

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Вплив сучасних змін клімату на умови вирощування
озимої пшениці у Херсонській області

Виконала студентка 2 курсу групи МЗА-19
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)

Освітня програма «Агрометеорологія»
(назва)

Гайдаржи Ірина Павлівна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., доцент
Вольвач Оксана Василівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Рецензент к.геогр.н., доцент
Волошина Олена Вікторівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2020 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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.

« 26 » жовтня 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Гайдаржи Ірині Павлівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив сучасних змін клімату на умови вирощування озимої пшениці у Херсонській області

керівник роботи Вольвач Оксана Василівна, к.геогр.н., доцент,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 16 » жовтня 2020 року № 194 «С»

2. Строк подання студентом роботи 07 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Метеорологічна та агрометеорологічна інформація за весняно-літній період вегетації озимої пшениці гідрометеорологічної мережі Херсонської області: середньодекадні температури, суми опадів за декаду, середньодекадний дефіцит вологості повітря, запаси продуктивної вологи у ґрунті у метровому та орному шарах ґрунту, а також фенологічні дані за періоди 1969-1983 та 2004-2018 рр. 2. Часові ряди середньообласної урожайності озимої пшениці з 1999 по 2018 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Визначити показники агрометеорологічних умов трьох міжфазних періодів озимої пшениці та вегетаційного періоду у цілому для двох часових періодів; провести уточнення біологічного мінімуму, визначити залежності тривалості періодів від середніх температур. Провести аналіз динаміки урожайності озимої пшениці за допомогою методу гармонійних зважувань. Проаналізувати кліматичну складову урожаїв. Провести ймовірнісний аналіз урожайності. Оцінити сучасні умови вегетації у порівнянні з умовами наприкінці ХХ століття. Визначити фактори, що найбільш впливають на урожайність.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Графіки зв'язку тривалості міжфазних періодів озимої пшениці та відповідних сум температур, графіки залежності тривалості міжфазних періодів від середньої температури за період; графік динаміки урожайності та лінія тренду, графік відхилень урожайності від лінії тренду; ймовірнісна крива урожайності озимої пшениці, графік залежності урожайності від вологозабезпеченості посівів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання. Формування бази даних для виконання магістерської роботи. Оформлення текстової частини першого та другого розділів магістерської роботи.	26.10.2020 р. - 05.11.2020 р.	95	5 (відмінно)
2	Проведення аналізу динаміки урожайності озимої пшениці за методом гармонійних зважувань. Проведення ймовірнісного аналізу урожайності. Написання третього розділу кваліфікаційної роботи.	06.11.2020 р. - 10.11.2019 р.	95	5 (відмінно)
3	Розрахунок показників агроекологічних умов міжфазних періодів озимої пшениці та вегетаційного періоду у цілому. Уточнення біологічного мінімуму по міжфазним періодам.	11.11.2020 р. - 15.11.2019 р.	95	5 (відмінно)
	Рубіжна атестація	16.11.2020 р. - 21.11.2020 р.	95	5 (відмінно)
4	Визначення залежностей тривалості міжфазних періодів від середніх температур. Проведення кореляційного аналізу, визначення предикторів, що впливають на урожайність.	22.11.2020 р. - 29.11.2020 р.	95	5 (відмінно)
5	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	30.11.2020 р. - 07.12.2020 р.	95	5 (відмінно)
	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95,0	

Студентка

_____ Гайдаржи І.П.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Вольвач О.В.
 (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гайдаржи І.П. Вплив сучасних змін клімату на умови вирощування озимої пшениці у Херсонській області

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що уже в теперішній час клімат змінюється досить суттєво у порівнянні з кінцем минулого століття. Це спричиняє відчутні зміни агрометеорологічних умов вирощування озимої пшениці. Ці зміни негативно впливають на урожайність культури.

Тому необхідне детальне вивчення агрометеорологічних умов вирощування озимої пшениці у порівнянні з минулими умовами з метою адаптації посівів до сучасних змін.

Метою даного дослідження є аналіз сучасних умов весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці у порівнянні з умовами наприкінці ХХ століття на прикладі Херсонської області.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати динаміку урожайності озимої пшениці за останні двадцять років;

- визначити ймовірність отримання урожаїв озимої пшениці різних величин;

- розрахувати основні агрометеорологічні показники окремих міжфазних періодів і всього вегетаційного періоду;

- визначити зв'язки між тривалістю окремих періодів і відповідними термічними показниками;

- визначити показники, що найбільше впливають на урожайність.

Об'єкт дослідження – посіви озимої пшениці у Херсонській області.

Предмет дослідження – сучасні умови вегетаційного періоду у порівнянні з минулими умовами.

Методи дослідження – статистичні методи: регресійний аналіз, метод гармонійних вагів для дослідження динаміки урожайності, ймовірнісний метод.

Вперше: проведене порівняння сучасних агрометеорологічних показників вирощування озимої пшениці з показниками за період 1969-1983 рр. Це порівняння показало, що термічні умови вегетаційного періоду за 50 років майже не змінилися. Суттєво погіршилися умови вологозабезпеченості як окремих міжфазних періодів, так і всього весняно-літнього періоду вегетації.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг роботи становить 82 сторінки, 17 рисунків, 19 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 30 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: озима пшениця, урожайність, міжфазний період, біологічний мінімум, вологозабезпеченість, сучасні зміни клімату.

SUMMARY

Gaydarzhi I.P. The impact of modern climate change on the conditions of growing winter wheat in the Kherson region

The relevance of the chosen topic is due to the fact that already now the climate is changing quite significantly compared to the end of last century. This causes significant changes in agrometeorological conditions for growing winter wheat. These changes negatively affect crop yields.

Therefore, a detailed study of agrometeorological conditions for growing winter wheat in comparison with previous conditions is necessary in order to adapt crops to modern changes.

The purpose of this study is to analyze the current conditions of the spring-summer growing season of winter wheat in comparison with the conditions of the late twentieth century on the example of the Kherson region.

To achieve this goal it is necessary to solve the following tasks:

- to analyze the dynamics of winter wheat yields over the past twenty years;
- to determine the probability of obtaining winter wheat crops of different sizes;
- calculate the main agrometeorological indicators of individual interphase periods and the entire growing season;
- to determine the relationship between the duration of individual periods and the corresponding thermal indicators;
- find the indicators that have the greatest impact on yield.

The object of research is winter wheat crops in the Kherson region.

The subject of research - the current conditions of the growing season in comparison with past conditions.

Research methods - statistical methods: regression analysis, method of harmonic scales for research of dynamics of productivity, probabilistic method.

For the first time: a comparison of modern agrometeorological indicators of winter wheat cultivation with the indicators for the period 1969-1983 yy. was made. This comparison showed that the thermal conditions of the vegetation period for 50 years have hardly changed. The moisture supply conditions of both individual interphase periods and the entire spring-summer vegetation period have significantly deteriorated.

The work consists of an introduction, 4 sections, conclusions, a list of sources used. The total volume of work is 82 pages, 17 figures, 19 tables. The list of used literature sources contains 30 titles.

KEY WORDS: winter wheat, yield, interphase period, biological minimum, moisture supply, modern climate change.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 КОРОТКА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
2 БОТАНІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ	13
2.1 Ботанічна характеристика озимої пшениці.....	13
2.2 Роль періоду весняно-літньої вегетації у формуванні продуктивності озимої пшениці	14
2.3 Особливості агротехніки озимої пшениці в Степу.....	18
3 АНАЛІЗ МІНЛИВОСТІ УРОЖАЇВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ НА ТЕРИТОРІЇ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ	23
3.1 Характеристика методу гармонійних зважувань.....	23
3.2 Аналіз динаміки урожаїв озимої пшениці за методом гармонійних зважувань.....	24
3.3 Ймовірнісний аналіз урожайності озимої пшениці.....	29
4 АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ У ВЕСНЯНО-ЛІТНІЙ ПЕРІОД	32
4.1 Агrometeorologічні умови весняно-літньої вегетації наприкінці ХХ сторіччя.....	32
4.1.1 Агrometeorologічні умови періоду відновлення вегетації – нижній вузол соломини	32
4.1.2 Агrometeorologічні умови періоду нижній вузол соломини – колосіння.....	40
4.1.3 Агrometeorologічні умови періоду колосіння – воскова стиглість.....	46
4.1.4 Агrometeorologічні умови вегетаційного періоду.....	53
4.2 Агrometeorologічні умови весняно-літньої вегетації на початку ХХІ сторіччя.....	56
4.2.1 Сучасні агrometeorologічні умови періоду відновлення вегетації – нижній вузол соломини	56
4.2.2 Сучасні агrometeorologічні умови періоду нижній вузол соломини – колосіння.....	62
4.2.3 Сучасні агrometeorologічні умови періоду колосіння – воскова стиглість.....	68
4.2.4 Сучасні агrometeorologічні умови вегетаційного періоду.....	74
4.3 Аналіз впливу сучасних змін клімату на умови весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці.....	77
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	85

ВСТУП

Пшениця є головним продуктом харчування більш ніж в ста країнах світу. Вона посідає перше місце серед культурних рослин по площах. Щорічно загальні посівні площі озимої пшениці становлять 230-235 млн. га, валові збори зерна - до 600 млн. т. Протягом останнього століття посівні площі озимої пшениці збільшилися вдвічі, а виробництво зерна - в чотири рази. Попит на пшеничне зерно і продукти його переробки з року в рік збільшується. На даний час в усьому світі стоїть питання про стабілізацію площ посіву цієї найдавнішої культури за умови збільшення врожайності. У ряді країн площі посіву пшениці навіть трохи зменшуються, але валові збори ростуть за рахунок врожайності.

Перше місце в світі за врожайністю зерна пшениці на початок 21 століття належить Ірландії - 8 т/га, за нею - Великобританія - 7,6 т/га, Нідерланди - 7,4 т/га, Данія-7,3 т/га і Німеччина - 7,2 т/га [1]. В Україні такі врожаї отримують в особливо сприятливі роки і тільки на незначних площах. В середньому за останні п'ятнадцять років врожайність озимої пшениці по Україні становить 2,9 т/га.

В Україні посіви озимої пшениці займають, залежно від року, 6,4-7,3 млн. га. До 90 % площ її зосереджені у степовій і лісостеповій зонах і лише близько 10 % - у поліській.

Харчова продукція пшениці має багато переваг перед іншими хлібними злаками. Вона поживна, калорійна, легко зберігається і транспортується. З неї одержують продукти, які легко засвоюються і придатні до широкого використання у кулінарії та годівлі сільськогосподарських тварин. Також зерно пшениці містить такі білки та клітковину, які дають можливість дріжджовому тісту підніматися в результаті створення в процесі бродіння вуглекислого газу. Ця особливість дає змогу випікати пшеничний дріжджовий хліб.

Хімічний склад зерна пшениці дуже мінливий. Вміст білка, мінеральних речовин, ферментів та вітамінів у різних партіях пшениці може відрізнятись у декілька разів. Ці відмінності істотно впливають на переробку, використання та поживну цінність продуктів.

Зерно м'якої пшениці в основному використовують для випікання хліба, а твердої – для виготовлення макаронних виробів і манної крупи [2]. Серед зернових культур пшеничне зерно відрізняється високим вмістом білка. Наявність його в зерні залежить від сорту, умов вирощування та може знаходитись на рівні 9-15%. У зерні пшениці міститься велика кількість вуглеводів, в тому числі до 70% крохмалю, вітаміни В₁, В₂, РР, Е, провітаміни А, D, а також до 2% зольних мінеральних речовин. Білки пшениці містять повноцінний амінокислотний склад, всі незамінні амінокислоти, які добре засвоюються людським організмом.

Білок є найціннішою частиною пшеничного зерна. Тому ця культура представляє значну цінність у вирішенні проблеми виробництва рослинного білка шляхом виробництва кормового (фуражного) зерна на корм сільськогосподарським тваринам. Комбікорми, отримані на основі зерна пшениці, дають найбільш високі результати по приросту ваги, окупності корму і якості продукції.

Озиму пшеницю можна використовувати в зеленому конвеєрі як в чистому вигляді так і в суміші з іншими культурами. Для тваринництва велику цінність представляють солома і полова. 100 кг соломи прирівнюються до 20 - 22 кормових одиниць і містять 0,6 кг перетравного протеїну. 100 кг полови оцінюються в 40,5 кормових одиниць і містять 1,5 кг перетравного протеїну.

Вважається, що використання пшениці в раціоні годівлі корів не дає переваги в порівнянні з ячменем і вівсом, але в раціонах птиці пшениця займає перше місце і становить до 60% від загальної маси кормів.

Озима пшениця є добрим попередником в зерновій сівозміні для інших культур. Найкращий попередник для сої, кукурудзи, проса, гречки, цукрового

буряку, тобто для провідних культур, що вирощуються в Україні – саме озима пшениця.

Пшениця є одним з головних продуктів світової торгівлі. На її частку припадає приблизно половина всього експорту зерна [3]. За даними Міністерства аграрної політики і продовольства у 2018-2019 маркетинговому році Україна експортувала 15,58 млн тон пшениці та пшенично-житньої суміші.

На сьогоднішній день питання змін клімату є безперечним фактом, дослідженню якого присвячені багаточисельні праці зарубіжних та українських вчених. Розглядаються проєкції змін клімату на наступні роки, до кінця поточного століття. Однак, досить суттєво клімат змінюється і в теперішній час у порівнянні з кінцем минулого століття. Це спричиняє відчутні зміни агрометеорологічних умов вирощування провідних сільськогосподарських культур в Україні. Особливо ці зміни уже зараз відчуваються у степових областях України. Тому в даній кваліфікаційній роботі зроблено спробу проаналізувати сучасні умови весняно-літнього періоду вегетації найважливішої зернової культури в Україні – озимої пшениці - у порівнянні з умовами наприкінці ХХ століття.

В якості методичної основи для виконання роботи використовувались статистичні методи: кореляційний та регресійний аналіз, а також метод гармонійних зважувань та ймовірнісний метод для аналізу урожайності культури.

Для виконання роботи були використані дані фенологічних, метеорологічних та агрометеорологічних спостережень за посівами озимої пшениці з агрометеорологічних щорічників за періоди 1969-1983 рр. (друга половина минулого століття) та відповідні дані за теперішній час (2004-2018 рр.). Також використовувались дані про щорічну середньообласну урожайність озимої пшениці в Херсонській області.

1 КОРОТКА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

Клімат Херсонської області помірно-континентальний із порівняно м'якою зимою та жарким тривалим літом. Середня температура повітря за рік по області становить 9,8-10,8 °С. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 0,8-2,2 °С, середня температура липня (найтеплішого місяця) - 22,9-23,9 °С.

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 °С у бік потепління та починається весна.

Вегетаційний період (із середньодобовими температурами повітря 5°С 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°С за цей період змінюється від 3635°С на сході до 3770°С у центрі області, у приморських районах - від 3810 °С до 3860 °С.

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 183-189 днів, змінюючись в окремі роки від 162 до 219 днів, у приморських районах - від 148 до 154 днів, починається 13-17 квітня і закінчується 15-20 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період змінюється від 3285 °С на півночі до 3415 °С в центрі області, в приморських районах - від 3455 °С до 3495 °С. В окремі роки ця сума коливається від 2850 °С до 3685 °С, у приморських районах - від 3105 °С до 3745 °С .

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °С і вище), триває в області 132-142 дні - з 11-17 травня до 24-30 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °С за цей період змінюється від 2585 °С на півночі до 2735 °С в центрі області, в приморських районах - 2800 °С - 2830 °С [4].

Середня кількість опадів по області за рік становить 444 мм, змінюючись по території від 368 до 503 мм. Близько 65 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року. 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 - сильні вітри (зі швидкістю більше 5 м/с) при низькій вологості повітря (менше 30 %) та високих температурах повітря (вище 25 °С). Вони негативно впливають на розвиток с.-г. культур, що призводить до істотного зниження їх урожайності. У вегетаційний період на території області (крім приморських районів) спостерігається від 15 до 33 днів із суховіями різної інтенсивності [4].

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. Сувора атмосферна засуха, яка часто поєднується із ґрунтовою у період активної вегетації с.-г. культур (ГТК менше 0,7), має ймовірність 90 % на більшій частині території області. 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.

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 посушливий та високого рівня теплозабезпечення дуже посушливий). Карта-схема агрокліматичного районування території Херсонської області з легендою до неї представлена на рис. 1.1 [4].

Перші осінні заморозки в повітрі спостерігаються в третій декаді вересня, у приморських районах - в другій декаді жовтня, останні весняні - у першій декаді травня, у приморських районах - у другій декаді квітня. Середня тривалість беззаморозкового періоду по області в повітрі становить 170-191 днів, у приморських та прибережних районах - 204-216 днів, на поверхні ґрунту - 153-166 днів, у приморських та прибережних районах - 182- 189 днів.

Сніговий покрив залягає протягом січня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму коливається по області від 20 до 53 днів. Середня висота снігу за зиму - 3-4 см, тоді як максимальна висота в окремі роки досягає 21-44 см. В останні десятиріччя досить часто спостерігаються роки без сталого снігового покриву або взагалі безсніжні зими. Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 19 см до 29 см.

Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму, залежно від типу ґрунту, становить мінус 1,7-2,9 °С. Узимку зазвичай спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень - лютий по області коливається від 58 до 67. Відлиги, які тривають більше ніж 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин. Після тривалих відлиг за наявності снігового покриву існує значна ймовірність його руйнування, що сприяє утворенню льодяної кірки на полях [4].

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

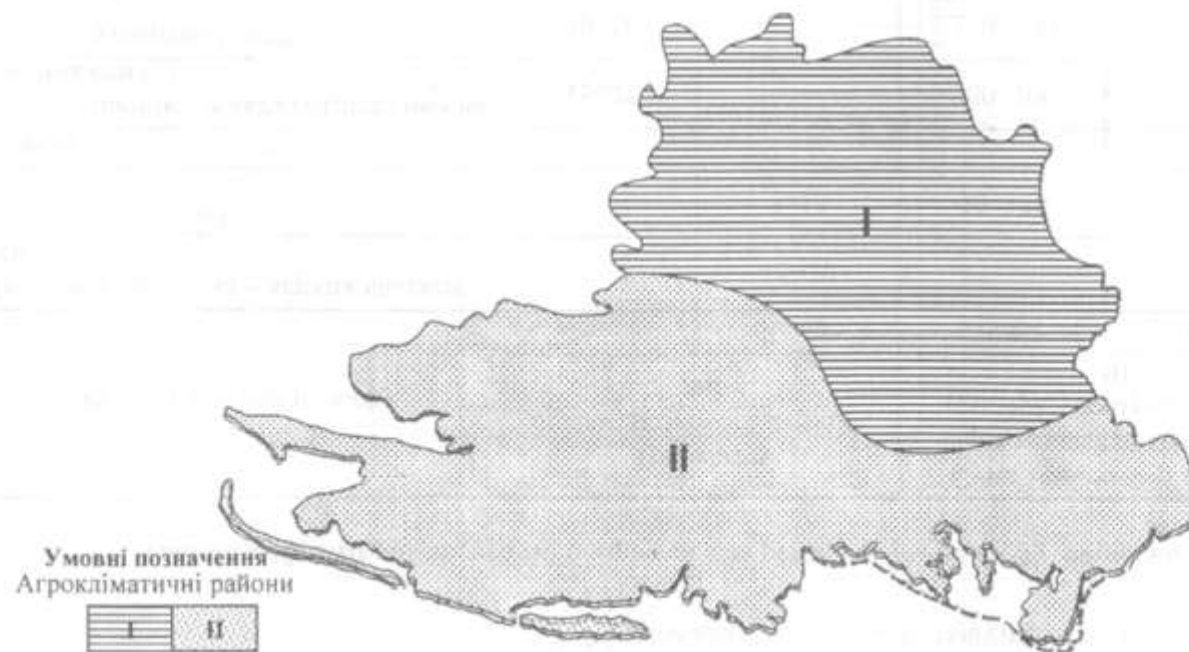


Рисунок 1.1 – Агрокліматичне районування Херсонської області [4]

2 БОТАНІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

2.1 Ботанічна характеристика озимої пшениці

Пшениця (*Triticum*) належить до зернових хлібів першої групи. Налічується 22 види, що належать до родини Злаків (*Gramineae*). Всі пшениці представлені однорічними трав'янистими формами.

Коренева система. Пшениця не утворює головний стрижневий корінь. З самого початку процесу проростання насіння має декілька розвинених зародкових коренів. У процесі подальшого росту з нижніх стеблових вузлів починають формуватися вузлові (придаткові) корені. Вони і утворюють мичкувату кореневу систему. Основна маса її зосереджена на глибині 15-25 см, але частина коренів проникає в ґрунт глибше і може досягати глибини 2,8 м. При нормальному посіві рослини озимої пшениці мають до моменту збирання кореневу систему довжиною від 850 до 1 000 м [3].

Стебло – соломина циліндричної форми. У твердої пшениці вона заповнена пухкою паренхімою, а у м'якої – пуста. Стебло по довжині розділене на 5-7 частин вузлами, що представляють собою кільцеподібні потовщення. Довжина стебла залежить від генетичних особливостей сортів і умов вирощування і становить 50-70 а інколи – до 200 см [3, 5],

Кущистість озимої пшениці – це кількість стебел, що розвиваються з вузла кушіння. Не всі стебла бувають колосоносними, тому виділяють загальну і продуктивну кущистість (тобто загальну кількість стебел і кількість колосоносних чи продуктивних стебел) Як правило до кінця осені пшениця формує 3-6 пагонів на одну рослину. Навесні рослини можуть сформувати ще 1-3 бокових пагонів [2].

Листки пшениці розділяються на прикореневі та стеблові. На головному пагоні у більшості сортів озимої пшениці закладається 8–10 листків, на бокових

- на 1-3 менше. Результати багатьох наукових досліджень свідчать, що розміри листових пластинок в період їх фотосинтетичної діяльності істотно впливають на формування сухої маси рослин і врожай зерна [5].

Колос. Суцвіття пшениці – колос, що складається з багатоступінчастого стержня і колосків. Квітки зібрані в колоски. У пшениці в колосках знаходиться 3-5 квіток. Квітки оточені двома квітковими лусочками (внутрішньою і зовнішньою). Зовнішня листова лусочка у різних форм може нести ость, яка захищає від випаровування і служить органом асиміляції. Колоски містять дві колоскові лусочки - нижню і верхню. Колір колоскових лусочок буває білим або червоним, а остюків – червоним, білим чи чорним [3, 5].

