРИНТ», 2010. 111с.
22. Орлюк А.П., Гончарова К.В. Адаптивний і продуктивний потенціали пшениці. Херсон: Айлант, 2002. 263с.
23. Орошаемое земледелие на Украине. Киев: Урожай. 1986. 354 с.
24. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Жигайло О.Л. Основи сільськогосподарської метеорології: навчальний посібник. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 347 с.
25. Полевой А.Н., Кульбида Н.И. Моделирование формирования урожая озимой пшеницы в период весенне–летней вегетации в Украине. Міжвідомчий науковий збірник України. Метеорологія. Кліматологія та гідрологія. Одеса, 2001, Вип. 43. С. 127-135.
26. Полевой А.Н. Моделирование продуктивности агроэкосистем. Вісник Одеського державного екологічного університету, Вип. 1, 2005. С. 79-86.
27. Пути увеличения производства зерна и эффективности использования влаги в условиях Южной Степи Украины / Гамаюнова В.В., Дворецкий В.Ф., Литовченко А.А. и др. Пути повышения орошаемого земледелия. 2017. Вых. № 2 (66). С. 258-263 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://hdl.handle.net/123456789/3222> – Назва з екрана.
28. Річки Херсонщини. Аналітичні матеріали. БУВР Нижнього Дніпра. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://buvrnd.gov.ua/materialy-1874.htm?ps=1> – Назва з екрана.

- 29.Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Київ.: Світ, 2000. 112 с.
- 30.Справочник по орошаемому земледелию Степи Украины./за ред. А.О. Лымарь, В. М.Махно. Одесса: Маяк. 1983. 208 с.
- 31.Указ президента Украины «Про основні напрями розвитку агропромислового комплексу України». Економіка АПК.1998, № 5.
- 32.Фомічов М.В. Впровадження системи зрошення в аграрному підприємстві та його ефективність. Інвестиції: практика та досвід. № 7, 2019. DOI: 10.32702/2306-6814.2019.7.82
- 33.Херсонщина – край зрошуваного землеробства – національного багатства та страхового фонду держави у забезпеченні продукцією рослинництва / Аналітичні матеріали. БУВР Нижнього Дніпра.[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://buvrnd.gov.ua/materialy-1301.htm?ps=2>–Назва з екрана.
- 34.Штучні водойми Херсонської області. Херсонське обласне управління водних ресурсів. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://vodgosp.kherson.ua/vodnye\\_resursy.php](http://vodgosp.kherson.ua/vodnye_resursy.php) –Назва з екрана.
- 35.D.El Chami, J.W.Кнох, А.Дассаче, Е.К.Weatherhead (2015) The economics of irrigating wheat in a humid climate – A study in the East of England. Agricultural Systems Vol. 133, 2015, P. 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.11.001>
- 36.Li-liZHOU, Shu-huaLIAO, Zhi-minWANG, PuWANG, Ying-hu ZHANG, Hai-junYAN, ZhenGAO SiSHEN, Xiao-guiLIANG, Jia-huiWANG, Shun-liZHOU A simulation of winter wheat crop responses to irrigation management using CERES-Wheat model in the North China Plain.Journal of Integrative Agriculture Vol.17, Is. 5, 2018, P. 1181-1193. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61818-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61818-5).
- 37.Reza Deihimfarda, SajjadRahimi-Moghaddamb, BrianCollinsc, KhosroAzizib (2021) Future climate change could reduce irrigated and rainfed wheat water

footprint in arid environments. *Science of The Total Environment*.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150991>

38. Rouhollah Davarpanaha, Seyed Hamid Ahmadibc. Modeling the effects of irrigation management scenarios on winter wheat yield and water use indicators in response to climate variations and water delivery systems. *Journal of Hydrology*. Vol. 598, 2021 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126269>
39. Song Yan-Ling, Chen De-Liang, Liu Yan-Ju, Xu Ying. (2012) The Influence of VwZ Climate Change on Winter Wheat during 2012-2100 under A2 and A IB Scenarios in China. *Advances in Climate Change Research* Vol. 3, Is. 3, 2012, P. 138-146.

