

УДК 631.67:628.32/.35:502.131.1(477)

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ В ЗРОШУВАНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

В. А. Латчук

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 2 курс,
спеціальність «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»,
навчально-науковий інститут енергетики, автоматики та водного господарства

Науковий керівник – к.т.н., доцент С. М. Козішкурт

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

У статті досліджено шляхи подолання дефіциту водних ресурсів для зрошення в умовах кліматичних змін. Проаналізовано міжнародний досвід використання альтернативних джерел водопостачання (очищених стічних вод та опріснення) на прикладі Ізраїлю, США та Австралії. Обґрунтовано модернізацію гідротехнічної інфраструктури та впровадження пілотних проєктів з повторного використання води у південних регіонах, що узгоджується зі Стратегією зрошення та дренажу в Україні до 2030 року. Такий інтегрований підхід сприятиме підвищенню водної та продовольчої безпеки країни.

Ключові слова: альтернативні джерела водопостачання, водний дефіцит, зрошення, очищені стічні води, опріснення, продовольча безпека, кліматичні зміни.

The article explores ways to overcome water resources scarcity for irrigation in the context of climate change. The international experience of using alternative water supply sources (reclaimed wastewater and desalination) is analyzed, focusing on the cases of Israel, the USA, and Australia. It is substantiated that the modernization of hydrotechnical infrastructure and the implementation of pilot projects for water reuse in the southern regions are necessary, aligning with the Strategy for Irrigation and Drainage in Ukraine until 2030. This integrated approach will contribute to strengthening the country's water and food security.

Keywords: alternative water sources, water scarcity, irrigation, reclaimed water, desalination, food security, climate change.

Проблема дефіциту водних ресурсів у XXI столітті набуває особливої гостроти в умовах глобальних кліматичних змін, інтенсивного розвитку сільського господарства та зростання населення планети [1]. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), аграрний сектор є найбільшим споживачем водних ресурсів – на його потреби припадає близько 70% загального світового водозабору [2]. Це створює суттєвий тиск на природні екосистеми, особливо в посушливих регіонах, де сільське господарство без зрошення є неможливим.

У сучасних умовах глобального потепління, скорочення кількості опадів і підвищення середньорічних температур ефективне управління водними ресурсами стає одним із ключових чинників забезпечення продовольчої безпеки [2]. Поглиблення дефіциту води призводить до деградації ґрунтів, зниження врожайності, зростання собівартості продукції та соціально-економічної нестабільності у сільських регіонах [1]. Особливо вразливими є

країни з обмеженими запасами прісної води, які змушені впроваджувати інноваційні підходи до водокористування.

Серед сучасних методів подолання водного дефіциту важливе місце займає використання очищених стічних вод (ОСВ) та опрісненої морської або слабосоленої води. Застосування цих ресурсів дає змогу скоротити забір прісної води з природних джерел, зменшити антропогенне навантаження на довкілля, підвищити стійкість аграрного виробництва та зберегти баланс екосистем [3]. Міжнародна практика доводить, що впровадження технологій повторного використання води та опріснення є дієвим інструментом адаптації сільського господарства до кліматичних змін [4].

Для України питання водозабезпечення має стратегічне значення. На значній частині території, особливо у південних регіонах, спостерігається зменшення природного зволоження на 20–30%, що ускладнює отримання стабільних урожаїв без штучного зрошення [5]. Водночас понад половина зрошувальних систем перебуває у зношеному стані, а частка повторного використання очищених стічних вод не перевищує 1% [5]. Це потребує оновлення державної водної політики, орієнтованої на раціональне використання ресурсів, модернізацію інфраструктури та впровадження інновацій водозбереження.

Метою дослідження є аналіз міжнародного досвіду використання опріснених і очищених стічних вод у зрошуваному землеробстві, а також обґрунтування технологічних та організаційних рішень для їх потенційного впровадження в умовах України.

Дефіцит прісної води залишається гострим глобальним викликом, що посилюється кліматичними змінами (скорочення опадів, зростання температур). Аграрний сектор, як основний споживач (близько 70% світових запасів прісної води [2]), вимагає кардинального підвищення ефективності водокористування. Попри те, що зрошувані землі становлять лише близько 20% усіх сільськогосподарських угідь, саме вони забезпечують понад 40% світового врожаю [2], підкреслюючи роль зрошення як ключового чинника продовольчої стабільності.

Для аналізу регіональних особливостей розподілу водних ресурсів і рівня водного стресу, що зумовлює необхідність переходу до альтернативних джерел, наведено структуру водокористування у світі (табл. 1).