Зернівка. Плід пшениці – зернівка, яку агрономи називають зерном. У зерні можна виявити зрощені між собою плодову і насінневу оболонки, сильно розвинене мучнисте тіло (ендосперм) і зародок. Останній становить приблизно 2- 5% загальної маси плоду, частка ендосперму становить у пшениці 80-84%. У зародку є зачатки кореня і пагону нової рослини. Він дуже чутливий до пошкоджень і несприятливих умов [3, 5].

У середньому колосі міститься 30-35 зернин, середня маса зерна в колосі коливається від 1 до 4 г, маса 1000 зернин у середньому становить 40 г [6].

2.2 Роль періоду весняно-літньої вегетації у формуванні продуктивності озимої пшениці

Ріст, розвиток і продуктивність рослин озимої пшениці залежать від їх стану в період припинення осінньої вегетації, ступеня закалювання, агрометеорологічних умов холодного періоду, стану їх після перезимівлі та від часу поновлення весняної вегетації.

Як вже відзначалося, цикл розвитку озимих культур складається з двох активних періодів (осіннього та весняно-літнього), а також періоду відносного зимового спокою, який вважається малоактивним періодом.

Перший активний період триває від сівби до припинення осінньої вегетації рослин, його тривалість становить у середньому 40-60 днів. Протягом цього періоду відбувається початкове формування кореневої системи і надземних вегетативних органів (стебел, листя). Саме ці органи виконують у рослини найважливіші життєві функції - живлення, дихання, фотосинтезу та вологообміну. Загально прийнято, що оптимальні умови осіннього періоду для озимих культур складаються, коли вологість верхніх горизонтів ґрунту становить 60-70 % польової вологоємності, а середньодобова температура повітря знаходиться у межах 13-18 °С [7].

Протягом осінніх місяців у озимих відбувається формування вузла кушіння, нових пагонів та вузлових коренів, накопичення пластичних речовин. Тому бажано, щоб саме у цей дуже важливий період складався комплекс сприятливих агрометеорологічних умов.

Тривалість періоду вимушеного спокою становить 3-6 місяців. Спокій зимуючих рослин протягом цього періоду вважається відносним, тому що всі життєві процеси у них повністю не припиняються. Фотосинтез, дихання та розвиток "пригальмовані" низькими температурами та слабким освітленням (у залежності від наявності та потужності снігового покриву). Навіть екстремальних умовах рослини знаходяться у стані відносного спокою.

Другий активний період настає з приходом весни і літа, коли активність процесів фотосинтезу, дихання та росту починає зростати. Цьому сприяють зростання припливу сонячної радіації та підвищення температур повітря і ґрунту. Протягом періоду весняно-літньої вегетації відбувається формування генеративних органів зернових культур: колоса і колосків, квіток, зернівок і насіння. В кінцевому підсумку агрометеорологічні умови двох активних періодів і малоактивного - зимового - забезпечують спільне формування урожайності озимої пшениці.

Активна вегетація озимої пшениці припиняється після переходу середньодобової температури повітря восени через 5°C. Однак в південних регіонах перехід від осені до зими більш тривалий за часом, відбувається

поступово завдяки більш інтенсивному денному прогріванню повітря. Тому процес кушіння озимої пшениці спостерігається і в період від дати переходу температури повітря через 5°C до дати переходу її через 3°C.

Таким чином, після посіву озимі культури проходять наступні фази розвитку в осінньо-зимовий, ранньовесняний періоди: набухання і проростання насіння, сходи, третій лист і кушіння. При цьому процес кушіння може тривати і в ранньовесняний період до переходу до IV етапу органогенезу [7].

При сприятливих умовах озима пшениця, посіяна в оптимальні терміни, формує до кінця осені 3-6 пагонів на одній рослині. Тривалість періоду від сходів до припинення вегетації озимої пшениці становить у середньому 40-45 (до 60) діб. Саме в цей період відбувається стадія біологічного розвитку рослин - стадія яровизації, після якої озимі набувають здатність утворювати плодові пагони [9].

Згідно з загальноприйнятою в агрометеорології методикою, ознакою поновлення вегетації озимих є утворення свіжої зелені. Старе листя, що збереглося на початок вегетації, стає струнким та пружним. Ознаки початку вегетації звичайно помітні, коли максимальна температура повітря перейде через +5° С [8, 9].

Агрометеорологічні умови, що складаються у весняно-літній період, відіграють істотну роль у формуванні врожаю озимої пшениці. Рослини, що перезимували, навесні інколи частково втрачають свою кореневу систему, листя, стебла, нерідко за зимовий період у них пошкоджуються вузли кушіння. Сприятливі умови до виправлення посівів навесні складаються, якщо відбувається поступове наростання тепла без різких добових коливань температури, а коренева система рослин добре забезпечена вологою.

Завдяки ранній весні у слабо розвинених рослин з'являється можливість тривалого весняного кушіння, що, як показали дослідження [12], істотно збільшує врожайність твердої озимої пшениці. Це підтверджує велике значення погодних умов в ранньовесняний період для формування високої продуктивності озимої пшениці.

Весною у рослин озимої пшениці спостерігається активний ріст стебла. Подовження стебла починається з подовження нижнього міжвузля, що знаходиться над вузлом кушіння. Коли нижнє міжвузля стебла піднімається на 1-1,5 см над ґрунтом, починається процес виходу в трубку. За даними [13] визначення строків настання цієї фази має велике значення, тому що вона є орієнтиром для проведення ряду весняних робіт по догляду за посівами. Наприклад, закінчення підживлення озимих прикореневим способом, закінчення боронування посівів і т. д. Однак слід відзначити, що у практиці оперативного агрометеорологічного обслуговування в останні роки фаза виходу у трубку у зернових колосових не визначається,

Як правило стебло озимої пшениці складається з 5-6 міжвузль, верхнє з яких продовжує подовжуватись і до початку цвітіння.

Потовщення головної стеблини на висоті 0,5 см над поверхнею ґрунту є ознакою наступної фази - утворення нижнього вузла соломини над поверхнею ґрунту. Фаза колосіння у пшениці реєструється, коли колос наполовину висунувся з піхви верхнього листка. У цей період відбувається активне зростання вегетативної маси і разом з формуванням колосу інтенсивно ростуть нове листя і корені. За даними Є.С. Уланової швидке і дружнє колосіння відбувається за умов високих температур повітря, достатня вологість ґрунту та сонячна погода [2].

За фазою колосіння настає фаза цвітіння, яку в озимої пшениці реєструють коли квіткові луски розкриваються і пильники можна бачити зовні квітів. Як правило, це відбувається у сонячну погоду, а якщо пшениця цвіте у хмарну погоду з великою вологістю повітря та низькою температурою, то квіткові луски не відкриваються, пильники зовні не виходять, а пилок з них безпосередньо висипається на маточку [10].

Мінімальна температура для цвітіння становить 6,7°C, дуже висока температура і нестача вологи (відносна вологість повітря нижче 25%) різко зменшують ступінь запліднення пшениці. В такому випадку запліднюються не всі квітки і спостерігається таке шкідливе для урожаю явище як череззерниця [2].

Після запліднення відбувається ріст та розвиток зародку, формується ендосперм та утворюються зернина. Формування зернівок за помірної вологості та теплої погоди триває 12-15 днів, а на півдні 10-12 днів. Потім настає фаза молочної стиглості, яка характеризується також інтенсивним постачанням пластичних речовин у зерно. Цей період ще називають періодом наливу зерна [2].

Ознаки молочної стиглості такі: зерно майже сформувалося за розміром, має зелене забарвлення, якщо його здавити між пальцями, оболонка лускає і вміст зерна видавлюється назовні у вигляді досить густої рідини молочного кольору [10]. Дослідження [11, 12], свідчать, що за достатньої вологозабезпеченості і температурі повітря 20-22°C процес формування й наливу зерна озимої пшениці триває 20-24 дні.

Наприкінці молочної стиглості у зернівках накопичується до 90% сухої речовини. Настає фаза воскової стиглості. У цей час стебла жовтіють, більшість листя також жовтіють і відмирають. У період воскової стиглості притік пластичних речовин у зернівку майже зовсім припиняється, вона набуває консистенції воску і досягає своєї максимальної ваги.

За сухої жаркої погоди цей період скорочується до 5-6 днів, за холодної та вологості - збільшується до 12-14 днів. Під кінець воскової стиглості вологи у зерні міститься 15-20% та нижче і настає повна стиглість [2].

2.3 Особливості агротехніки озимої пшениці в Степу

Попередники. Озима пшениця - вибаглива культура щодо попередників, від них залежить наявність вологи і поживних речовин в ґрунті до часу її сівби, дружність утворення і розвитку сходів, фітосанітарний стан посівів, урожайність, і, що найбільш важливо - якість зерна [14].

Падіння урожаїв пшениці при беззмінному вирощуванні спричиняється саме пригніченням посівів бур'янами, що пристосувалися до умов пшеничного поля. Відомо, що у цьому випадку кількість бур'янів збільшується в 2-5 разів,

причому проведення хімічних заходів боротьби з бур'янами та внесення добрив ситуацію не виправляють [15].

За даними дослідів, що проводилися в Одеському Селекційно-генетичному інституті, сучасні сорти по удобреному пару перевищують старі сорти майже на 20 ц/га, після гороху - на 1,5-6,1 ц/га, а при внесенні $N_{120}P_{60}K_{60}$ - 10,4-12,7 ц/га [5].

Інтенсивні сорти можуть реалізувати свою потенційну врожайність при застосуванні прийомів вирощування, що відповідають їх біологічним особливостям, і при створенні високого агротехнічного фону. Після всіх попередників Альбатрос одеський і Юнат одеський дали найвищий урожай. Невелика висота стебла і його висока міцність забезпечують хорошу стійкість цих сортів проти вилягання навіть на високому агрофоні й при сильному зволоженні [5].

Сіяти сучасні сорти після поганих попередників недоцільно. Їх слід розміщувати після хороших попередників - по чорному й зайнятому парах, після гороху, при створенні високого агрофону.

Визначено, що показники якості зерна (вміст клейковини, її якість, вміст білку) були найкращими після чистого пару, дещо гіршими – після гороху, найгіршої - після кукурудзи на силос [16].

Сорти озимої твердої пшениці успішно конкурують із сортами м'якої пшениці при умові, коли створюється сприятливий водний і поживний режим для одержання своєчасних і дружних сходів, хорошого розвитку рослин з осені та успішної перезимівлі. Отже, маючи високий потенціал продуктивності, сорти озимої твердої пшениці більш чутливі до умов вирощування, ніж м'якої.

Обробіток ґрунту. Для нових озимої пшениці якість обробітку ґрунту має дуже важливе значення. При поганому обробітку посівного шару, особливо якщо він брилистий, пересушений, росток часто не може вийти на поверхню, що призводить як до зниження схожості, так і до значної затримки появи сходів, до їх ослаблення [5].

Після обробітку важкою дисковою бороною БДТ-3 ґрунт добре розробляється, стає менш брилистим, посівний шар залишається краще зволуженим, що забезпечує дружнє появлення сходів і кращу схожість насіння, особливо напівкарликових форм. Отже, сучасні сорти озимої пшениці потребують ретельної підготовки ґрунту [5].

Удобрення. Висока продуктивність інтенсивних сортів озимої пшениці може бути реалізована лише на добре удобрених полях. Норма внесення добрив повинна забезпечувати найбільш високий економічний ефект. Дослідження, проведені в Селекційно-генетичному інституті, показали, що фосфорно-калійні добрива є більш ефективними по пару, ніж після гороху і кукурудзи на силос, а азотні після непарових попередників. Вплив азотних добрив коливається залежно від умов року. В посушливі роки азотні добрива знижують врожай, в нормальні та вологі - підвищують. Найбільш доцільним виявилось внесення 60 кг/га азоту. Подальше збільшення норми, незалежно від способу внесення, не забезпечує підвищення врожаю [5].

Урожайність і вміст протеїну в зерні ростуть зі збільшенням доз азоту, причому вміст протеїну підвищується прямолінійно, а приріст урожайності тільки до певного оптимуму. З іншого боку, внесення підвищених доз азоту, особливо на ранніх стадіях росту рослин, веде до вилягання рослин, зниження урожайності і ускладнень в збиранні [3].

Пізнє внесення азотних добрив підвищує не тільки зміст протеїну, але і масу 1000 зернин і натуру зерна. Підвищується перетравність протеїну, отже пізнє внесення азотних добрив дуже вигідно і для виробництва [3].

Достатнє забезпечення зернових фосфором, калієм, магнієм, кальцієм і сіркою підвищує їх зимостійкість і пристосованість до стресових умов. У рослин прискорюється ріст кореневої системи. Це покращує засвоєння рослинами ґрунтової вологи і поживних речовин восени. Калій покращує здатність рослин до засвоєння і накопичення води з ґрунту. Підвищується виробництво сухої маси на одиницю використаної води. Це дозволяє рослинам краще реагувати на

нестачу вологи. При тривалому оптимальному удобренні калієм покращується польова вологість ґрунту [3].

Також, у дослідях [5] було виявлено, що на півдні України роздрібне внесення азотних добрив і в комплексі із застосуванням фунгіцидів і гербіцидів, тобто при інтенсивній технології вирощування озимої пшениці, не забезпечує підвищення врожаю порівняно з одноразовим внесенням. Отже, при наявності всіх видів добрив їх доцільно вносити перед сівбою. Підживлення азотними добривами слід проводити насамперед там, де їх восени не вносили, або вносили в недостатній кількості, що більш точно може бути визначене ґрунтовою й рослинною діагностикою.

Більш високий урожай озимої пшениці одержали при поєднанні основного і припосівного добрива порівняно з одноразовим внесенням. Так, при внесенні $N_{50}P_{50}K_{50}$ урожай становив 43,8 ц/га, а на фоні $N_{40}P_{40}K_{60}$ і припосівного внесення $N_{10}P_{10}K_{10}$ він був вищим на 1,8 ц/га. Крім того, за такого способу сівби поліпшувалася якість зерна завдяки підвищенню вмісту сирого білка [5].

Раціональне використання добрив під озиму пшеницю передбачає не тільки підвищення врожайності зерна, але й поліпшення його якості. Фосфорно-калійні, в основному знижують вміст білка в зерні, особливо по пару і після гороху. Азотні добрива підвищують білковість залежно від норм і строків внесення. Застосування 60 кг/га азоту після всіх попередників і сортах підвищує вміст білка. Збільшення до 120 кг/га при одноразовому внесенні забезпечує подальше підвищення його вмісту [5].

Строки сівби. Багаторічними дослідями встановлено, що оптимальні строки в північних районах Степу наставали на початку вересня, в центральних - у середині й у південних - початку жовтня.

За даними Інституту кукурудзи УААН найбільш високою продуктивністю відзначаються рослини озимої пшениці, у яких період від сівби до припинення вегетації триває 50-65 днів. У дослідях Селекційно-генетичного інституту тривалість періоду від оптимального строку сівби до відходу рослин у зиму становив 60-75 днів. Тривалість періоду від сівби до припинення осінньої

вегетації в окремі роки може дещо змінюватися, в зв'язку з чим повинні зміщуватися і оптимальні строки сівби як у бік ранніх, так і більш пізніх. При короткій і холодній осені, оптимальні строки сівби настають раніше. В роки з більш тривалим періодом вегетації рослини пізніх строків сівби формують вищий урожай, ніж ранніх.

Норма висіву. При вирощуванні твердої озимої пшениці слід врахувати її слабку куцистість, в результаті чого при однаковій з м'якою пшеницею нормі висіву вона формує меншу густоту продуктивного стеблестою [5]. Аналогічні дані одержані в багатьох агротехнічних дослідах Держсортмережі, які підтверджують, що для одержання максимального врожаю нових сортів озимої твердої пшениці доцільно норму висіву збільшувати порівняно з середньорослими сортами м'якої пшениці на 0,5-1 млн/га схожих насінин [5].

Догляд за посівами. Дослідження засміченості посівів озимої пшениці бур'янами у перші етапи розвитку посівів, проведені в довготривалому стаціонарному досліді Веселоподільської дослідно-селекційної станції показали, що використання оранки сприяло появі меншої кількості бур'янів ніж при застосуванні комбінованого обробітку. Використання добрив істотно знижувало забур'яненість посівів незалежно від типу обробітку ґрунту [17].

Збирання. Дозрівання озимої пшениці виявляють за ступенем воскової стиглості (вміст вологи - 35-45%), коли колоски і зерна набувають жовтий колір. Збирання можна починати при досягненні 75% рослин стану стиглості. Жнива озимої пшениці зазвичай відбувається однофазним або двофазним способом. Перший метод - менш витратний по собівартості, але його здійснення можливе тільки за умови 15% вмісту вологи в зернах. Зазвичай, таким чином збирають насінневі зони полів, тому що відсоток схожості такого насіння дуже високий.

Роздільним (двофазним) способом скошують поля жатками в окремі валки і обмолочують тільки на другий або третій день. Борошно з такої пшениці зберігає поживну цінність і відрізняється високими хлібопекарськими якостями.

3 АНАЛІЗ МІНЛИВОСТІ УРОЖАЇВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ НА ТЕРИТОРІЇ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1 Характеристика методу гармонійних зважувань

Збільшення урожайності сільськогосподарських культур та створення високопродуктивних рослинних угруповань неможливе без сучасних знань про закономірності впливу факторів навколишнього середовища (екзогенних) на процеси життєдіяльності та продуктивність сільськогосподарських культур.

Сучасні дослідження свідчать, що протягом останнього десятиріччя в Україні стрімко зростають урожаї основних сільськогосподарських культур, в тому числі і озимої пшениці. Таким чином можна сказати, що урожайність останніми роками має тенденцію (тренд) до зростання у часі, але темпи цього зростання по областях України різні.

На тлі загальної тенденції росту урожайності відзначаються її коливання у часі, тобто мають місце як роки із урожайністю, близькою до середньобогаторічної, так і роки з високими або низькими урожаями.

Причиною, яка обумовлює зростання урожайності є підвищення загальної культури землеробства. Культура землеробства - дуже широке і ємне поняття, що означає рівень ведення землеробства в цілому. Висока культура землеробства - це дбайливе ставлення до землі, це добре насіння, дотримання сівозміни, правильний обробіток ґрунту і ретельний догляд за посівами, раціональне використання добрив, високоякісне виконання всіх видів польових робіт, високопродуктивне використання техніки, своєчасне виконання всіх агротехнічних заходів, відповідність сортів, що вирощуються, агрокліматичним ресурсам території. Всі ці заходи в кінцевому рахунку забезпечують високий урожай, сприяють постійному підвищенню родючості ґрунту.

Як правило, зростання урожайності обумовлено в основному використанням добрив, внеском можливостей сорту, особливостями агротехніки

та раціональним розміщенням культур на території. Всі ці фактори визначають поступовий ріст урожайності у часі, тобто формують тренд.

Щорічні коливання урожайності від лінії тренду залежать від погоди і пов'язані з кліматичними особливостями будь-якої території. Сучасні дослідження показують, що погодні умови протягом вегетаційного періоду суттєво впливають на формування врожайності озимої пшениці в Південному Степу України. Частка їх впливу значно перевищує вплив агротехнічних елементів технології вирощування і сягає майже 61% [18].

Таким чином, всі фактори, що впливають на урожайність сільськогосподарської культури (в тому числі, й озимої пшениці) можна розділити на два великих класи: перший – складові культури землеробства, другий – метеорологічні фактори.

Ідея про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову належить В.М. Обухову і в агрометеорології отримала подальший розвиток у роботах А.М. Польового [19] та В.М. Пасова [20].

Метод гармонічних зважувань вперше був запропонований для економічних розрахунків З. Хельвігом. Пізніше цей метод отримав подальший розвиток в агрометеорологічних дослідженнях А.М. Польового [19, 21]. Цей метод має ту перевагу, що дозволяє відмовитися від пропозицій щодо виду тренду врожайності.

3.2 Аналіз динаміки урожаїв озимої пшениці за методом гармонічних зважувань

У даній роботі ми провели аналіз динаміки урожайності озимої пшениці по Херсонській області за 20 років (1999-2018 рр.) Лінія тренду розраховувалась за допомогою методу гармонічних вагів (зважувань) [19]. Також розраховувались відхилення урожайності від лінії тренду, тобто добутки або втрати урожаю під впливом погодних умов конкретного року. Заключним

етапом дослідження був аналіз ряду відхилень урожайності від лінії тренду з метою визначення кліматичної складової урожайності та її мінливості на досліджуваній території.

Як видно з рис. 3.1, в 2016 році урожайність озимої пшениці в Херсонській області досягла найбільшої за останні 20 років величини в 36,2 ц/га. За досліджуваний період спостерігається дуже несуттєве зменшення трендової компоненти урожайності протягом п'яти перших років (1999-2003 рр.), коли урожайність за трендом не перевищувала 21,5 ц/га. З 2003 р. спостерігається інтенсивне майже прямолінійне зростання трендової компоненти. Це свідчить про суттєве підвищення рівня культури землеробства при вирощуванні озимої пшениці в Херсонській області. Середня за двадцять років досліджень урожайність склала 22,1 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних зважувань, додатна і складає 0,97 ц/га.

Середньорічна урожайність озимої пшениці в Херсонській області в 1999-2003 рр. становила 20,6 ц/га, в 2004-2008 рр. - зросла до 26,2 ц/га, в 2009-2013 рр. – дещо зменшилась - до 23,9 ц/га. Треба відзначити, що саме на цю п'ятирічку припадають два дуже посушливі роки – 2010-й та 2012-й. Однак, у останні п'ять років урожаї зросли дуже суттєво і середній урожай за 2014-2018 рр. становить 33,6 ц/га. Отже, тренд у напрямку сталого підвищення урожайності озимої пшениці не є випадковим та носить стійкий характер, відмічається протягом багатьох років.

У 2003 р. спостерігався найнижчий урожай за досліджуваний період - 6,1 ц/га. Також невисокий урожай відмічався у посушливому 2012 р. і становив 15,8 ц/га. Протягом 2015-2017 рр. було зібрано найбільші урожаї озимої пшениці – 35,5, 36,2 та 34,9 ц/га відповідно.

Розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.2). Оскільки величина відхилення визначається ступенем сприятливості (або несприятливості) погодних умов конкретного року для вирощування озимої пшениці, можна зробити наступні висновки. Найбільш сприятливими для вирощування озимої пшениці були 2001, 2004 та 2008 та 2011 рр. У ці роки

додатні відхилення від лінії тренду склали відповідно 8,3, 7,7, 8,1 та 8,2 ц/га. Найбільш несприятливими для вирощування озимої пшениці були 2003, 2012 та 2013 рр. У ці роки від'ємні відхилення від лінії тренду склали відповідно 15,4, 11,5 та 7,6 ц/га.