## **ДОДАТКИ**



```

mpzn=inf(34)
-----
sss=inf(25)
sss1=inf(26)
ll=inf(5)
ts2=0
-----
j2=0
c
write(6,331)ml,ms,mr,mp,mlzn,mszn,mrzn,mpzn
331 format(1x,4f7.3)
write(6,121)
121 format(' ')
write(6,122)
122 format(10x,'      Biomass ')
write(6,120)
109
format(4x,'i',1x,'dek',1x,'i',1x,'cyt',2x,'i',4x,'ml',3x,'i',4x,
1'ms',3x,'i',4x,'mr',3x,'i',4x,'mp',2x,'i',3x,'m',4x,'i')
write(6,109)
120 format(4x,62(' -'))
c write(6,125)
125 format(10x,'      Z Biomass ')
c write(6,500)
500
format(4x,'i',1x,'dek',1x,'i',1x,'cyt',2x,'i',3x,'mlzn',2x,'i',
13x,'mszn',2x,'i',3x,'mrzn',2x,'i',2x,'mpzn',2x,'i',3x,
2'mzn',2x,'i')
write(6,120)
C write(*,120)
C write(*,120)
do 300 j=1,n
nn=dv(j)
do 310 i=1,nn
ts1=ts(j)-5
if(ts1.lt.0)ts1=0
ts2=ts2+ts1
tss(i+j2)=ts2
310 continue
j2=j2+dv(j)
ts11(j)=ts1
300 continue
c .....
ncp=sol(1)
ncp1=sol(1)
zslp=sol(17)
zslp1=sol(17)
c .....
do 99 j=1,n
s1=0
s2=0
s3=0
s4=0
s5=0
s6=0
s7=0
s8=0
s9=0
s10=0
s11=0

```

## Продовження ДОДАТКУ А

```

s12=0
s13=0
s14=0
s15=0
ts1=ts11(j)
-----
m=ml+ms+mr+mp
-----
mzn=mlzn+mszn+mrzn+mpzn
fmzn=mlzn+mszn
fm=ml+ms
c write(6,334)m
334 format(1x,f10.2)
nn=dv(j)
do 400 i=1,nn
444 format(1x,i5,2x,f8.3)
ts2=tss(gi+1)
c write(*,444)gi,tss(gi)
-----
-
delta=0.017453*(0.473*(t0+gi)-0.196e-
2*(t0+gi)**2-0.407e-5*
* (t0+gi)**3-0.616)
a=sin(0.017453*fi)*sin(delta)
b=cos(0.017453*fi)*cos(delta)
tz=12+3.8197*acos(-a/b)
tv=24-tz
-----
s1=s1+delta
s2=s2+a
s3=s3+b
s4=s4+tz
s5=s5+tv
c write(6,335)tv,delta
335 format(1x,2f8.2)
-----
a1=-100.*alog(inf(15))/(inf(8)**2)
afl=exp(-a1*((ts2-inf(8))/10)**2)
a1=-100.*alog(inf(16))/(inf(9)**2)
arl=exp(-a1*((ts2-inf(9))/10)**2)
-----
dml=drost(ts2,inf(10),inf(21))
dms=drost(ts2,inf(11),inf(22))
dmr=drost(ts2,inf(12),inf(23))
dmlzn=drost(ts2,inf(10),inf(27))
dmszn=drost(ts2,inf(11),inf(28))
dmrzn=drost(ts2,inf(12),inf(29))
rlzn=ts2-inf(14)
r1=ts2-inf(14)
if(r1.lt.0) goto 62
dmp=drost(r1,inf(13)-inf(14),inf(24))
dmpzn = drost(rlzn,inf(13)-inf(14),inf(30))
goto 63
62 dmp=0.0
63 s6=s6+afl
s7=s7+arl
s8=s8+dml
s9=s9+dms
s10=s10+dmr
s11=s11+dmp
s12=s12+dmlzn

