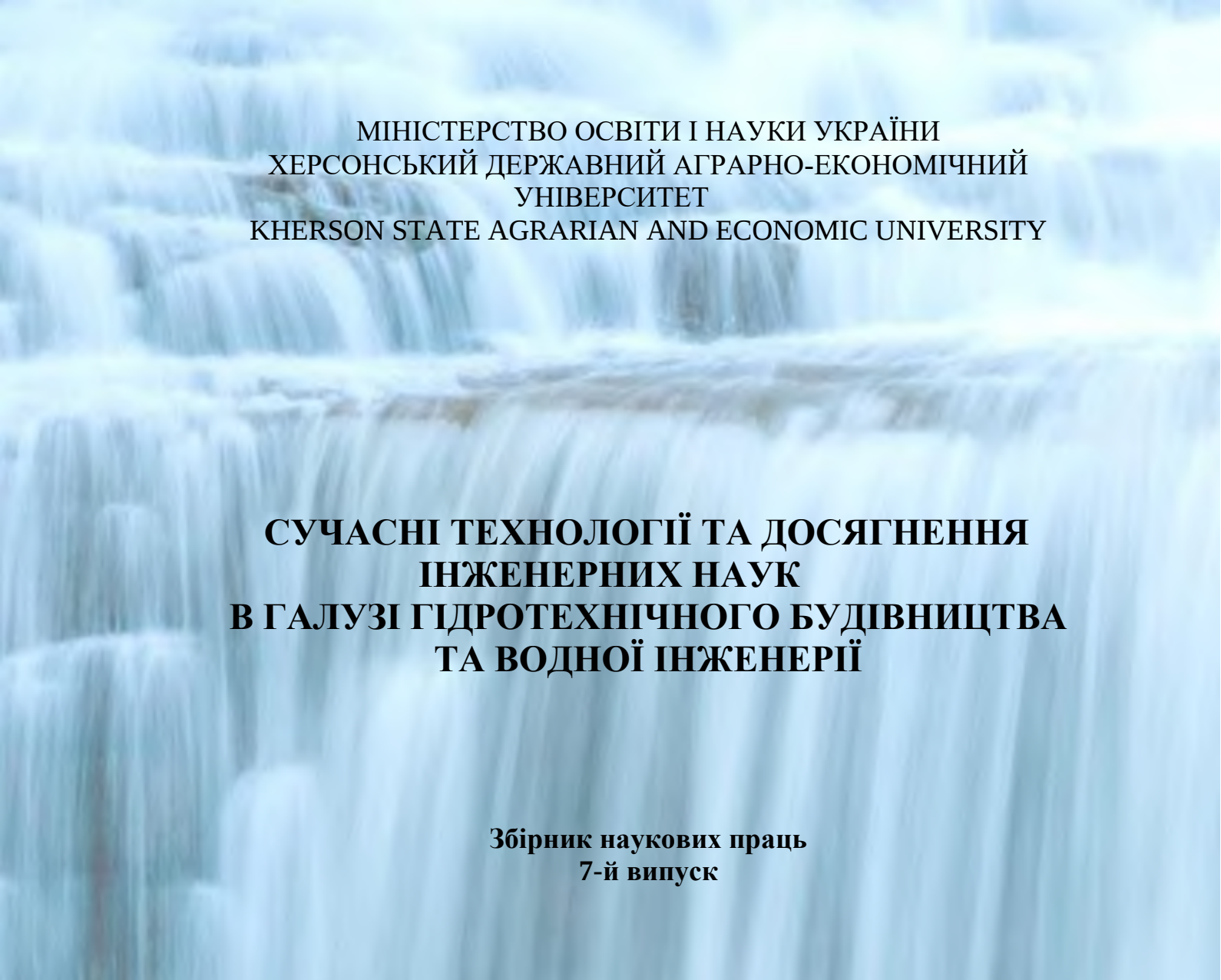




МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
KHERSON STATE AGRARIAN AND ECONOMIC UNIVERSITY

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ДОСЯГНЕННЯ
ІНЖЕНЕРНИХ НАУК
В ГАЛУЗІ ГІДРОТЕХНІЧНОГО БУДІВНИЦТВА
ТА ВОДНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

**Збірник наукових праць
7-й випуск**



Кропивницький - Херсон - 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
KHERSON STATE AGRARIAN AND ECONOMIC UNIVERSITY

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ДОСЯГНЕННЯ
ІНЖЕНЕРНИХ НАУК
В ГАЛУЗІ ГІДРОТЕХНІЧНОГО БУДІВНИЦТВА
ТА ВОДНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

**Збірник наукових праць
7-й випуск**

Кропивницький - Херсон - 2025

УДК 626/627:001

Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: збірник наукових праць. 7-й випуск. – Кропивницький - Херсон: ХДАЕУ, 2025. – 116 с.

Редакційна колегія:

Волошин М.М. - в.о. завідувача кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії ХДАЕУ, заступник декана факультету архітектури та будівництва ХДАЕУ з навчальної роботи, к.т.н., доцент;

Рагулін С.В. - доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії ХДАЕУ, к.т.н., доцент.

В збірнику публікуються наукові статті з питань гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій, зрошувального землеробства, технологій забезпечення сталого землекористування, сільськогосподарських гідротехнічних меліорацій, впливу гідротехнічних споруд на навколишнє середовище, інженерного захисту територій, водопостачання та водовідведення, застосування сучасних технологій будівельного виробництва, використання ГІС - технологій в водній інженерії та управлінні земельними ресурсами, сучасних досягнень вишукувань і проектування гідротехнічних споруд, застосування енергозберігаючих технологій у гідротехнічному будівництві, електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Збірник розрахований на наукових співробітників, інженерно-технічних робітників підприємств, проектних організацій, навчальних та науково-дослідних інститутів напряму гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій.

Рекомендовано до друку вченою радою факультету архітектури та будівництва Херсонського державного аграрно-економічного університету (протокол № 10 від 29.05.2025 р.).

Відповідальність за зміст, новизну та оригінальність наданого матеріалу несуть автори статей.

ЗМІСТ

Волошин М.М.ЗБІР ТА ВИКОРИСТАННЯ ДОЩОВОЇ ВОДИ ЯК ІННОВАЦІЙНА
ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ГОСПОДАРСЬКИХ ПОТРЕБАХ.....6**Шепель А.В.**ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ В УМОВАХ
ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ12**Чеканович М.Г.**АНАЛІЗ РУЙНУВАНЬ І ПОШКОДЖЕНЬ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД
ВНАСЛІДОК РАКЕТНОГО УДАРУ15**Одинченко Р. Д., Чарний Д.В., Марисик С.В., Левицька В.Д, Мацелюк М.Є.**

ВИКОРИСТАННЯ ЦЕОЛІТІВ У ВОДОПІДГОТОВЦІ.....22

Voloshyn M.M., Svyrydenko A.I.

