

УДК 631.67: 338.439

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.14>

ВІДНОВЛЕННЯ ЗРОШЕННЯ ЯК УМОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ

Грановська Л.М. – д.е.н., професор,
завідувач відділу зрошувального землеробства та декарбонізації агроєкосистем,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Аверчев О.В. – д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри землеробства,
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Лиховід П.В. – д.с.-г.н.,
старший науковий співробітник, відділ зрошувального землеробства
та декарбонізації агроєкосистем,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Рой С.С. – науковий співробітник відділу зрошувального землеробства
та декарбонізації агроєкосистем,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Метою роботи є науково обґрунтувати напрями відновлення зрошувального землеробства в контексті забезпечення продовольчої безпеки в умовах кліматичних трансформацій і геополітичної дестабілізації. Для виконання поставленої мети використано наступні наукові методи: метод аналізу – для оцінювання рівня продовольчої безпеки в Україні; експертний метод – для виявлення основних тенденцій, властивих сучасному стану забезпечення продовольчої безпеки в країні та можливостей відновлення і розширення площ зрошення; метод синтезу – для визначення основних загроз щодо розширення площ зрошення; метод теоретичного узагальнення – для узагальнення світового та національного досвіду для сталого розвитку зрошувального землеробства. Встановлено, що важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки відіграє зрошення, оскільки неполивні агроєкосистеми будуть все більше знижувати свою продуктивність на тлі кліматичних змін, що становитиме загрозу глобальній продовольчій безпеці. Відновлення і розвиток зрошення є стратегічним питанням для України та пов'язане з адаптацією сільського господарства до зміни клімату, зниження рівня імовірності настання теплового і водного стресу для сільськогосподарських культур. Водночас відновлення і збільшення площ зрошення передбачає ряд зовнішніх загроз і ризиків, які пов'язані зі зростанням емісії парникових газів, зміною клімату та зростанням потреби у водних ресурсах і негативному екологічному впливі. У результаті теоретичних досліджень обґрунтовано напрями відновлення зрошувального землеробства для забезпечення продовольчої безпеки країни. На основі проведеного аналізу визначені основні зовнішні ефекти, які виникають при відновленні й розширенні площ зрошення та науково обґрунтовані заходи з відновлення продовольчих агроєкосистем, які адаптовані до сучасних кліматичних умов та дозволять реалізувати державну політику у напрямі пом'якшення впливу кліматичних змін на функціонування агропродовольчих систем, забезпечать еколого збалансоване та раціональне використання водних і земельних ресурсів, підвищення рівня продовольчої безпеки.

Ключові слова: кліматичні зміни, зрошувальне землеробство, кліматично орієнтоване сільське господарство, агропродовольчі системи.

Hranovska L.M., Averchev O.V., Lykhovyd P.V., Roi S.S. Reconstruction of irrigation as a precondition for ensuring food security

The aim of the study is to scientifically substantiate the directions of irrigated agriculture reconstruction in the context of ensuring food security under climate transformations and geopolitical destabilization. To achieve this goal, the following scientific methods were used: the analysis method – to assess the level of food security in Ukraine; the expert method – to identify the main trends inherent in the current state of ensuring food security in the country and the possibilities of restoring and expanding irrigation areas; the synthesis method – to identify the main threats to the expansion of irrigated areas; the theoretical generalization method – to generalize international and domestic experience for the sustainable development of irrigated agriculture. It has been established that irrigation plays an important role in ensuring food security, since non-irrigated agricultural ecosystems will increasingly reduce their productivity because of climate change, which will pose a threat to global food security. The reconstruction and development of irrigation is a strategic problem for Ukraine and is related to the adaptation of agriculture to climate change, reducing the likelihood of heat and water stress for crops. At the same time, the reconstruction and increase in irrigated areas involves numerous external threats and risks associated with increased greenhouse gas emissions, aggravation of climate change, and increased demand for water resources and negative environmental impact. As a result of theoretical research, directions for the restoration of irrigated agriculture to ensure the country's food security have been substantiated. Based on the analysis, the main external effects that arise from the reconstruction and expansion of irrigated areas and scientifically substantiated measures for the restoration of food agricultural ecosystems have been identified, which are adapted to modern climatic conditions and will allow implementing state policy to mitigate the impact of climate change on the functioning of agro-food systems, ensure environmentally friendly and rational use of water and land resources, and increase the level of food security.

Key words: climate change, irrigated agriculture, climate-smart agriculture, agricultural food systems.

