

**Полтавське відділення Академії наук
технологічної кібернетики України**

**ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО
ПОТЕНЦІАЛУ ТА СТІЙКОСТІ ЕКОСИСТЕМ**

Колективна монографія

Полтава – 2023

Рецензенти:

Г. Ф. Кожушко, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри автоматичної, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Т. В. Сахно, доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету

І. В. Черевко, доктор економічних наук, професор, професор кафедри економіки Львівського національного університету природокористування

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Полтавським відділенням Академії наук технологічної кібернетики України (протокол № 8 від 02.11.2023 р.)

В-42 Відновлення природно-ресурсного потенціалу та стійкості екосистем : колективна монографія ; за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Видавництво ПП «Астроя», 2023. 308 с.

У колективній монографії з позицій міждисциплінарного підходу викладено результати досліджень щодо місця та розвитку природно-ресурсного потенціалу в забезпеченні стійкості екосистем. Розглянуто питання щодо сучасного стану та напрямів забезпечення відновлення природно-ресурсного потенціалу територій. Розкрито напрямки вдосконалення заходів і технологій відновлення природно-ресурсного потенціалу регіонів. Наведено питання ефективного моніторингу та управління відновленням природно-ресурсного потенціалу. Досліджено напрями відновлення природно-ресурсного потенціалу заради стійкості екосистем в Україні у післявоєнний період.

Розраховано на науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного управління, фахівців агроформувань, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями щодо відновлення природно-ресурсного потенціалу та стійкості екосистем.

ISBN 978-617-8231-31-6

Автори вміщених матеріалів висловлюють власну думку, яка не завжди збігається з позицією редакції. За зміст матеріалів відповідальність несуть автори.

© Колектив авторів, 2023

спостерігаються у Чернігівській області і складають при η , що дорівнює 1,5, 2,0 і 2,5 % відповідно 0,96, 0,72 і 0,58 %.

Коефіцієнт сприятливості клімату для вирощування картоплі на території трьох областей Полісся пов'язаний із ресурсами зволоження вегетаційного періоду культури. Найменші значення K_C характерні для Чернігівської області, де спостерігаються найменший показник вологозабезпеченості.

Таким чином, можна зробити висновок, що на території Полісся посадки картоплі використовують ФАР з ККД не вище 1,4 %, тобто великий потенціал цієї цінної культури тут використовується далеко не повністю.

Отже, ще є величезний резерв для отримання більш високих урожаїв картоплі у відповідності з біокліматичним потенціалом території Полісся. Цілком можливо підвищення ККД використання ФАР посівами за рахунок створення посівів з оптимальною структурою та високими показниками фотосинтетичної діяльності листя, внесення мінеральних добрив та гною, підтримки верхніх шарів ґрунту у пухкому стані протягом всієї вегетації, дотримання правил сівозміни та вдосконалення технології вирощування.

4.2. Оптимізація вирощування пшениці озимої в посушливих умовах Південного Степу України

Жигайло Т. С.¹, Жигайло О. Л.², Домбовська І. О.³

*¹Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН
України*

²Одеський державний екологічний університет

³Херсонський гідрометеорологічний фаховий коледж

Однією з важливих екологічних проблем ХХІ століття є зміна загальнопланетарного клімату, що є науково підтвердженим фактом. Наслідки глобальної зміни клімату стають все більш відчутними і в Україні. Аналіз частоти екстремальних погодних умов, а саме посух, показує тривожну тенденцію їх збільшення [425]. За своїм географічним положенням, структурою народного господарства, станом довкілля Україна є однією з країн, для якої соціально-економічні наслідки зміни клімату можуть бути незворотними. Сільське господарство є найбільш вразливою галуззю економіки України щодо коливань і змін клімату [426]. В умовах сучасних змін клімату рівень зволоження на території України є головним чинником, який обмежує продуктивність рослинництва та

⁴²⁵ Управління агротехнологіями за умов посух : монографія / за ред. В. М. Писаренка. Полтава : «ПТСТГ», 2020. 161 с.

⁴²⁶ Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату : монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса : «ТЕС», 2018. С. 259–497.

потенціал землеробства. За прогнозами УкрГМІ [427] кліматичний водний баланс території України до 2050 року може знизитись на 45–115 мм, а його дефіцит в зоні Степу становитиме 560 мм і більше. З урахуванням цього, територія країни з недостатнім рівнем зволоження збільшиться на 56 % і лише 28 % території будуть відповідати вологим умовам.