MODERN WATER PURIFICATION SCHEMES IN THE APARTMENT27

Заводяний В.В.ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ В
ТЕСТАХ ЗАКРИТОГО ТИПУ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ32**Коваленко Р.Ю.,Котов О.О.**ІНТЕГРАЦІЯ ЗЕЛЕНИХ ПОКРІВЕЛЬ У МІСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ
УКРАЇНИ: ЕКОЛОГІЧНА Й ЕНЕРГЕТИЧНА НЕОБХІДНІСТЬ У
ПЕРІОД ВІДБУДОВИ35**Заводяний В.В., Шпилько О.О.**

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ТЕСТІВ ЗАКРИТОГО ТИПУ39

Коваленко Р. Ю.ГОТОВНІСТЬ ВОДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ ДО
ЕКОЛОГІЧНИХ ВИКЛИКІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ МАСШТАБНОЮ
ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ: РИЗИКИ ТА ПОТРЕБА
В МОДЕРНІЗАЦІЇ.....43**Шевченко А.М., Боженко Р.П.**ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ДОТРИМАННЯ НОРМАТИВІВ
ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ЗРОШЕННЯ ЗА ДАНИМИ ПІСЛЯПРОЄКТНОГО
МОНІТОРИНГУ47**Гасенко Л.В.**

СТАЛИЙ РОЗВИТОК ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД52

Афанасьєв М.В., Литвиненко В.М.

РОЗРОБКА ДАТЧИКА ВОЛОГОСТІ ДЛЯ ҐРУНТУ57

Петренко О. А., Рагулін С.В.ПИТАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З
НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ59**Кузьмич С.А., Гурин В.А., Кузьмич Л.В.**

ІННОВАЦІЙНИЙ МЕТОД ОБ'ЄМНОГО ОЧИЩЕННЯ ХІМІЧНО

ЗАБРУДНЕНИХ ВОДНИХ ПОТОКІВ У ВІДКРИТИХ КАНАЛАХ	62
Kravchenko V. I.	
TECHNOLOGICAL SCENARIOS FOR CREATING NUTRIENT SUBSTRATES BASED ON SEWAGE SEDIMENTS	65
Кравченко В. І., Майданик В. С.	
ВИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЦІЙ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ СТИЧНИХ ВОД.....	69
Литвиненко В.М.	
ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЮДА ШОТТКІ.....	73
Чайка Т.О.	
ВПЛИВ ОБРОБКИ БІОПРЕПАРАТАМИ РІЗНОЇ ПРИРОДИ НА ФІЗІОЛОГІЧНІ МАРКЕРИ СТРЕСОСТІЙКОСТІ Й УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ ЗА ОРГАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА	77
Шинкаренко І.Ю.	
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЕКОНОМІЧНОГО ФАКТОРУ ТРУБОПРОВІДІВ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ.....	82
Шинкаренко І.Ю.	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРСТАННЯ МІНІ ГЕС	84
Воропай Г.В. Харламов О.І., Котикович І.В., Зосимович А.О.	
ТЕХНІЧНИЙ СТАН ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ У ЗОНІ ОСУШУВАЛЬНИХ МЕЛІОРАЦІЙ.....	86
Рагулін С.В.	
ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ В ПЕРІОД СПОРУДЖЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	92
Харламов О.І, Коршманюк К.А.	
ЗАХИСТ ВІД ШКІДЛИВОЇ ДІЇ ВОД НОВОЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ.....	95
Козішкурт С.М., Турченко В.О., Романюк І.В.	
ІНТЕГРОВАНІ ОСУШУВАЛЬНО-ЗРОШУВАЛЬНІ СИСТЕМИ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТІВ.....	97
Алмашов Д.Р., Зубенко В.О. ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ В АВТОНОМНІ ВДЕ-КОМПЛЕКСИ.....	100
Зубенко В.О. ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ВОДОПОДАЧІ В ЗРОШУВАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ.....	104
Коваленко В.В., Гапінч Г.В., Доценко В.І., Вехновський І.Є.	
МОНІТОРИНГ СТРУКТУРИ ПРИФРОНТОВИХ БАСЕЙНОВИХ ГЕОСИСТЕМ ТА ЇХ ПРИРОДООБЛАШТУВАННЯ	108
Козішкурт С.М., Клімов С.В.	
ДОСЛІДЖЕННЯ АКУМУЛЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИРОДНИХ ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (НА ПРИКЛАДІ БОЛОТА СОМИНЕ)	111

Волошин Микола Миколайович

*кандидат технічних наук, доцент, в.о. завідувача кафедри гідротехнічного
будівництва, водної та електричної інженерії*

Херсонський державний аграрно-економічний університет, Херсон, Україна

ЗБІР ТА ВИКОРИСТАННЯ ДОЩОВОЇ ВОДИ ЯК ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ГОСПОДАРСЬКИХ ПОТРЕБАХ

Постановка проблеми. За даними ООН на нашій планеті посилюється дефіцит питної води. Від її нестачі страждає близько 40% населення Землі [1]. І хоча в Україні подібної проблеми поки не спостерігається, про раціональне витрачання природних ресурсів варто задуматися. Наприклад, можна використовувати в технічних і господарських цілях не питну, а дощову воду.

Стан вивчення проблеми. Людині потрібна прісна вода для нашого повсякденного життя, для виробництва продуктів харчування і промислових товарів. Тож на часі є актуальною боротьба з забрудненням води і неефективним її використанням. Якщо врахувати, що майже одна чверть населення світу не має доступу до чистої питної води, стає зрозуміло, що зусилля для доступу до неї створюють потенціал для світових конфліктів. Питна вода є необхідною, для неї немає ніякої заміни.

Представимо десять причин використовувати дощову воду [2].

1. Дощова вода задля майбутнього життя. Захист навколишнього середовища – це обов'язок для збереження придатних умов життя наших дітей. З системами для використання дощової води ви робите свій внесок у допомогу довкіллю та майбутньому наших дітей.

2. Свідомість у питанні екології є трендом сучасності. З системою використання дощової води ви демонструєте, що можете комбінувати сучасні технології та є обізнаними в питаннях екології. Це є на часі.

3. Використання дощової води має багато призначень. Завдяки сучасним технологіям дощова вода, що є гігієнічно нешкідливою, надійно використовується для поливання саду та, крім того, для туалетів, пральних машин та багатьох інших потреб, де використання коштовної питної води було б марнотратством.

4. Використання дощової води – це найсучасніші екологічні технології. Екологічні технології мають найкращу світову репутацію в галузі застосування дощової води. Спеціалісти з опалення та питного водопостачання мають ноу-хау, завдяки яким вміло інтегрують цю технологію в автоматизацію будинку.