```



## Продовження Додатку А

```

s13=s13+dmszn
s14=s14+dmrzn
s15=s15+dmpzn
gi=gi+1
400 continue
delta=s1/dv(j)
a=s2/dv(j)
b=s3/dv(j)
tz=s4/dv(j)
tv=s5/dv(j)
taud=tz-tv
afl=s6/dv(j)
arl=s7/dv(j)
dml=s8/dv(j)
dms=s9/dv(j)
dmr=s10/dv(j)
dmp=s11/dv(j)
dmlzn=s12/dv(j)
dmszn=s13/dv(j)
dmrzn=s14/dv(j)
dmpzn=s15/dv(j)
dm=dml+dms+dmr+dmp
dmzn=dmlzn+dmszn+dmrzn+dmpzn
c
write(6,336)dml,dms,dmp,dmr,dm,dmlzn,dmszn,dmrzn
,dmpzn
336 format(1x,5f10.3)
bl=dml/dm
bs=dms/dm
br=dmr/dm
bp=dmp/dm
blzn=dmlzn/dmzn
bszn=dmszn/dmzn
brzn=dmrzn/dmzn
bpzn=dmpzn/dmzn
if( n2.eq.1 ) goto 1
if( n2.eq.2 ) goto 2
if( n2.eq.3 ) goto 3
nn1=30-n1+1
if (gi.le.nn1) goto 7
Продовження Додатку А
if (gi.le.nn1+31) goto 8
td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
1 nn1=31-n1+1
if (gi.le.nn1) goto 4
if (gi.le.nn1+30) goto 5
if (gi.le.nn1+61) goto 6
if (gi.le.nn1+91) goto 7
if (gi.le.nn1+122) goto 8
td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
2 nn1=30-n1+1
if (gi.le.nn1 ) goto 5
if (gi.le.nn1+30) goto 6
if (gi.le.nn1+61) goto 7
if (gi.le.nn1+92) goto 8
td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
3 nn1=31-n1+1
if (gi.le.nn1 ) goto 6
if (gi.le.nn1+30) goto 7
if (gi.le.nn1+61) goto 8
td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
-----
4 td=tmax(j)-3.
goto 9
5 td=0.835*tmax(j)-1.365
goto 9
6 td=0.856*tmax(j)-1.008
goto 9
7 td=0.891*tmax(j)-1.081
goto 9
8 td=0.823*tmax(j)+0.559
9 q=12.66*ss(j)**1.31+315.0*(a+b)**2.1
j0=0.5*q/(taud*60)
top=inf(38)
w1=w0(j)/inf(7)
ksifl=((td+10)/32)**(0.11174*(td-top)/10)*
1 ((36-td)/14)**(0.9041*(td-top)/10)
-----
if( ksifl.gt.1 ) ksifl=1
if( ksifl.lt.0.1 ) ksifl=0.1
if(inf(7).le.85)gamf=2.899*exp(-0.9117*w1)-
3.64*exp(-2.73*w1)
if(inf(7).gt.85)gamf=4.200*exp(-0.703*w1)-
5.48*exp(-1.648*w1)
if( gamf.gt.1 ) gamf=1
if( gamf.lt.0.1 ) gamf=0.1
fgncf1=0.06*sol(3)+1.0
if (fgncf1.gt.1.3) fgncf1=1.3
fgncf2=-0.1*sol(4)+1.25
if (sol(4).lt.2.) fgncf2=1
c .....
if (pnor(j).ne.0) ncp1=(1.25*wncp(j)-
0.125)*fgncf1*fgncf2
ncp=ncp1
c .....
14 f1ncp=-0.31*ncp+0.4
if(f1ncp.lt.0.) f1ncp=0
a=(2.3026*(2/(inf(13)-inf(14))))*10**(2-
(2/(inf(13)-inf(14))))*
*(ts2-inf(14)))*ts1*dv(j)
b=(1+10**(2-(2/(inf(13)-inf(14))))*(ts2-
inf(14))))**2
rgr=a/b
if (ts2.lt.inf(14)) rgr=0.
f2ncp(j)=1.-f1ncp*rgr
fgzlf1=0.444*sol(3)+0.7
if (fgzlf1.gt.3.) fgzlf1=3.
fgzlf2=-0.45*sol(4)+1.2
if (fgzlf2.gt.1.) fgzlf2=1.
c .....
if (pnor(j).ne.0)
zslp1=(0.086*zslw(j)+0.092)*fgzlf1*fgzlf2
zslp=zslp1
c .....
zslf1=sol(8)*(zslp-sol(7))
if (zslf1.lt.0.) zslf1=0.
goto 17