Постановка проблеми. Важливою умовою продовольчої безпеки для будь-якої країни світу є збільшення виробництва продукції рослинництва і тваринництва, скорочення харчових відходів і зміна раціонів харчування [1]. Інноваційний розвиток сільського господарства позитивно вплинув на зменшення голоду у всьому світі, але водночас зробив значний внесок у зміну клімату, втрату біорізноманіття та деградацію земельних і водних ресурсів [2]. Таким чином, забезпечення достатнього та справедливого доступу до продовольства при одночасному зменшенні негативного впливу сільськогосподарської діяльності на довкілля є важливою проблемою глобального рівня. Кліматична нестабільність, екстремальні гідрологічні та метеорологічні явища певною мірою впливають на всі ланки виробництва сільськогосподарської продукції, але ризики є найбільшими в тих регіонах країни, де порушені зрошувальні системи, зруйновані гідротехнічні об'єкти та існує дефіцит якісних водних ресурсів, а еколого-економічна спроможність адаптувати локальні агропродовольчі системи до кліматичних змін обмежена. Крім того, глобальні зміни клімату і надалі будуть все більше знижувати продуктивність сільського господарства і негативно впливати на глобальну продовольчу безпеку.

Важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки відіграють зрошувані землі. Необхідно зазначити, що площі зрошуваних земель у світі зросли більш ніж удвічі за останні 60 років і складають 22 % світових орних земель або 341 млн га [3]. Збільшення площ зрошення має важливе значення для задоволення майбутнього попиту на продовольство без подальшого розширення орних земель і пов'язаного з цим антропогенного тиску на природні екосистеми [4, 5]. На думку науковців, зростання чисельності населення у світовому масштабі буде ключовим фактором для майбутнього відновлення і збільшення площ зрошення, і згідно з прогнозами, світове зрошуване сільське господарство може подвоїтися до 2050 року, досягнувши 800 млн га і суттєво збільшивши потребу у поливній воді [6]. На сьогодні

вже існує дефіцит якісної прісної води та спостерігається деградація земель внаслідок антропогенного навантаження, ерозії ґрунтів, їх вторинного засолення та осолонцювання. Особливою проблемою з високими, хоча і не очевидними, ризиками є забруднення ґрунтових вод. І це відбувається тоді, коли відновлення та розвиток сільського господарства в Україні як під час військової агресії РФ, так і у повоєнний період є вкрай необхідним для забезпечення продовольчої безпеки та досягнення глобальних цілей сталого розвитку у виробництві сільськогосподарської продукції.

Відновлення і збільшення площ зрошуваних земель є питанням складним і проблематичним, однак воно є надзвичайно актуальним в умовах змін клімату та реальних загроз продовольчій безпеці. Процес має відбуватися шляхом науково обґрунтованої модернізації аграрного сектору, зниження тиску на природно-ресурсний потенціал і сприяння досягненню кліматичних цілей і цілей сталого розвитку [7–9].

Постановка завдання. Мета досліджень – науково обґрунтувати напрями відновлення зрошуваного землеробства в контексті забезпечення продовольчої безпеки в умовах кліматичних трансформацій і геополітичної дестабілізації. Для досягнення мети використовували такі методи наукового пізнання: метод аналізу – для оцінювання рівня продовольчої безпеки в Україні; експертний метод – для виявлення основних тенденцій, властивих сучасному стану забезпечення продовольчої безпеки в країні та можливостей відновлення і розширення площ зрошення; метод синтезу – для визначення основних загроз щодо розширення площ зрошення; метод теоретичного узагальнення – для узагальнення світового та національного досвіду для сталого розвитку зрошуваного землеробства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Продовольча безпека будь-якої країни є складовою її національної безпеки та визначає позицію країни на світовому продовольчому ринку. Продовольча безпека України на тлі геополітичної дестабілізації щороку втрачає свої позиції. Оцінку стану продовольчої безпеки у країнах світу здійснюють за допомогою Глобального індексу продовольчої безпеки GFSI (Global Food Security Index) [10]. Аналіз статистичних даних показав, які країни (серед 113 країн світу) за підсумковим індексом мають високий рівень продовольчої безпеки, а які – дуже низький, та що загрожує продовольчій безпеці цих країн. Індикаторами оцінки рівня продовольчої безпеки є: доступність харчових продуктів для споживачів – здатність споживачів купувати харчові продукти у разі настання будь-яких ризиків; доступність харчових продуктів сільськогосподарського виробництва – вимірює обсяги сільськогосподарського виробництва; якість і безпека харчових продуктів – вимірює різноманітність харчових продуктів, показники їх якості та безпеки; стійкість і адаптація сільськогосподарського виробництва до кліматичних ризиків – оцінює вразливість країни до впливу змін клімату, рівень адаптації сільського господарства до якості і кількості наявних природних ресурсів.

Аналіз індикаторів оцінки рівня продовольчої безпеки дозволив виявити фактори, які вплинули на зміну рівня продовольчої безпеки в країнах світу та в Україні, а також виконати оцінку стану продовольчої безпеки у країнах світу на кінець 2022 року (табл. 1).