5. Використання дощової води – це заощадження коштів. До 60% питної води можна заощадити застосовуючи дощову воду. Ці кошти можуть бути використанні для інших потреб. Але більш важливим є збереження води, найціннішого ресурсу.

6. Використання дощової води: так само зрозуміло, як і поділ відходів. Незабаром застосування дощової води буде таким же звичайним явищем, як поділ відходів. Тож це є важливою передумовою для нас, щоб почати використовувати дощову воду вже зараз (рис. 1).

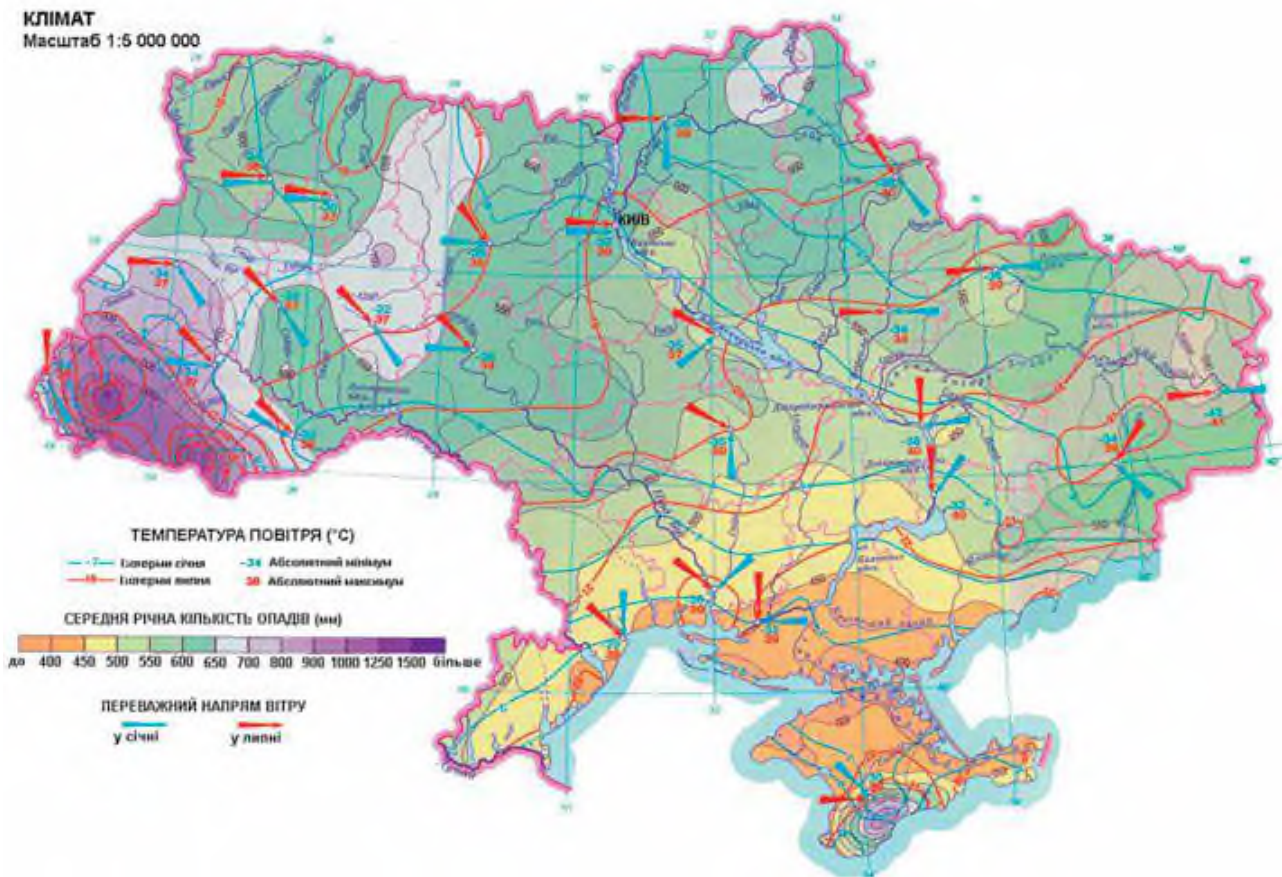


Рис. 1. Середньорічна кількість опадів, в літрах на м² (мм опадів)

7. Використання дощової води є надійним рішенням для вашого будинку. Сучасні системи використання дощової води є надійними та без проблем відповідають високим стандартам Німецьких правил з водопостачання, (які є одними з найсуворіших у світі).

8. З використанням дощової води ви самодостатні. Новітні технології дають можливість бути хоча б частково незалежним від компанії з водопостачання. Зробіть використання дощової води частиною свого побуту вже сьогодні.

9. Використання дощової води: технології з майбутнім. Ми маємо документально підтверджене зростання кількості монтажів систем використання дощової води, показника вище середнього, особливо в останні роки. Це також є доказом гарантованого майбутнього ваших інвестицій.

10. Професійні системи встановлені фахівцями. Сучасні системи використання дощової води – це не продукт «зроби своїми руками», а досить розвинена екологічна технологія. Інвестуйте в надійність та продуктивність, завдяки експертній допомозі.

Завдання і методика досліджень. Розумне використання дощової води з системами, спеціально розробленими для цього, – це економне рішення і корисно для навколишнього середовища.

Такі системи чудово підходять для роботи як в будинку, так і на подвір'ї: зрештою, окрім як для пиття, гігієни та приготування їжі, питна вода, що пройшла коштовну очистку, не є абсолютно необхідною.

Особливо це стосується потреб садового чи зовнішнього водопостачання, а також для змиву туалетів та пральних машин, які можуть дуже просто забезпечуватися цими системами. Це добре для оточення та родинного бюджету:

використовуючи дощову воду ви можете зберегти до 71 літра питної води на людину в день [3]. У зв'язку із зростанням тарифів на водопостачання, використання дощової води стає все більше виправданим.

Результати досліджень. Дощова вода дає можливість серйозно заощадити при підключенні будинку до загального водопроводу, адже платити по рахунках доведеться набагато менше. В середньому людина використовує 150-200 л води на добу (рис. 2). І це без урахування таких витратних завдань, як полив саду або миття автомобіля. Завдяки використанню дощової води можна зекономити до 71 літра питної води на людину в день.



Рис. 2. Потреба води на людину в день

Але ж на практиці питна вода життєво необхідна лише для власне пиття і приготування їжі (близько 5% денної норми), а також для особистої гігієни (30%) і миття посуду (20%). При пранні (15% добової витрати води), експлуатації каналізації (30%) і в інших господарських потребах замість питної води цілком можна використовувати дощову. Остання, до того ж, є м'якою водою, і як не можна краще підходить саме для господарських потреб. Головне, правильно зібрати і зберегти рідкі опади.