Серед продовольчих сільськогосподарських культур, які вирощуються в Україні однією з головних культур була і залишається пшениця озима. Ґрунтові умови і тепловий режим Південного Степу України для вирощування високоякісного зерна пшениці озимої є ідеальними, але за рахунок недостатнього природного вологозабезпечення продуктивність посівів в більшості років є низькою. У посушливих умовах Південного Степу найважливішим заходом накопичення вологи в ґрунті є зрошення. Воно повністю змінює умови ведення землеробства, дає можливість підтримувати вологість ґрунту на потрібному для культур оптимальному рівні і тим самим створює сприятливі умови для нормального росту й розвитку рослин. Так, за багаторічними даними вчених Інституту зрошуваного землеробства, зрошення забезпечує підвищення врожайності в 2–6 разів, ніж у неполивних умовах. Тому відновлення зрошення й розширення площ поливних земель має першочергове значення для розвитку регіону [428].

Матеріали і методи досліджень. Для дослідження продуктивності пшениці озимої в умовах зміни клімату на богарі та на зрошенні в роботі використовується математична модель MODSOL-6 [429], яка модифікована для пшениці озимої. Модель має ієрархічну структуру і вміщує сім блоків: початкової інформації, радіаційного та теплового режимів, водного режиму, мінерального живлення рослин, фотосинтезу, дихання, росту та розподілу асимілятів. Параметри моделі оптимізовані до пшениці озимої, що вирощується в Південному Степу. Розрахунки проводилися з використанням стандартної декадної метеорологічної інформації: кількість годин сонячного сяйва, середня та максимальна температура повітря, дефіцит насичення повітря водяною парою, кількість опадів і випаровування. Застосовувалися показники водного режиму: найменша вологоємність та запаси продуктивної вологи в 0–100 см шарі ґрунту; режими зрошення та якість зрошуваної води. Задавалися початкові характеристики пшениці озимої, початкові та граничні умови для рішення системи рівнянь. З математичною моделлю було проведено чисельні розрахунки за кліматичні періоди: з 1986 до 2005 рр., що є

⁴²⁷ Аналітичні матеріали, наукові прогнози та пропозиції НААН щодо переліку заходів, реалізація яких сприятиме забезпеченню водної та продовольчої безпеки України в умовах змін клімату. URL: <http://naas.gov.ua>.

⁴²⁸ Вожегова Р. А. Напрями адаптації галузі рослинництва до регіональних змін клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : Збірник тез II Міжнарод. наук.-практ. конф., 10–12 квітня 2019 року. Київ – Миколаїв – Херсон : ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С 6–8.

⁴²⁹ Polevoy A. N., Khokhlenko T. N. Modeling agricultural crop yield on irrigated chernozems of the Danube province. *Eurasian Soil Science*. 1996. Vol. 28, Issue 12. P. 280–290.

базовим; з 2031 по 2050 рр. за сучасним сценарієм RCP8.5 сімейства RCP (Representative Concentration Pathways), для якого характерний високий рівень викидів парникових газів [430].

Для характеристики весняно-літнього періоду вегетації пшениці озимої використовувались дати відновлення вегетації та повної стиглості, а також тривалість періоду «відновлення вегетації – повна стиглість».

В середньому за 20-ти річний період відновлення вегетації на посівах пшениці озимої очікуватиметься на початку третьої декади березня (22.03). Повна стиглість зерна спостерігатиметься в першій декаді липня (04.07). Тривалість вегетаційного періоду становитиме 104 дні. В порівнянні з середньо багаторічними датами кліматичного періоду 1986–2005 рр. відновлення вегетації очікуватиметься на 9 днів пізніше, повна стиглість буде співпадати. Тому тривалість вегетації буде на 8 днів коротше за минулий кліматичний період (табл. 1).