Таблиця 1

Структура світового водокористування за секторами та регіонами світу (за даними [2; 6])

Регіон світу	Сільське господарство, %	Промисловість, %	Комунальний сектор, %	Рівень водного дефіциту ¹
Північна Америка	39	47	14	середній
Європа	33	54	13	низький – середній
Азія (Південна та Центральна)	81	12	7	високий
Близький Схід і Північна Африка	85	9	6	дуже високий
Латинська Америка	71	19	10	середній – високий
Африка	87	6	7	високий

¹Рівень водного дефіциту визначено за індексом водного стресу (FAO, 2023).

Як показано в таблиці, найвищий рівень водного стресу характерний для країн Близького Сходу, Північної Африки та Південної Азії, де понад 80% водних ресурсів спрямовується на потреби сільського господарства [6]. Саме ці регіони першими почали

впроваджувати технології повторного використання очищених стічних вод (reuse water) та опріснення морської води (desalinated water), що згодом стали еталонними моделями водного менеджменту у світі. Цей досвід має особливу цінність для України, яка лише розпочинає формування власної стратегії управління альтернативними джерелами води.

Аналіз міжнародного досвіду свідчить, що ефективного подолання дефіциту водних ресурсів можливе лише за умов комплексного підходу до управління водними ресурсами, який охоплює технологічні, економічні та інституційні механізми [4]. Найуспішніші приклади такого підходу демонструють Ізраїль, Сполучені Штати Америки та Австралія – країни, які змогли забезпечити високу продуктивність аграрного сектору навіть за умов обмежених природних запасів води (табл. 2).

Таблиця 2

Міжнародний досвід застосування опріснених й очищених стічних вод у зрошуваному землеробстві (за даними [7; 8; 11])

Країна	Частка опрісненої води, %	Частка ОСВ, %	Основні технології	Система водного управління	Особливості аграрного застосування
Ізраїль	60–80	85	Біологічне очищення, зворотний осмос (RO)	Централізоване управління (Water Authority), посилений контроль	Високоєфективне краплинне зрошення у пустелі Неgev
США	5–10	10–15	Мембранна фільтрація, сенсорні системи моніторингу	Федеральні програми (WaterSMART), регіональні водні агенції	Зрошення (овочі та фрукти) у посушливих регіонах (Каліфорнія, Аризона)
Австралія	10–15	20–30	Опріснення морської води, мікро-зрошення	Система водних прав (Water Entitlements), державно-приватне партнерство (PPP)	Технічний полив, постачання води великим фермерським господарствам (Вікторія, Південна Австралія)

Ізраїль вважається світовим лідером у сфері повторного використання очищених стічних вод. За даними FAO на 2024 рік, понад 85% очищених стічних вод у країні використовуються для зрошення сільськогосподарських культур, що є найвищим показником у світі [7]. Ключовим елементом цієї системи є комплекс Shafdan, який щороку очищує понад 130 млн м³ стічних вод, що надходять до мережі зрошення пустельних районів Неgevу. Паралельно Ізраїль активно впроваджує технології опріснення морської води, що забезпечують від 60 до 80% потреб країни у питній воді [8]. Завдяки поєднанню систем повторного використання води та опріснення Ізраїль практично досяг «водної незалежності», тобто здатності забезпечувати власні потреби без залежності від природних джерел. Управління галуззю здійснюється через Water Authority, що координує процеси планування, фінансування, тарифного регулювання та моніторингу якості води [8]. Така централізована модель управління визнана однією з найефективніших у світі.

Сполучені Штати Америки мають одну з найбільших систем зрошуваного землеробства у світі – понад 55 млн акрів (приблизно 22 млн га, USDA, 2023) [9]. Основними зрошуваними регіонами є Каліфорнія, Аризона, Техас і Колорадо, де водний дефіцит є характерною ознакою. У США діють державні програми сталого водокористування,

орієнтовані на точне землеробство, автоматизований полив, сенсорний контроль вологості ґрунтів і повторне використання стічних вод. Зокрема, у Каліфорнії функціонують масштабні проекти з очищення міських стоків, які забезпечують до 15% потреб аграрного сектора у воді для зрошення [10]. На федеральному рівні впроваджено програми підтримки фермерів, зокрема WaterSMART Program, яка фінансує модернізацію зрошувальних систем, використання енергоощадних насосів і систем точного поливу. У південних штатах (Каліфорнія, Техас) активно застосовуються мембранні технології опріснення слабосолоних підземних вод, що знижує навантаження на поверхневі басейни та забезпечує водну стійкість у періоди посухи [11].