Типова система для побутового використання дощової води складається із кількох основних елементів:

- Безпосередньо водозбірник дощової води;
- Очисні фільтри;
- Резервуар для зберігання;
- Паралельний водопровід.

При виборі типу, моделі та об'єму резервуару враховуються:

- Середня кількість та інтенсивність опадів у регіоні;
- Споживчі потреби конкретного об'єкту;
- Конструкція даху;
- Бюджет, адже, хоча підземні конструкції більш зручні та компактні, наземні – все ще значно дешевші та простіші при монтажу.

Окрім того, об'єм резервуару має бути таким, щоб навіть у випадку аварії накопичена вода пішла у дощову каналізацію, а не на ділянку.

Фільтри використовуються, щоб одержана вода відповідала санітарно-гігієнічним нормам. Сюди відноситься видалення механічних часток, хімічне очищення, багатоетапна фільтрація, в залежності від подальшого використання води. Після цього воду до об'єктів подає паралельний трубопровід, що працює незалежно від основної типової системи водопостачання.

Для збору опадів накопичувальний резервуар (у найпростішому випадку - наземна бочка або бак) підключають до водостічної системи покрівлі, з якої і буде стікати вода.

Дах повинен бути з нахилом більше 10° (в калюжах на пласких покрівлях швидко розводяться мікроорганізми), а його покриття не повинне містити азбест або свинець. Найкращий покрівельний матеріал для збору води - керамічна чи цементно-піщана черепиця або оцинкований метал.

Матеріал водостічної системи, по якій вода стікає в накопичувач, також не повинен містити азбест чи свинець. Тому найбільш популярні в приватному будівництві водостоки зі сталі з полімерним покриттям і з ПВХ.

Водостічна труба, від якої відходить канал в накопичувач, має бути також з'єднана зі зливовою каналізацією. Доступ води в ємність краще відкривати через декілька хвилин після початку дощу, щоб збирати з даху тільки чисту воду без пилу, але на практиці так роблять не завжди. Найчастіше просто обмежуються використанням фільтра з діаметром отворів менше 0,2 мм. Можна використовувати і фільтр тонкого очищення, до 5 мкм. Так чи інакше, водопровідний канал на вході в бак потрібно обладнати заслінкою і переливом.

Сам накопичувач може бути підземним або наземним. Зроблений він може бути з бетону, оцинкованої сталі або полімерів (наприклад, з поліетилену). Наземні баки (об'ємом до 2000 л) розміщують, як на вулиці, так і в приміщеннях (наприклад, в гаражі) (рис. 3).



Рис. 3. Різні способи накопичення дощової води

Застосування підземних баків зручніше, оскільки під землею знижується швидкість утворення водоростей і бактерій, а ємності не займають корисний об'єм саду або будинку. Однак застосовують підземні баки лише при невисокому рівні ґрунтових вод. Обсяг підземних ємностей може перевищувати 2000 л, максимум для будинку на 3-4 людини - 5000 л.

При установці бака під землею враховують, що рівень ґрунту над ємністю не повинен бути більше 0,5 м. Крім того, під час монтажу з усіх боків навколо ємності краще насипати 20-сантиметровий шар піску.

Це дозволить знизити тиск ґрунту на стінки бака-накопичувача. На випадок аварії або переповнення бак краще через зворотний клапан і сифон з'єднати з каналізацією. Це захистить ємність від попадання запахів і рідин з каналізації в бак.

Для підключення накопичувальної ємності до комунікацій потрібно використовувати насос (по можливості із захистом від сухого ходу). Застосовують, як стаціонарні або переносні садові насоси, так і автоматичні насосні станції або глибинні насоси.

Накопичувач дощової води разом з відповідною системою використання дощової води забезпечує рівномірний та малошумний полив. Зрошення, дощування, полив і чищення – для цього питна вода є занадто дорогою. В таких випадках рекомендується використання дощової води.

Цікаво що, родина з чотирьох осіб у нас в країні може заощадити до 70000 літрів на рік завдяки використанню дощової води. Точний об'єм залежить від місця розташування та розміру площі даху, яку можна відповідно використовувати.

Основні напрямки використання:

- Наповнення змивних баків у санвузлах;
- Вологе прибирання приміщень та прибирання присадибної ділянки;
- Мийка автомобіля;
- Зрошення газонів, городів, клумб;
- Наповнення протипожежних ємкостей та резервуарів, тощо.

У випадку проживання за містом, коли поблизу відсутні підприємства із шкідливим виробництвом, сферу застосування дощової води можна значно розширити (рис. 4). Її переваги в тому, що для зрошення вона більш корисна, адже точно не містить побутових речовин та забруднювачів. До того ж, зазвичай така вода м'якша. Категорично не рекомендоване лише її використання під час приготування їжі.

Наприклад, водозбірник дощової води поєднується із пральними машинами, душовими, навіть посудомийками. Але важливо пам'ятати, що відпрацьована вода, особливо – із миючими засобами, не має потрапляти безпосередньо в ґрунт. В залежності від типу обладнання, систему водозбору можна додатково доповнити очисними елементами для хлорування, озонування, обробки активним киснем, очищення ультрафіолетовим світлом, тощо.

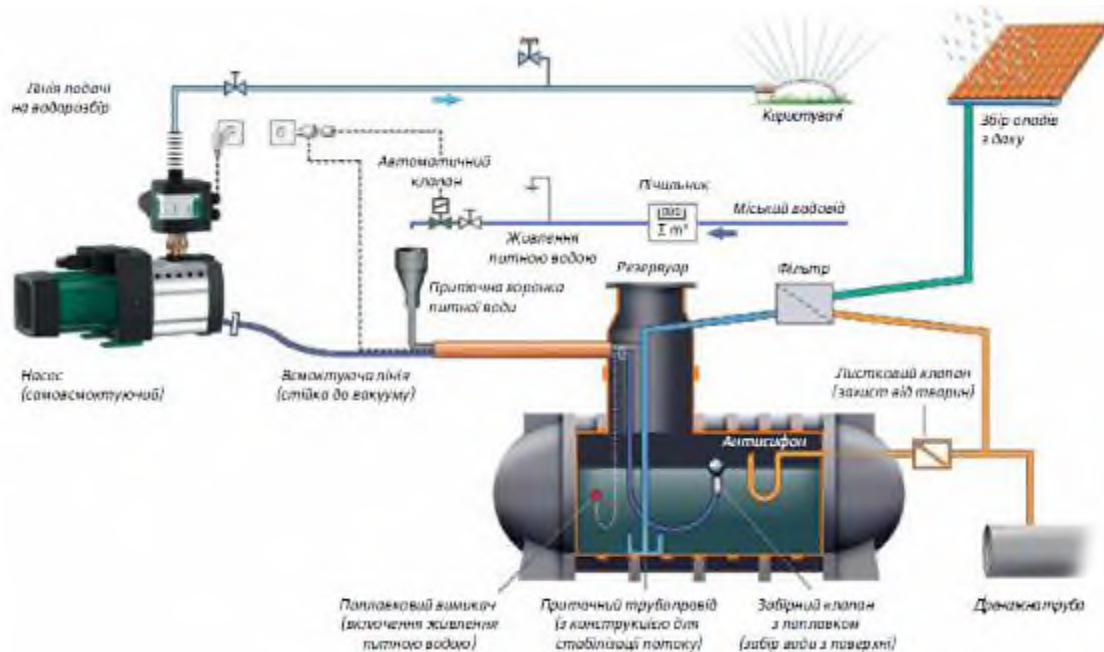


Рис. 4. Приклад системи використання дощової води: полив саду та будинок на одну сім'ю