1. Фази розвитку у весняно-літній період вегетації пшениці озимої

Період	Дата відновлення вегетації (ДВВ)		Дата повної стиглості (ДПС)		Тривалість періоду (ТП), дні		
Агрокліматичні характеристики							
1986–2005	13.03		03.07		112		
2031–2050	22.03		04.07		104		
Агрометеорологічні характеристики							
Рік	ДВВ	ДПС	ТП, дні	Рік	ДВВ	ДПС	ТП, дні
2031	22.03	10.07	110	2041	01.03	27.06	119
2032	01.03	30.06	122	2042	18.03	22.06	96
2033	01.03	03.07	125	2043	01.03	27.06	119
2034	07.04	07.07	91	2044	31.03	06.07	98
2035	12.03	09.07	119	2045	31.03	06.07	98
2036	18.03	01.07	105	2046	22.03	26.07	95
2037	28.03	08.07	102	2047	11.03	06.07	118
2038	15.03	23.06	100	2048	12.03	28.06	109
2039	26.02	30.06	126	2049	28.03	08.07	102
2040	30.03	06.07	99	2050	6.03	08.07	113

Джерело: авторські дослідження.

Дослідження наставання фаз розвитку в майбутньому по окремих роках (табл. 1) показало, що найраніше відновлення вегетації очікуватиметься в кінці лютого (2039 р.), а найпізніше на початку квітня (2034 р.). Достигання повної стиглості зерна пшениці озимої спостерігатиметься найраніше на початку третьої декади червня (2038 р.), найпізніше у кінці першої декади липня (2031 р.).

Тривалість періоду при відновленні вегетації посівів пшениці озимої на початку квітня (07.04) і наставання повної стиглості зерна в кінці першої декади липня (07.07) становитиме 91 день, цей період буде найкоротшим у двадцяти досліджуваних роках. Найдовшим періодом від відновлення вегетації до повної стиглості буде період в році, коли

⁴³⁰ IS-ENES climate4impact portal. URL: <http://climate4impact.eu>.

відновлення вегетації очікуватиметься в третій декаді лютого (26.02), в цьому році настання повної стиглості буде у кінці червня (30.06), тривалість періоду становитиме 126 днів.

Для характеристики температурного режиму та вологозабезпеченості посівів пшениці озимої використовувались максимальна та середня температура повітря, сума опадів, вологопотреба, вологоспоживання та вологозабезпеченість.

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

2. Агрокліматичні умови весняно-літнього періоду вегетації пшениці озимої

Період	Максимальна температура повітря, °С	Середня температура повітря, °С	Сума опадів, мм	Волого потреба, мм	Волого споживання, мм	Волого забезпеченість, від. од.
1986–2005	24,6	14,0	167	477	244	0,51
2031–2050	25,8	14,2	148	473	230	0,49

Джерело: авторські дослідження.

Дослідження режиму зволоження в Південному Степу показали, що природне вологозабезпечення посівів пшениці озимої в минулому становило 50 % від потреби рослин до вологи, в майбутньому дефіцит вологоспоживання збільшуватиметься (243 мм проти 233 мм).