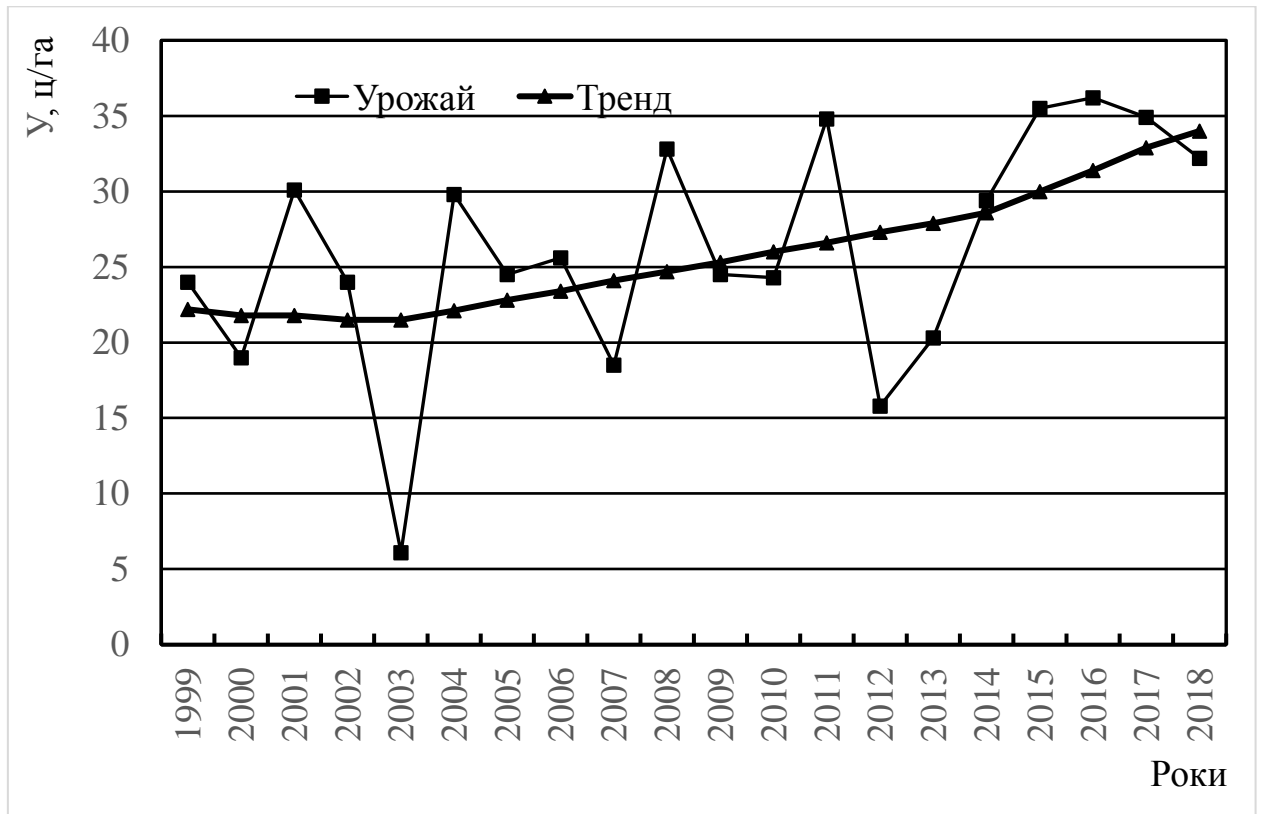


Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності озимої пшениці та лінія тренду в Херсонській області

Такі порівняно високі прирости та недобори урожаїв за рахунок погодних умов свідчать про те, що вони в Херсонській області є досить нестабільними. Тому представляє інтерес дослідження саме кліматичної складової мінливості урожаїв.

Згідно до методики В.М. Пасова [20], особливий інтерес представляє тільки та частина варіації урожаю, що пов'язана зі змінами погоди:

$$c_v = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_{iT} - \bar{y})^2}{n-1}}. \quad (3.1)$$

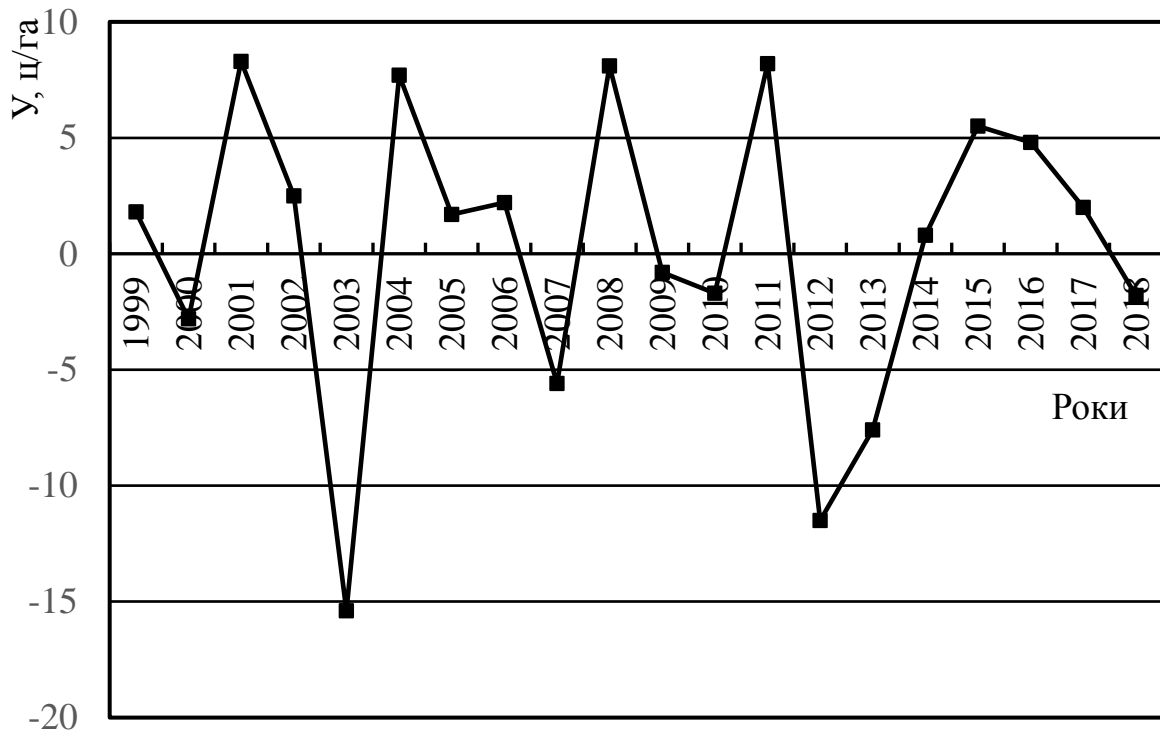


Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності озимої пшениці від лінії тренду в Херсонській області

За методикою В.М. Пасова [20] була розрахована кліматична складова мінливості урожаїв озимої пшениці в Херсонській області. Хід розрахунків представлений у таблиці 3.1. У таблиці y – фактична урожайність озимої пшениці (ц/га), y_T – урожайність за трендом.

$$c_v = \frac{1}{26,1} \sqrt{\frac{1131,5 - 298,4}{20 - 1}} = \frac{1}{26,1} \sqrt{\frac{833}{19}} = \frac{\sqrt{43,86}}{26,1} = \frac{6,62}{26,1} = 0,25$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок кліматичної складової
урожайності озимої пшениці

n	Рік	y	y_T	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_{iT} - \bar{y}$	$(y_{iT} - \bar{y})^2$
1	1999	24	22,2	-2,1	4,4	-3,9	15,2
2	2000	19	21,8	-7,1	50,4	-4,3	18,5
3	2001	30,1	21,8	4	16,0	-4,3	18,5
4	2002	24	21,5	-2,1	4,4	-4,6	21,2
5	2003	6,1	21,5	-20	400,0	-4,6	21,2
6	2004	29,8	22,1	3,7	13,7	-4	16,0
7	2005	24,5	22,8	-1,6	2,6	-3,3	10,9
8	2006	25,6	23,4	-0,5	0,3	-2,7	7,3
9	2007	18,5	24,1	-7,6	57,8	-2	4,0
10	2008	32,8	24,7	6,7	44,9	-1,4	2,0
11	2009	24,5	25,3	-1,6	2,6	-0,8	0,6
12	2010	24,3	26	-1,8	3,2	-0,1	0,0
13	2011	34,8	26,6	8,7	75,7	0,5	0,3
14	2012	15,8	27,3	-10,3	106,1	1,2	1,4
15	2013	20,3	27,9	-5,8	33,6	1,8	3,2
16	2014	29,4	28,6	3,3	10,9	2,5	6,3
17	2015	35,5	30	9,4	88,4	3,9	15,2
18	2016	36,2	31,4	10,1	102,0	5,3	28,1
19	2017	34,9	32,9	8,8	77,4	6,8	46,2
20	2018	32,2	34	6,1	37,2	7,9	62,4
Середнє		26,1					
Сума				0,3	1131,5	-6,1	298,4

Середню квадратичну помилку кліматичної складової мінливості урожаїв можна визначити за формулою

$$\partial_{C_m} = \frac{c_m \sqrt{1+c_m^2}}{\sqrt{2(n-1)}}, \quad (3.2)$$

де n – довжина ряду.

В нашому випадку $n=20$, отже помилка ∂_{C_m} дорівнює

$$\partial_{c_m} = \frac{0,25\sqrt{1+(0,25)^2}}{\sqrt{2(20-1)}} = \frac{0,25\sqrt{1+0,0625}}{\sqrt{38}} = \frac{0,25\sqrt{1,0625}}{6,16} = \frac{0,26}{6,16} = 0,042$$

В.М. Пасов [20] стосовно кліматичної складової мінливості урожаїв озимої пшениці та озимого жита для характеристики території вирощування культури пропонує такі градації, які можна застосувати й для інших сільськогосподарських культур:

- зона найменшої мінливості урожаїв або стабільних урожаїв ($c_m \leq 0,20$);
- зона помірно стійких урожаїв ($c_m = 0,21 - 0,29$);
- зона нестійких урожаїв ($c_m \geq 0,30$);
- зона дуже нестійких урожаїв ($c_m \geq 0,50$).

Згідно з класифікацією В.М. Пасова, Херсонську область можна віднести до території помірно стійких урожаїв.

3.3 Ймовірнісний аналіз урожайності озимої пшениці

Розрахунок ймовірностей різних явищ або інтегральних кривих їх розподілу проводиться емпіричним способом з використанням фактичного ряду спостережень. У даній роботі ймовірність урожаїв озимої пшениці різних значень розраховувалась із застосуванням формули Алексєєва [21]:

$$P_i = \frac{m_i - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% \quad (3.3)$$

де m_i – порядковий номер членів статистичного ряду (в нашому випадку, фактичних значень урожайності) $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, розташованих в порядку зменшення; n – кількість років спостережень (в нашому випадку 23 роки); P_i – забезпеченість у відсотках. Вказаний метод був застосований нами для визначення міжрічної мінливості урожаю озимої пшениці для Херсонської області. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.2

На рисунку 3.3 представлена графічна інтерпретація отриманих результатів. З кривої сумарної імовірності знімалися значення урожаю озимої пшениці різної забезпеченості. Результати цієї роботи представлені в табл. 3.3.

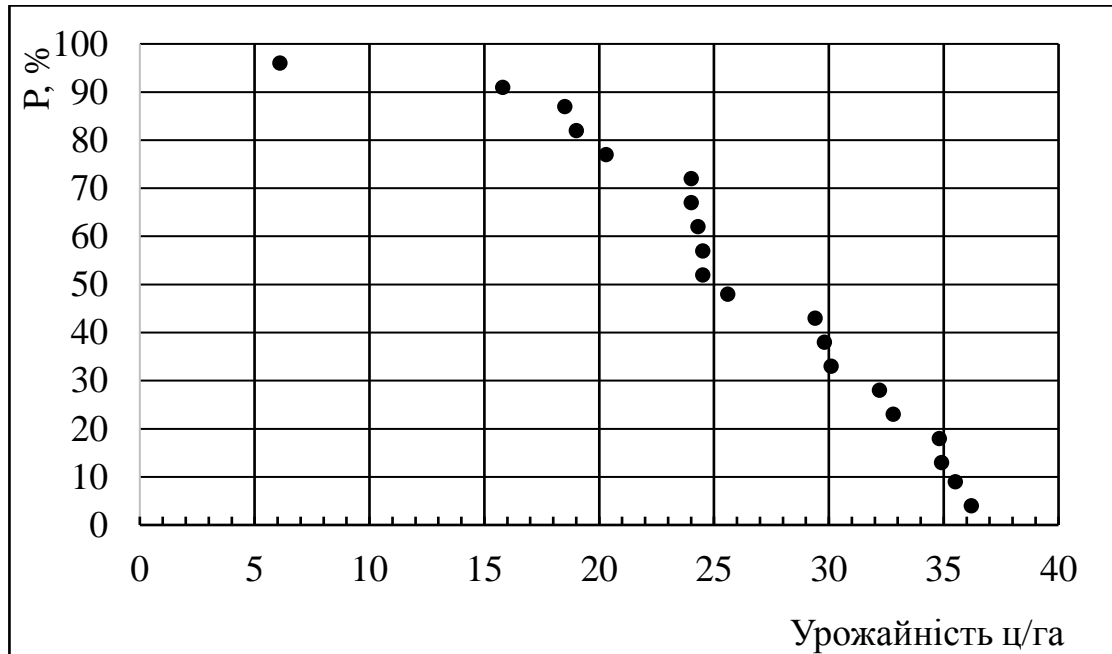


Рисунок 3.3. – Крива ймовірності урожаїв озимої пшениці

В Херсонській області урожаї озимої пшениці порядку 36 ц/га отримують з ймовірністю 10 % (тобто раз в десять років), а щорічно тут забезпечені урожаї лише не вище 10 ц/га. Урожай 32 ц/га можна очікувати у трьох роках з десяти (ймовірність 30 %), а урожай 19 ц/га – у восьми випадках з десяти (ймовірність 80 %).

Таким чином в Херсонській області спостерігається ріст рівня культури землеробства, про що свідчать дослідження, виконані нами з використанням методу гармонійних зважувань.

Таблиця 3.2 – Розрахунок ймовірності урожаїв озимої пшениці

Рік	N	Ряд урожайності, ц/га		P _x , %
		Фактичний	Ранжований	
1999	1	24	36,2	4
2000	2	19	35,5	9
2001	3	30,1	34,9	13
2002	4	24	34,8	18
2003	5	6,1	32,8	23
2004	6	29,8	32,2	28
2005	7	24,5	30,1	33
2006	8	25,6	29,8	38
2007	9	18,5	29,4	43
2008	10	32,8	25,6	48
2009	11	24,5	24,5	52
2010	12	24,3	24,5	57
2011	13	34,8	24,3	62
2012	14	15,8	24	67
2013	15	20,3	24	72
2014	16	29,4	20,3	77
2015	17	35,5	19	82
2016	18	36,2	18,5	87
2017	19	34,9	15,8	91
2018	20	32,2	6,1	96

Таблиця 3.3 - Забезпеченість урожаїв озимої пшениці

\bar{y} , ц/га	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
26,1	38	36	35	32	30	26	24	22	19	16	10

Але в аномальні за метеорологічними умовами роки урожайність суттєво відрізняється від середніх значень. Однак, оскільки дослідження кліматичної складової урожайності дозволяють віднести Херсонську область до зони помірно стійких урожаїв, можна сказати, що озима пшениця є досить добре пристосованим до ґрунтово-кліматичних умов території дослідження. Результати аналізу динаміки урожайності озимої пшениці було нами опубліковано [22].

4 АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ У ВЕСНЯНО-ЛІТНІЙ ПЕРІОД

4.1 Агromетeорoлoгiчнi умoви вeснiяно-лiтнoї вeгeтaцiї нaпpикiнцi ХХ стoрiччя

4.1.1 Агromетeорoлoгiчнi умoви пeрioду вiднoвлeння вeгeтaцiї – нижнiй вузoл сoлoмини

Зa дaними 1969-2004 pp. в Хeрсoнськiй oблaстi вiднoвлeння вeгeтaцiї oзимoї пшeницi вiдбувaєтьсiя у сeрeднi бeрeзнiя. Сeрeднiя дaтa вiднoвлeння вeгeтaцiї – 18 бeрeзнiя (тaбл. 4.1). Нaйбiльш рaннiй стрoк вiднoвлeння вeгeтaцiї спoстeрiгaвсiя в 1977 рoцi (16 лyтoгo), a нaйбiльш пiзнiй - в 1980 рoцi (2 квiтнiя).

Сeрeднi знaчeння зaпaсiв вoлoги в oрнoмy шaрi зa пeрioд склaли 30 мм (70 % НВ). Як пoкaзaли нaшi рoзрaхунки, нaйбiльшi зaпaси пpoдyктивнoї вoлoги в шaрi 0-20 см спoстeрiгaлисiя в 1970 рoцi (40 мм), a нaймeншi – у 1976 рoцi (21 мм). Цe вiдпoвiдaє 95 % тa 50 % НВ вiдпoвiднo.

Тaкoж ми рoзрaхувaли зaпaси пpoдyктивнoї вoлoги в мeтpoвoмy шaрi гpyнтy. В сeрeдньoмy вoни дoрiвнюють 122 мм, щo стaнoвить 62 % НВ. Oднaк спoстeрiгaютьсiя кoливaння вiд 73 мм (39 % НВ) в 1972 p. дo 154 мм (83 % НВ) в 1978 p.

Сeрeднiя дaтa пoявлeння нижнoгo вузлa сoлoмини oзимoї пшeницi у Хeрсoнськiй oблaстi – 25 квiтнiя, сaмa рaннiя - 6 квiтнiя (1975 p.), нaйпiзнiшa – 8 тpaвнiя (1969 p.).

Тpивaлiстb пeрioду вiд вiднoвлeння вeгeтaцiї дo yтвoрeння нижнoгo вузлa сoлoмини в сeрeдньoмy стaнoвить 38 днiв. Нaйтpивaлiшiй пeрioд спoстeрiгaвсiя у 1977 рoцi (63 днi), a нaйкoрoтшiй – у 1973 тa 1975 рoкaх (29 днiв).

Таблиця 4.1 – Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці від поновлення вегетації до утворення нижнього вузла соломини (Херсонська область)

Роки	Дати настання фаз		N, дні	$\Sigma T > 5^{\circ}\text{C}$		T _{ср} , °C	ΣR , мм	W ср			
	Поновл. вегет.	Нижній вузол		Акт.	Еф			0-20	% НВ	0-100	% НВ
1969	31.03	8.05	38	369	179	9,7	34	34	81	87	47
1970	16.03	22.04	37	334	149	9,0	21	40	95	152	82
1971	22.03	28.04	37	298	113	8,1	23	34	81	153	82
1972	20.03	22.04	33	345	180	10,5	9	24	57	73	39
1973	20.03	18.04	29	270	125	9,3	8	28	67	138	74
1974	20.03	30.04	41	287	82	7,0	32	27	64	128	69
1975	8.03	6.04	29	207	62	7,1	17	27	64	118	63
1976	26.03	30.04	35	356	181	10,2	26	21	50	79	42
1977	16.02	20.04	63	369	54	5,9	77	31	74	144	77
1978	12.03	26.04	45	419	194	9,3	106	34	81	154	83
1979	14.03	26.04	43	338	123	7,9	77	29	69	97	52
1980	2.04	2.05	30	270	120	9,0	71	28	67	120	65
1981	10.03	18.04	39	205	10	5,3	51	29	69	137	74
1982	28.03	2.05	36	295	115	8,2	43	27	64	124	67
1983	20.03	20.04	31	314	159	10,1	24	29	69	121	65
Ср.	18.03	25.04	38	315	123	8,4	41	30	70	122	62
Найменш.	16.02	6.04	29	205	10	5,3	8	21	50	73	39
Найбільш.	2.04	8.05	63	419	194	10,5	106	40	95	154	83

За період відновлення вегетації - нижній вузол соломини озимої пшениці в середньому багаторічному накопичилося 315^oC активних температур вище 5^oC. Їх значення коливалися від 205^oC (1981 рік) до 419^oC (1978 рік). Ефективних температур за цей період в середньому накопичилося 123^oC. Найменше значення суми спостерігалось в 1981 році (10^oC), а найбільше - в 1978 році (194^oC).

Середня температура періоду відновлення вегетації - нижній вузол соломини за 15 досліджуваних років дорівнює 8,4^oC. Найбільша середня температура спостерігалася у 1972 р. і дорівнювала 10,5^oC, найменша температура спостерігалася у 1981 р. і дорівнювала 5,3^oC.

Також нами були розраховані суми опадів за досліджуваний період. В середньому за період відновлення вегетації - нижній вузол соломини озимої пшениці випадає 41 мм, найбільша їх кількість спостерігалася в 1978 р. і склала 106 мм. Найменша кількість опадів випала в 1973 рр. і склала 8 мм.

Температура рослин - один з основних факторів, що визначають швидкість розвитку сільськогосподарських культур. Тому важливим завданням агрометеорології є визначення зв'язків темпів розвитку різних культур з їх температурою, в тому числі і встановлення нижньої межі температури, при якій здійснюється розвиток.

За даними Степанова кожна сільськогосподарська культура має свій біологічний мінімум температури, який змінюється протягом вегетаційного періоду культури. Озима пшениця належить до численної групи рослин, біологічні особливості яких сформувалися під впливом помірного клімату з чітко визначеними холодною і теплою порою року. Всі ці рослини мають однаковий біологічний мінімум температури повітря, близький до 5^oC.

З підвищенням температури повітря зверх біологічного мінімуму розвиток рослин прискорюється пропорційно зростанню температури, але до визначеного порогу. Температура, при якій спостерігаються найбільші темпи розвитку культури, є найсприятливішою температурою - температурний

оптимум. У різних сільськогосподарських культур значення температурного оптимуму різні, також вони різні у різні міжфазні періоди.

Постійність сум ефективних температур дозволяє з певною завчасністю розраховувати очікувані дати настання різних фаз розвитку сільськогосподарських культур, тобто складати фенологічні прогнози. Для цього використовується рівняння:

$$\sum t = A + Bn \quad (4.1)$$

де $\sum t$ - сума позитивних температур повітря за період; n - тривалість періоду, дні; A - сума ефективних температур за вказаний міжфазний період, °С; B - біологічний мінімум температури в цей же період, °С.