Висновки. 1. Зібрану воду найпростіше використовувати для поливу садових рослин. Для цього достатньо підключити до насоса шланг зі зрошувачем. А ось для використання води, наприклад, в каналізації доведеться прокладати окремий дощовий водопровід.

2. Дощову воду можна використовувати для поливу садів чи городів та миття зовнішніх ділянок садиби чи будинку, таких як тераса чи доріжки – це вигідна і екологічна альтернатива використанню питної води.

3. Основна із переваг її використання – суттєве зменшення споживання водопровідної води, а також – зменшення водозабору із поверхневих та підземних вод, що попереджає просідання ґрунту.

4. Дощову воду можна використовувати для змивних бачків, пральних машин і поливу. Дуже різноманітно вона також може використовуватись у промисловості та інших комерційних галузях.

Список використаної літератури:

1. Микола Кондратенко. В ООН заявили про серйозний дефіцит питної води на планеті. 22.03.2021р. URL:<https://www.dw.com/uk/v-oon-zaiavyly-pro-serioznyi-defitsyt-bezpechnoi-pytnoi-vody-na-planeti/a-56952151> (дата звернення: 12.05.2025).

2. Використання дощової води. *Довідниковий посібник*. 04.2016р.

3. М. М. Волошин. Особливості розробки об'єктів будівництва та їх реконструкції централізованого водопостачання в селищі міського типу Верхній Рогачик Каховського району Херсонської області. // *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки* №2. 2023. С. 245-255.

УДК: 631.67:502.5

Шепель А.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ

Вступ. Зміни клімату, збільшення середньорічної температури, зниження кількості опадів та виснаження водних джерел створюють критичні виклики для аграрного сектору. Протягом останніх 30 років середня річна температура в Україні зросла на 1,2–1,5°C. Особливо помітне підвищення спостерігається в зимовий період, де температура зросла на 2,3°C, та в літній період - на 1,4°C. Ці зміни призводять до збільшення тривалості періодів спеки, що негативно впливає на сільськогосподарські культури, зокрема на кукурудзу та соняшник, які припиняють вегетацію вже на початку серпня [1, 2]. Спостерігається зменшення кількості опадів, особливо в літній період, що призводить до дефіциту вологи. Наприклад, у південних та південно-східних регіонах України очікується зменшення річного стоку річок на 30–50% до 2050 року. Це збільшує ризики посух та екстремальних повеней, що негативно впливає на водо забезпечення та сільське господарство [3]. В Україні спостерігається виснаження водних ресурсів, зокрема в південних регіонах, де обсяги розвіданих запасів підземних вод питної якості є найменшими в країні. Наприклад, у Миколаївській області експлуатаційні запаси води на одного мешканця становлять лише 0,09 м³/добу, що значно нижче за середній показник по Україні [4].

Зміни клімату призводять до скорочення виробництва аграрної продукції. За прогнозами, підвищення середньорічної температури на 1°C може спричинити скорочення обсягу виробництва аграрної продукції на 10%. Особливо це стосується зернових культур, де зниження врожайності може бути значним [5].

За таких умов важливою є трансформація систем зрошення на технології, що мінімізують втрати води. Однією з найбільш ефективних у цьому контексті визнано краплинне зрошення. Ця технологія дозволяє забезпечити локальне зволоження кореневої зони, значно зменшуючи непродуктивні витрати води.

Основна частина. Система краплинного зрошення, як відомо, складається з насосної станції, фільтраційної установки, магістральних та розподільчих трубопроводів, а також крапельних стрічок або трубок. Важливим етапом є проектування системи з урахуванням гідрогеологічних умов, рельєфу та агротехнічних характеристик культур. Впровадження краплинного зрошення доцільне на різних типах ґрунтів і для широкого спектра сільськогосподарських культур. Так, у південних регіонах України, зокрема в Одеській області, дослідження показали, що оптимізація живлення ранньостиглих сортів картоплі при краплинному зрошенні дозволяє досягти врожайності до 37–39 т/га, що на 64,7% більше порівняно з контролем. Для цього використовували основне внесення добрив N₃₂P₃₂K₃₂ восени, N₄₈P₄₈K₄₈ перед посадкою та три підживлення протягом вегетації з інтервалом 8–10 днів [6, с.48]. У Херсонській області на темно-каштанових середньосуглинкових ґрунтах проведені дослідження показали, що оптимальні параметри зрошення, глибина оранки (20–22 см), норми мінеральних добрив (120–120 кг/га) та густота посіву (65000 рослин/га) забезпечують найвищу врожайність та ефективність використання води [7]. Дослідження в умовах Степу Сухого показали, що

підґрунтове краплинне зрошення соняшнику забезпечує високі економічні показники: умовно чистий прибуток 17,11–18,17 тис. грн/га, нижчу собівартість (10,90–11,03 тис. грн/т) та високий рівень рентабельності виробництва (31,10–32,62%) [8, с.75]. Краплинне зрошення дозволяє ефективно зволожувати ґрунт на глибину 20–30 см, що є оптимальним для кореневої системи овочевих культур. Наприклад, для баклажанів рекомендується застосовувати 15–30 л води на м², для моркви та буряка – 15–30 л на м², а для редису – 10–15 л на м². Це забезпечує рівномірне зволоження та покращує розвиток рослин [9]. Краплинне зрошення сприяє розвитку бульбочкових бактерій у кореневій системі бобових культур, що покращує їхнє живлення та підвищує врожайність. Наприклад, у дослідженнях з вирощування овочевого бобу на зрошуваних землях урожайність збільшилася на 31,3–39,2% залежно від сорту [10, с. 7]. Таким чином, до загальних переваг краплинного зрошення треба віднести наступні аргументи: 1. Економія води: зменшення відносних витрат води (м³/ц чи м³/т) на 30–70% порівняно з традиційними методами; 2. Зниження ерозійних процесів та покращення структури ґрунту; 3. Збільшення врожайності: особливо важливо в умовах посухи та нестачі водних ресурсів; 4. Підвищення ефективності використання добрив: через можливість фертигації (внесення добрив разом з водою); 5. Зменшення ерозії ґрунтів: через відсутність поверхневого стоку води.