```

## Продовження ДОДАТКУ А

```

16 zslf1=0.
17 zslf2(j)=1.-zslf1*rgr
   if (f2ncp(j).LT.zslf2(j)) goto18
   f2min=zslf2(j)
   goto 19
18 f2min=f2ncp(j)
-----
19 dmm=(fl-arl*(0.015*m+0.20*fl))*f2min
   filt(j)=w0(j)+os(j)+pnor(j)-inf(7)
   if(filt(j).lt.0.)filt(j)=0
   epot(j)=0.65*dww(j)*dv(j)*0.75
   eakt(j)=(2*w0(j)+(os(j)+pnor(j)))/
1  (1+(2*(inf(7)-sol(9)))/(epot(j)))
   w0(j+1)=w0(j)+os(j)+pnor(j)-eakt(j)-filt(j)
   otkolw=pnor(j)/epot(j)
   e=eakt(j)/epot(j)
-----
   if(e.gt.1.) goto 20
   otwlag(j)=e
   if(e.gt.1)e=1
   if(e.lt.0.5)e=0.5
   goto 21
20 otwlag(j)=1
21 ftl=afl*f0l*ksifl*otwlag(j)
   sumn=sol(19)
   p=sumn/sol(13)
   obnk(j)=p**1.35*exp(1.1*(1-p))
   if(obnk(j).gt.1)obnk(j)=1
if(obnk(j).lt.0.1)obnk(j)=0.1
   sump=sol(20)
   p1=sump/sol(14)
   obpk(j)=p1**1.35*exp(1.1*(1-p1))
   if(obpk(j).gt.1)obpk(j)=1
   if(obpk(j).lt.0.1)obpk(j)=0.1
   sumk=sol(21)
   p2=sumk/sol(15)
   obkk(j)=p2**1.35*exp(1.1*(1-p2))
   if(obkk(j).gt.1)obkk(j)=1
   if(obkk(j).lt.0.1)obkk(j)=0.1
   if(obnk(j).lt.obpk(j)) goto 22
   if(obpk(j).lt.obkk(j)) goto 23
   goto 24
22 if(obnk(j).lt.obkk(j)) goto 25
   goto 24
23 obmin=obpk(j)
   goto 26
25 obmin=obnk(j)
   goto 26
24 obmin=obkk(j)
26 obnpkk=obmin
   jj=j0/(1.+0.5*ll)
   f0l=ff0l(sss,sss1,jj,obnpkk)
   fl=0.68*ftl*ll*taud*0.1
   dmmzn=(172.8*inf(35)*inf(36)*mr)/inf(37)
-----
   v1=0.3*ml*ts1/(tss(j2)-2.*inf(10))
   v2=0.3*ms*ts1/(tss(j2)-2.*inf(11))
   v3=0.3*mr*ts1/(tss(j2)-2.*inf(12))
-----
   if(ts2.lt.2*inf(10)) v1=0
   if(ts2.lt.2*inf(11)) v2=0
   if(ts2.lt.2*inf(12)) v3=0
-----
ml=ml+(bl*dmm-v1)*dv(j)
ms=ms+(bs*dmm-v2)*dv(j)
mr=mr+(br*dmm-v3)*dv(j)
mp=mp+(bp*dmm+v1+v2+v3)*dv(j)*f2min
mg=mp*0.75
-----
mlzn=mlzn+(blzn*dmmzn-v1/ml*mlzn)*dv(j)
mszn=mszn+(bszn*dmmzn-v2/ms*mszn)*dv(j)
mrzn=mrzn+(brzn*dmmzn-v3/mr*mrzn)*dv(j)
mpzn=mpzn+(bpzn*dmmzn+v1/ml*mlzn+v2/ms*mszn
+v3/mr*mrzn)*dv(j)
c
write(6,337)ml,ms,mp,mr,mlzn,mszn,mrzn,mpzn
   znlk(j)=mlzn/ml
   znsk(j)=mszn/ms
   znrk(j)=mrzn/mr
   znpk(j)=mpzn/mp
   znmk(j)=mzn/m
337 format(1x,4f10.3)
   if((bl*dmm-v1)*dv(j).ge.0) ll=ll+(bl*dmm-
v1)*dv(j)/inf(20)
   if((bl*dmm-v1)*dv(j).lt.0) ll=ll+(bl*dmm-
v1)*dv(j)/(inf(20)*0.3)
   if(ll.lt.0) ll=0.001
   j1m(j)=j
   gim(j)=gi
   flm(j)=fl
   ksi(j)=ksifl
   gamfm(j)=gamf
   blm(j)=bl
   bsm(j)=bs
   brm(j)=br
   bpm(j)=bp
   blmzn(j)=blzn
   bsmzn(j)=bszn
   brmzn(j)=brzn
   bpmzn(j)=bpzn
   aflm(j)=afl
   arlm(j)=arl
   llm(j)=ll
   qm(j)=q
   ts1m(j)=ts1
   ts2m(j)=ts2
   write(6,139)j,gi,ml,ms,mr,mp,m
139
format(4x,'i',i5,'i',i4,2x,'i',f8.3,1x,'i',1x,f8.3,'i',1x,f8.3,
1'i',f8.3,'i',f8.3,'i')
   pmlzn(j)=mlzn
   pmszn(j)=mszn
   pmrzn(j)=mrzn
   pmpzn(j)=mpzn
   pmzn(j)=mzn
c   write(6,139)j,gi,mlzn,mszn,mrzn,mpzn,mzn
   j1=j1+1
c .....
   ncp1=ncp
   zslp1=zslp
c .....
99 continue
   write(6,121)
   write(6,120)