На початок 2023 року Україна посідала 71 місце з 113 досліджуваних країн за рівнем продовольчої безпеки, мала низький показник за індикатором стійкості і адаптації сільськогосподарського виробництва до кліматичних ризиків та за індикатором, що визначає наявність харчових продуктів сільськогосподарського

Таблиця 1

**Оцінка стану продовольчої безпеки у країнах світу за допомогою
Глобального індексу продовольчої безпеки***

Місце країни в рейтингу	Країна	Загальний рейтинг	Доступність	Наявність	Якість і безпека	Стійкість і адаптація
1.	Фінляндія	83,7	91,9	70,5	88,4	82,6
4.	Франція	80,2	91,3	69,0	87,7	70,3
6.	Японія	79,5	89,8	81,2	77,4	66,1
7.	Швеція	79,1	91,9	68,3	85,0	68,3
7.	Канада	79,1	88,3	75,7	89,5	60,1
19.	Німеччина	77,0	87,9	67,0	79,9	70,8
21.	Польща	75,5	87,4	63,8	81,5	66,7
71.	Україна	57,9	66,6	48,1	71,3	43,5
100.	Ефіопія	44,5	32,9	44,7	59,3	44,9
101.	Ангола	43,7	35,5	43,5	43,9	54,9
113.	Сирія	36,9	32,0	26,6	50,8	38,4

* Global Food Security Index 2022: Exploring challenges and developing solutions for food security across 113 countries. Economist impact. Supported by CORTEVA agriscience. <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index>

виробництва. Україну чотири рази класифікували як країну з продовольчою кризою: у 2018, 2019, 2022 та 2023 роках та визначили, щонайменше 1 млн людей зіткнулися з високим рівнем нестачі продовольства. Глибина і масштаби продовольчої кризи різко зросли після того, як конфлікт переріс у повномасштабну війну у лютому 2022 року. За період бойових дій агропродовольчий сектор України зазнав величезних втрат. За оцінкою Світового банку (RDNA3, лютий 2024 р.) визначено шкоду, яку нанесено Україні, за майже дворічний період (з 24 лютого 2022 року до 31 грудня 2023 року) з моменту повномасштабного вторгнення росії в Україну, яка складає близько 152 млрд доларів США [11].

Військова агресія негативно вплинула не тільки на обсяги виробництва основних сільськогосподарських культур, а й, за даними Глобального консорціуму NASA з продовольчої безпеки та сільського господарства, місія якого полягає в тому, щоб уможливити та сприяти впровадженню супутникових спостережень за Землею державними та приватними організаціями на користь продовольчої безпеки, сільського господарства, а також стійкості людини і навколишнього середовища в усьому світі, також призвела до переорієнтації фермерських господарств на виробництво менш затратних сільськогосподарських культур (табл. 2).

Площа посівів пшениці озимої у 2023 р. в порівнянні з 2022 р. зменшилася на 75 тис. га, а соняшнику – на 90 тис. га, однак сприятливі погодні умови 2023 р. дозволили збільшити врожайність і виробництво як пшениці озимої, так і соняшника. Дистанційне зондування, виконане вченими університету Мериленд (США) та експертами NASA Harvest, показало, що майже 30 % виробництва пшениці у 2023 р. було отримано в окупованих східних областях, а це означає, що загальне сільськогосподарське виробництво в Україні було нижчим, ніж у 2022 р.

Наслідки війни для сільського господарства в Україні перешкоджають виробництву експортно орієнтованої продукції, що має вирішальне значення для економіки та засобів існування країни. Якщо ці збитки продовжуватимуть

Таблиця 2

**Виробництво сільськогосподарської продукції в Україні у 2023
у порівнянні з 2022 роком***

Ефективність сільськогосподарської діяльності	Пшениця озима		Соняшник	
	2022 рік	2023 рік	2022 рік	2023 рік
1. Посівна площа, млн га	7,2	6,4	6,7	6,6
2. Урожайність, т/га	4,0	4,6	2,3	2,5
3. Виробництво продукції, млн т	26,8	28,4	15,7	16,6

* NASA Harvest, December 2023

накопичуватися, то це може негативно вплинути на перспективи сільськогосподарського виробництва в Україні на роки вперед і призвести до того, що сільське господарство країни не зможе задовольнити навіть внутрішній попит на сільськогосподарську продукцію.

На землях окупованих областей у 2023 р. фермери вирощували переважно пшеницю, а на підконтрольних уряду територіях вони переорієнтувалися на вирощування соняшнику та ріпаку. Крім того, блокада чорноморських портів України обмежила можливості експорту сільськогосподарської продукції, що призвело до зниження цін на неї на вітчизняних ринках і значно знизило прибутки фермерських господарств. Ці фактори є загрозою продовольчої безпеки в Україні, враховуючи, що вже у 2022 році, за даними регламенту ЄС (REACH), 8,9 млн людей, або 25 % усього населення, зіткнулися з помірно або серйозною гострою нестачею продовольства (рис. 1). Руйнування Каховської дамби у червні 2023 р. також негативно вплинуло на сільське господарство України, оскільки унеможливило подачу поливної води на поля посушливої південної зони Степу. Пошкодження зрошувальних систем та інженерної інфраструктури від прориву греблі призвело до втрати врожаю на суму близько 377 млн доларів США (PDNA, жовтня 2023 року).