Нами було проведене уточнення біологічного мінімуму озимої пшениці за період відновлення вегетації – нижній вузол соломини. В агрометеорології існує декілька методів визначення біологічного мінімуму будь-якої сільськогосподарської культури [23]. У даній роботі ми використовували методику визначення біологічного мінімуму по міжфазних періодах озимої пшениці за допомогою методу найменших квадратів і розглядали залежність між сумами активних температур та тривалістю міжфазного періоду. Методика побудови прямої лінії за методом найменших квадратів надається в [24].

Залежність сум активних температур від тривалості періоду відновлення вегетації – нижній вузол соломини в Херсонській області представлена на рис. 4.1. Рівняння зв'язку:

$$SumT_1 = 3,2N_1 + 192, \quad (4.2)$$

де $SumT$ – сума додатних температур, °C; 3,2 – біологічний мінімум, °C; N – тривалість періоду, дні; 192 – сума ефективних температур вище уточненого мінімуму, °C, 1 – номер міжфазного періоду.

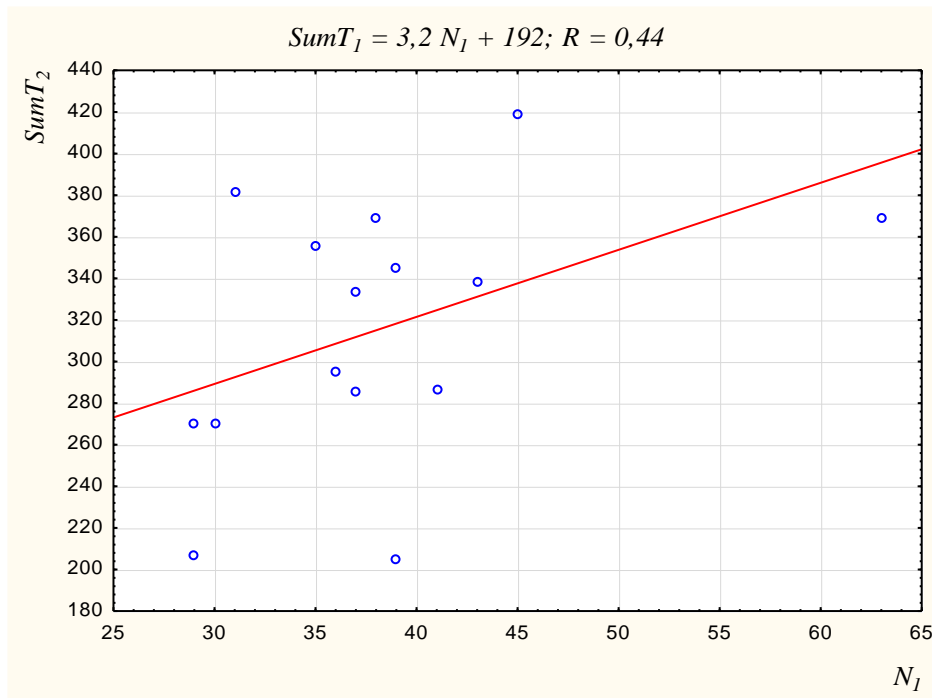


Рисунок 4.1 – Графік залежності сум активних температур за період відновлення вегетації – нижній вузол соломини озимої пшениці від тривалості періоду

R – коефіцієнт кореляції, що є мірою тісноти прямолінійного зв'язку, у даному випадку дорівнює 0,44. Автори використаної для розрахунків методики [24] вважають, що така величина коефіцієнту кореляції є значущою на 5%-ому рівні значущості. Значить між сумою температур та тривалістю періоду в даному випадку є зв'язок.

Таким чином, можна зробити висновок, що біологічний мінімум озимої пшениці у період відновлення вегетації – нижній вузол соломини в умовах Херсонської області у 70-80-х роках минулого століття становив 4,3°C.

Цей висновок не протирічить тим відомостям, що були представлені вище. Це пояснюється тим, що в агрометеорології відомо, що біологічні мінімуми температури неможна вважати постійними. В залежності від сорту рослин, типу ґрунту, способу його обробки, ступеня зволоження вони можуть

коливатися у досить широких межах. Навіть для одного й того ж сорту рослин біологічний мінімум температури не залишається постійним. Так, дослідженнями встановлено, що озима пшениця вегетує за середньої додатної температури $2,9^{\circ}$ и нижче.

Також в агрометеорології важливим є питання визначення залежності тривалості міжфазних періодів сільськогосподарських культур від температури повітря. Зв'язок тривалості міжфазного періоду із середньою температурою повітря за період, згідно з дослідженнями Є.С. Уланової, є оберненим і представляє собою ступеневу криву [24].

Позначимо тривалість періоду через y , а температуру повітря через x . Рівняння зворотного зв'язку має вигляд

$$y = \frac{b}{x^a}, \quad (4.3)$$

де a і b - параметри рівняння, постійні коефіцієнти.

Для визначення його параметрів ми скористувалися методикою, запропонованою в агрометеорології Є.С. Улановою та О.Д. Сиротенком [24]. Вони вважають, що між логарифмами цих двох величин існує тісний прямолінійний зв'язок. Тому необхідно рівняння (4.3) привести до лінійного вигляду. Прологарифмуємо це рівняння і отримаємо $\lg y = -a \lg x + \lg b$.

Позначаємо $\lg y = y_1$, $\lg x = x_1$, $\lg b = B$ і отримуємо $y_1 = -ax_1 + B$ - рівняння прямої лінії для зворотного зв'язку. Якщо брати не значення x та y , а їх логарифми, то між ними зв'язок буде прямолінійний. Параметри рівняння прямої регресії можна визначати за методом найменших квадратів або через коефіцієнт кореляції r та середньоквадратичні відхилення σ_x та σ_y .

Порядок розрахунків параметрів рівняння представлений у таблиці 4.2. Розрахунки проводились за допомогою коефіцієнту кореляції (r)

$$r = \frac{\sum \Delta x_1 \Delta y_1}{\sqrt{\sum \Delta x_1^2 \sum \Delta y_1^2}} = \frac{-0,0533}{\sqrt{0,1091 \cdot 0,1074}} = \frac{-0,0533}{0,1082} = -0,49.$$

Помилка коефіцієнту кореляції

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = \frac{1-(-0,49)^2}{\sqrt{15}} = \frac{0,76}{3,87} = 0,196.$$

$$r \mp \sigma_r = -0,49 \mp 0,196 = \begin{cases} -0,69 \\ -0,29 \end{cases}$$

Коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}};$$

$$\sigma_{y_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,1074}{15}} = \sqrt{0,0072} = 0,0846$$

$$\sigma_{x_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,1091}{15}} = \sqrt{0,0073} = 0,0853$$

$$\frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = \frac{0,0846}{0,0853} = 0,99.$$

Визначаємо коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = -0,49 \cdot 0,99 = -0,49.$$

Підставляємо в рівняння $y_1 - \bar{y}_1 = R(x_1 - \bar{x}_1)$ величини R , \bar{y}_1 , \bar{x}_1 :

$$y_1 - 1,5668 = -0,49(x_1 - 0,9107); \quad y_1 = 1,5668 - 0,49x_1 + 0,4462$$

Отримуємо пошукане рівняння зв'язку

$$y_1 = 2,01 - 0,49x_1 \quad \text{чи} \quad lgy = 102 - 0,49lgx.$$

Знаходимо b ($lgb = 2,01, b = 102$).

Таким чином, залежність тривалості міжфазного періоду поновлення вегетації – нижній вузол соломини від середньої температури цього періоду, представлена на рис. 4.2, визначається рівнянням $y = \frac{102}{x^{0,49}}$.

Таблиця 4.2 - Розрахунок зв'язку тривалості періоду поновлення вегетації – нижній вузол соломини від середньої температури періоду (Херсонська область)

№ п/п	x	y	x_I	y_I	Δx_I	Δy_I	Δx_I^2	Δy_I^2	$\Delta x_I \Delta y_I$	$\Delta x_I + \Delta y_I$	$(\Delta x_I + \Delta y_I)^2$
1	9,7	38	0,9868	1,5798	0,0761	0,0130	0,0058	0,0002	0,0010	0,0891	0,0079
2	9,0	37	0,9542	1,5682	0,0435	0,0014	0,0019	0,0000	0,0001	0,0449	0,0020
3	8,1	37	0,9085	1,5682	-0,0022	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0008	0,0000
4	10,5	33	1,0212	1,5185	0,1105	-0,0483	0,0122	0,0023	-0,0053	0,0622	0,0039
5	9,3	29	0,9685	1,4624	0,0578	-0,1044	0,0033	0,0109	-0,0060	-0,0466	0,0022
6	7,0	41	0,8451	1,6128	-0,0656	0,0460	0,0043	0,0021	-0,0030	-0,0196	0,0004
7	7,1	29	0,8513	1,4624	-0,0594	-0,1044	0,0035	0,0109	0,0062	-0,1638	0,0268
8	10,2	35	1,0086	1,5441	0,0979	-0,0227	0,0096	0,0005	-0,0022	0,0752	0,0057
9	5,9	63	0,7709	1,7993	-0,1399	0,2325	0,0196	0,0541	-0,0325	0,0927	0,0086
10	9,3	45	0,9685	1,6532	0,0578	0,0864	0,0033	0,0075	0,0050	0,1442	0,0208
11	7,9	43	0,8976	1,6335	-0,0131	0,0667	0,0002	0,0044	-0,0009	0,0536	0,0029
12	9,0	30	0,9542	1,4771	0,0435	-0,0897	0,0019	0,0080	-0,0039	-0,0461	0,0021
13	5,3	39	0,7243	1,5911	-0,1864	0,0243	0,0348	0,0006	-0,0045	-0,1622	0,0263
14	8,2	36	0,9138	1,5563	0,0031	-0,0105	0,0000	0,0001	0,0000	-0,0074	0,0001
15	10,1	31	1,0043	1,4914	0,0936	-0,0754	0,0088	0,0057	-0,0071	0,0182	0,0003
Ср.			0,9107	1,5668							
Сума					0,1172	0,0162	0,1091	0,1074	-0,0533	0,1335	0,1099

Кореляційне відношення (η), яке характеризує тісноту криволінійних залежностей у даному випадку становить 0,63, що відповідає досить тісному зв'язку.

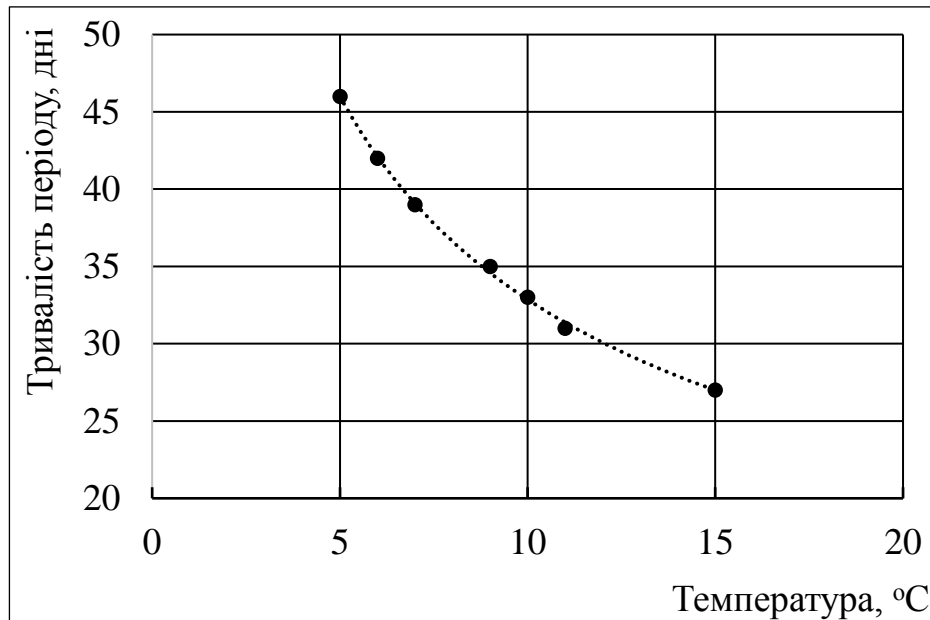


Рисунок 4.2 – Залежність тривалості періоду поновлення вегетації – нижній вузол соломини від середньої температури за період

4.1.2 Агрометеорологічні умови періоду нижній вузол соломини - колосіння

Одночасно з інтенсивним ростом стебла, внаслідок різкого видовження передостаннього міжвузля, відбувається вихід колоса з піхви верхнього листка, що означає настання фази колосіння. У цей період продовжується формування репродуктивних органів, наростання вегетативної маси і сухої речовини. Інтенсивність ростових процесів залежить від забезпеченості вологою і елементами живлення. Це найбільш ефективний період для обробітку посівів фунгіцидами з метою захисту озимої пшениці від хвороб.

За багаторічними даними (1969-1983 роки) середня дата появи нижнього вузла соломини озимої пшениці у Херсонській області – 25 квітня,

сама рання – 6 квітня (1975 р.), найпізніша – 8 травня (1969 р.) (табл. 4.3). Фаза колосіння озимої пшениці спостерігається в середньому 24 травня, через 28 днів після появи нижнього вузла соломини. У різні роки дата колосіння коливається від 14 травня (1970 і 1975 рр.) до 2 червня (1980 р.). Найтриваліший період спостерігався в 1975 і 1981 рр. (38 днів), а найкоротший - в 1970 р. (22 дні).

Середні значення запасів вологи в орному шарі за період нижній вузол соломини – колосіння склали 18 мм (43 % НВ). Як показали наші розрахунки, найбільші запаси продуктивної вологи в шарі 0-20 спостерігалися у 1977 році (28 мм), а найменші - у 1976 році (6 мм). Це відповідає 67 % і 14 % НВ. Також ми розрахували запаси продуктивної вологи за другий міжфазний період в метровому шарі. В середньому вони дорівнюють 81 мм, що становить 44% НВ. Однак спостерігаються коливання від 37 мм (20 % НВ) в 1972 р. до 141 мм (76 % НВ) в 1977 р.

За період нижній вузол соломини – колосіння в середньому багаторічному накопичилося 404°C активних температур вище 5°C. Їх значення коливалися від 330°C (1976 р.) до 519°C (1975р.).

Ефективних температур в середньому накопичилося 263°C. Найменше значення суми спостерігалось в 1980 році (194°C), а найбільше - у 1972 році (342°C).

Середня температура періоду нижній вузол соломини – колосіння за 15 досліджуваних років дорівнює 14,5°C. Найбільша середня температура спостерігалася у 1979 р. і дорівнювала 17,2°C, найменша температура спостерігалася у 1980 р. і дорівнювала 11,3°C.

Також нами були розраховані суми опадів за досліджуваний період. В середньому за період нижній вузол соломини – колосіння випадає 44 мм, найбільша їх кількість спостерігалася в 1979 р. і склала 103 мм. Найменша кількість опадів випала в 1976 р. і склала 12 мм.

Таблиця 4.3 – Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці в період від нижнього вузла соломини до колосіння (Херсонська область)

Роки	Дати настання фаз		N, дні	$\Sigma T > 5 \text{ }^\circ\text{C}$		Тср, °C	ΣR , мм	W ср			
	Нижній вузол	Колосінн я		Акт.	Еф			0-20	% НВ	0-100	% НВ
1969	8.05	31.05	23	356	241	15,5	29	13	31	48	26
1970	22.04	14.05	22	338	228	15,4	22	19	45	113	61
1971	28.04	26.05	28	439	299	15,7	32	22	52	106	57
1972	22.04	24.05	32	502	342	15,7	47	12	29	37	20
1973	18.04	18.05	30	397	247	13,2	27	19	45	92	49
1974	30.04	26.05	26	370	240	14,2	46	22	52	103	55
1975	6.04	14.05	38	519	329	13,7	49	12	29	67	36
1976	30.04	24.05	24	330	210	13,8	12	6	14	45	24
1977	20.04	20.05	30	423	273	14,1	73	28	67	141	76
1978	26.04	24.05	28	378	238	13,5	45	27	64	114	61
1979	26.04	20.05	24	412	292	17,2	103	24	57	57	31
1980	2.05	2.06	31	349	194	11,3	50	17	40	61	33
1981	18.04	26.05	38	485	295	12,8	86	20	48	99	53
1982	2.05	26.05	24	383	263	16,0	14	12	29	52	28
1983	20.04	15.05	25	376	251	15,0	21	19	45	81	44
Ср.	25.04	24.05	28	404	263	14,5	44	18	43	81	44
Найменш.	6.04	14.05	22	330	342	11,3	12	6	14	37	20
Найбільш.	8.05	2.06	38	519	194	17,2	103	28	67	141	76

Нами також було проведене уточнення біологічного мінімуму озимої пшениці за період нижній вузол соломини – колосіння. Залежність сум активних температур від тривалості цього періоду представлена на рис. 4.3.

Рівняння зв'язку:

$$SumT_2 = 9,4N_2 + 137 \quad (4.4)$$

де $SumT$ – сума додатних температур, °С; 9,4 – біологічний мінімум, °С; N – тривалість періоду, дні; 137 – сума ефективних температур вище уточненого мінімуму, °С, 2 – номер міжфазного періоду.

R – коефіцієнт кореляції, що є мірою тісноти прямолінійного зв'язку, у даному випадку дорівнює 0,81. Це свідчить про те, що між сумою температур та тривалістю періоду в даному випадку є дуже тісний зв'язок.

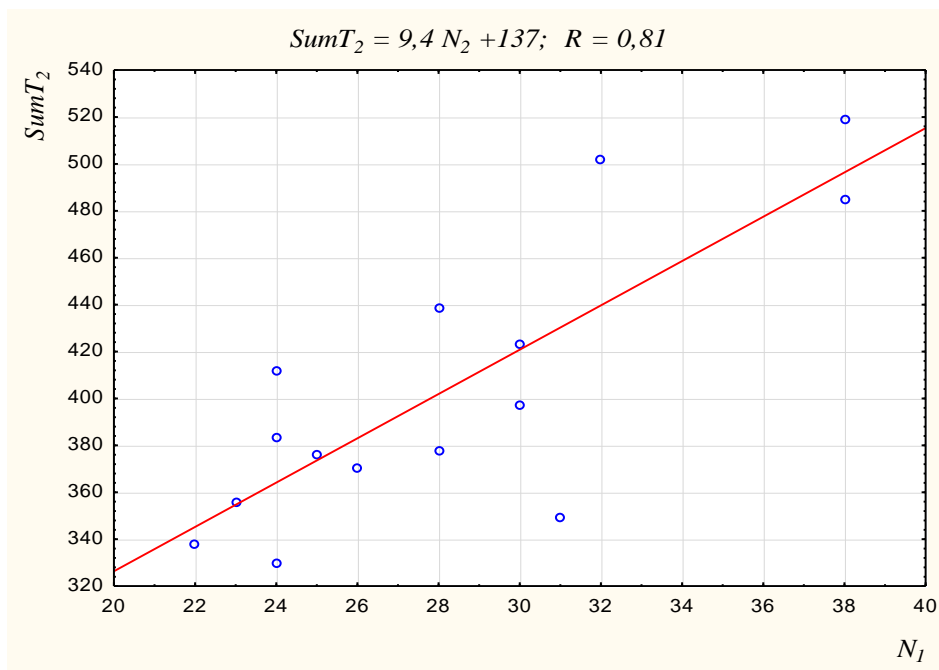


Рисунок 4.3 – Графік залежності сум активних температур за період нижній вузол соломини – колосіння озимої пшениці від тривалості періоду

Таким чином, можна зробити висновок, що біологічний мінімум озимої пшениці в умовах Херсонської області у період нижній вузол соломини – колосіння становить 9,4 °С.

Також нами було розраховане рівняння зв'язку тривалості другого міжфазного періоду озимої пшениці від середньої температури за цей період за методикою [24]. Порядок розрахунків представлено у табл. 4.4.

На першому етапі ми визначили коефіцієнт кореляції (r) лінійного зв'язку логарифмів x та y :

$$r = \frac{\sum \Delta x_1 \Delta y_1}{\sqrt{\sum \Delta x_1^2 \sum \Delta y_1^2}} = \frac{-0,0270}{\sqrt{0,0299 \cdot 0,0773}} = \frac{-0,0270}{0,0481} = -0,56.$$

Помилка коефіцієнту кореляції

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = \frac{1-(-0,56)^2}{\sqrt{15}} = \frac{0,6864}{3,87} = 0,177.$$

$$r \mp \sigma_r = -0,56 \mp 0,177 = \begin{cases} -0,74 \\ -0,38 \end{cases}$$

Коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}};$$

$$\sigma_{y_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0773}{15}} = \sqrt{0,0118} = 0,1087$$

$$\sigma_{x_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0299}{15}} = \sqrt{0,0020} = 0,0446$$

$$\frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = \frac{0,1087}{0,0446} = 2,44.$$

Визначаємо коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = -0,56 \cdot 2,44 = -1,37.$$

Підставляємо в рівняння $y_1 - \bar{y}_1 = R(x_1 - \bar{x}_1)$ величини R , \bar{y}_1 , \bar{x}_1 :

Таблиця 4.4 - Розрахунок зв'язку тривалості періоду нижній вузол соломини - колосіння від середньої температури періоду (Херсонська область)

№ п/п	x	y	x_I	y_I	Δx_I	Δy_I	Δx_I^2	Δy_I^2	$\Delta x_I \Delta y_I$	$\Delta x_I + \Delta y_I$	$(\Delta x_I + \Delta y_I)^2$
1	15,5	23	1,1903	1,3617	0,0320	-0,0825	0,0010	0,0068	-0,0026	-0,0504	0,0025
2	15,4	22	1,1875	1,3424	0,0292	-0,1018	0,0009	0,0104	-0,0030	-0,0726	0,0053
3	15,7	28	1,1959	1,4472	0,0376	0,0030	0,0014	0,0000	0,0001	0,0406	0,0016
4	15,7	32	1,1959	1,5052	0,0376	0,0610	0,0014	0,0037	0,0023	0,0986	0,0097
5	13,2	30	1,1206	1,4771	-0,0377	0,0329	0,0014	0,0011	-0,0012	-0,0048	0,0000
6	14,2	26	1,1523	1,4150	-0,0060	-0,0292	0,0000	0,0009	0,0002	-0,0352	0,0012
7	13,7	38	1,1367	1,5798	-0,0216	0,1356	0,0005	0,0184	-0,0029	0,1140	0,0130
8	13,8	24	1,1399	1,3802	-0,0184	-0,0640	0,0003	0,0041	0,0012	-0,0824	0,0068
9	14,1	30	1,1492	1,4771	-0,0091	0,0329	0,0001	0,0011	-0,0003	0,0238	0,0006
10	13,5	28	1,1303	1,4472	-0,0280	0,0030	0,0008	0,0000	-0,0001	-0,0250	0,0006
11	17,2	24	1,2355	1,3802	0,0772	-0,0640	0,0060	0,0041	-0,0049	0,0132	0,0002
12	11,3	31	1,0531	1,4914	-0,1052	0,0472	0,0111	0,0022	-0,0050	-0,0581	0,0034
13	12,8	38	1,1072	1,5798	-0,0511	0,1356	0,0026	0,0184	-0,0069	0,0845	0,0071
14	16	24	1,2041	1,3802	0,0458	-0,0640	0,0021	0,0041	-0,0029	-0,0182	0,0003
15	15	25	1,1761	1,3979	0,0178	-0,0463	0,0003	0,0021	-0,0008	-0,0285	0,0008
Ср.			1,1583	1,4442							
Сума					0,0002	-0,0007	0,0299	0,0773	-0,0270	-0,0005	0,0532

$$y_1 - 1,4442 = -1,37(x_1 - 1,1583); \quad y_1 = 1,4442 - 1,37x_1 + 1,5869$$

Отримуємо пошукане рівняння зв'язку

$$y_1 = 3,03 - 1,37x_1 \quad \text{чи} \quad lgy = 1072 - 1,37lgx.$$

Знаходимо b ($lgb = 3,03, b = 1072$).