Австралія є прикладом країни, яка зуміла покращити систему управління водними ресурсами, поєднавши сучасні технології та зручний розподіл води між користувачами. В основі водної політики країни – система, що визначає, скільки води можуть отримувати фермери, міста чи підприємства. Це допомагає справедливо розподіляти ресурси залежно від потреб і погодних умов [12]. Сільське господарство Австралії споживає близько 70% усіх запасів води, але завдяки краплинному та мікрозрошенню полив стає ефективнішим. До 30% очищених міських стічних вод використовують повторно для поливу полів і зелених зон, особливо у штатах Вікторія та Південна Австралія [13]. Також у країні працюють великі установки для опріснення морської води, які допомагають забезпечувати населення водою під час посух.

Аналіз досвіду Ізраїлю, США та Австралії показує, що ці країни успішно долають дефіцит води, поєднуючи нові технології з чіткими правилами (державним регулюванням). Завдяки впровадженню опріснення та повторного використання очищеної води у зрошувальному землеробстві, вони не лише зберігають водні ресурси, а й гарантують продовольчу безпеку. Це підтверджує, що для України та інших країн, де є проблеми з водою, інтеграція таких підходів є важливим кроком у розвитку водного господарства.

Україна, як і більшість країн із розвиненим аграрним сектором, дедалі частіше стикається з проблемою дефіциту водних ресурсів. Кліматичні зміни, мінливість опадів, руйнування гідротехнічної інфраструктури та підвищення середньорічних температур зумовлюють систематичне зниження природного зволоження, особливо в південних регіонах [5]. За оцінками наукових установ, у Херсонській, Миколаївській, Одеській та Запорізькій областях природне зволоження скоротилося на 20–30%, що робить зрошення ключовим фактором стабільності аграрного виробництва [5].

За даними міжнародного звіту ReliefWeb, підвищення кліматичної стійкості аграрного сектору України безпосередньо пов'язане з модернізацією систем зрошення та переходом до інтегрованого управління водними ресурсами [14].

На початку 90-х років площа зрошуваних земель в Україні перевищувала 2,3 млн га, проте сьогодні ефективно використовується близько 100 тис. га (М. Яцюк, 2025). При цьому ступінь зношеності насосних станцій і магістральних каналів перевищує 60%, що призводить до значних втрат води та енергоресурсів [5]. Водночас обсяги повторного використання очищених стічних вод залишаються мінімальними – менше 1% від загального водного балансу, тоді як у країнах ЄС цей показник сягає 10–15% [5].

Повторне використання очищених стічних вод може стати одним із найефективніших способів зниження навантаження на річкові басейни, особливо у посушливих регіонах. Уже нині в Одеській області розглядаються пілотні проекти з використання очищених міських стоків для поливу технічних культур, що не призначені для безпосереднього споживання. Це дає можливість зменшити забір води з Дністра та інших річок, що перебувають у стані водного стресу [14].

Окрім технологій повторного використання води, перспективним напрямом для України є опріснення морської та слабосоленої підземної води. Південні регіони (Одеська,

Херсонська та Миколаївська області) мають сприятливі умови для розміщення опріснювальних установок на узбережжі Чорного та Азовського морів. Використання енергії з відновлюваних джерел (сонячної, вітрової) здатне зменшити собівартість виробництва води та забезпечити екологічну доцільність таких проєктів [5].

Стан та потенціал розвитку альтернативних джерел водного забезпечення в Україні детально представлено в табл. 3.

Важливим кроком у підвищенні ефективності використання води стало ухвалення Стратегії зрошення та дренажу в Україні до 2030 року. Вона передбачає оновлення зрошувальних систем, створення об'єднань водокористувачів, залучення інвестицій та співпрацю держави з бізнесом [5]. У документі також визначено правила для повторного використання очищеної води та розвиток проєктів із опріснення у прибережних регіонах.