Рис. 1. Частка населення, яка мала на кінець 2022 року нестачу продовольства [12]

Джерело: REACH, лютий 2023 року

Вченими відділу зрошуваного землеробства та декарбонізації агроєкосистем ІКОСГ НААН виконано короткострокове прогнозування з використанням ауторегресійного аналізу, тобто моделі SARIMA, щодо подальшого розвитку посушливості клімату в Україні. Прогнозування виконано на період 2021–2030 рр. на основі даних 1991–2020 рр. з автоматичним визначенням сезонності (яка коливалась у межах 3–6 років залежно від регіону) і вказує на значні коливання у кліматичній

ситуації за різними областями країни. Результати складання картограм потреб у зрошенні за регіонами України на основі результатів моніторингу Soil Explorer та величини індексу посушливості доводять зростання потреб у штучній подачі води культурним рослинам на більшості території країни (рис. 2).



Рис. 2. Прогнозована потреба в зрошенні за областями України для прогнозного періоду 2021–2030 рр.

Однак вже зараз помітне значне розходження між фактичною наявністю зрошувальних систем з реальними потребами в ньому. Проблема полягає не тільки у відсутності зрошувальних мереж, але й в їх невідповідному технічному стані, неналежному використанні, а також економіко-правових аспектах регулювання ведення меліоративних робіт і надання відповідних послуг агровиробникам, що у сукупності є основним гальмівним фактором активного й ефективного використання наявних потужностей у зрошуваному землеробстві.

Інтегральним показником екологічного й меліоративного стану зрошуваних ґрунтів та оптимальності їх використання в системі зрошуваного землеробства виступає врожайність сільськогосподарських культур, а також відповідність сільськогосподарської продукції екологічним вимогам якості. Результати порівняльного аналізу ефективності сільськогосподарської діяльності при вирощуванні основних для регіону сільськогосподарських культур на зрошенні й без зрошення показують, що зрошення є фактором економічного зростання не тільки аграрних підприємств, але й сільських територій і сільського регіону в цілому. При цьому структура витрат на вирощування сільськогосподарських культур

в умовах зрошення залежить від біологічних особливостей сільськогосподарських культур та їх вимог до вологи ґрунту (рис. 3). На рисунку представлено структуру витрат на виробництво сільськогосподарської продукції в умовах зрошення і на неполивних землях та прибуток від вирощування основних сільськогосподарських культур. Зниження показників ефективності використання зрошуваних земель відбулося ще і внаслідок підвищення вартості електроенергії, природних і матеріальних ресурсів, добрив, хімічних засобів захисту, диспаритету цін на сільськогосподарську продукцію.

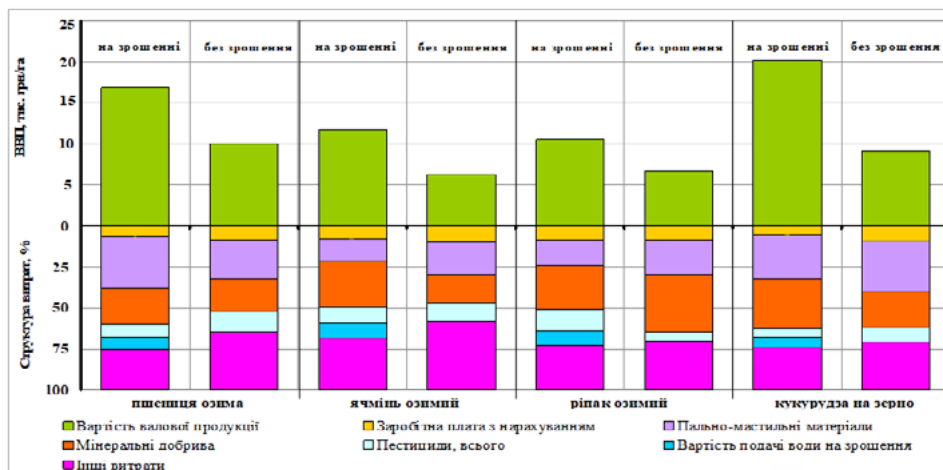


Рис. 3. Порівняння ефективності вирощування основних сільськогосподарських культур на зрошенні і без зрошення підприємствами Херсонської області (середні дані за 2015–2019 рр.)

Аналіз урожайності вирощування основних сільськогосподарських культур при застосуванні зрошення і без зрошення доводить високу ефективність зрошувального землеробства. Індекс зрошення для основних сільськогосподарських культур дорівнює: для пшениці озимої – 3,1; кукурудзи на зерно – 3,4; сої – 2,5; картоплі ранньої – 1,7, тобто внаслідок зрошення урожайність сільськогосподарських культур збільшується у 1,7–3,4 рази. Аналіз коефіцієнтів ефективності зрошення для основних сільськогосподарських культур доводить, що всі культури підвищують урожайність при застосуванні зрошення в умовах Сухого Степу України (рис. 4).