Таким чином, залежність тривалості міжфазного періоду нижній вузол соломини - колосіння сходи – утворення суцвіть озимої пшениці від середньої температури цього періоду визначається рівнянням $y = \frac{1072}{x^{1,37}}$. У графічному вигляді цю залежність представлено на рис. 4.4, $\eta=0,64$.

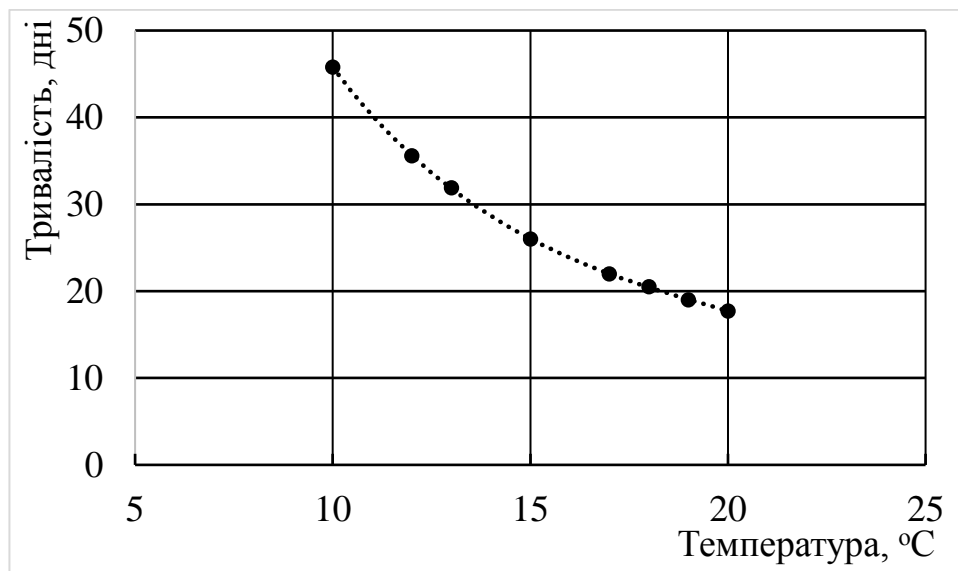


Рисунок 4.4 – Залежність тривалості періоду нижній вузол соломини - колосіння від середньої температури повітря за період

4.1.3 Агрометеорологічні умови періоду колосіння – воскова стиглість

За нормальних умов вегетації через 4-5 днів після колосіння настає цвітіння, яке триває 3-6 днів. Після цвітіння і запліднення із стінок зав'язі утворюється оболонка зернівки. Ріст стебла, листків і коренів майже припиняється і пластичні речовини надходять тільки до зерна. Період

формування зерна триває 12-16 днів і під кінець цього періоду відмічають настання молочної стиглості. Зерно в цій фазі уже нормальної величини, але ще зелене, молокоподібної консистенції. Вологість зерна в молочній фазі стиглості - 60-40%.

У восковій фазі стиглості консистенція зерна нагадує віск, вологість зерна становить 40-20%. В кінці цієї фази зерно набуває нормального забарвлення, надходження поживних речовин у зерно і його ріст припиняється. У цей період починають роздільне збирання.

Агрометеорологічні умови періоду колосіння – воскова стиглість представлені в таблиці 4.5.

В умовах Херсонської області у середньому за досліджуваний період колосіння озимої пшениці відбувається наприкінці травня, а саме 24 травня. У різні роки дата колосіння коливається від 14 травня (1970 і 1975 рр.) до 2 червня (1980 р.).

Сама рання дата воскової стиглості припадає на 14 червня (1975 р.), а найпізніша дата відзначалася в 1980 році і припадає на 10 липня. Середня дата воскової стиглості на досліджуваній території відзначається 28 червня, при цьому середньобагаторічна тривалість періоду колосіння – воскова стиглість становить 36 дні. Тривалість даного періоду коливалася від 31 дня (1975 і 1979 рр.) до 43 днів (1970, 1973 і 1978 рр.).

Сума активних температур, що накопичуються за досліджуваний період, у середньому багаторічному склала 694 °С, змінюючись від 607°С (1983 р.) до 794°С (1978 р.). Середня багаторічна сума ефективних температур становила 512°С, вона змінювалася від 447°С (1983 р.) до 579°С (1978 р.).

За досліджуваний період запаси вологи в орному шарі змінювалися від 0 мм (0 % НВ) в 1972 р. до 28 мм (67 % НВ) в 1970 р. В середньому вони дорівнюють 10 мм, що складає 23 % НВ. Також ми розрахували запаси продуктивної вологи в метровому шарі. В середньому вони дорівнюють 38 мм, що складає 20 % НВ. Однак спостерігаються коливання від 11 мм (9 % НВ) в 1986 р. до 137 мм (108 % НВ) в 2005 р.

Таблиця 4.5 – Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці в період від колосіння до воскової стиглості (Херсонська область)

Роки	Дати настання фаз		N, дні	$\Sigma T > 5^{\circ}\text{C}$		T _{cp} , °C	ΣR , мм	W _{cp}			
	Колосіння	Воскова		Акт.	Еф			0-20	% НВ	0-100	% НВ
1969	31.05	6.07	36	720	540	20,0	58	16	38	20	11
1970	14.05	26.06	43	779	564	18,1	103	28	67	119	64
1971	26.05	28.06	33	640	475	19,4	74	13	31	42	23
1972	24.05	26.06	33	727	562	22,0	49	0	0	20	11
1973	18.05	30.06	43	753	538	17,5	148	19	45	51	27
1974	26.05	4.07	39	732	537	18,8	44	6	14	40	22
1975	14.05	14.06	31	618	463	19,9	30	0	0	19	10
1976	24.05	30.06	37	665	480	18,0	56	2	5	19	10
1977	20.05	28.06	39	662	467	17,0	70	18	43	92	49
1978	24.05	6.07	43	794	579	18,5	62	10	24	51	27
1979	20.05	20.06	31	658	503	21,2	1	13	31	15	8
1980	2.06	10.07	38	728	538	19,2	58	10	24	18	10
1981	26.05	26.06	32	664	504	20,8	14	4	10	23	12
1982	26.05	30.06	35	662	487	18,9	67	4	10	16	9
1983	15.05	16.06	32	607	447	19,0	46	4	10	19	10
Ср.	24.05	28.06	36	694	512	19,2	59	10	23	38	20
Найменш.	14.05	14.06	31	604	447	17,0	1	0	0	15	8
Найбільш.	2.06	10.07	43	794	579	22,0	148	28	67	119	64

При цьому середня сума опадів за досліджуваний період для озимої пшениці склала 59 мм, коливаючись від 1 мм (1979 р.) до 148 мм (1973 р.).

Середня температура повітря за п'ятнадцятирічний період склала 19,2 °С, коливаючись від 17,0°С (1977 р.) до 22,0 °С (1972 р.).

Також було проведене уточнення біологічного мінімуму озимої пшениці і за останній міжфазний період – колосіння – воскова стиглість. Залежність сум активних температур від тривалості цього періоду представлена на рис. 4.5.

Рівняння зв'язку:

$$SumT_3 = 10,7N_3 + 304, \quad (4.5)$$

де $SumT$ – сума додатних температур, °С; 10,7 – біологічний мінімум, °С; N – тривалість періоду, дні; 304 – сума ефективних температур вище уточненого мінімуму, °С, 3 - номер міжфазного періоду.

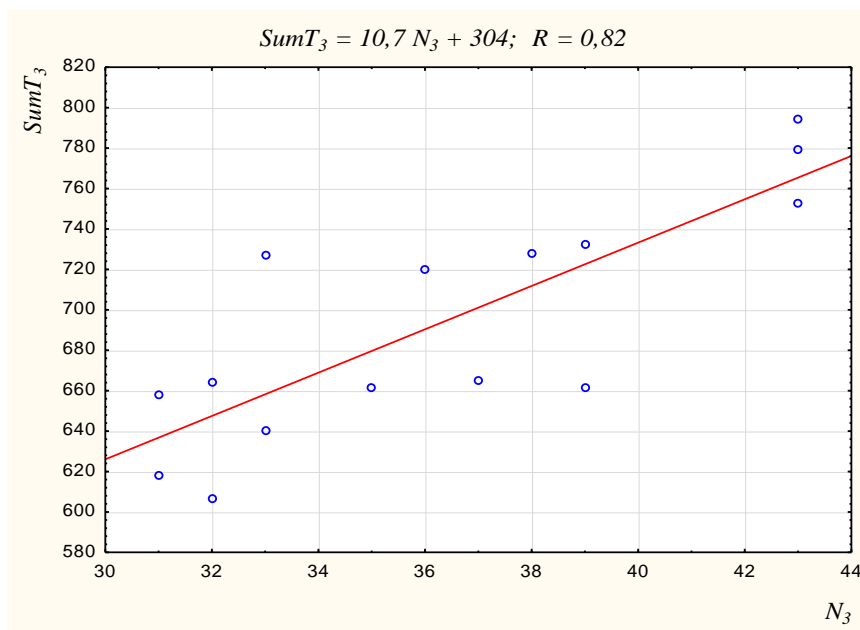


Рисунок 4.5 – Графік залежності сум активних температур за період колосіння – воскова стиглість озимої пшениці від тривалості періоду

R – коефіцієнт кореляції, що є мірою тісноти прямолінійного зв'язку, у даному випадку дорівнює 0,82. Це свідчить про те, що між сумою температур та тривалістю періоду в даному випадку є дуже тісний зв'язок.

Також нами було розраховане рівняння зв'язку тривалості третього (критичного) міжфазного періоду озимої пшениці від середньої температури за цей період за методикою [24]. Порядок розрахунків представлено у табл. 4.6.

Коефіцієнт кореляції (r) лінійного зв'язку логарифмів x та y :

$$r = \frac{\sum \Delta x_1 \Delta y_1}{\sqrt{\sum \Delta x_1^2 \sum \Delta y_1^2}} = \frac{-0,0165}{\sqrt{0,0134 \cdot 0,0376}} = \frac{-0,0165}{0,0224} = -0,74.$$

Помилка коефіцієнту кореляції

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = \frac{1-(-0,74)^2}{\sqrt{15}} = \frac{0,4524}{3,87} = 0,117.$$

$$r \mp \sigma_r = -0,74 \mp 0,177 = \begin{cases} -0,92 \\ -0,56 \end{cases}.$$

Коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}};$$

$$\sigma_{y_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0376}{15}} = \sqrt{0,0025} = 0,0501$$

$$\sigma_{x_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0134}{15}} = \sqrt{0,0009} = 0,0299$$

$$\frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = \frac{0,0501}{0,0299} = 1,67.$$

Визначаємо коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = -0,74 \cdot 1,67 = -1,24.$$

Підставляємо в рівняння $y_1 - \bar{y}_1 = R(x_1 - \bar{x}_1)$ величини R , \bar{y}_1 , \bar{x}_1 :

$$y_1 - 1,5574 = -1,24(x_1 - 1,2827); \quad y_1 = 1,5574 - 1,24x_1 + 1,5905$$

Таблиця 4.6 - Розрахунок зв'язку тривалості періоду колосіння – воскова стиглість
від середньої температури періоду (Херсонська область)

№ п/п	x	y	x_I	y_I	Δx_I	Δy_I	Δx_I^2	Δy_I^2	$\Delta x_I \Delta y_I$	$\Delta x_I + \Delta y_I$	$(\Delta x_I + \Delta y_I)^2$
1	20	36	1,3010	1,5563	0,0183	-0,0011	0,0003	0,0000	0,0000	0,0172	0,0003
2	18,1	43	1,2577	1,6335	-0,0250	0,0761	0,0006	0,0058	-0,0019	0,0510	0,0026
3	19,4	33	1,2878	1,5185	0,0051	-0,0389	0,0000	0,0015	-0,0002	-0,0338	0,0011
4	22	33	1,3424	1,5185	0,0597	-0,0389	0,0036	0,0015	-0,0023	0,0208	0,0004
5	17,5	43	1,2430	1,6335	-0,0397	0,0761	0,0016	0,0058	-0,0030	0,0364	0,0013
6	18,8	39	1,2742	1,5911	-0,0085	0,0337	0,0001	0,0011	-0,0003	0,0251	0,0006
7	19,9	31	1,2989	1,4914	0,0162	-0,0660	0,0003	0,0044	-0,0011	-0,0499	0,0025
8	18	37	1,2553	1,5682	-0,0274	0,0108	0,0008	0,0001	-0,0003	-0,0166	0,0003
9	17	39	1,2304	1,5911	-0,0523	0,0337	0,0027	0,0011	-0,0018	-0,0186	0,0003
10	18,5	43	1,2672	1,6335	-0,0155	0,0761	0,0002	0,0058	-0,0012	0,0605	0,0037
11	21,2	31	1,3263	1,4914	0,0436	-0,0660	0,0019	0,0044	-0,0029	-0,0224	0,0005
12	19,2	38	1,2833	1,5798	0,0006	0,0224	0,0000	0,0005	0,0000	0,0230	0,0005
13	20,8	32	1,3181	1,5052	0,0354	-0,0523	0,0013	0,0027	-0,0019	-0,0169	0,0003
14	18,9	35	1,2765	1,5441	-0,0062	-0,0133	0,0000	0,0002	0,0001	-0,0196	0,0004
15	19	32	1,2788	1,5052	-0,0040	-0,0523	0,0000	0,0027	0,0002	-0,0562	0,0032
Ср.			1,2827	1,5574							
Сума					0,0003	-0,0001	0,0134	0,0376	-0,0165	0,0002	0,0181

Отримуємо пошукане рівняння зв'язку

$$y_1 = 3,15 - 1,24x_1 \quad \text{чи} \quad lgy = 3,15 - 1,24lgx.$$

Знаходимо b ($lgb = 3,15, b = 1405$).

Таким чином, залежність тривалості міжфазного періоду колосіння – воскова стиглість озимої пшениці від середньої температури цього періоду визначається рівнянням $y = \frac{1405}{x^{1,24}}, \eta=0,70$.

У графічному вигляді цю залежність представлено на рис. 4.6.

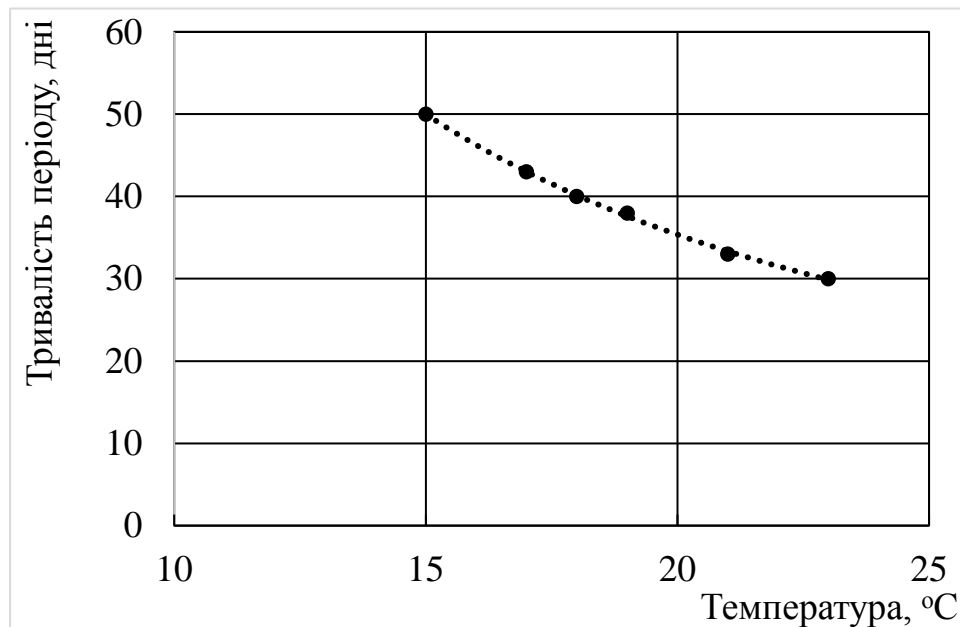


Рисунок 4.6 – Залежність тривалості періоду колосіння – воскова стиглість від середньої температури повітря за період

Вологозабезпеченість культури слід оцінювати за такими критеріями: 85 % і вище - відмінна; 84 - 75 % - хороша; 74 - 65 % - задовільна; 64 - 50 - погана; менше 50 % - дуже погана.

4.1.4 Агрометеорологічні умови вегетаційного періоду

Весняно-літній період озимої пшениці триває від дати поновлення вегетації навесні до дати дозрівання. У нашому дослідженні датою закінчення вегетації слугує дата настання воскової стиглості посівів. У табл. 4.7 наведено характеристику агрометеорологічних умов вегетації протягом 1969-1983 рр. Можна бачити, що в середньобогаторічному розрізі поновлення вегетації відбувається 18 березня. Найраніша дата – 16 лютого (1977 р.), найпізніша – 2 квітня (1980 р.). Воскова стиглість озимої пшениці настає за середньобогаторічними даними 28 червня. Екстремальні дати, відповідно, 14 червня (1975 р.) і 10 липня (1980 р.). Тривалість вегетаційного періоду становить 102 дні, коливаючись від найкоротшої – 88 днів у 1983 році до найдовшої 132 дні (1977 р.).

Сума активних температур повітря за весь період становить 1410 °С, коливаючись від 1297°С у 1983 р. до 1591°С у 1978 р. Відповідні суми ефективних температур становлять: середньобогаторічна - 898°С, найменша – 794°С (1977 р.), найбільша – 1084°С (1972 р.).

Сума опадів за весняно-літню вегетацію озимої пшениці становить 145 мм. Найменша кількість опадів за вегетацію випала у 1983 році і становила 91 мм. Найбільша, відповідно, у 1977 р. і становила 220 мм. За методикою оцінки посушливості, запропонованою Конторщиківим, ми повели відповідну оцінку. Сутність цієї оцінки складається у тому, що середньобогаторічна кількість опадів приймається нами за 100%. Відповідно знаходиться відсоток опадів у кожний конкретний рік вегетації.

Оскільки Херсонська область знаходиться в степовій зоні, міра зволоження вегетаційного періоду оцінюється по відношенню кількості опадів у кожному році до середньобогаторічної кількості за такими градаціями: менше 40% - сухий рік, 41-80% – засушливий, 81-120% - нормальний, 121-160% - вологий, більше 161% - надмірно вологий.

Таблиця 4.7 – Агрометеорологічні умови вирощування озимої пшениці у весняно-літній період (наприкінці ХХ ст.)

Роки	Дата настання фаз		Тр-ть п-ду	Сума т-р повітря вище 5°C		Сума опадів, мм	Засушливість за Конторщиківим		Еф, мм	Σd, мб	Ео, мм	V, %	Показник вологозабезпеченості	Кількість декад	
	Відновл. вегетації	Воск. ст-ть		Акт.	Еф.		% від норми	показник						Зас.	Сух.
1969	31.03	6.07	97	1445	960	121	83	Норм.	165	769	375	44	Дуже погана		4
1970	16.03	26.06	102	1451	941	146	101	Норм.	228	563	274	83	Хороша	4	
1971	22.03	28.06	98	1377	887	129	89	Норм.	258	743	362	71	Задовільна	1	2
1972	20.03	26.06	98	1574	1084	105	72	Засушл.	175	989	482	36	Дуже погана	2	5
1973	20.03	30.06	102	1420	910	183	126	Вологий.	318	710	346	92	Відмінна	4	1
1974	20.03	4.07	106	1389	859	122	84	Норм.	243	650	317	77	Хороша	1	4
1975	8.03	14.06	98	1344	854	96	66	Засушл.	221	644	314	70	Задовільна	1	6
1976	26.03	30.06	96	1351	871	94	65	Засушл.	174	751	366	48	Дуже погана	1	6
1977	16.02	28.06	132	1454	794	220	152	Вологий.	272	559	273	100	Відмінна	4	
1978	12.03	6.07	116	1591	1011	213	147	Вологий	305	630	307	99	Відмінна	1	3
1979	14.03	20.06	98	1408	918	181	125	Вологий	267	844	411	65	Задовільна	2	2
1980	2.04	10.07	99	1347	852	179	123	Вологий.	293	606	295	99	Відмінна	4	2
1981	10.03	26.06	109	1354	809	151	104	Норм	305	719	351	87	Відмінна	2	3
1982	28.03	30.06	95	1340	865	124	86	Норм.	246	688	335	73	Задовільна		5
1983	20.03	16.06	88	1297	857	91	63	Засушл.	171	710	346	49	Дуже погана	1	4
Сер.	18.03	28.06	102	1410	898	145	100		244	705	344	73	Задовільна		
Найм.	16.02	14.06	8	1297	1084	91	63		165	559	273	36	Дуже погана		
Найб.	2.04	10.07	132	1591	794	220	152		318	989	482	100	Відмінна		

З результатів, представлених у таблиці 4.7, можна бачити, що наприкінці ХХ століття протягом 6 років з 15 досліджуваних спостерігались умови зволоження, близькі до середньобагаторічних, 5 років були вологими, 4 – засушливим. Тобто у більшості досліджуваних років умови зволоження за опадами були досить сприятливими.