```

```

write(6,125)
write(6,120)
write(6,500)
write(6,120)
do 999 j=1,n

write(6,931)j,gim(j),pmlzn(j),pmszn(j),pmrzn(j),pmpzn(j)
,pmzn(j)
931
format(4x,'i',i5,'i',i4,2x,'i',f8.3,1x,'i',1x,f8.3,'i',1x,f8.3,
1'i',f8.3,'i',f8.3,'i')
999 continue
write(6,120)
write(6,1200)
1200 format(4x,64('-'))
write(6,121)
write(6,929)
929 format(20x,'Concentration')
write(6,1200)
write(6,930)
930
format(4x,'i','dek','i','cyt','i',3x,'kznl',3x,'i',3x,'kzns',3x,
1'i',3x,'kznr',3x,'i',3x,'kznp',3x,'i',3x,'kznm',3x,'i')
write(6,1200)
do 9999 j=1,n

write(6,932)j,gim(j),znlk(j),znsk(j),znrk(j),znpk(j),znmk(j)
932 format(4x,'i',i3,'i',i3,'i',5(f10.3,'i'))
9999 continue
write(6,1200)
j1=j-1
write(6,121)
write(6,170)
170 format(10x,' Leaf area index . Temperature.
Soilmoisture ')
write(6,140)
write(6,143)
143
format(4x,'i','dek',1x,'i','cyt',2x,'i',2x,'ll',1x,'i',3x,'q',4x,
1'i',2x,'ts1',2x,'i',3x,'ts2',2x,'i',2x,'fl',2x,'i',1x,'ksifl',1x
1,'i', gamf ', 'i')
write(6,140)
do 154 ji=1,j1

write(6,151)j1m(ji),gim(ji),llm(ji),qm(ji),ts1m(ji),ts2m(ji)
1,flm(ji),ksi(ji),gamfm(ji)
154 continue
151 format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,'i',f5.2,
1'i',f8.3,'i',f7.3,'i',f8.3,'i',f6.3,'i',f7.3,'i',1x,f5.2,'i')
write(6,121)
write(6,140)
write(6,153)
153 format(15x,' Grow ')
write(6,140)
write(6,149)
write(6,140)
149 format(4x,'i','dek',1x,'i',1x,
'cyt',1x,'i',3x,'bl',3x,'i',
13x,'bs',3x,'i',3x,'br',3x,'i',3x,'bp',3x,'i',2x,'af',2x,'i',3x,
1'arl',3x,'i')

```

## Продовження ДОДАТКУ А

```

do 141 i5=1,j1
write(6,150)j1m(i5),gim(i5),blm(i5),
1 bsm(i5),brm(i5),bpm(i5),afm(i5),arlm(i5)
141 continue
write(6,121)
write(6,140)
write(6,503)
503 format(15x,' ZGrow ')
write(6,140)
write(6,504)
write(6,140)
Продовження Додатку А
504 format(4x,'i','dek',1x,'i',1x,
'cyt',1x,'i',2x,'blzn',2x,'i',
12x,'bszn',2x,'i',2x,'brzn',2x,'i',2x,'bpzn',2x,'i',3x,'af',2x,
2'i',3x,'arl',2x,'i')
do 1411 i5=1,j1
write(6,150)j1m(i5),gim(i5),blmzn(i5),
1bsmzn(i5),brmzn(i5),bpmzn(i5),afm(i5),arlm(i5)
1411 continue
write(6,140)
150 format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,'i',2x,
1f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',
21x,f5.3,1x,'i',1x,f5.3,3x,'i')
140 format(4x,66('-'))
write(6,121)
write(6,120)
write(6,1250)
1250 format(10x,'Zasolenie')
write(6,120)
write(6,5000)
5000 format(1x,'i','dek','i','cyt','i',2x,'f2ncp',1x,'i',
12x,'zslf2',1x,'i',2x,'eakt',2x,'i',2x,'epot',2x,'i',1x,'ot
wlag',
21x,'i')
write(6,120)
do 45 j=1,n

write(6,459)j,gim(j),f2ncp(j),zslf2(j),eakt(j),epot(j),otwla
g(j)
459 format(1x,'i',i3,'i',i3,'i',f8.6,'i',4(f8.3,'i'))
45 continue
write(6,120)
write(6,5333)
5333
format(1x,'i','dek','i','cyt','i',2x,'obnk',2x,'i',2x,'obpk',2x,
1'i',2x,'obkk',2x,'i','filt i w0 i')
write(6,120)
do 88 j=1,n

write(6,222)j,gim(j),obnk(j),obpk(j),obkk(j),filt(j),w0(j)
222 format(1x,'i',i3,'i',i3,'i',3(f7.3,'i'),f5.2,'i',f5.0,'i')
88 continue
write(6,120)
close (unit=6)
return
end