Відновлення зрошення та розвиток зрошувального землеробства має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки України. Однак рівень використання наявного потенціалу зрошення останніми роками був незадовільним: у 2020 та 2021 рр. зрошувалося 550 тис. га з наявних 2178,3 тис. га, тобто лише 25 % від наявної площі. Близько 85 % площ зрошуваних земель, які поливалися у 2021 р., опинилися на окупованій території, а у 2023 р. зі 140 тис. га, підготовлених для зрошення, поливалося менше ніж 100 тис. га. При таких площах фактичного поливу зрошення не в змозі виконувати свою головну функцію – забезпечувати стаке виробництво продукції рослинництва в умовах кліматичних змін та все більшого дефіциту природного вологозабезпечення. Багаторічні прогнози змін клімату показують, що зміни температурного режиму та їх вплив на забезпеченість сільського господарства водними ресурсами можуть посилити агропромислові

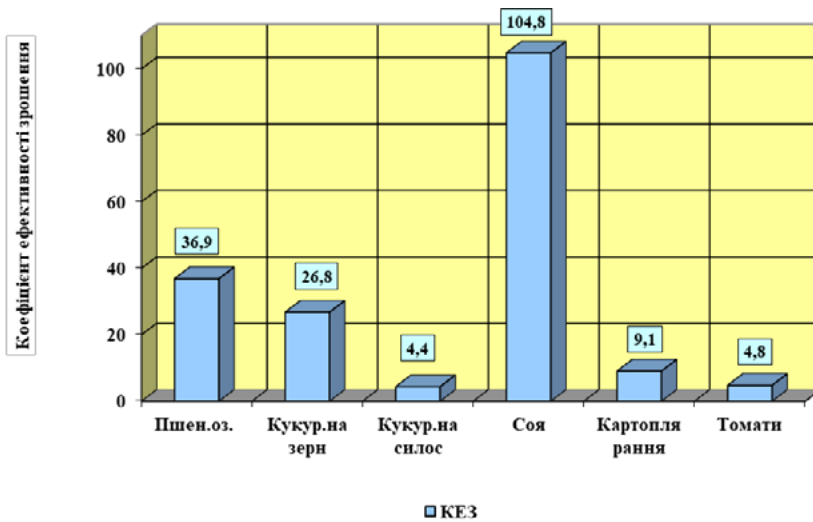


Рис. 4. Коефіцієнт ефективності зрошення для основних сільськогосподарських культур

ризики. Конкуренція за земельні ресурси та доступ до водних ресурсів очевидна вже сьогодні. Вимушена міграція сільського населення південного регіону внаслідок бойових дій створює загрозу для повоєнного відновлення агропромислового сектору економіки та зрошувального землеробства.

Агропродовольчі системи, які існували до російського вторгнення на територію України, характеризувалися централізацією управління та логістики, що створило не вирішальні проблеми для їх функціонування та стали мішенню для їх порушення. Тому питання відновлення продовольчих систем має вирішуватися на принципах локальності, адаптивності, гнучкості та децентралізації. Важливість цього завдання значно актуалізується через зміни клімату, прояви яких підтверджуються даними про суми активних температур періоду вегетації, гідротермічною характеристикою областей України та районуванням території України за річним коефіцієнтом зволоження. Не вдаючись до детального аналізу даних, що характеризують зміни клімату, підкреслимо, що ці зміни зумовили значне зростання дефіциту вологозабезпечення та розширення території з дефіцитом природного зволоження.

Сьогодні в Україні склалися складні умови для подальшого розвитку аграрного сектора економіки, у тому числі й зрошувального землеробства, а саме: кліматичні зміни, недостатня кількість якісних водних ресурсів для забезпечення населення питною водою, розвитку галузей економіки й сільського господарства, а також високий рівень деградації ґрунтів. Однак відновлення зрошувальних систем і розвиток зрошення – це стратегічне рішення для країни, яке пов'язане з адаптацією сільського господарства до змін клімату, зниження рівня імовірності настання теплового і водного стресу для сільськогосподарських культур. Разом з тим, відновлення і збільшення площ зрошення має відбуватися з використанням науково обґрунтованих рішень для попередження негативних зовнішніх ефектів і загроз для довкілля.

Потреба у задоволенні високого попиту на продовольство чинить серйозний тиск на водні, земельні та ґрунтові ресурси будь-якої країни. Тільки науково

обґрунтовані заходи з модернізації аграрного сектору дозволять зменшити цей тиск і сприяти досягненню кліматичних цілей і цілей сталого розвитку [13].

Багаторічні результати наукових досліджень зосереджують увагу на негативних проявах зовнішніх впливів на довкілля при подальшому екстенсивному розвитку зрошуваного землеробства. Так, розширення площ зрошення сприяє збільшенню викидів вуглецю в атмосферу внаслідок збільшення виробництва і внесення в ґрунт мінеральних добрив, застосування традиційних систем обробітку ґрунту, захисту рослин та удобрення, використання електричної енергії для перекачування поливної води від джерела зрошення до поля, функціонування гідротехнічних споруд та дощувальної техніки тощо. За результатами досліджень вчених Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, є ймовірність, що тепліший клімат може створювати зворотний зв'язок, який зменшує використання поливної води сільськогосподарськими культурами, тобто підвищений рівень CO₂ в атмосфері може посилити ефективність фотосинтезу і зменшити використання води рослинами без істотних втрат врожайності [14–16]. Однак існує висока невизначеність можливості цих ефектів та їх вплив на рослинництво в умовах зміни клімату залежно від сценаріїв цих змін, що потребує подальших глибоких наукових досліджень.