Останніми роками активно застосовуються SMART-технології, які дозволяють дистанційно керувати зрошенням, використовуючи дані з метеостанцій, сенсорів вологості ґрунту, температури й вологості повітря. Такі системи здатні автоматично змінювати параметри поливу в режимі реального часу, що підвищує ефективність використання водних і енергетичних ресурсів. Так, у Херсонській області було проведено п'ятирічне дослідження щодо впровадження низькобюджетної SMART-системи зрошення Rain-1. Ця система використовує дані з супутників для моніторингу вологості ґрунту та стану рослин, а також з метеостанцій для отримання інформації про температуру повітря, вітер та опади. На основі цих даних система автоматично регулює полив, що дозволяє зменшити витрати води та підвищити врожайність. Наприклад, у випадку з соняшником, використання цієї системи дозволило збільшити врожайність на 13,42% порівняно з традиційними методами зрошення. Система також продемонструвала коротший період окупності інвестицій, особливо для таких культур, як кукурудза та соняшник [11].

У рамках розвитку "розумних міст" в Україні впроваджуються системи дистанційного керування зрошенням для зелених насаджень. Наприклад, компанія HB Water Technology розробила блок IMC (Irrigation Moisture Control), який контролює вологість ґрунту, температуру, тиск та витрату води. Цей блок можна налаштувати на автоматичний полив або активувати дистанційно через додаток або веб-браузер. Підключення забезпечується промисловим маршрутизатором Teltonika Networks RUT241 з eSIM, що дозволяє здійснювати моніторинг та керування системою з будь-якої точки світу [12].

В Україні також активно розвиваються інноваційні рішення в галузі точного зрошення. Ці технології включають використання датчиків вологості ґрунту, температури та інших параметрів для оптимізації процесу поливу. Застосування таких систем дозволяє зменшити витрати води, підвищити ефективність використання добрив та знизити енергоспоживання.

Наприклад, використання таких технологій дозволяє зменшити витрати води на 30–70% порівняно з традиційними методами зрошення.

У південних регіонах України (зокрема, у Херсонській, Одеській та Миколаївській областях) впровадження краплинного зрошення призвело до підвищення врожайності овочевих культур на 30–50%. Аналогічні рішення ефективно застосовуються в Ізраїлі, Іспанії, Туреччині - країнах із подібними кліматичними умовами. Ізраїль є світовим лідером у впровадженні краплинного зрошення. Завдяки цьому методу країна змогла значно підвищити врожайність овочів, таких як помідори, перець та баклажани, навіть в умовах обмежених водних ресурсів. Краплинне зрошення дозволяє точно дозувати воду безпосередньо до кореневої системи рослин, що сприяє їхньому здоровому росту та розвитку.

В Андалусії, південному регіоні Іспанії, краплинне зрошення застосовується для вирощування таких культур, як помідори, огірки та баклажани. Цей метод дозволяє значно зменшити витрати води та підвищити врожайність, що особливо важливо в умовах посухи та обмежених водних ресурсів.

У Туреччині, зокрема в регіоні Каппадокія, активно впроваджується краплинне зрошення для вирощування картоплі. Завдяки цьому методу фермери змогли збільшити врожайність картоплі з 150 кг/декара до 3000–3500 кг/декара, що є значним досягненням у сільському господарстві країни [13].

У майбутньому краплинне зрошення може бути інтегроване з регіональними водозбірними системами, накопичувачами атмосферних опадів та системами повторного використання стічних вод. Подальший розвиток автоматизації, цифрового моніторингу та аналізу великих даних сприятиме оптимізації водокористування.

Висновки. Краплинне зрошення є високоефективною інженерною технологією, що дозволяє забезпечити сталість сільського господарства в умовах дефіциту води. Його застосування сприяє екологічній стабільності, економічній доцільності та раціональному управлінню водними ресурсами. Подальше поширення цієї технології в Україні потребує державної підтримки шляхом податкових пільг, освітніх ініціатив та науково-технічного супроводу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Зміна клімату в Україні та світі: причини, наслідки та рішення для протидії. URL: <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html?utm> (дата звернення 10.05.2025).
2. Цибульська С. Клімат vs аграрії: адаптуватися, щоб заробити. URL: <https://ifarming.ua/monitoring/klimat-vs-agrariyi-adaptuvatysya-shob-zarobyty?utm> (дата звернення 11.05.2025).
3. Трипольська Г. Як проявляється зміна клімату в Україні? URL: <https://ua.boell.org/uk/2020/06/09/yak-proyavlyatsya-zmina-klimatu-v-ukraini?utm> (дата звернення 12.05.2025).
4. Вплив глобальних змін клімату на водні ресурси Миколаївщини. URL: <https://mk-vodres.davr.gov.ua/node/1539?utm> (дата звернення 10.05.2025).
5. Особливості функціонування сільського господарства в умовах кліматичних змін. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/osoblyvosti-funktsionuvannya-silskoho-hospodarstva-v-umovakh-klimatychnykh?utm> (дата звернення 11.05.2025).

6. Гамаюнова В., Хоненко Л., Ісакова О. Оптимізація живлення ранньостиглих сортів картоплі на краплинному зрошенні Півдня України. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(8\).2021.47-55](https://doi.org/10.48077/scihor.24(8).2021.47-55), Том 24, № 8, 2021. С. 47-55
7. Vozhehova R., Lykhovyd P., Ushkarenko V., Lavrenko S. Drip-irrigated sweet corn water use depending on the depth of plowing, mineral fertilization rates and crops density. *AgroLife Scientific Journal*, 2021. 11(2). URL: <https://doi.org/10.17930/AGL2022232> (дата звернення 10.05.2025).
8. Kaliley, V., Shatkovskiy, A. Water regime and efficiency of growing sunflower hybrids depending on the elements of drip irrigation technology. *Land Reclamation and Water Management*, (2), 2022. pp. 75 - 80. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg202202-343> (дата звернення 10.05.2025).
9. Onishchenko A. How to water the vegetable garden in the heat: rules for different varieties. URL: https://eng.obozrevatel.com/section-news/news-how-to-water-the-vegetable-garden-in-the-heat-rules-for-different-varieties-09-07-2024.html?utm_ (дата звернення 11.05.2025).
10. Яценко В. Оптимізація продукційного процесу бобу овочевого шляхом добору сортів і застосування краплинного зрошення. том 23, №12, 2020. С. 7-17. [https://doi.org/10.48077/scihor.23\(12\).2020.7-17](https://doi.org/10.48077/scihor.23(12).2020.7-17). (дата звернення 10.05.2025).
11. Bazaluk O., Havrysh V., Nitsenko V., Mazur Y., Lavrenko S. Low-Cost Smart Farm Irrigation Systems in Kherson Province: Feasibility Study. *Agronomy* 2022, 12(5), 1013; URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12051013> (дата звернення 10.05.2025).
12. Міська зрошувальна система з дистанційним керуванням. URL: https://teltonika-networks.com/ua/use-cases/smart-city/remotely-controlled-urban-irrigation-system?utm_ (дата звернення 11.05.2025).
13. Growing More While Using Less: Precision Irrigation Solutions Bring New Opportunities for Potato Cultivation in Turkey. URL: https://www.pipelife.com/service/news-and-projects/2024/growing-more-while-using-less-precision-irrigation-solutions-bring-new-opportunities-for-potato-cultivation-in-turkey.html?utm_ (дата звернення 12.05.2025).