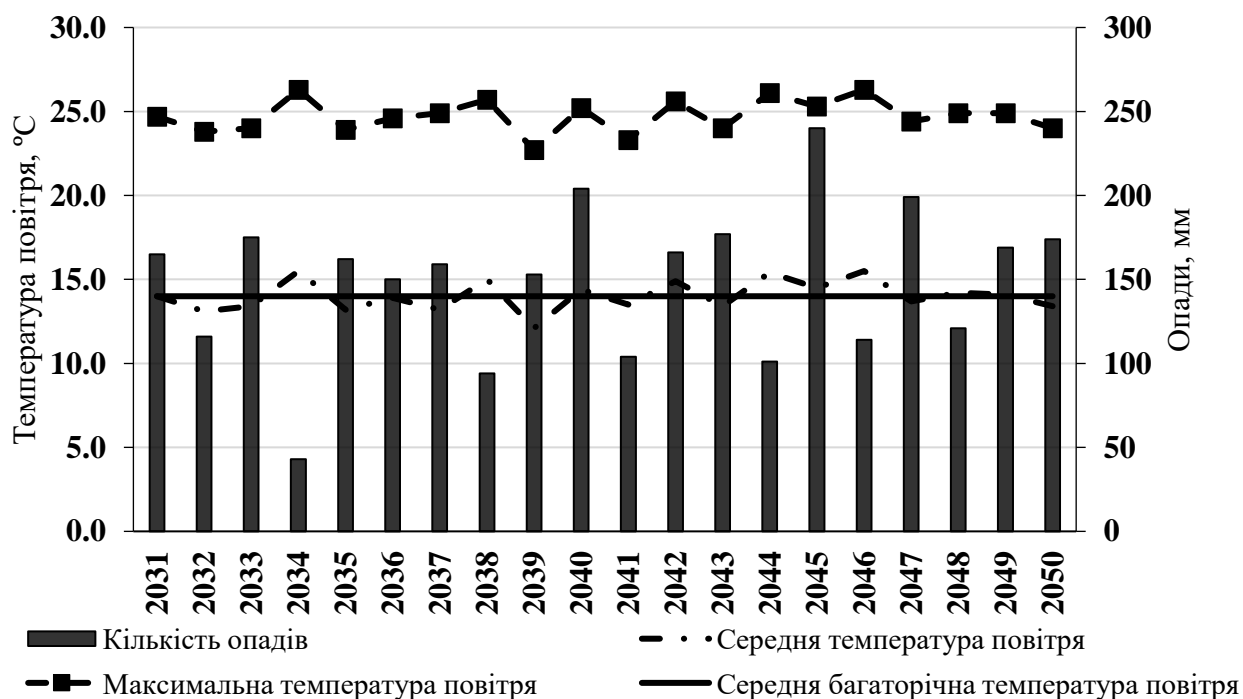


Рис. 1. Динаміка метеорологічних елементів: середньої температури повітря, максимальної температури повітря, опадів. Південний Степ

Джерело: авторська розробка.

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

За вологозабезпеченістю (рис. 2) будуть роки (2049 р. і 2047 р.), що характеризуватимуться як добрі (0,74 від. од і 0,78 від. од.), коли кількість опадів очікуватиметься на 14 % і 34 % більшою (169 мм і 199 мм проти 148 мм), дефіцит вологи для посівів пшениці озимої буде дорівнювати відповідно 92 мм і 88 мм. Але в шести роках з двадцяти вологозабезпеченість становитиме 0,55...0,59 від. од., у п'яти роках зменшуватиметься до 0,36...0,41 від. од. Буде рік (2034 р.), коли вологозабезпеченість посівів становитиме лише 0,28 від. од, кількість опадів за період «відновлення вегетації – повна стиглість» в цьому році очікуватиметься лише 43 мм, тому дефіцит вологи дорівнюватиме 445 мм (рис. 2).

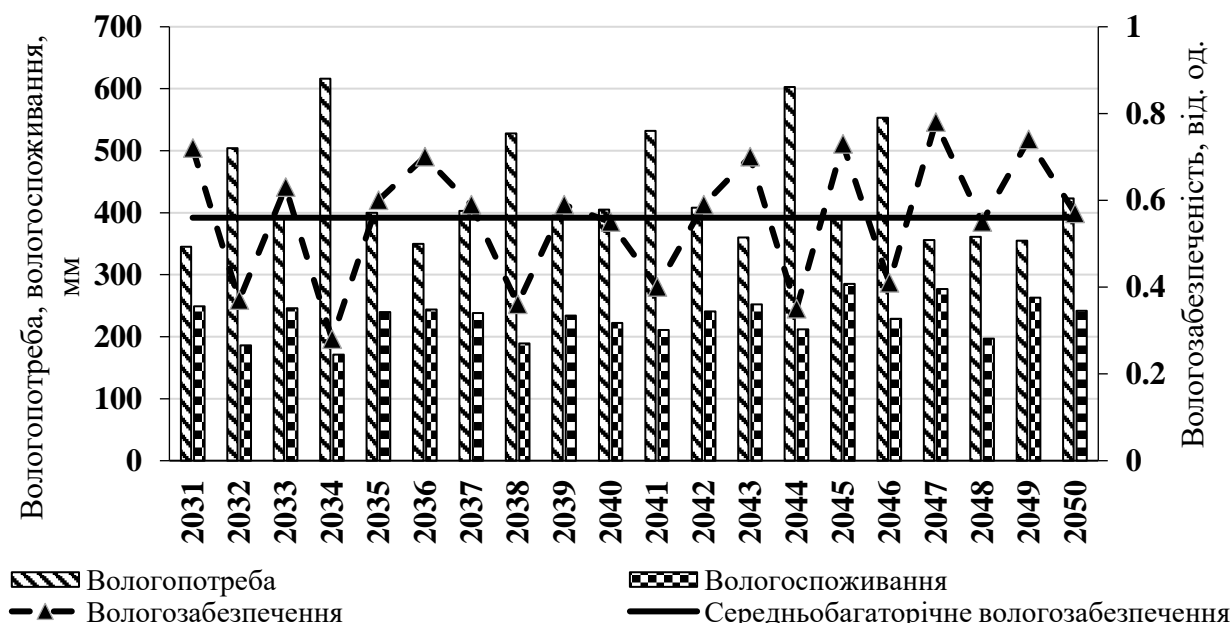


Рис. 2. Динаміка характеристик вологозабезпеченості посівів пшениці озимої. Південний Степ

Джерело: авторська розробка.