```

## input information

-----  
HERSON SR 2004-2020

12 0 13 1 46.00  
 12.3 16.1 20.0 20.7 22.6 24.5 27.0 27.9 29.3 30.9 31.3 33.1  
 2.4 5.0 8.1 10.2 11.8 13.9 16.0 17.3 18.7 20.7 20.9 23.1  
 4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8 11.0  
 10.0 11.0 11.0 13.0 11.0 10.0 12.0 19.0 15.0 19.0 21.0 15.0  
 7 11 10 10 10 10 10 11 10 10 10 3  
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
 0.000 0.000 0.000  
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
 0.000 0.000 0.000  
 2.000 3.000 4.000 5.000 5.000 7.000 8.000 8.000 8.000  
 10.000 9.000 13.000  
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
 0.000 0.000 0.000

-----  
input information-----  
HERSON SR 2004-2020- 2000

12 0 13 1 46.00  
 12.3 16.1 20.0 20.7 22.6 24.5 27.0 27.9 29.3 30.9 31.3 33.1  
 99.0 80.0 70.0 70.0 63.0 54.0 48.0 30.0 20.0 22.0 19.0 19.0  
 2.4 5.0 8.1 10.2 11.8 13.9 16.0 17.3 18.7 20.7 20.9 23.1  
 4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8 11.0  
 10.0 11.0 11.0 13.0 11.0 10.0 12.0 19.0 15.0 19.0 21.0 15.0  
 7 11 10 10 10 10 10 11 10 10 10 3  
 0.000 0.000 50.000 50.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 50.000  
 50.000 0.000 0.000  
 0.000 0.000 0.400 0.400 0.000 0.000 0.000 0.000 0.400  
 0.400 0.000 0.000  
 2.000 3.000 4.000 5.000 5.000 7.000 8.000 8.000 8.000  
 10.000 9.000 13.000  
 0.000 0.000 1.500 1.500 0.000 0.000 0.000 0.000 1.500  
 1.500 0.000 0.000