Середньобагаторічне значення фактичного вологоспоживання, яке розраховувалось за методом водного балансу, становить 244 мм. Найменша його величина відзначається у 1969 р. і становить 165 мм. Найбільша – 318 мм у 1973 р. Вологопотреба озимої пшениці, яку ми визначали за методом Алпат'єва, у середньобагаторічному плані становить 344 мм. Найбільше значення цієї величини спостерігалось у 1972 р. і становило 482 мм, найменше – 273 мм (1977 р.).

Величину вологозабезпеченості вегетаційного періоду (V) ми визначали як відношення фактичного вологоспоживання до волопотреби:

$$V = \frac{E_{\Phi}}{E_0} \times 100\%, \quad (4.6)$$

де E_{Φ} – фактичне вологоспоживання, мм; E_0 – вологопотреба, мм;

Вологозабезпеченість культури слід оцінювати за такими критеріями: 85 % і вище - відмінна; 84 - 75 % - хороша; 74 - 65 % - задовільна; 64 - 50 - погана; менше 50 % - дуже погана.

З таблиці 4.7 можна бачити, що середньобагаторічне значення вологозабезпеченості становить 73%. Найгірше вологою забезпечені посіви були у 1972 році, коли показник вологозабезпеченості був найменшим і становив 36%. Найкраще посіви озимої пшениці були забезпечені вологою у 1977 році, коли показник вологозабезпеченості становив 100%. Тобто у цьому році посіви були повністю забезпечені вологою. За вищевказаними градаціями показники вологозабезпеченості у часовому розрізі розподілилися таким чином: відмінним цей показник був у п'ятьох досліджених роках, хорошим – у двох, задовільним – також у чотирьох і поганим – у двох роках. В цілому

можна зробити висновок, що протягом більшості досліджуваних років ступінь вологозабезпеченості посівів озимої пшениці у весняно-літній період в Херсонській області відповідав вимогам культури до зволоження.

Також ми оцінили ступінь засушливості вегетаційного періоду за методом М.С. Кулика (по запасам продуктивної вологи орного шару ґрунту). За цією методикою засушливими вважаються декади з запасами продуктивної вологи менше 20 мм, а сухими – менше 10 мм. Можна бачити, що практично у кожному з досліджених років спостерігалися засушливі і сухі декади. Найбільша кількість сухих декад протягом вегетації спостерігалась у 1975 та 1976 рр. – по 6 декад. У 1972 та 1982 рр. таких декад було по 5 за вегетаційний період. Найбільша кількість посушливих декад зафіксована у 1970, 1973, 1977 та 1980 рр. – по 4 декади. У двох роках (1969 та 1982 рр.) засушливих декад не було зовсім.

Таким чином, можна зробити висновок, що наприкінці минулого століття посіви озимої пшениці в Херсонській області були забезпечені вологою задовільно. Оскільки теплом культура на досліджуваній території забезпечена повністю, можна вважати, що саме волога була лімітуючим фактором при вирощуванні озимої пшениці у Херсонській області.

4.2 Агromетeорологічні умови весняно-літньої вегетації на початку ХХІ сторіччя

4.2.1 Сучасні агromетeорологічні умови періоду відновлення вегетації – нижній вузол соломини

За сучасними даними 2004-2018 рр. в Херсонській області відновлення вегетації озимої пшениці відбувається у першій декаді березня. Середня дата відновлення вегетації – 9 березня (табл. 4.8). Найбільш ранній строк відновлення вегетації спостерігався в 2008 році (23 лютого), а найбільш пізній - в 2018 році (28 березня).

Таблиця 4.8 – Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці від поновлення вегетації до утворення нижнього вузла соломини (Херсонська область)

Роки	Дати настання фаз		N, дні	$\Sigma T > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$		T _{ср} , °C	ΣR , мм	W ср			
	Поновл. вегет.	Нижній вузол		Акт.	Еф			0-20	% НВ	0-100	% НВ
2004	8.03	20.04	43	300	85	7,0	15	24	57	105	56
2005	26.03	24.04	29	261	116	9,0	15	24	57	131	70
2006	14.03	28.04	45	393	168	8,7	95	29	69	146	78
2007	3.03	10.04	38	235	45	6,2	11	19	45	46	25
2008	23.02	10.04	46	309	79	6,7	51	29	69	107	58
2009	6.03	14.04	39	210	15	5,4	31	26	62	107	58
2010	19.03	18.04	30	265	115	8,8	14	20	48	135	73
2011	16.03	24.04	29	203	58	7,0	5	27	64	128	69
2012	22.03	24.04	33	342	177	10,4	31	26	62	89	48
2013	7.03	12.04	36	121	2	3,4	36	20	48	119	64
2014	3.03	8.04	36	274	94	7,6	15	21	50	120	65
2015	24.02	8.04	43	178	22	4,1	98	32	76	158	85
2016	24.02	8.04	43	316	101	7,3	20	24	57	118	63
2017	28.02	6.04	39	272	77	7,0	14	29	69	139	75
2018	28.03	22.04	25	295	170	11,8	6	17	40	95	51
Ср.	9.03	17.04	37	265	87	7,4	30	25	58	116	62
Найменш.	23.02	6.04	25	121	2	3,4	5	17	40	46	25
Найбільш.	28.03	28.04	46	393	177	11,8	98	32	76	158	85

Тривалість періоду відновлення вегетації - нижній вузол соломини також визначається запасами продуктивної вологи в ґрунті. Середні значення запасів вологи в орному шарі за період склали 25 мм (60 % НВ). Як показали наші розрахунки, найбільші запаси продуктивної вологи в шарі 0-20 см спостерігалися в 2015 році (32 мм), а найменші – у 2018 році (17 мм). Це відповідає 76 % та 40 % НВ відповідно.

Також ми розрахували запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту. В середньому вони дорівнюють 116 мм, що становить 80 % НВ. Однак спостерігаються коливання від 46 мм (32 % НВ) в 2007 р. до 158 мм (109 % НВ) в 2015 р. за сучасних умов середня дата появи нижнього вузла соломини озимої пшениці у Херсонській області – 17 квітня, сама рання - 6 квітня (2017 р.), найпізніша – 28 квітня (2006 р.).

Тривалість періоду від відновлення вегетації до утворення нижнього вузла соломини в середньому становить 37 днів. Найтриваліший період спостерігався у 2008 році (46 дні), а найкоротший – у 2018 р. (25 днів).

За період відновлення вегетації - нижній вузол соломини озимої пшениці в середньому багаторічному накопичилося 265^oC активних температур вище 5^oC. Їх значення коливалися від 121^oC (2013 рік) до 393^oC (2006 рік).

Ефективних температур за цей період в середньому накопичилося 87^oC. Найменше значення суми спостерігалось в 2013 (2^oC), а найбільше - в 2012 році (177^oC).

Середня температура періоду відновлення вегетації - нижній вузол соломини за 15 досліджуваних років дорівнює 7,4^oC. Найбільша середня температура спостерігалася у 2018 р. і дорівнювала 11,8^oC, найменша температура спостерігалася у 2013 р. і дорівнювала 3,4^oC.

Також нами були розраховані суми опадів за досліджуваний період. В середньому за період відновлення вегетації - нижній вузол соломини озимої пшениці випадає 30 мм, найбільша їх кількість спостерігалася в 2015 р. і склала 98 мм. Найменша кількість опадів випала в 2011 р. і склала 5 мм.

Для сучасного періоду ми також уточнили значення біологічного мінімуму по міжфазним періодам за методиками, описаними вище [22, 23]. Залежність сум активних температур від тривалості періоду відновлення вегетації – нижній вузол соломини в Херсонській області за сучасних умов представлена на рис. 4.7.

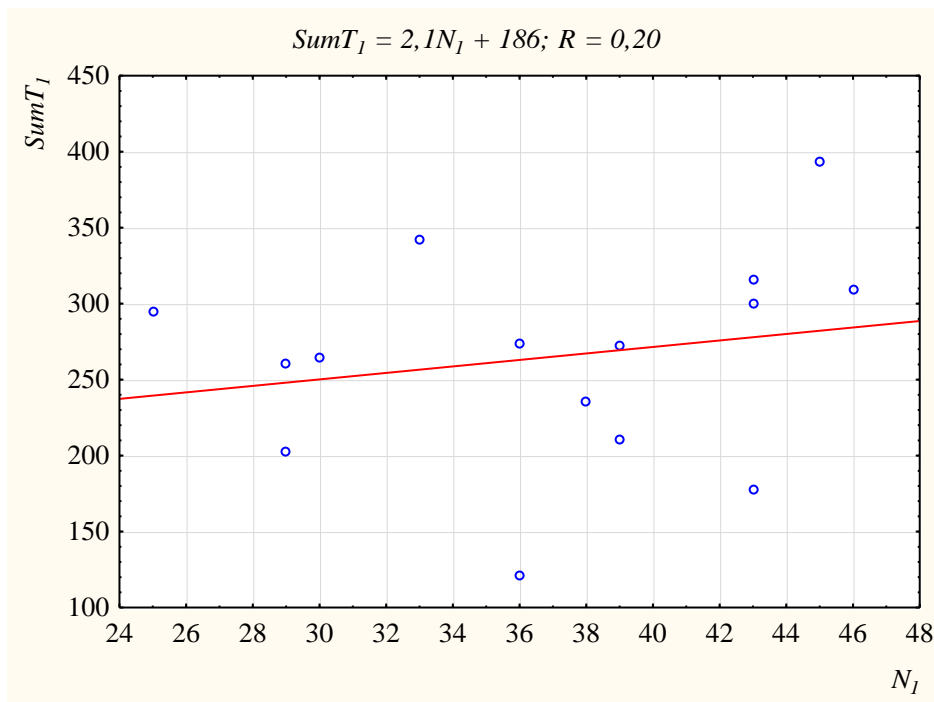


Рисунок 4.7 – Графік залежності сум активних температур за період відновлення вегетації – нижній вузол соломини озимої пшениці від тривалості періоду

Можна бачити, що у даному випадку не спостерігається тісного зв'язку між тривалістю періоду і сумами температур. Це можна пояснити, можливо, більш нестабільними агрометеорологічними умовами, що складаються на початку весняно-літньої вегетації протягом теперішнього часу. Це весняні засухи, які останнім часом утворюються все частіше, не завжди сприятливі умови перезимівлі, що спричиняють зміни стану озимої пшениці при поновленні вегетації, тощо. Зв'язок тривалості міжфазного періоду із середньою температурою повітря за період, згідно з дослідженнями Є.С.

Уланової, як вже вказувалося вище, є оберненим і представляє собою ступеневу криву [24].

Порядок розрахунків параметрів рівняння представлений у таблиці 4.9. Розрахунки проводились за допомогою коефіцієнту кореляції (r)

$$r = \frac{\sum \Delta x_1 \Delta y_1}{\sqrt{\sum \Delta x_1^2 \sum \Delta y_1^2}} = \frac{-0,0751}{\sqrt{0,2814 \cdot 0,0917}} = \frac{-0,0751}{0,1607} = -0,47.$$

Помилка коефіцієнту кореляції

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = \frac{1-(-0,47)^2}{\sqrt{15}} = \frac{0,78}{3,87} = 0,201.$$

$$r \mp \sigma_r = -0,47 \mp 0,201 = \begin{cases} -0,67 \\ -0,27 \end{cases}$$

Коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}};$$

$$\sigma_{y_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0917}{15}} = \sqrt{0,0061} = 0,0782$$

$$\sigma_{x_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,2814}{15}} = \sqrt{0,0188} = 0,1370$$

$$\frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = \frac{0,0782}{0,1370} = 0,57.$$

Визначаємо коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = -0,47 \cdot 0,57 = -0,27.$$

Підставляємо в рівняння $y_1 - \bar{y}_1 = R(x_1 - \bar{x}_1)$ величини R , \bar{y}_1 , \bar{x}_1 :

$$y_1 - 1,5606 = -0,27(x_1 - 0,8468); \quad y_1 = 1,5606 - 0,27x_1 + 0,2286$$

Отримуємо пошукане рівняння зв'язку

$$y_1 = 1,79 - 0,27x_1 \quad \text{чи} \quad lgy = 62 - 0,27lgx.$$

Знаходимо b ($lgb = 1,27, b = 62$).

Таблиця 4.9 - Розрахунок зв'язку тривалості періоду поновлення вегетації – нижній вузол соломини від середньої температури періоду (Херсонська область)

№ п/п	x	y	x_l	y_l	Δx_l	Δy_l	Δx_l^2	Δy_l^2	$\Delta x_l \Delta y_l$	$\Delta x_l + \Delta y_l$	$(\Delta x_l + \Delta y_l)^2$
1	7	43	0,8451	1,6335	-0,0017	0,0729	0,0000	0,0053	-0,0001	0,07117	0,0051
2	9	29	0,9542	1,4624	0,1074	-0,0982	0,0115	0,0096	-0,0106	0,00924	0,0001
3	8,7	45	0,9395	1,6532	0,0927	0,0926	0,0086	0,0086	0,0086	0,18533	0,0343
4	6,2	38	0,7924	1,5798	-0,0544	0,0192	0,0030	0,0004	-0,0010	-0,03522	0,0012
5	6,7	46	0,8261	1,6628	-0,0207	0,1022	0,0004	0,0104	-0,0021	0,08143	0,0066
6	5,4	39	0,7324	1,5911	-0,1144	0,0305	0,0131	0,0009	-0,0035	-0,08394	0,0070
7	8,8	30	0,9445	1,4771	0,0977	-0,0835	0,0095	0,0070	-0,0082	0,01420	0,0002
8	7	29	0,8451	1,4624	-0,0017	-0,0982	0,0000	0,0096	0,0002	-0,09990	0,0100
9	10,4	33	1,0170	1,5185	0,1702	-0,0421	0,0290	0,0018	-0,0072	0,12815	0,0164
10	3,4	36	0,5315	1,5563	-0,3153	-0,0043	0,0994	0,0000	0,0014	-0,31962	0,1022
11	7,6	36	0,8808	1,5563	0,0340	-0,0043	0,0012	0,0000	-0,0001	0,02972	0,0009
12	4,1	43	0,6128	1,6335	-0,2340	0,0729	0,0548	0,0053	-0,0171	-0,16115	0,0260
13	7,3	43	0,8633	1,6335	0,0165	0,0729	0,0003	0,0053	0,0012	0,08939	0,0080
14	7	39	0,8451	1,5911	-0,0017	0,0305	0,0000	0,0009	-0,0001	0,02876	0,0008
15	11,8	25	1,0719	1,3979	0,2251	-0,1627	0,0507	0,0265	-0,0366	0,06242	0,0039
Ср.			0,8468	1,5606							
Сума							0,2814	0,0917	-0,0751	-0,00002	0,2227

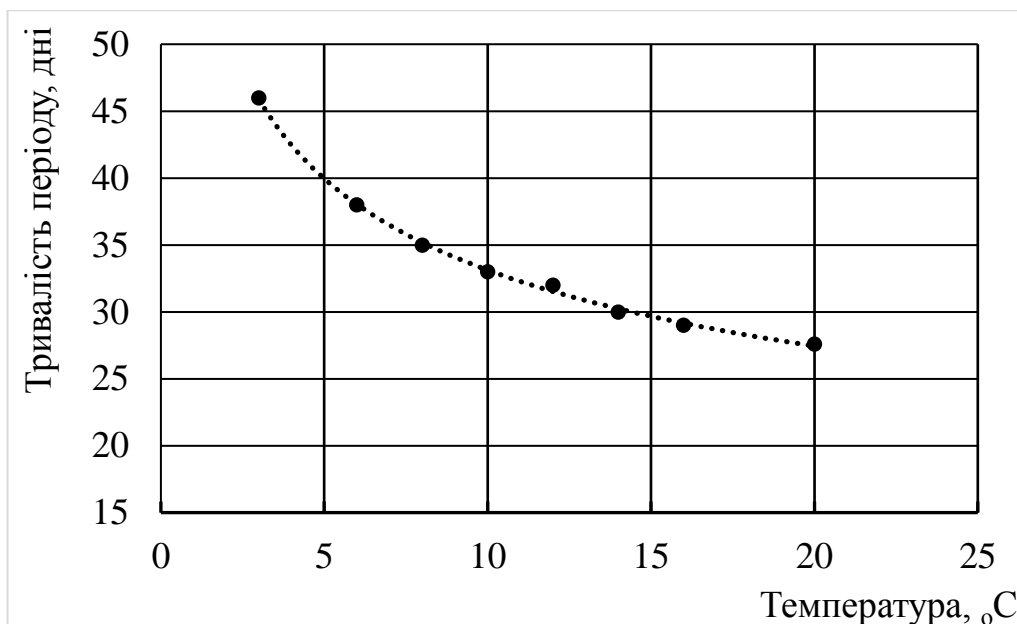


Рисунок 4.8 – Залежність тривалості періоду поновлення вегетації – нижній вузол соломини від середньої температури за період

Таким чином, залежність тривалості міжфазного періоду поновлення вегетації – нижній вузол соломини від середньої температури цього періоду, представлена на рис. 4.8, визначається рівнянням $y = \frac{62}{x^{0,27}}$. Кореляційне відношення (η), яке характеризує тісноту криволінійних залежностей у даному випадку становить 0,65, що відповідає досить тісному зв'язку.

4.2.2 Сучасні агрометеорологічні умови періоду нижній вузол соломини -колосіння

За багаторічними сучасними даними (2004-2018 роки) середня дата появи нижнього вузла соломини озимої пшениці у Херсонській області – 17 квітня, сама рання – 6 квітня (2017 р.), найпізніша – 28 квітня (2006 р.) (табл. 4.10). Фаза колосіння озимої пшениці спостерігається в середньому 18 травня, через 32 дні після появи нижнього вузла соломини. У різні роки дата колосіння коливається від 12 травня (2017 і 2018 рр.) до 31 травня (2006 р.).

Найтриваліший період спостерігався в 2007 і 2015 рр. (40 днів), а найкоротший - в 2018 р. (20 днів). Середні значення запасів вологи в орному шарі за період нижній вузол соломини – колосіння склали 13 мм (31 % НВ). Як показали наші розрахунки, найбільші запаси продуктивної вологи в шарі 0-20 спостерігалися у 2008 році (29 мм), а найменші - у 2018 році (0 мм). Це відповідає 69 % і 0 % НВ, тобто відсутності продуктивної вологи. Також ми розраховували запаси продуктивної вологи за другий міжфазний період в метровому шарі. В середньому вони дорівнюють 73 мм, що становить 52% НВ. Однак спостерігаються коливання від 16 мм (11 % НВ) в 2007 р. до 128 мм (88 % НВ) в 2015 р.

За період нижній вузол соломини – колосіння в середньому багаторічному накопичилося 455°C активних температур вище 5°C. Їх значення коливалися від 360°C (2012 р.) до 528°C (2007 р.).

Ефективних температур в середньому накопичилося 255°C. Найменше значення суми спостерігалось в 2007 та 2015 рр. (213°C), а найбільше - у 2018 році (313°C).

Середня температура періоду нижній вузол соломини – колосіння за 15 досліджуваних років дорівнює 14,6°C. Найбільша середня температура спостерігалася у 2018 р. і дорівнювала 18,4°C, найменша температура спостерігалася у 2017 р. і дорівнювала 12,6°C.

Також нами були розраховані суми опадів за досліджуваний період. В середньому за період нижній вузол соломини – колосіння випадає 35 мм, найбільша їх кількість спостерігалася в 2017 р. і склала 86 мм. Найменша кількість опадів випала в 2013 р. і склала 3 мм.

Нами також було проведено уточнення біологічного мінімуму озимої пшениці за період нижній вузол соломини – колосіння. Залежність сум активних температур від тривалості цього періоду представлена на рис. 4.9.

Рівняння зв'язку:

$$SumT_2 = 8,1N_2 + 197 \quad (4.7)$$

Таблиця 4.10 – Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці в період від нижнього вузла соломини до колосіння (Херсонська область)

Роки	Дати настання фаз		N, дні	ΣT > 5 °C		T _{ср} , °C	ΣR, мм	W ср			
	Нижній вузол	Колосіння		Акт.	Еф			0-20	% НВ	0-100	% НВ
2004	20.04	20.05	30	413	263	13,8	14	12	29	63	34
2005	24.04	20.05	26	364	283	14,0	14	10	24	82	44
2006	28.04	31.05	33	498	248	15,1	73	15	36	102	55
2007	10.04	20.05	40	528	213	13,2	18	2	5	16	9
2008	10.04	16.05	36	458	233	12,7	28	29	69	88	47
2009	14.04	20.05	26	458	283	17,6	31	19	45	82	44
2010	18.04	16.05	28	424	273	15,1	21	4	10	75	40
2011	24.04	24.05	30	458	263	15,3	4	15	36	102	55
2012	24.04	20.05	26	360	283	13,8	35	6	14	69	37
2013	12.04	14.05	32	523	253	16,3	3	6	14	66	35
2014	8.04	14.05	36	511	233	14,2	64	12	29	62	33
2015	8.04	18.05	40	515	213	12,9	43	24	57	128	69
2016	8.04	14.05	36	486	233	13,5	84	18	43	73	39
2017	6.04	12.05	36	454	233	12,6	86	23	55	119	64
2018	22.04	12.05	20	368	313	18,4	14	0	0	19	10
Ср.	17.04	18.05	32	455	255	14,6	35	13	31	76	41
Найменш.	6.04	12.05	20	360	213	12,6	3	0	0	16	9
Найбільш.	28.04	31.05	40	528	313	18,4	86	29	69	128	69

де $SumT$ – сума додатних температур, °С; 8,1 – біологічний мінімум, °С; N – тривалість періоду, дні; 197 – сума ефективних температур вище уточненого мінімуму, °С, 2 – номер міжфазного періоду.

R – коефіцієнт кореляції, що є мірою тісноти прямолінійного зв'язку, у даному випадку дорівнює 0,81. Це свідчить про те, що між сумою температур та тривалістю періоду в даному випадку є дуже тісний зв'язок.

Таким чином, можна зробити висновок, що за сучасних умов біологічний мінімум озимої пшениці в умовах Херсонської області у період нижній вузол соломини – колосіння становить 8,1 °С.