Таблиця 3

Стан та потенціал розвитку альтернативних джерел води в Україні (за даними [5; 14])

Показник	Станом на 2025 р.	Потенціал розвитку до 2030 р.	Потенціал
Площа зрошуваних земель	≈ 100 тис. га	2,0–2,2 млн га	Відновлення зрошення через реконструкцію систем і створення об'єднань водокористувачів
Частка ОСВ у балансі	< 1%	10–15%	Пілотні проєкти в Одесі, Херсоні, Дніпрі
Потенціал опріснення	відсутній	100–150 млн м ³ /рік	Малі установки у прибережних регіонах
Ступінь зношеності інфраструктури	> 60%	< 30%	Потребує модернізації насосних станцій і каналів
Частка ВДЕ у водному секторі	< 5%	до 25%	Використання сонячної та вітрової енергії

Серед головних умов для успішного розвитку використання альтернативних джерел води в Україні можна назвати:

- встановлення справедливої ціни на воду, щоб мати кошти на ремонт і модернізацію систем;
- співпрацю держави і бізнесу для розвитку нових водних проєктів;
- використання європейського досвіду у сфері управління водними ресурсами;
- підтримку досліджень і створення пілотних проєктів із повторного використання та опріснення води.

У перспективі реалізація інтегрованої водної політики, що поєднує ефективне використання природних, очищених і опріснених вод, може забезпечити Україні зменшення водного дефіциту, підвищення продуктивності аграрного сектору та зміцнення продовольчої безпеки в умовах кліматичних змін.

Проблема дефіциту водних ресурсів у світі набуває стратегічного значення в умовах кліматичних змін і зростання потреб аграрного виробництва. Аналіз міжнародного досвіду свідчить, що впровадження альтернативних джерел водопостачання (очищених стічних вод і опрісненої морської або слабосоленої води) є ефективним інструментом забезпечення водної та продовольчої безпеки.

Досвід Ізраїлю, США та Австралії демонструє, що поєднання технологічних інновацій, ринкових механізмів і державного регулювання дозволяє досягти стійкого управління водними ресурсами навіть у посушливих регіонах.

Для України актуальним є використання цих підходів у поєднанні з модернізацією зрошувальних систем, розвитком державно-приватного партнерства та впровадженням національних програм повторного використання води.

Перехід до інтегрованого управління водними ресурсами сприятиме зменшенню водного дефіциту, підвищенню продуктивності аграрного сектору й формуванню основ продовольчої безпеки в умовах глобальних кліматичних викликів.

1. Дідковська Л. Основні тенденції розвитку зрошення: світовий досвід та уроки для України. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*. 2022. Vol. 1, No. 3. С. 1–13. DOI: 10.46299/j.isjmef.20220103.1.
2. FAO. The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming Water Challenges in Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. DOI: 10.4060/cb1447en.
3. Regulation (EU) 2020/741 of the European Parliament and of the Council of 25 May 2020 on minimum requirements for water reuse. *Official Journal of the European Union*. 2020. 20 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu> (дата звернення: 10.11.2025).
4. Water Rights and Markets in Australia. *OECD Water Governance Initiative Report*. 2022. URL: <https://www.oecd.org/water/> (дата звернення: 10.11.2025).
5. Стратегія зрошення та дренажу в Україні до 2030 року. Київ : Міністерство аграрної політики та продовольства України, 2021.
6. FAO. AQUASTAT Main Database – Water Resources and Use by Country and Area. Rome: FAO, 2023. URL: <https://www.fao.org/aquastat>. (дата звернення: 10.11.2025).
7. Water Reuse in Israel: The Shafdan Project. Mekorot Water Company, 2022. URL: <https://www.mekorot.co.il> (дата звернення: 10.11.2025).
8. Water Plan of Israel 2050 : National Water Strategy. *Israel Water Authority Report*. 2022. URL: <https://water.gov.il> (дата звернення: 10.11.2025).
9. Agriculture Irrigation Trends in the United States. *AEI.ag* : вебсайт. URL: <https://aei.ag/2021/03/22/agriculture-irrigation-trends-in-the-united-states/> (дата звернення: 10.11.2025).
10. National Water Reuse Action Plan. *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)* : вебсайт. URL: <https://www.epa.gov/waterreuse> (дата звернення: 10.11.2025).
11. WaterSMART Program Overview. *U.S. Bureau of Reclamation* : вебсайт. URL: <https://www.usbr.gov/watersmart/> (дата звернення: 10.11.2025).
12. Australia's Water Entitlement and Trading Framework. Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water (DCCEEW), 2023. URL: <https://www.dcceew.gov.au> (дата звернення: 10.11.2025).
13. Water Use on Australian Farms. Australian Bureau of Statistics Report, 2023. URL: <https://www.abs.gov.au/statistics/industry/agriculture/water-use-australian-farms/latest-release> (дата звернення: 10.11.2025).
14. Klaus Westendorff. Institutional Organisation and Financing of Agricultural Land Reclamation: German Experience and Options for Ukraine. APD Ukraine, 2022. URL: <https://apd-ukraine.de/> (дата звернення: 10.11.2025).