Була розрахована фотосинтетична продуктивність посівів пшениці озимої за обидва кліматичні періоди. Показниками фотосинтетичної продуктивності були обрані максимальна площа листя, суха загальна біомаса й урожай зерна озимої (табл. 3). Встановлено, що в природних умовах зволоження кліматичного періоду 1986–2005 рр. середня урожайність зерна пшениці дорівнює 2,7 т/га, що у два рази нижче потенційного. За сценарієм RCP8.5 очікуватиметься зменшення продуктивності посівів пшениці озимої, урожай буде в три рази менший за потенційний.

Аналіз розрахунків фотосинтетичної продуктивності посівів по роках (табл. 3) показав, що в п'яти роках з двадцяти урожай зерна буде дорівнювати потенційному (5,0...6,5 т/га). Однак в більшості років агрометеорологічні умови не сприятимуть високій продуктивності посівів пшениці озимої. Тому виною буде нестача вологи, тобто посуха.

3. Фотосинтетична продуктивність посіву пшениці озимої

Період	Показники продуктивності посіву						
	Максимальна площа листя (МПЛ), м ² /м ²	Суша загальна біомаса (СЗБ), г/м ²	Урожай зерна (УЗ), т/га				
Середні багаторічні							
1985–2005	3,6	473	2,7				
2031–2050	3,2	447	1,9				
По роках							
Рік	МПЛ, м ² /м ²	СЗБ, г/м ²	(УЗ), т/га	Рік	МПЛ, м ² /м ²	СЗБ, г/м ²	(УЗ), т/га
2031	6,9	944	4,2	2041	3,4	428	1,7
2032	2,2	277	1,2	2042	4,8	740	3,5
2033	4,4	700	3,3	2043	7,0	1077	5,0
2034	1,8	200	0,9	2044	2,9	369	1,6
2035	5,2	720	2,9	2045	7,0	1077	5,0
2036	7,0	1077	5,0	2046	2,6	351	1,5
2037	4,0	564	2,5	2047	12,9	1760	6,5
2038	2,0	249	1,0	2048	4,1	650	3,0
2039	4,1	650	3,0	2049	10,8	1521	6,2
2040	4,0	623	2,8	2050	6,9	944	3,6

Джерело: авторські дослідження.

Для оцінки ступеня посушливості району досліджень у роботі використовується гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянінова [431], який визначається стосовно суми місячних (декадних) опадів до суми температур того ж періоду зменшеної в десять разів. Посушливим вважається період із гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) нижче 1,0, сухим – нижче 0,5. ГТК менш 0,4 – признак дуже сильної посухи, в межах 0,4 ... 0,5 є критерієм сильної посухи, 0,5...0,6 – середня посуха.

Залежність урожаю зерна пшениці озимої від ступеня посушливості по роках представлена на рис. 3. З рисунку видно, що доброго зволоження в Південному Степу не очікуватиметься, але спостерігатимуться роки, коли гідротермічний коефіцієнт дорівнюватиме 0,8, що вказує на добрі умови формування врожаю зерна озимої (5,0...6,5 т/га). Але такі умови в двадцятирічному періоді очікуватимуться лише у 6-ти роках. У восьми роках з двадцяти спостерігатиметься середня посуха (ГТК = 0,6). В такі роки очікуватиметься урожайність в межах 2,5...3,5 т/га, у шості роках з

⁴³¹ Польовий А. М., Божко Л. Ю. Вплив кліматичних змін на режим зволоження вегетаційного періоду в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 128–140.

двадцяти спостерігатимуться сильна (ГТК = 0,4) і дуже сильна посуха (ГТК – 0,3...0,1). В умовах сильної посухи очікуватиметься урожай зерна озимої в межах 1,5...1,7 т/га, а в умовах дуже сильної посухи знижуватиметься до 0,9...1,4 т/га.