УДК 624.01

Чеканович М.Г.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

АНАЛІЗ РУЙНУВАНЬ І ПОШКОДЖЕНЬ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ВНАСЛІДОК РАКЕТНОГО УДАРУ

Вступ. Об'єкти гідротехнічного комплексу можуть входити до складу критичної інфраструктури, що відіграє ключову роль у забезпеченні енергетичної безпеки держави. У період воєнних дій противник цілеспрямовано атакує стратегічні інфраструктурні об'єкти, зокрема споруди енергетичного призначення, такі як гідроелектростанції, а також мостові переходи. Унаслідок цього держава зазнає значних втрат у вигляді пошкодження або руйнування будівель і споруд критичної інфраструктури.

У нинішніх умовах надзвичайно важливим є своєчасне проведення обстежень, технічної оцінки стану об'єктів, а також оперативне прийняття рішень щодо їх відновлення, подальшої експлуатації або консервації. Швидке й обґрунтоване ухвалення таких рішень мінімізує ризики для життя населення та сприяє зміцненню енергетичної безпеки країни.

Основна частина. На прикладі гідроелектростанції розглянуто характерні руйнування та пошкодження, спричинені ракетним ударом, зокрема: будівлі (рис. 1-3) і мостової споруди греблі (рис. 4-7)



Рис.1. Наслідки ракетного удару — руйнування плити покриття, проведення контролю міцності бетону



Рис.2. Характерне тріщиноутворення в залізобетонній плиті після ракетного удару



Рис. 3. Тріщини в залізобетонній плиті силового покриття будівлі



Рис. 4. Вхідний отвір у плитній частині таврових залізобетонних балок прогонової будови моста



Рис. 5. Вихідний отвір з вивалом бетону на зворотному боці плити



Рис. 6. Руйнування бетону в плитній частині балок прогонової будови



Рис. 7. Типові руйнування залізобетонних балок прогонових будов

Будівлі оцінюються відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016, який передбачає чотири категорії технічного стану [1]:

1. Нормальний – конструкція відповідає розрахунковим вимогам, дефекти відсутні.
2. Задовільний – є незначні дефекти, які не впливають на безпечну експлуатацію.
3. Не придатний до нормальної експлуатації – виявлено порушення, що потребують ремонту або підсилення.
4. Аварійний – порушення першої групи граничних станів, існує загроза цілісності конструкції.

У розглянутому випадку несуча залізобетонна консольна силова плита покриття має руйнування в зоні ракетного влучання, а також тріщини з розкриттям до 2,8 мм в основі та по периферії – класифікується як "4" (аварійний стан).

Оцінювання мостів здійснюється згідно з ДСТУ 9181:2022 [2], за п'ятьма експлуатаційними станами:

1. Справний – повна відповідність проекту і нормам.
2. Обмежено справний – незначні відхилення без порушення граничних станів.
3. Працездатний – допустимі порушення другої групи граничних станів.
4. Обмежено працездатний – часткове порушення першої групи граничних станів.
5. Непрацездатний – грубі порушення першої групи граничних станів.

За результатами обстеження:

Прогін 5–6 (смуга проїзду з боку нижнього б'єфу): стан 5 (непрацездатний).

Прогін 5–6 (з протилежного боку): стан 4 (обмежено працездатний).

Прогін 6–7: стан 4 (обмежено працездатний).

Інші прогони: стан 3 (працездатний).

Загальний стан автодорожнього проїздурозрахунками: стан 4 (обмежено працездатний).

Як показано на рисунках 3–5, розмір вхідного отвору в плитній частині залізобетонної прогонової будови суттєво менший за вивал бетону на зворотному боці, що є типовим для дії проникаючих боеприпасів.

Важливо зазначити, що оцінка технічного стану будівель та мостових споруд базується на різних нормативних документах і класифікаційних підходах, що ускладнює комплексне визначення стану об'єктів після ракетного ураження [3–5].

Сьогодні, аналізуючи пошкодження й руйнування будівель і споруд унаслідок ракетних та бомбових ударів, а також інших вибухових впливів, можна стверджувати, що деформаційні шви запобігають поширенню зон руйнування та обмежують зону ураження й пошкодження. Так, на прикладі консольної залізобетонної силової конструкції плити покриття, що зазнала ракетного удару (рис. 1– 3), видно, що суттєві руйнування не поширюються за межу розташування деформаційного шва. Деформаційний шов улаштовано поблизу високовольтної металеві опори порталу з боку пролomu плити. Збереження високовольтного металевого стовпа критичного електропостачання зумовлено близькістю деформаційного шва.

Висновки. Аналіз характеру руйнувань і пошкоджень, спричинених ракетним ударом по будівлі та мосту, що входять до складу споруд гідроелектростанції, засвідчив таке:

Ураження має динамічний, але не імпульсний (не миттєвий) характер, що впливає на механізм формування пошкоджень.

У залізобетонній консольній плиті покриття будівлі утворюються небезпечні тріщини саме в зонах дії максимального згинального моменту, що є критичними з точки зору втрати несучої здатності.

У прогоновій будові мосту виявлено, що зона входу боеприпасу в плитну частину балки зазнає менших руйнувань, ніж зона виходу, де спостерігається значний вивал бетону, що може істотно знижувати несучу здатність елементів.

З огляду на наявні пошкодження, окремі конструкції можуть становити небезпеку в процесі подальшої експлуатації і потребують обмежень, підсилення або ремонту.

Виходячи з практичного досвіду обстеження будівель і споруд, пошкоджених внаслідок ракетних ударів, а також на основі аналізу отриманих даних, доцільно рекомендувати розширення чинної класифікації щодо обґрунтування необхідності влаштування деформаційних швів у будівлях і спорудах. Зокрема, пропонується враховувати вибухове навантаження, спричинене ракетним або авіаційним бомбовим ударом, як окремий специфічний фактор.