## input information

## HERSON 2012

10 0 20 1 46.00

14.9 19.2 21.8 31.3 31.4 32.6 29.1 30.4 35.1 35.4

6.1 8.7 12.0 17.8 21.6 21.7 18.4 21.0 25.1 23.9

5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8

18.0 8.0 7.0 3.0 0.0 6.0 59.0 15.0 6.0 4.0

11 10 10 10 10 10 11 10 10 6

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

3.000 3.000 4.000 10.000 12.000 12.000 6.000 9.000 15.000 15.000

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

## input information

## HERSON 2012 – 2000

10 0 20 1 46.00

14.9 19.2 21.8 31.3 31.4 32.6 29.1 30.4 35.1 35.4

6.1 8.7 12.0 17.8 21.6 21.7 18.4 21.0 25.1 23.9

5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8

18.0 8.0 7.0 3.0 0.0 6.0 59.0 15.0 6.0 4.0

11 10 10 10 10 10 11 10 10 6

0.000 50.000 50.000 0.000 0.000 0.000 50.000 50.000 0.000 0.000

0.000 0.400 0.400 0.000 0.000 0.000 0.400 0.400 0.000 0.000

3.000 3.000 4.000 10.000 12.000 12.000 6.000 9.000 15.000 15.000

0.000 1.500 1.500 0.000 0.000 0.000 1.500 1.500 0.000 0.000

## input information

## HERSON 2012 – 4000

10 0 20 1 46.00

14.9 19.2 21.8 31.3 31.4 32.6 29.1 30.4 35.1 35.4

6.1 8.7 12.0 17.8 21.6 21.7 18.4 21.0 25.1 23.9

5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8

18.0 8.0 7.0 3.0 0.0 6.0 59.0 15.0 6.0 4.0

11 10 10 10 10 10 11 10 10 6

0.000 80.000 80.000 0.000 80.000 0.000 80.000 80.000 0.000 0.000

0.000 0.400 0.400 0.000 0.400 0.000 0.400 0.400 0.000 0.000

3.000 3.000 4.000 10.000 12.000 12.000 6.000 9.000 15.000 15.000

0.000 1.500 1.500 0.000 1.500 0.000 1.500 1.500 0.000 0.000

## ДОДАТОКБ.2

## input information

-----  
HERSON 2016

13 0 23 0 46.00

13.3 15.5 12.8 16.1 23.9 26.5 21.8 23.1 23.2 26.6 26.8 33.8 35.3

5.3 7.6 4.3 6.6 11.1 14.4 12.2 14.4 15.7 18.4 17.7 22.0 26.4

4.0 4.0 4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8

5.0 10.0 1.0 13.0 1.0 25.0 29.0 15.0 39.0 26.0 29.0 13.0 35.0

7 10 10 11 10 10 10 10 10 11 10 10 5

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.000 0.000 0.000

2.000 3.000 4.000 5.000 5.000 7.000 8.000 8.000 8.000

10.000 9.000 13.000 13.000

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.000 0.000 0.000

-----  
input information-----  
HERSON 2016– 1200

13 0 230 46.00

13.3 15.5 12.8 16.1 23.9 26.5 21.8 23.1 23.2 26.6 26.8 33.8 35.3

5.3 7.6 4.3 6.6 11.1 14.4 12.2 14.4 15.7 18.4 17.7 22.0 26.4

4.0 4.0 4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8

5.0 10.0 1.0 13.0 1.0 25.0 29.0 15.0 39.0 26.0 29.0 13.0 35.0

7 10 10 11 10 10 10 10 10 11 10 10 5

0.000 0.000 0.000 30.000 45.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

45.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.000 0.000 0.400 0.400 0.000 0.000 0.000 0.000

0.400 0.000 0.000 0.000

2.000 3.000 4.000 5.000 5.000 7.000 8.000 8.000 8.000

10.000 9.000 13.000 13.000

0.000 0.000 0.000 1.500 1.500 0.000 0.000 0.000 0.000

1.500 0.000 0.000 0.000

-----

## input information

-----  
HERSON SR 2031-2050

11 0 22 1 46.00

16.8 19.8 20.0 24.1 25.0 26.9 27.4 30.0 30.3 31.1 32.8

5.7 7.9 9.4 12.9 14.4 15.9 16.8 17.8 20.4 20.4 22.3

4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8

16.0 9.0 10.0 9.0 9.0 19.0 25.0 13.0 13.0 18.0 7.0

9 10 10 10 10 10 11 10 10 10 4

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

2.600 3.400 4.500 5.200 5.600 5.700 6.200 7.200 9.600 9.700 13.100

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

-----  
input information-----  
HERSON SR 2031-2050 -2000

11 0 22 1 46.00

16.8 19.8 20.0 24.1 25.0 26.9 27.4 30.0 30.3 31.1 32.8

5.7 7.9 9.4 12.9 14.4 15.9 16.8 17.8 20.4 20.4 22.3

4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8

16.0 9.0 10.0 9.0 9.0 19.0 25.0 13.0 13.0 18.0 7.0

9 10 10 10 10 10 11 10 10 10 4

0.000 50.000 50.000 0.000 0.000 0.000 50.000 50.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.400 4.000 0.000 0.000 0.000 0.400 0.400 0.000 0.000 0.000

2.600 3.400 4.500 5.200 5.600 5.700 6.200 7.200 9.600 9.700 13.100

0.000 1.500 1.500 0.000 0.000 0.000 1.500 1.500 0.000 0.000 0.000

-----  
input information-----  
HERSON SR 2031-2050 -2500

11 0 22 1 46.00

16.8 19.8 20.0 24.1 25.0 26.9 27.4 30.0 30.3 31.1 32.8

5.7 7.9 9.4 12.9 14.4 15.9 16.8 17.8 20.4 20.4 22.3

4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0 10.2 9.8

16.0 9.0 10.0 9.0 9.0 19.0 25.0 13.0 13.0 18.0 7.0

9 10 10 10 10 10 11 10 10 10 4

0.000 50.000 50.000 0.000 50.000 0.000 60.000 60.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.400 4.000 0.000 0.400 0.000 0.400 0.400 0.000 0.000 0.000