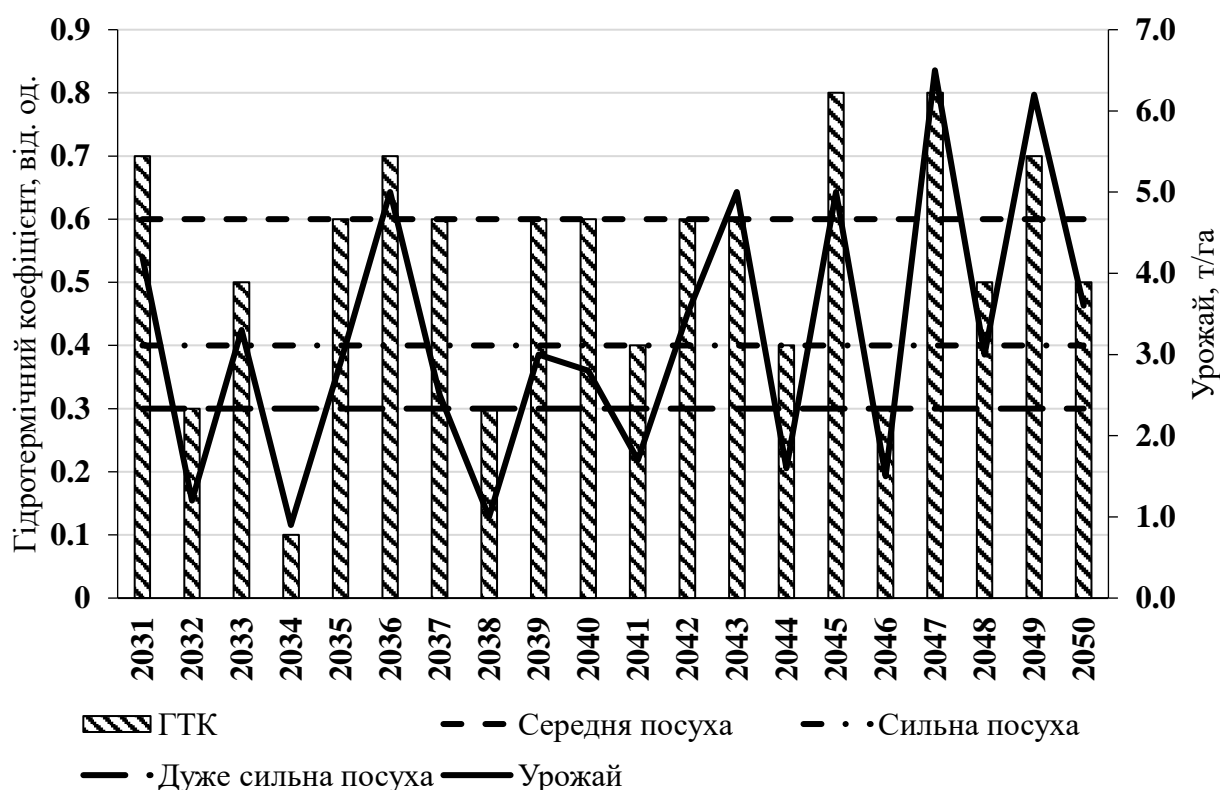


Рис. 3. Залежність урожаю пшениці озимої від ступеня посушливості, Південний Степ

Джерело: авторська розробка.

Отже, в Південному Степу в умовах кліматичних змін дефіцит природного зволоження буде тільки збільшуватися, врожайність зерна озимої зменшуватися, тому потрібно впроваджувати зрошення.

Чисельні розрахунки за моделлю дозволили оптимізувати режим зрошення в роки середньої, сильної та дуже сильної посух для одержання урожаю зерна на рівні потенційного.

Режим зрошення озимої пшениці в умовах середньої посухи. Для розрахунків за моделлю урахувалось, що середня зрошувальна норма у весняно-літній період вегетації становить 2000 м³/га. Вегетаційні поливи проводились в період трубкування і в період колосіння-початок наливу зерна. В перший і другий періоди задавались по два полива нормою 500 м³/га. При такому режимі зрошення в умовах середній посухи (табл. 4) урожайність становитиме 5,1 т/га, який у 2 рази більше врожаю, що отримуватиметься в богарних умовах.

В умовах сильної посухи виконувались два варіанти: I – зрошувальна норма 2000 м³/га; II – зрошувальна норма 2500 м³/га.