Подальших наукових досліджень потребують питання щодо ефективного впливу біоенергетичних культур на зниження вмісту вуглецю в атмосфері. Оскільки збільшення попиту на біоенергетичні культури для видалення вуглекислого газу сприятиме подальшому розширенню зрошуваних орних земель, посилюючи тиск на водні ресурси [15]. Потребу у воді можна зменшити, висаджуючи менш вимогливі до вологоти культури та підвищуючи їх продуктивність шляхом використання систем краплинного поверхневого і підґрунтового зрошення [17, 18], а також впроваджуючи методи дефіцитного зрошення, при яких сільськогосподарські культури вирощуються в умовах «м'якого» водного стресу з мінімальним впливом цих стресів на врожайність [19].

Важливим питанням щодо відновлення і розширення площ зрошення є заходи щодо забезпечення якості поливної води. Багаторічними дослідженнями вітчизняних вчених встановлено, що поливні води з різним рівнем мінералізації та неприйнятним співвідношенням одно- та двовалентних катіонів, а також з високим вмістом хлору негативно впливають на ґрунти і якість сільськогосподарської продукції [21–23]. При використанні мінералізованих поливних вод для зрошення відбувається розвиток деградаційних процесів в ґрунтах, виникають процеси вторинного засолення та осолонцювання, що негативно впливає на стан екосистем [23].

Зрошення у поєднанні зі збільшенням внесення добрив і пестицидів, посилює вимивання добрив і пестицидів з ґрунту, які разом зі скидними водами потрапляють у поверхневі водні джерела, що негативно впливає на якість поверхневих вод і порушує екосистемні процеси [24, 25].

Накопичення солей у зрошуваних ґрунтах також пов'язане зі зрошенням і може бути викликано двома основними причинами: високим рівнем розташування соляних ґрунтових вод та науково необґрунтованим режимом зрошення сільськогосподарських культур, наприклад, надлишком поливної води при відсутності штучної дренажності земель, що призводить до підвищення рівня ґрунтових вод та рівня засолення ґрунтів і зниження врожайності сільськогосподарських культур [16]. Засолення та осолонцювання ґрунтів є як природним процесом у посушливих регіонах з низькою кількістю опадів, високою інтенсивністю випаровування

та наявністю розчинних солей у ґрунтах, так і з антропогенним процесом, який пов'язаний з випаровуванням поливних вод з різним рівнем розчинених солей, що призводить до накопичення солей у прикореневій зоні [23]. Таке явище обмежує поглинання рослинами поливної води та знижує їх продуктивність. Процес деградації земель відбувається ще з більшою активністю і характеризується зниженням показників родючості ґрунтів і опустелюванням. Засолення негативно впливає на біологічні й мікробіологічні функції ґрунтів, буферну здатність та фільтрацію від забруднювальних речовин. Такий ґрунт не здатний брати участь у гідрологічному й азотному циклах та підтримувати життєдіяльність біорізноманіття. Крім того, порушення біологічної активності ґрунту призводить до виникнення значних ризиків та екологічного стресу для екосистем, сприяє зниженню врожайності культур (від 18 до 43 %) та ставить під загрозу продовольчу безпеку країни.

Витрати енергії, що використовується для роботи зрошувальних систем і гідротехнічних споруд, виробництва сільськогосподарської техніки, дощувальних машин та інженерної інфраструктури є значними й будуть збільшуватися пропорційно збільшенню площі зрошуваних земель [2, 28, 29].

Враховуючи теперішні кліматичні зміни та недостатньо повну реалізацію кліматично орієнтованої політики країн світу під час відновних агро меліоративних робіт, можна очікувати, що у майбутньому сільське господарство зіткнеться з ризиками, значна частина яких буде пов'язана з кількісними і якісними характеристиками водних ресурсів та їх джерел. Наші результати прогнозування доводять, а практична діяльність підтверджує, що зміни клімату збільшать коливання кількості опадів і запасів поверхневих і підземних вод та вплинуть на потреби не тільки сільськогосподарських культур у воді, а й спровокують ризики та загрозу для ефективного функціонування агропродовольчих систем. Більшість територій будуть потребувати штучного зволоження, значні території будуть затоплюватися і вимагати заходів зі штучного дренажування і відведення залишків поверхневих і підземних вод. Все це стане передумовою для подальшого розвитку сільського господарства тільки на кліматично орієнтованих засадах.

Виходячи з даного огляду можна визначити декілька напрямів відновлення і збільшення площ зрошення. Перший напрям базується на збільшенні площі орних земель, але зменшенні біорізноманіття, збільшенні викидів парникових газів та підвищення рівня екологічної безпеки. Цей напрям подальшого відновлення зрошення та розвитку зрошувального землеробства не забезпечує сталого низьковуглецевого його розвитку і не може бути прийнятним у процесі розвитку кліматично орієнтованого сільського господарства України.