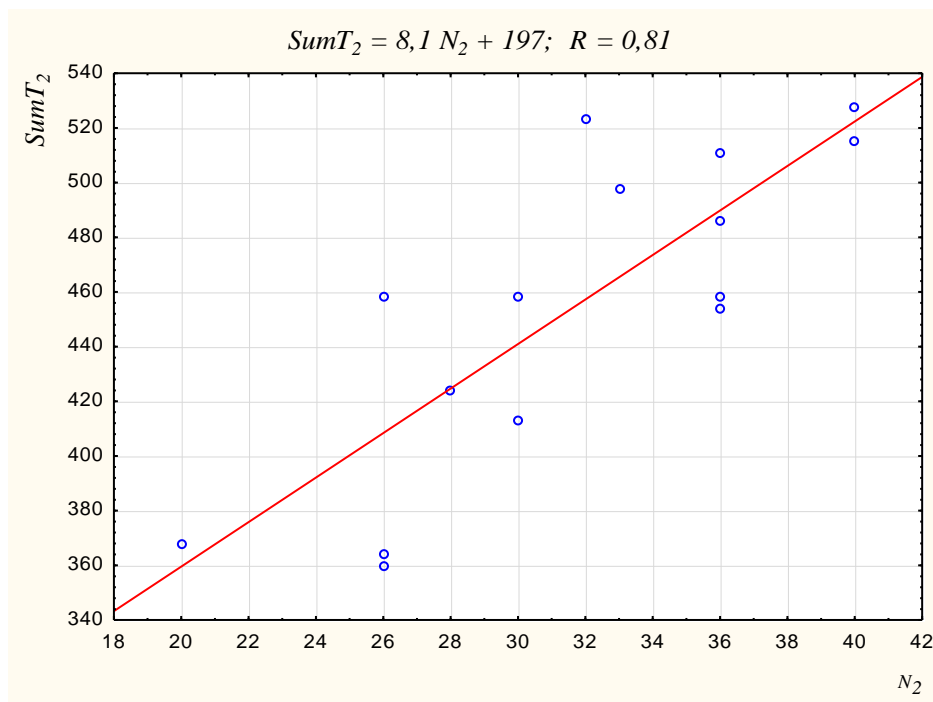


Рисунок 4.9 – Графік залежності сум активних температур за період нижній вузол соломини – колосіння озимої пшениці від тривалості періоду

Також нами було розраховане для сучасного періоду рівняння зв'язку тривалості другого міжфазного періоду озимої пшениці від середньої температури за цей період за методикою [24]. Порядок розрахунків представлено у табл. 4.11.

На першому етапі ми визначили коефіцієнт кореляції (r) лінійного зв'язку логарифмів x та y :

$$r = \frac{\sum \Delta x_1 \Delta y_1}{\sqrt{\sum \Delta x_1^2 \sum \Delta y_1^2}} = \frac{-0,0434}{\sqrt{0,0350 \cdot 0,0983}} = \frac{-0,0434}{0,0587} = -0,74.$$

Помилка коефіцієнту кореляції

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = \frac{1-(-0,74)^2}{\sqrt{15}} = \frac{0,4524}{3,87} = 0,117.$$

$$r \mp \sigma_r = -0,74 \mp 0,12 = \begin{cases} -0,86 \\ -0,62 \end{cases}$$

Коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}};$$

$$\sigma_{y_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0983}{15}} = \sqrt{0,0066} = 0,0812$$

$$\sigma_{x_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0350}{15}} = \sqrt{0,0023} = 0,0483$$

$$\frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = \frac{0,0812}{0,0483} = 1,68.$$

Визначаємо коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = -0,74 \cdot 1,68 = -1,24.$$

Підставляємо в рівняння $y_1 - \bar{y}_1 = R(x_1 - \bar{x}_1)$ величини R , \bar{y}_1 , \bar{x}_1 :

$$y_1 - 1,4934 = -1,24(x_1 - 1,1606); \quad y_1 = 1,4934 - 1,24x_1 + 1,4391$$

Отримуємо пошукане рівняння зв'язку

$$y_1 = 2,93 - 1,24x_1 \quad \text{чи} \quad lgy = 851 - 1,24lgx.$$

Знаходимо b ($lgb = 2,93, b = 851$).

Таблиця 4.11 - Розрахунок зв'язку тривалості періоду нижній вузол соломини - колосіння від середньої температури періоду (Херсонська область)

№ п/п	x	y	x_l	y_l	Δx_l	Δy_l	Δx_l^2	Δy_l^2	$\Delta x_l \Delta y_l$	$\Delta x_l + \Delta y_l$	$(\Delta x_l + \Delta y_l)^2$
1	13,8	30	1,139	1,4771	-0,0207	-0,0163	0,0004	0,0003	0,0003	-0,0370	0,0014
2	14,0	26	1,1461	1,4150	-0,0145	-0,0784	0,0002	0,0062	0,0011	-0,0929	0,0086
3	15,1	33	1,1790	1,5185	0,0184	0,0251	0,0003	0,0006	0,0005	0,0435	0,0019
4	13,2	40	1,1206	1,6021	-0,0400	0,1087	0,0016	0,0118	-0,0043	0,0686	0,0047
5	12,7	36	1,1038	1,5563	-0,0568	0,0629	0,0032	0,0040	-0,0036	0,0061	0,0000
6	17,6	26	1,2455	1,4150	0,0849	-0,0784	0,0072	0,0062	-0,0067	0,0065	0,0000
7	15,1	28	1,1790	1,4472	0,0184	-0,0462	0,0003	0,0021	-0,0008	-0,0279	0,0008
8	15,3	30	1,1847	1,4771	0,0241	-0,0163	0,0006	0,0003	-0,0004	0,0078	0,0001
9	13,8	26	1,1399	1,4150	-0,0207	-0,0784	0,0004	0,0062	0,0016	-0,0991	0,0098
10	16,3	32	1,2122	1,5051	0,0516	0,0117	0,0027	0,0001	0,0006	0,0633	0,0040
11	14,2	36	1,1523	1,5563	-0,0083	0,0629	0,0001	0,0040	-0,0005	0,0546	0,0030
12	12,9	40	1,1106	1,6021	-0,0500	0,1087	0,0025	0,0118	-0,0054	0,0586	0,0034
13	13,5	36	1,1303	1,5563	-0,0303	0,0629	0,0009	0,0040	-0,0019	0,0326	0,0011
14	12,6	36	1,1004	1,5563	-0,0602	0,0629	0,0036	0,0040	-0,0038	0,0027	0,0000
15	18,4	20	1,2648	1,3010	0,1042	-0,1924	0,0109	0,0370	-0,0200	-0,0882	0,0078
Ср.			1,1606	1,4934							
Сума							0,0350	0,0983	-0,0434	-0,0006	0,0466

Таким чином, залежність тривалості міжфазного періоду нижній вузол соломини - колосіння озимої пшениці від середньої температури цього періоду визначається рівнянням $y = \frac{851}{x^{1,24}}$. У графічному вигляді цю залежність представлено на рис. 4.10, $\eta=0,70$.

4.2.3 Сучасні агрометеорологічні умови періоду колосіння – воскова стиглість

Агрометеорологічні умови періоду колосіння – воскова стиглість представлені в таблиці 4.12.

В сучасних умовах Херсонської області у середньому за досліджуваний період колосіння озимої пшениці відбувається у середині травня, а саме 18 травня. У різні роки дата колосіння коливається від 12 травня (2017 і 2018 рр.) до 31 травня (2006 р.).

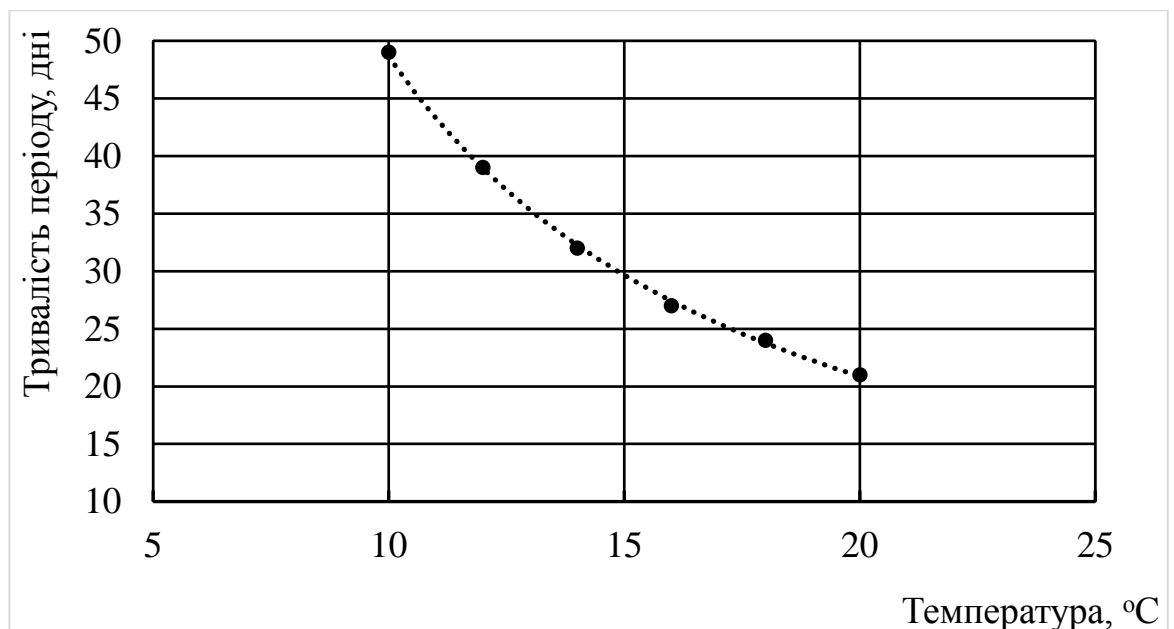


Рисунок 4.10 – Залежність тривалості періоду нижній вузол соломини - колосіння від середньої температури повітря за період

Сама рання дата воскової стиглості припадає на 2 червня (2018 р.), а найпізніша дата відзначалася в 2004 році і припадає на 30 червня. Середня дата воскової стиглості на досліджуваній території відзначається 17 червня, при цьому середньобагаторічна тривалість періоду колосіння – воскова стиглість становить 29 дні. Тривалість даного періоду коливалася від 19 днів (2007 р.) до 41 дня (2004 р.).

Сума активних температур, що накопичуються за досліджуваний період, у середньому багаторічному склала 555 °С, змінюючись від 418°С (2007 р.) до 731°С (2004 р.). Середня багаторічна сума ефективних температур становила 412°С, вона змінювалася від 220°С (2018 р.) до 636°С (2004 р.).

За досліджуваний період запаси вологи в орному шарі змінювалися від 0 мм (0 % НВ) в 2007, 2013 та 2014 рр. до 17 мм (40 % НВ) в 2004 р. В середньому вони дорівнюють 6 мм, що складає 15 % НВ. Також ми розрахували запаси продуктивної вологи в метровому шарі. В середньому вони дорівнюють 37 мм, що складає 26 % НВ. Однак спостерігаються коливання від 2 мм (% НВ) в 2007 р. (тобто повна відсутність продуктивної вологи у ґрунті) до 67 мм (46 % НВ) в 2015 р.

При цьому середня сума опадів за досліджуваний період для озимої пшениці склала 28 мм, коливаючись від 4 мм (2011 р.) до 80 мм (2015 р.).

Середня температура повітря за п'ятнадцятирічний період склала 19,6 °С, коливаючись від 13,7°С (2010 р.) до 22,0 °С (2007 р.).

Також було проведено уточнення біологічного мінімуму озимої пшениці і за останній міжфазний період – колосіння – воскова стиглість. Залежність сум активних температур від тривалості цього періоду представлена на рис. 4.11.

$$\text{Рівняння зв'язку: } \quad \text{Sum}T_3 = 14,7N_3 + 135, \quad (4.8)$$

де $SumT$ – сума додатних температур, °C; 14,7 – біологічний мінімум, °C; N – тривалість періоду, дні; 135 – сума ефективних температур вище уточненого мінімуму, °C, 3 - номер міжфазного періоду.

R – коефіцієнт кореляції, що є мірою тісноти прямолінійного зв'язку, у даному випадку дорівнює 0,81. Це свідчить про те, що між сумою температур та тривалістю періоду в даному випадку є дуже тісний зв'язок.

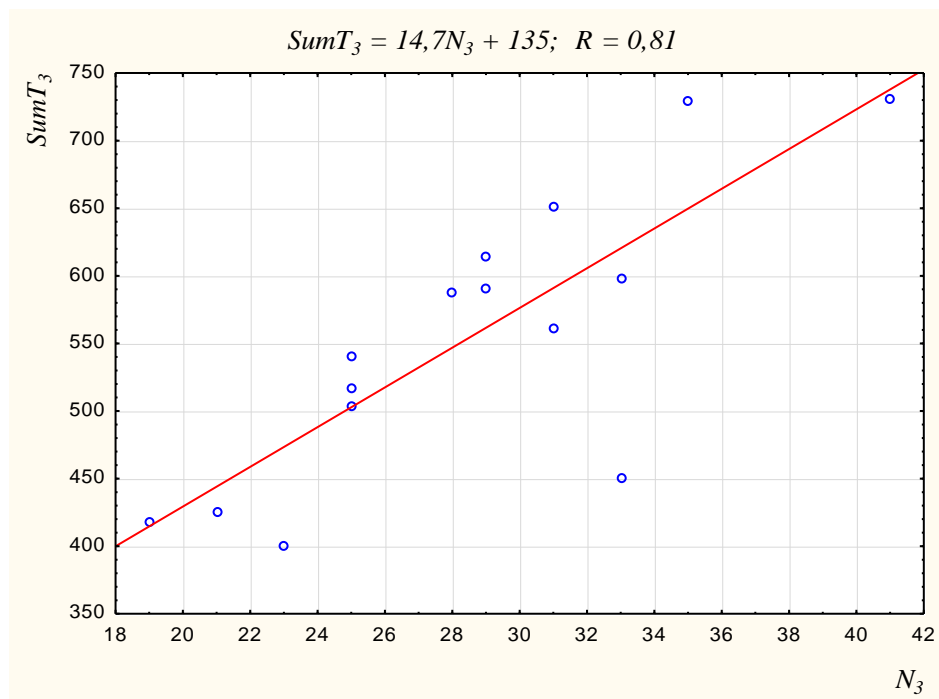


Рисунок 4.11 – Графік залежності сум активних температур за період колосіння – воскова стиглість озимої пшениці від тривалості періоду

Також нами було розраховане рівняння зв'язку тривалості третього (критичного) міжфазного періоду озимої пшениці від середньої температури за цей період за методикою [24]. Порядок розрахунків представлено у табл. 4.13.

Коефіцієнт кореляції (r) лінійного зв'язку логарифмів x та y :

$$r = \frac{\sum \Delta x_1 \Delta y_1}{\sqrt{\sum \Delta x_1^2 \sum \Delta y_1^2}} = \frac{-0,0268}{\sqrt{0,0402 \cdot 0,1099}} = \frac{-0,0268}{0,0665} = -0,40.$$

Таблиця 4.12 – Агроекологічні показники умов вирощування озимої пшениці в період від колосіння до воскової стиглості (Херсонська область)

Роки	Дати настання фаз		N, дні	$\Sigma T > 5^{\circ}\text{C}$		T _{ср} , °C	ΣR , мм	W _{ср}			
	Колосіння	Воскова		Акт.	Еф			0-20	% НВ	0-100	% НВ
2004	20.05	30.06	41	731	636	17,8	18	17	40	56	39
2005	20.05	20.06	31	651	546	21,0	15	3	7	21	14
2006	31.05	28.06	28	588	473	21,0	71	4	10	45	31
2007	20.05	8.06	19	418	293	22,0	10	0	0	2	1
2008	16.05	8.06	23	400	275	17,4	35	11	26	28	19
2009	20.05	24.06	35	730	605	20,9	25	9	21	43	30
2010	16.05	18.06	33	451	311	13,7	15	8	19	61	42
2011	24.05	18.06	25	540	395	21,6	4	10	24	54	37
2012	20.05	14.06	25	504	359	20,2	11	3	7	58	40
2013	14.05	8.06	25	517	362	20,7	12	0	0	7	5
2014	14.05	12.06	29	615	460	21,2	22	0	0	11	8
2015	18.05	16.06	29	591	426	20,4	80	11	26	67	46
2016	14.05	14.06	31	561	396	18,1	64	12	29	41	28
2017	12.05	14.06	33	598	423	18,1	20	7	17	49	34
2018	12.05	2.06	21	425	220	20,2	21	0	0	11	8
Ср.	18.05	17.06	29	555	412	19,6	28	6	15	37	20
Найменш.	12.05	2.06	19	418	220	13,7	4	0	0	2	1
Найбільш.	31.05	30.06	41	731	636	22,0	80	17	40	67	36

Помилка коефіцієнту кореляції

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} = \frac{1-(-0,40)^2}{\sqrt{15}} = \frac{0,84}{3,87} = 0,22.$$

$$r \mp \sigma_r = -0,40 \mp 0,22 = \begin{cases} -0,62 \\ -0,18 \end{cases}$$

Коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}};$$

$$\sigma_{y_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,1099}{15}} = \sqrt{0,0073} = 0,0856$$

$$\sigma_{x_1} = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_1^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0402}{15}} = \sqrt{0,0026} = 0,0518$$

$$\frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = \frac{0,0856}{0,0518} = 1,65.$$

Визначаємо коефіцієнт рівняння регресії

$$R = r \frac{\sigma_{y_1}}{\sigma_{x_1}} = -0,40 \cdot 1,65 = -0,66.$$

Підставляємо в рівняння $y_1 - \bar{y}_1 = R(x_1 - \bar{x}_1)$ величини R, \bar{y}_1, \bar{x}_1 :

$$y_1 - 1,4470 = -0,66(x_1 - 1,2898); \quad y_1 = 1,4470 - 0,66x_1 + 0,8526$$

Отримуємо пошукане рівняння зв'язку

$$y_1 = 2,30 - 0,66x_1 \quad \text{чи} \quad lgy = 196 - 0,66lgx.$$

Знаходимо b ($lgb = 2,30, b = 196$).

Таким чином, залежність тривалості міжфазного періоду колосіння – воскова стиглість озимої пшениці від середньої температури цього періоду визначається рівнянням $y = \frac{196}{x^{0,66}}$, $\eta=0,69$. У графічному вигляді цю залежність представлено на рис. 4.12.

Таблиця 4.13 - Розрахунок зв'язку тривалості періоду колосіння – воскова стиглість
від середньої температури періоду (Херсонська область)

№ п/п	x	y	x_I	y_I	Δx_I	Δy_I	Δx_I^2	Δy_I^2	$\Delta x_I \Delta y_I$	$\Delta x_I + \Delta y_I$	$(\Delta x_I + \Delta y_I)^2$
1	17,8	41	1,2504	1,6128	-0,0394	0,1658	0,0016	0,0275	-0,0065	0,1264	0,0160
2	21	31	1,3222	1,4914	0,0324	0,0444	0,0011	0,0020	0,0014	0,0768	0,0059
3	21	28	1,3222	1,4472	0,0324	0,0002	0,0011	0,0000	0,0000	0,0326	0,0011
4	22	19	1,3424	1,2788	0,0526	-0,1682	0,0028	0,0283	-0,0089	-0,1156	0,0134
5	17,4	23	1,2405	1,3617	-0,0493	-0,0853	0,0024	0,0073	0,0042	-0,1345	0,0181
6	20,9	35	1,3201	1,5441	0,0303	0,0971	0,0009	0,0094	0,0029	0,1274	0,0162
7	13,7	33	1,1367	1,5185	-0,1531	0,0715	0,0234	0,0051	-0,0109	-0,0816	0,0067
8	21,6	25	1,3345	1,3979	0,0447	-0,0491	0,0020	0,0024	-0,0022	-0,0044	0,0000
9	20,2	25	1,3054	1,3979	0,0156	-0,0491	0,0002	0,0024	-0,0008	-0,0335	0,0011
10	20,7	25	1,3160	1,3979	0,0262	-0,0491	0,0007	0,0024	-0,0013	-0,0229	0,0005
11	21,2	29	1,3263	1,4624	0,0365	0,0154	0,0013	0,0002	0,0006	0,0519	0,0027
12	20,4	29	1,3096	1,4624	0,0198	0,0154	0,0004	0,0002	0,0003	0,0352	0,0012
13	18,1	31	1,2577	1,4914	-0,0321	0,0444	0,0010	0,0020	-0,0014	0,0122	0,0001
14	18,1	33	1,2577	1,5185	-0,0321	0,0715	0,0010	0,0051	-0,0023	0,0394	0,0016
15	20,2	21	1,3054	1,3222	0,0156	-0,1248	0,0002	0,0156	-0,0019	-0,1092	0,0119
Ср.			1,2898	1,4470							
Сума							0,0402	0,1099	-0,0268	0,0002	0,0965

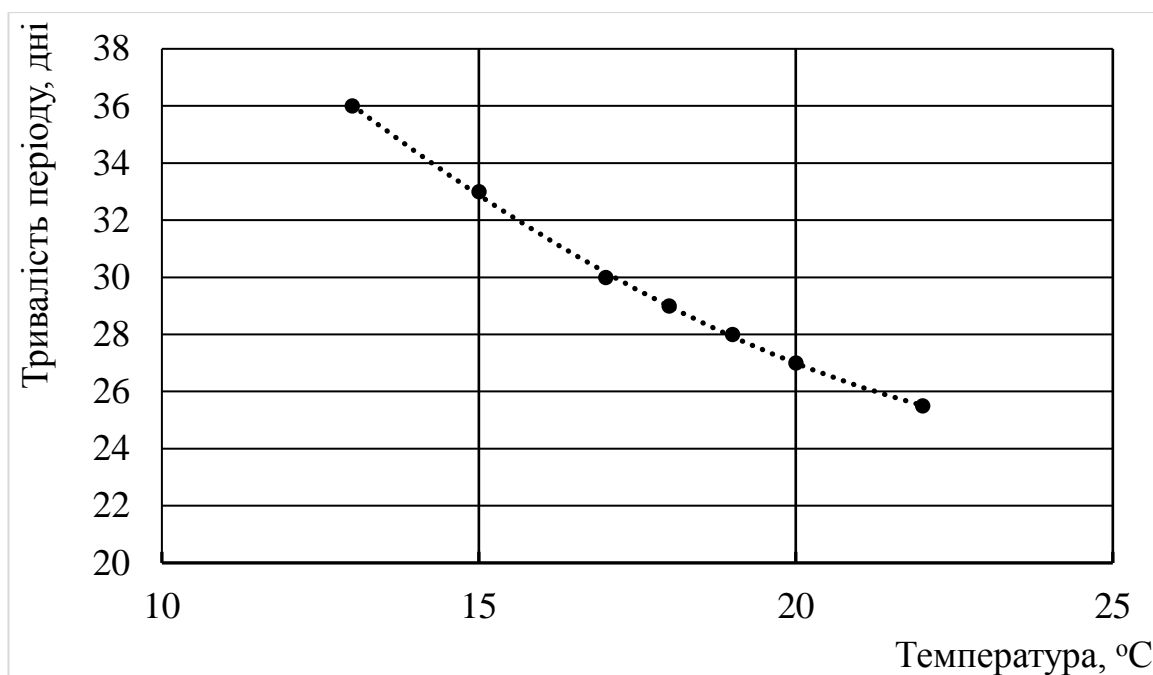


Рисунок 4.12 – Залежність тривалості періоду колосіння – воскова стиглість від середньої температури повітря за період

4.2.4 Сучасні агрометеорологічні умови вегетаційного періоду

У табл. 4.14 наведено характеристику агрометеорологічних умов вегетації озимої пшениці на початку XXI ст.: з 2004 по 2018 рр. Можна бачити, що в середньобогаторічному розрізі поновлення вегетації відбувається 9 березня. Найраніша дата – 23 лютого (2008 р.), найпізніша – 28 березня (2018 р.). Воскова стиглість озимої пшениці настає за середньобогаторічними даними 17 червня. Екстремальні дати, відповідно, 2 червня (2018 р.) і 30 червня (2004 р.). Тривалість вегетаційного періоду становить 97 дні, коливаючись від найкоротшої – 66 днів у 2018 році до найдовшої 114 днів (2004 р.).