4. Умови вирощування та продуктивність пшениці озимої

Умови вирощування	Варіант	Кількість поливів	Характеристики продуктивності посіву		
			МПЛ, м ² /м ²	СЗБ, г/м ²	УЗ, т/га
ГТК = 0,6 – середня посуха					
Богара	-	0	4,0	564	2,5
Зрошення	I	4	6,6	1068	5,1
ГТК = 0,4 – сильна посуха					
Богара	-	0	2,9	369	1,6
Зрошення	I	4	5,0	757	3,6
	II	5	6,2	1026	5,1
ГТК = 0,3...0,1 – дуже сильна посуха					
Богара	-	0	1,8	200	0,9
Зрошення	I	4	3,8	590	3,0
	II	5	6,2	1026	5,1

Джерело: авторські дослідження.

В першому варіанті режим зрошення відповідав зрошувальному режиму в умовах середньої посухи. При такому режимі поливу в умовах сильної посухи, рівень ґрунтової вологи менше 70–75 % НВ, вологозабезпеченість посівів нижче, тому врожай зерна становитиме 3,6 т/га (70 % потенційного врожаю).

В другому варіанті добавили вегетаційний полив нормою 500 м³/га. Терміни вегетаційних поливів було замінено з урахуванням менше забезпечених вологою декад вегетації озимої, для підтримки оптимального вологозабезпечення посівів протягом вегетації. Врожай зерна зростатиме до 5,1 т/га, тобто до нижнього потенційного рівня сортів озимої пшениці (табл. 4). Продуктивність посівів у порівнянні з продуктивністю на богарі збільшуватиметься у 2,5...3 рази.

В умовах дуже сильної посухи виконувались також два варіанти: I – зрошувальна норма 2000 м³/га; II – зрошувальна норма 4000 м³/га.

В першому варіанті урожай зерна становитиме 3,0 т/га.

В другому варіанті зрошувальну норму, кількість і норму вегетаційних поливів змінювали таким чином, щоб посіви були оптимально забезпечені вологою. Норму вегетаційних поливів з 500 м³/га підвищували до 800 м³/га та додавали ще один вегетаційний полив з урахуванням менше забезпечених природною вологою декад вегетації озимої. Врожайність зерна озимої в таких умовах зволоження становитиме на рівні потенційної та в 5 разів перевищує врожайність, що отримуватимуть на богарі (табл. 4).

Таким чином, вирощування озимої пшениці на богарі в Південному Степу в майбутньому буде економічно невигідно. Однак слід пам'ятати, що ґрунтові умови і тепловий режим для отримання високоякісного зерна пшениці озимої в цьому регіоні є дуже добрими. Отже, для одержання сталих і високих урожаїв озимої в Південному Степу першочергове

значення має відновлення зрошення. Регулювання водного режиму посівів пшениці озимої з урахуванням інтенсивності посухи дозволить оптимізувати зрошувальну норму, кількість і норму вегетаційних поливів для отримання урожаю зерна пшениці озимої на рівні потенційного.

4.3. Urban vulnerability to climate change and the methodology for assessing their vulnerability

*Nehoda N. V., Zhukova O. G., Korduba I. B.
Kyiv National University of Construction and Architecture*

Urbanization is one of the forms of development of modern society and the environment. The urban environment is inextricably linked to the urbanization process and is one of the forms of territorial organization of modern society. Currently, about 70 % of Ukraine's population lives in urban areas. Increasing anthropogenic and technogenic impact on the environment has led to the so-called «boomerang» effect: the destruction of the natural environment has led to economic consequences. The general trend in the development and functioning of urban settlements has led to a deterioration in human living conditions and their components. Therefore, environmental protection and rational use of natural resources is one of the top priorities for Ukraine. It is necessary to search for and develop theoretical foundations and mechanisms to reduce the anthropogenic burden on humans and nature.

One of the characteristic features of modern urbanization is the concentration and further growth of the population mainly in large cities. As a result, an urbanized environment or urban ecosystem is formed, which is a qualitatively new physical state of the geographical environment that arises as a result of the long-term development of a city. All components undergo changes in its formation: atmosphere, climate, vegetation, fauna, soil, surface hydrosphere, and geodynamic state of the territory [432].

At the same time, the larger the city, the longer it has existed, and the higher the degree of its industrial development, the more significant the changes in its natural environment will be.

In general, the urban environment has a number of microclimatic parameters:

- The presence of heat islands;
- Specific atmospheric air circulation and changes in the wind regime;
- Reduced relative humidity;

⁴³² Aksyonov O. O. Ecological features of Kyiv ecology factors. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2008. Vol. 4. P. 93–95.