Другий напрям є інноваційним і базується на кліматично орієнтованому підході, а його реалізація забезпечує досягнення цілей сталого розвитку. Напрямок включає модернізацію зрошувальних систем, що існують, і будівництво екологічно-безпечних інноваційних систем зрошення, які забезпечують підвищення продуктивності сільськогосподарських культур шляхом впровадження сучасних технологій, що складаються з природоорієнтованих елементів та знижують ймовірність виникнення водного стресу культивованих рослин і базується на:

- впровадженні сучасних низьковуглецевих агротехнологій для збереження органічної речовини в ґрунтах і утримання природної ґрунтової вологи; інноваційних технологіях і способах поливу;
- відновленні агролісомеліоративних робіт;
- застосуванні мінімізованих систем основного обробітку ґрунту, що можуть покращити умови утримання вологи у ґрунтах та зменшити випаровування з поверхні ґрунту.

Крім того, варто враховувати здобутки інформаційних технологій та можливість залучення даних аерокосмічного моніторингу для планування та коригування агроеліоративних заходів. Потребу у поливній воді можна зменшити шляхом вирощування менш вологомістких культур у сівозмінах та покращувати продуктивність сільськогосподарських культур шляхом використання інноваційних зрошувальних систем і способів поливу; застосування сучасних методів дистанційного управління зрошенням, з метою визначення рівня водного стресу у рослин, вмісту вологи в ґрунті на рівні окремих полів і сівозмін; контролю за вмістом вологи у ґрунті в прикореневій зоні рослин та планування поливів для конкретного поля та своєчасного і швидкого реагування на проблеми, які виникають на полі та застосовувати відповідні агротехнологічні заходи

Висновки та перспективи подальших досліджень. На основі виконаного короткострокового прогнозування з використанням ауторегресійного аналізу, тобто моделі SARIMA, щодо подальшого розвитку посушливості клімату в Україні на період 2021–2030 рр. на основі даних 1991–2020 рр. з автоматичним визначенням сезонності (яка коливалась у межах 3–6 років залежно від регіону) та результатів моніторингу Soil Explorer і величини індексу посушливості доведено зростання потреб у штучній подачі води культурним рослинам на більшості території країни. Результати порівняльного аналізу ефективності сільськогосподарської діяльності при вирощуванні основних сільськогосподарських культур на зрошенні й без зрошення показують, що зрошення є фактором економічного зростання, а аналіз урожайності вирощування основних сільськогосподарських культур при застосуванні зрошення і без зрошення доводить високу ефективність зрошуваного землеробства. Індекс зрошення для основних сільськогосподарських культур збільшується у 1,7–3,4 рази. На основі проведеного аналізу обґрунтовано основні зовнішні загрози та ефекти, які виникають при розширенні площ зрошення й відновленні зрошуваного землеробства та якими не можна нехтувати. З можливих двох напрямів відновлення зрошуваного землеробства найбільш інноваційним і екологічнобезпечним є другий напрям, який базується на заходах з пом'якшення впливу кліматичних змін на функціонування агропродовольчих систем, які забезпечать екологічнобалансоване використання природно-ресурсного потенціалу, дозволять відновити показники родючості ґрунтів, знизити рівень засолення і осолонцювання зрошуваних ґрунтів та попередити їх деградацію і опустелювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Beltran-Peña A., Rosa L., D'Odorico P. Global food self-sufficiency in the 21st century under sustainable intensification of agriculture. *Environmental Research Letters*. 2020. № 15. P. 095004. doi: 10.1088/1748-9326/ab9388
2. Campbell B.M., Beare D.J., Bennett E.M., Hall-Spencer J.M., Ingram J.S.I., Jaramillo F., Ortiz R., Ramankutty N., Sayer J.A., Shindell D. Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*. 2017. № 22 (4). P. 8. doi: 10.5751/ES-09595-220408
3. Rosa L, Chiarelli D.D., Sangiorgio M., Beltran-Pena A.A., Rulli M.C., D'Odorico P., Fung I. Potential for sustainable irrigation expansion in a 3C warmer climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. № 117 (47). P. 29526–29534. doi: 10.1073/pnas.2017796117
4. Ringler C., Agbonlahor M., Baye K., Barron J., Hafeez M., Lundqvist J., Meenakshi J.V., Mehta L. Water for food systems and nutrition. *Science and Innovations for Food Systems Transformation* ; J. von Braun et al. (eds.). Springer: Cham, 2023. P. 497–509. doi: 10.1007/978-3-031-15703-5_26