2.600 3.400 4.500 5.200 5.600 5.700 6.200 7.200 9.600 9.700 13.100

0.000 1.500 1.500 0.000 1.500 0.000 1.500 1.500 0.000 0.000 0.000

## input information

-----  
HERSON 2037/0.6

11 0 29 1 46.00  
 15.5 20.1 20.6 20.8 23.7 26.2 27.9 28.2 29.3 30.0 31.7  
 4.4 8.2 10.1 9.6 13.1 15.2 17.3 17.6 19.1 19.6 21.7  
 4.0 4.0 4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0  
 5.0 23.0 15.0 5.0 17.0 4.0 17.0 14.0 5.0 45.0 9.0  
 3 10 10 10 10 10 11 10 10 10 8  
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
 0.000 0.000  
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
 0.000 0.000  
 3.200 3.000 3.400 4.300 4.600 5.700 5.900 6.100 9.000  
 9.600 11.800  
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
 0.000 0.000

## input information

-----  
HERSON 2037/0.6 – 2000

11 0 29 1 46.00  
 15.5 20.1 20.6 20.8 23.7 26.2 27.9 28.2 29.3 30.0 31.7  
 4.4 8.2 10.1 9.6 13.1 15.2 17.3 17.6 19.1 19.6 21.7  
 4.0 4.0 4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8 9.0  
 5.0 23.0 15.0 5.0 17.0 4.0 17.0 14.0 5.0 45.0 9.0  
 3 10 10 10 10 10 11 10 10 10 8  
 0.000 50.000 50.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 50.000 50.000  
 0.000 0.000  
 0.000 0.400 0.400 0.000 0.000 0.000 0.000 0.400 0.400  
 0.000 0.000  
 3.200 3.000 3.400 4.300 4.600 5.700 5.900 6.100 9.000  
 9.600 11.800  
 0.000 1.500 1.500 0.000 0.000 0.000 0.000 1.500 1.500  
 0.000 0.000

-----





## ДОДАТОКЪ.6

## input information

-----  
HERSON 2034/0.1

10 0 072 46.00

15.8 19.3 20.9 24.0 29.0 23.7 28.4 33.7 34.4 33.9

3.9 7.8 9.7 13.4 18.0 13.1 17.8 23.5 24.0 23.9

4.0 4.0 4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8

0.0 1.0 5.0 3.0 3.0 24.0 7.0 0.0 0.0 0.0

3 10 10 10 10 11 10 10 10 7

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

3.400 4.500 4.500 6.200 9.500 4.900 9.100 15.500 17.000 20.200

0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

-----  
input information-----  
HERSON 2034/0.1–2000

10 0 072 46.00

15.8 19.3 20.9 24.0 29.0 23.7 28.4 33.7 34.4 33.9

3.9 7.8 9.7 13.4 18.0 13.1 17.8 23.5 24.0 23.9

4.0 4.0 4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8

0.0 1.0 5.0 3.0 3.0 24.0 7.0 0.0 0.0 0.0

3 10 10 10 10 11 10 10 10 7

0.000 50.000 50.000 0.000 0.000 0.000 50.000 50.000 0.000 0.000

0.000 0.400 0.400 0.000 0.000 0.000 0.400 0.400 0.000 0.000

3.400 4.500 4.500 6.200 9.500 4.900 9.100 15.500 17.000 20.200

0.000 1.500 1.500 0.000 0.000 0.000 1.500 1.500 0.000 0.000

-----  
input information-----  
HERSON 2034/0.1–4000

10 0 07 2 46.00

15.8 19.3 20.9 24.0 29.0 23.7 28.4 33.7 34.4 33.9

3.9 7.8 9.7 13.4 18.0 13.1 17.8 23.5 24.0 23.9

4.0 4.0 4.6 5.3 6.2 6.0 7.5 8.8 9.4 9.8

0.0 1.0 5.0 3.0 3.0 24.0 7.0 0.0 0.0 0.0

3 10 10 10 10 11 10 10 10 7

0.000 80.000 80.000 0.000 80.000 0.000 80.000 80.000 0.000 0.000

0.000 0.400 0.400 0.000 0.400 0.000 0.400 0.400 0.000 0.000

3.400 4.500 4.500 6.200 9.500 4.900 9.100 15.500 17.000 20.200

0.000 1.500 1.500 0.000 1.500 0.000 1.500 1.500 0.000 0.000

-----