Сума активних температур повітря за весь період становить 1274 °C, коливаючись від 1088°C у 2018 р. до 1479°C у 2006 р. Відповідні суми

Таблиця 4.14 – Агрометеорологічні показники умов вирощування озимої пшениці від поновлення вегетації до утворення нижнього вузла соломини (Херсонська область)

Роки	Дата настання фаз		Тр-ть п-ду	Сума т-р повітря вище 5°C		Сума опадів, мм	Засушливість за Конторшиковим		E _ф , мм	Σd, мб	E _о , мм	V, %	Показник вологозабезпеченості	Кількість декад	
				Акт.	Еф.		% від норми	показник						Зас.	Сух.
	Відновл. вегетації	Воск. ст-ть													
2004	8.03	30.06	114	1444	984	47	50	Засушл.	128	715	349	37	Дуже погана	6	1
2005	26.03	20.06	86	1276	945	44	47	Засушл.	185	640	312	59	Погана	2	4
2006	14.03	28.06	106	1479	889	239	254	Перезв.	324	664	324	100	Відм.	2	4
2007	3.03	8.06	97	1181	551	39	41	Засушл.	103	755	368	28	Дуже погана	1	7
2008	23.02	8.06	105	1167	587	114	121	Норм.	213	439	214	100	Відмінна	1	2
2009	6.03	24.06	100	1398	903	87	93	Норм.	192	791	386	50	Погана	2	4
2010	19.03	18.06	91	1140	699	50	53	Засушл.	153	661	322	48	Дуже погана	3	5
2011	16.03	18.06	84	1201	716	13	14	Сухий	102	645	314	32	Дуже погана	2	2
2012	22.03	14.06	84	1206	819	77	82	Норм.	142	746	364	39	Дуже погана	1	5
2013	7.03	8.06	93	1161	615	51	54	Засушл.	179	664	324	55	Погана	1	5
2014	3.03	12.06	101	1400	787	101	107	Норм.	237	542	264	90	Відмінна	4	5
2015	24.02	16.06	112	1284	639	221	235	Перезв.	267	548	267	100	Відмінна	3	1
2016	24.02	14.06	110	1363	730	168	179	Перезв.	249	515	251	99	Відмінна	2	4
2017	28.02	14.06	108	1324	733	120	128	Вологий	252	520	254	99	Відмінна	2	4
2018	28.03	2.06	66	1088	703	41	44	Засушл.	162	615	300	54	Погана	1	5
Сер.	9.03	17.06	97	1274	753	94	100		193	631	308	66	Задовільна		
Найм.	23.02	2.06	66	1088	551	13	14		102	439	214	28	Дуже погана		
Найб.	28.03	30.06	114	1479	984	239	254		324	791	386	100	Відмінна		

ефективних температур становлять: середньобагаторічна - 753°C , найменша – 551°C (2007 р.), найбільша – 984°C (2004 р.).

Середня сума опадів за весняно-літню вегетацію озимої пшениці становить 94 мм. Найменша кількість опадів за вегетацію випала у 2011 році і становила 13 мм. Найбільша, відповідно, у 2006 р. і становила 239 мм.

Ми, як і для періоду 1969-1983 рр., провели аналіз засушливості за методикою Конторщикова, 3 результатів, представлених у таблиці 4.14, можна бачити, що на початку XXI століття протягом 6 років з 15 досліджуваних спостерігались засушливі умови, 4 роки були близькі до середньобагаторічних, 1 рік був вологим, 3 роки – перезволоженими. Тобто у половині досліджуваних років умови зволоження за опадами були досить сприятливими.

Середньобагаторічне значення фактичного вологоспоживання, яке розраховувалось за методом водного балансу, становить 193 мм. Найменша його величина відзначається у 2011 р. і становить 102 мм. Найбільша – 324 мм у 2006 р. Вологопотреба озимої пшениці, яку ми визначали за методом Алпат'єва, у середньобагаторічному плані становить 308 мм. Найбільше значення цієї величини спостерігалось у 2009 р. і становило 386 мм, найменше – 214 мм (2008 р.).

Також була оцінена і вологозабезпеченість вегетаційного періоду. З таблиці 4.14 можна бачити, що середньобагаторічне значення вологозабезпеченості становить 66%. Найгірше вологою забезпечені посіви були у 2007 році, коли показник вологозабезпеченості був найменшим і становив 28%. Найкраще посіви озимої пшениці були забезпечені вологою у 2006, 2008 та 2015 рр., коли показник вологозабезпеченості становив 100%. Тобто у цьому році посіви були повністю забезпечені вологою.

За вищевказаними градаціями показники вологозабезпеченості у часовому розрізі розподілилися таким чином: відмінним цей показник був у шести досліджених роках, а у дев'яти – поганим або дуже поганим. Хороших та задовільних за вологозабезпеченістю років не було зовсім. Тобто можна

сказати, що зволоженість весняно-літнього вегетаційного періоду вегетації озимої пшениці у теперішній час характеризується суттєвою нестабільністю.

Також ми оцінили ступінь засушливості вегетаційного періоду за методом М.С. Кулика (по запасам продуктивної вологи орного шару ґрунту). Можна бачити, що кожного року спостерігалися засушливі і сухі декади. Найбільша кількість сухих декад протягом вегетації спостерігалась у 2007 р. - 7 декад. У п'яти роках (2010, 2012-2014 та 2018 рр.) таких декад було по 5 за вегетаційний період. Найбільша кількість посушливих декад зафіксована у 2004 р. – 6 декад. У 2014 р. засушливих декад було 4. Років з повною відсутністю засушливих і сухих декад за період дослідження взагалі не було.

Таким чином, можна зробити висновок, що за теперішнього часу посіви озимої пшениці в Херсонській області забезпечені вологою задовільно. Тобто і в наш час лімітуючим фактором при вирощуванні озимої пшениці у Херсонській області є волога.

4.3 Аналіз впливу сучасних змін клімату на умови весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці

На сьогоднішній день питання змін клімату є широко визнаним фактом і дослідженню майбутніх змін та їх впливу на агрометеорологічні умови вегетації сільськогосподарських культур присвячені численні наукові джерела [26-28]. Як правило, розрахунки у цих роботах проводяться з використанням багаточисленних сценаріїв на тривалий період часу, зокрема, до 2050 року. Але, як можна бачити, вже за теперішнього часу спостерігаються суттєві зміни умов вирощування сільськогосподарських культур. Для території України, і, зокрема, Степу України ці зміни далеко не завжди мають позитивну тенденцію [25-26].

Нами було проведено порівняльний аналіз агрометеорологічних умов весняно-літнього періоду вегетації за два проміжки часу. Це період 1969-1983 рр., який ми умовно назвали “наприкінці ХХ століття” і сучасний період з 2004 по 2018 рр. Результати цього порівняння приводяться у табл. 4.15.

Як можна бачити з таблиці, поновлення вегетації у сучасний період починається на 9 днів раніше, ніж наприкінці ХХ сторіччя. Також раніше озима пшениця досягає – різниця між датами настання воскової стиглості становить 11 днів. Таким чином можна сказати, що за сучасних умов терміни вегетації озимої пшениці зсуваються у бік більш ранніх значень. Зміна дат спричиняє і зменшення тривалості вегетаційного періоду на 5 днів.

Стосовно сум активних температур за весняно-літню вегетацію, можна сказати, що за умов першого періоду вони були дещо більше ніж у сучасний період, різниця становить 136°C . Така ж ситуація спостерігається і відносно сум ефективних температур – вона більше за сучасну на 109°C . Але середні температури за вегетаційний період відрізняються дуже несуттєво – у перший період середня температура становить $13,8^{\circ}\text{C}$, а у другий – $13,1^{\circ}\text{C}$. Таким чином можна сказати, що термічні умови вегетаційного періоду за сучасних умов практично не змінилися.

Суттєві зміни відбулися у режимі зволоження. Сума опадів за вегетацію наприкінці минулого століття становила 145 мм, а за теперішнього часу вона становить лише 94 мм, тобто зменшилася на 51 мм (у відсотковому співвідношенні зміни становлять 21 мм). Аналізуючи суми опадів за окремі міжфазні періоди озимої пшениці, можна зробити висновок, що за сучасних умов частіше спостерігаються зливові опади протягом літніх місяців, але такі одиничні зливи не сприяють покращенню умов зволоження, тому що волога за таких умов не затримується у кореневмісному шарі ґрунту, а швидко просочується у більш глибокі шари ґрунту. Також відбувається нівелювання ефективності дещо більшої кількості опадів інтенсивним збільшенням температури в окремі періоди.

Таблиця 4.15 – Порівняння агрометеорологічних умов весняно-літнього періоду вегетації озимої пшениці

Дата настання фаз		Тр-ть п-ду	Сума т-р повітря вище 5°C		Сума опадів, мм	E _ф , мм	Σd, мб	E _о , мм	V, %	Показник вологозабезпеченості	Кількість декад	
			Акт.	Еф.							Зас.	Сух.
Відновл. вегетації	Воск. ст-ть											
1969-1983 рр. (наприкінці ХХ ст.) перший період												
18.03	28.06	102	1410	898	145	244	705	344	73	Задовільна	2	4
2004-2018 рр. (сучасний період) другий період												
9.03	17.06	97	1274	789	94	193	631	308	66	Задовільна	2	4
Різниця між періодами												
-9	-11	-5	-136	-109	-51	-51	-74	-36	-7		0	0
					-35%	-21%	-10%	-10%				

Погіршилися і умови зволоження вегетаційного періоду у цілому. Якщо у минулий період вологозабезпеченість вегетаційного періоду становить 73%, то за теперішнього часу її значення зменшилося до 66%, тобто досить суттєво.

Треба відзначити, що в теперішній період продовжується зменшення вологозабезпеченості вегетаційного періоду, а також збільшення кількості посушливих явищ. Хоча середня кількість посушливих і сухих декад протягом вегетаційного періоду не змінилася, як можна бачити з таблиці 7.15, дані по міжфазних періодах підтверджують наявність такої тенденції.

Відомо, що в агрометеорології найбільш поширеним показником посушливості є сума опадів у відсотках до кліматичної норми [27]. При сумі опадів менше 50 % кліматичної норми спостерігається дуже сильна посуха, 50–70 % - сильна посуха, 71–80 % норми - середня посуха. Дані таблиці 4.14 показують, що у чотирьох роках з п'ятнадцяти досліджуваних сформувалися умови дуже сильної засухи. Це були 2005, 2007, 2011 та 2018 рр. У минулий період (табл. 4.7) сильних засух не спостерігалось.

Таким чином, можна зробити висновок, що за теперішніх умов спостерігається погіршення умов вологозабезпеченості посівів озимої пшениці в Херсонській області – одній з областей Південного Степу України.

Для визначення агрометеорологічних показників, що найбільш впливають на урожайність озимої пшениці у сучасних весняно-літніх умовах ми скористалися статистичними методами і побудували кореляційну матрицю парних коефіцієнтів кореляції. У якості предикторів були вибрані показники теплового і вологісного режимів по міжфазних періодах, запаси вологи в орному та метровому шарах ґрунту, а також загальні показники вологозабезпеченості вегетаційного періоду.

Статистичні методи прогнозування урожайності озимої пшениці були започатковані у 70-х роках минулого століття Є.С. Улановою [2]. Вона досліджувала багатофакторні зв'язки урожайності озимої пшениці з агрометеорологічними умовами та станом рослин протягом вегетаційного періоду.

Аналіз побудованої кореляційної матриці показав, що жоден показник, пов'язаний з температурами не впливає на урожайність озимої пшениці. Це ще раз підкреслює наш висновок, що теплом в Херсонській області озима пшениця забезпечена повністю і тепловий режим є дуже сприятливим для її вирощування. Найбільші коефіцієнти кореляції відзначаються між урожайністю і такими показниками, як запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту у періоди нижній вузол соломини – колосіння (цей період є критичним по відношенню до вологи) та колосіння – воскова стиглість, а також вологозабезпеченість вегетаційного періоду.

Всі отримані коефіцієнти кореляції є статистично значущими, але між ними також існують тісні кореляційні зв'язки, тому рівняння множинної регресії побудувати не представляється можливим. На рис. 4.13 представлений графік залежності урожайності від вологозабезпеченості вегетаційного періоду.

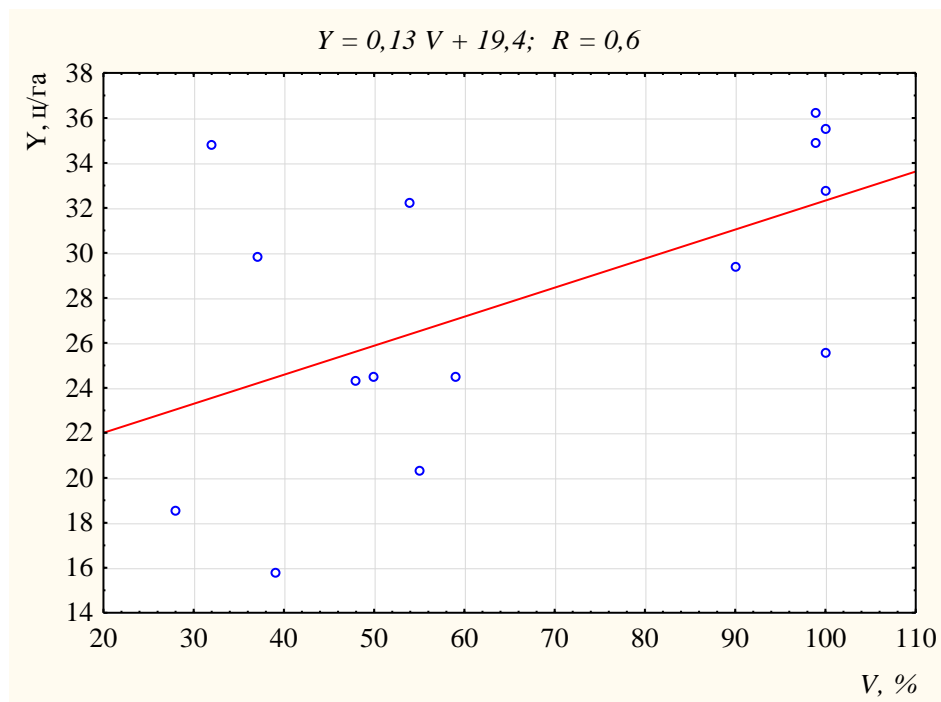


Рисунок 4.13 – Залежність урожайності озимої пшениці від вологозабезпеченості вегетаційного періоду

Коефіцієнт кореляції становить 0,6, що характеризує досить тісний прямолінійний зв'язок. Треба відзначити, що отримані результати добре

узгоджуються з аналогічними нашими дослідженнями по території Одеської області [28] та сучасними літературними джерелами стосовно показників, що впливають на урожайність озимої пшениці за сучасних умов [29, 30].

ВИСНОВКИ

Проведений за допомогою методу гармонійних вагів аналіз динаміки урожаїв озимої пшениці по Херсонській області за 20 років за період з 1999 по 2018 роки показав, що за досліджуваний період відбувся вельми активний ріст трендової компоненти, що свідчить про суттєве підвищення рівня культури землеробства за період дослідження. Середня за роки досліджень урожайність склала 26,1 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних зважувань, додатна і складає 0,97 ц/га.

Протягом п'яти останніх років (з 2014 по 2018 рр.) рівень урожайності озимої пшениці суттєво підвищився, урожайність досягала величин 35-36 ц/га. Останні роки характеризуються швидким та інтенсивним ростом урожайності. Так у 2015 та 2016 рр. було зібрано найбільші урожаї озимої пшениці – 35,5 та 36,2 ц/га.

У 2003 р. спостерігався найнижчий урожай за досліджуваний період – 6,1 ц/га. Цей рік був найбільш несприятливим для вирощування озимої пшениці, саме у цьому році спостерігалось найбільше від'ємне відхилення від лінії тренду – 15,4 ц/га. Найбільш сприятливими для вирощування озимої пшениці були 2001, 2004 та 2008 та 2011 рр. У ці роки додатні відхилення від лінії тренду склали відповідно 8,3, 7,7, 8,1 та 8,2 ц/га. Найбільш несприятливими для вирощування озимої пшениці були 2003, 2012 та 2013 рр. У ці роки від'ємні відхилення від лінії тренду склали відповідно 15,4, 11,5 та 7,6 ц/га.

В Херсонській області урожаї озимої пшениці порядку 36 ц/га отримують з ймовірністю 10 % (тобто раз в десять років), а щорічно тут забезпечені урожаї лише не вище 10 ц/га. Урожай 32 ц/га можна очікувати у трьох роках з десяти (ймовірність 30 %), а урожай 19 ц/га – у восьми випадках з десяти (ймовірність 80 %).

Значення кліматичної складової мінливості урожаїв озимої пшениці, розрахованої за методикою В.М. Пасова, становить 0,25, що дає можливість віднести Херсонську область до території помірно стійких урожаїв.

Проведене уточнення біологічних мінімумів для окремих міжфазних періодів за два розрахункових періоди – 1969-1983 рр. і 2004-2018 рр. - показало, що значення біологічних мінімумів збільшуються від фази поновлення вегетації до воскової стиглості.

Визначені показники теплового та вологісного режимів вегетаційного періоду. Порівняння цих показників за два розрахункових періоди показало, що у порівнянні з минулим періодом сучасні теплові умови вегетації змінилися несуттєво. Стосовно умов зволоження відбулося значне їх погіршення, що підтверджується рядом сучасних літературних джерел стосовно змін клімату.

Найбільш впливають на урожайність озимої пшениці у сучасних умовах саме показники зволоження, такі як запаси продуктивної вологи у ґрунті, опади та вологозабезпеченість вегетаційного періоду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пшеница: история, морфология, биология, селекция / под ред. В.В. Шелепова, Н.П. Чебакова. Мирановка: Мирановская типография, 2005. 580 с.
2. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 302 с.
3. Шпаар Д. и др. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование) / Под общей редакцией Д. Шпаара. Москва: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008. 656 с.
4. Агрокліматичний довідник по Херсонській області (1986-2005 рр.). За редакцією Т. І. Адаменко. Дніпропетровськ, 2013. 195 с.
5. Животков Л.О., Бірюков С.В., Бабаянець Л.Т. та ін. Озимі зернові культури. Київ: Урожай, 1993. 288 с.
6. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том I. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. Учебное пособие. Обнинск, ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2011. 808 с.
7. Алабушев А.В., Попов А.С. Влияние времени прекращения осенней вегетации и возобновления весенней вегетации на урожайность твердой озимой пшеницы / Аграрный вестник Урала. 2015. № 11 (141). С.6-11.
8. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. Одеса: ТЕС, 2012. 630 с.
9. Свисюк И.В. Агрометеорологические прогнозы, расчеты, обоснования. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 191 с.
10. Вольвач О.В., Вольвач В.В. Агрометеорологічні вимірювання: підручник. Одеса: Екологія, 2006. 200 с.
11. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2001. 597 с.
12. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця. 2013. 724 с.

13. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 271 с.
14. Мельник А.Ф., Кондрашин Б.С., Митюшкин Н.И. Влияние предшественников на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / Вестник ОрелГАУ, 2009. Вып. 4. с. 27-30.
15. Кудря С. І., Ключко М. К., Кудря Н. А. Вологозабезпеченість і урожайність пшениці озимої залежно від попередника / Вісник аграрної науки. 2007. №11. С. 23–26.
16. Жемела Г.П., Шакалій С.М. Вплив попередників на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої / Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. № 3. С. 20-22.
17. Цвей Я.П., Мирошниченко М.С., Левченко Л.М. Забур'яненість пшениці озимої залежно від обробітку ґрунту і системи удобрення / Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вип. 26. С. 21-27.
18. Bilousova, Z., Klipakova, Yu., Keneva, V., Priss, O. (2020). Forecasting of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield for the Southern Steppe of Ukraine using meteorological indices. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(3), 36-43.
19. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
20. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 115 с.
21. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 362 с.
22. Вольвач О.В., Челак І.П. Дослідження часової мінливості сучасних урожаїв озимої пшениці в Херсонській області // Матеріали III міжнародної науково-практичної інтернет - конференції "Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти". Полтава, 12 грудня 2019 року. С. 33-36.

23. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. Одеса, 2001. 400 с.
24. Уланова Е.С., Сиротенко О.Д. Методы статистического анализа в агрометеорологии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. 198 с.
25. Степаненко С.М., Польовий А.М. та ін.. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: [монографія] / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Екологія, 2011. 696 с.
26. Степаненко С.М., Польовий А.М., Лобода Н.С., та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: [монографія] / колектив авторів; за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: «ТЕС», 2015. 520 с.
27. Адаменко Т.І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Київ: Видавництво ТОВ «РІА»БЛІЦ, 2014. 17 с.
28. Гайдаржи І.П. Вплив агрометеорологічних умов на урожайність озимої пшениці у степу (на прикладі Одеської області) // Матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса, 2020. С. 47.
29. Курдюков Ю.Ф., Васильева М.Ю., Пряхина С.И. Влияние весенних запасов продуктивной влаги в почве и осадков на продуктивность зерновых культур в зоне засушливой Черноземной степи / Известия Саратовского университета. 2007. Т. 7. Сер. Науки о Земле. Вып. 1. С. 16-20.
30. Иванова Г.Ф., Левицкая Н.Г. Влияние изменений климата на продуктивность зерновых культур // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Международной научной конференции, Минск, 5 – 8 мая 2015 г. С. 274-275.