5. Lobell D.B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*. 2011. № 333 (6042). P. 616–620. doi: 10.1126/science.1204531
6. Puy A., Lo Piano S., Saltelli A. Current models underestimate future irrigated areas. *Geophysical Research Letters*. 2020. № 47 (8). P. e2020GL087360. doi: 10.1029/2020GL087360
7. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Нова аграрна політика». 2022. 18 с.
8. REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on fossil fuels and forward the green transition. European Commission. 2022. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_3131 (дата звернення: 06.02.2024)
9. European Green Deal 2021. Mission of Ukraine to the European Union. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda> (дата звернення: 06.02.2024)
10. Global food security index 2022. Corteva agriscience, 2022. 48 p.
11. Оновлена оцінка потреб України на відновлення та відбудову. URL: <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released> (дата звернення: 06.02.2024)
12. 2023 Global report on food crises. Joint analysis for better decisions. URL: <https://www.fsinplatform.org/report/global-report-food-crises-2023/> (дата звернення: 06.02.2024)
13. Rosa L., Rulli M.C., Davis K.F., Chiarelli D.D., Passera C., D’Odorico P. Closing the yield gap while ensuring water sustainability. *Environmental Research Letters*. 2018. № 13 (10). P. 104002. doi: 10.1088/1748-9326/aadeef
14. Deryng D., Elliott J., Folberth C., Muller C., Pugh T.A.M., Boote K.J., Conway D., Ruane A.C., Gerten D., Jones J.W., Khabarov N., Olin S., Schaphoff S., Schmid E., Yang H., Rosenzweig C. Regional disparities in the beneficial effects of rising CO₂ concentrations on crop water productivity. *Nature Climate Change*. 2016. № 6. P. 786–790. doi:10.1038/nclimate2995
15. Stenzel F., Gerten D., Werner C., Jägermeyr J. Freshwater requirements of large-scale bioenergy plantations for limiting global warming to 1.5 C. *Environmental Research Letters*. 2019. № 14 (8). doi: 10.1088/1748-9326/ab2b4b
16. Вожегова Р.А., Грановська Л.М., Біднина І.О., Пілярська О.О., Лиховид П.В. Наукове забезпечення розвитку водогосподарської діяльності на зрошуваних землях : монографія. Одеса : Олді+, 2022. 150 с.
17. Jägermeyr J., Gerten D., Schaphoff S., Heinke J., Lucht W., Rockstrom J. Integrated crop water management might sustainably halve the global food gap. *Environmental Research Letters*. 2016. № 11 (2). P. 025002. doi: 10.1088/1748-9326/11/2/025002
18. Грановська Л.М., Іванов В.І., Резніченко Н.Д., Лиховид П.В., Рой С.С. Наукове обґрунтування екологічного збалансування моделей землеводокористування на зрошуваних масивах України : монографія. Одеса : Олді+, 2023. 254 с.
19. Rosa L., Chiarelli D.D., Rulli M.C., Dell’Angelo J., D’odorico P. Global agricultural economic water scarcity. *Science Advances*. 2020. № 6 (18). P. eaaz6031. doi: 10.1126/sciadv.aaz6031
20. Sinha E., Michalak A.M., Calvin K.V., Lawrence P.J. Societal decisions about climate mitigation will have dramatic impacts on eutrophication in the 21st century. *Nature Communications*. 2019. № 10 (1). P. 939. doi: 10.1038/s41467-019-08884-w
21. McDermid S.S., Mahmood R., Hayes M.J., Bell J.E., Lieberman Z. Minimizing trade-offs for sustainable irrigation. *Nature Geoscience*. 2021. № 14. P. 706–709. doi: 10.1038/s41561-021-00830-0

22. Грановська Л.М., Морозов О.В., Іванов В.І. Оцінка якості зрошувальної води та її вплив на показники родючості ґрунтів за краплинного зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2021. № 75. С. 16–24. doi: 10.32848/0135-2369.2021.75.3
23. Hranovska L., Morozov O., Pisarenko P., Vozhegov S. Ecological problems of irrigated soil in the south of Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology*. 2022. № 57. P. 282–295. doi: 10.26565/2410-7360-2022-57-2
24. Mueller N., Gerber J., Johnston M., Ray D.K., Ramankutty N., Foley J.A. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*. 2012. № 490. P. 254–257. doi: 10.1038/nature11420
25. Droppers B., Supit I., Van Vliet M.T., Ludwig F. Worldwide water constraints on attainable irrigated production for major crops. *Environmental Research Letters*. 2021. № 16 (5). P. 055016. doi: 10.1088/1748-9326
26. Chaturvedi V., Hejazi M., Edmonds J., Clarke L., Kyle P., Davies E., Wise M. Climate mitigation policy implications for global irrigation water demand. *Mitigation and adaptation strategies for global change*. 2015. № 20. P. 389–407. doi: 10.1007/s11027-013-9497-4
27. Boretti A., Rosa L. Reassessing the projections of the world water development report. *NPJ Clean Water*. 2019. № 2 (1). P. 15. doi: 10.1038/s41545-019-0039-9
28. Rosa L., Rulli M.C., Ali S., Chiarelli D.D., Dell'Angelo J., Mueller N.D., Scheidel A., Siciliano G., D'Odorico P. Energy implications of the 21st century agrarian transition. *Nature Communications*. 2021. № 12. P. 2319. doi: 10.1038/s41467-021-22581-7
29. Puy A., Borgonovo E., Lo Piano S., Levin S.A., Saltelli A. Irrigated areas drive irrigation water withdrawals. *Nature Communications*. 2021. № 12. P. 4525. doi: 10.1038/s41467-021-24508-8
-