З метою уніфікації підходів та забезпечення комплексної технічної оцінки, рекомендується розробити і впровадити єдину систему класифікації технічного стану будівель та мостових споруд, що входять до складу гідротехнічних комплексів, із урахуванням особливостей пошкоджень, спричинених бойовим ураженням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану»
2. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування.
3. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкцій. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 199-204. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24>
4. Чеканович, М. Г. (2024). Альтернативний розрахунок будівельних конструкцій на основі обертального моменту. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (6), 261-268. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.29>
5. Залізобетонні конструкції з натягом арматури на бетонну суміш: монографія / Мечислав Чеканович: Херсонський державний аграрно-економічний університет.– Одеса: Олді +, 2024 – 146 с.

УДК 628.1

Одинченко Р. Д., аспірант, Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України, м. Київ (ІВПіМ НААН), 888888ruslan@gmail.com; **Чарний Д.В.**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник лабораторії водопостачання і водовідведення ІВПіМ НААН, dmitriych10@gmail.com; **Марисик С.В.**, доктор філософії, старший науковий співробітник лабораторії водопостачання і водовідведення ІВПіМ НААН, sergsi.marisik@ukr.net; **Левицька В.Д.**, доктор філософії, старший науковий співробітник лабораторії водопостачання і водовідведення ІВПіМ НААН, veral@ukr.net; **Мацелюк М.Є.**, магістр, м. Київ, evgen1523@ukr.net

ВИКОРИСТАННЯ ЦЕОЛІТІВ У ВОДОПІДГОТОВЦІ

Вступ. Цеоліти – це група природних мінералів, що належать до алюмосилікатів і характеризуються пористою структурою, здатною до іонообміну та сорбції. Тому вони представляють значний інтерес як фільтрувальний матеріал при підготовці питної води. В Європі існує кілька значних покладів цеолітових порід, зокрема в Карпатському регіоні. Карпати є одним із найбагатших регіонів Європи за покладами природних цеолітів. Основні родовища розташовані в Україні та Словаччині.

В Україні поклади цеолітів зосереджені переважно в Закарпатській області. Основні родовища:

- Берегівське – одне з найбільших родовищ в Україні, розташоване поблизу міста Берегове. Цеоліти тут представлені кліноптилолітом, що має високі сорбційні та іонообмінні властивості.
- Сокирницьке – знаходиться в Хустському районі Закарпаття. Цеоліти тут характеризуються високим вмістом кремнезему та застосовуються в сільському господарстві, екологічному очищенні та будівництві.
- Киричанське – також розташоване в Закарпатті. Має значні запаси цеолітів, які використовуються в екологічних технологіях.

У Словаччині найбільші поклади цеолітів знаходяться в східній частині країни:

- Родовища поблизу села Ніжний Грабовець (Nižný Hrabovec) – це найвідоміше місце видобутку цеолітів у Словаччині. Тут добувають кліноптилолітові цеоліти високої чистоти, які використовуються в очищенні води, сільському господарстві та промисловості.
- Родовища в районі Пряшівського краю – запаси цеолітів у цих місцях є значними, а якість матеріалу дозволяє його використовувати в багатьох сферах.

Інші європейські родовища. Окрім Карпатського регіону, цеоліти зустрічаються й в інших частинах Європи:

- Греція – значні поклади є на острові Мілос, де добувають цеоліти високої якості.

- Іспанія – родовища розташовані в Каталонії та на Канарських островах.
- Туреччина – багаті поклади в регіонах Маніса, Баликесір та Ізмір.
- Угорщина – в районі Бюкк (Bükk) знаходяться значні поклади цеолітових порід.

Основна частина. Властивості та застосування цеолітів.

Цеоліти мають унікальні фізико-хімічні властивості:

- Висока сорбційна здатність – здатність поглинати й утримувати вологу та гази.
- Іонообмінні властивості – можуть зв'язувати та обмінювати катіони, наприклад, амоній, калій, кальцій.
- Стабільність при високих температурах – зберігають свої структури при нагріванні.
- Каталітичні властивості – використовуються в нафтохімічній промисловості як каталізатори.

Завдяки цим властивостям, цеоліти широко застосовуються в:

- Очищенні води (видалення амонію, важких металів, радіонуклідів).
- Сільському господарстві (як добавки до ґрунтів, сорбенти для добрив, кормові добавки).
- Промисловості (каталізатори, сорбенти, наповнювачі для полімерів).
- Будівництві (добавки до цементу, легкі будівельні матеріали).

Карпатський регіон, особливо Закарпаття та східна Словаччина, є стратегічно важливим у видобутку та переробці цеолітів у Європі, забезпечуючи понад 70% їх видобутку для різних галузей промисловості.

Враховуючи географічну близькість і геологічну подібність родовищ Українських і Словацьких цеолітів та їх домінуючій у Європі видобуток у подальшому будемо порівнювати тільки промислову продукцію цих родовищ, а саме: порівняння сорбційних та іонообмінних властивостей цеолітів Берегівського, Сокирницького та Ніжньограбовецького родовищ

Основними параметрами при оцінюванні цеолітів для водопідготовки є:

Сорбційна здатність – показник, який характеризує здатність цеолітів поглинати та утримувати вологу, гази або іони.

Іонообмінна здатність – можливість обміну катіонів, таких як Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , що важливо для екологічного очищення та аграрного використання.

1. Берегівське родовище (Україна, Закарпатська обл.).

Основний мінерал: кліноптилоліт (~85-90%). Сорбційна здатність:

- Висока здатність до поглинання води (30-40% від власної маси);
- Добре сорбує гази, зокрема аміак (NH_3), діоксид вуглецю (CO_2);
- Висока сорбція радіонуклідів (Cs, Sr).

Іонообмінна здатність:

- Катіонообмінна ємність (КОЄ): 160-200 мг-екв./100 г;
- Добре зв'язує NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ;
- Використовується в сільському господарстві, водоочищенні, екологічних проєктах.

2. Сокирницьке родовище (Україна, Закарпатська обл.)

Основний мінерал: кліноптилоліт (~70-80%), польові шпати, кварц.

Сорбційна здатність:

- Дещо нижча за Берегівське (25-35% поглинання вологи).
- Добре сорбує NH_3 , SO_2 , CO_2 .
- Висока здатність до поглинання важких металів (Pb^{2+} , Cd^{2+}).

Іонообмінна здатність:

- Катіонообмінна ємність: 140-180 мг-екв./100 г.
- Краще зв'язує важкі метали, ніж цеоліти з Берегівського родовища.

- Важливий для екологічного очищення води від токсичних металів.

3. Ніжньограбовецьке родовище (Словаччина, Пряшівський край).

Основний мінерал: кліноптилоліт (~85-95%)

Сорбційна здатність:

- Найвища серед цих трьох родовищ (40-45% вологи).
- Дуже ефективно сорбування аміаку (NH_3), що робить його цінним для сільського господарства.
- Використовується у фільтраційних системах через високу пористість.

Іонообмінна здатність:

- Катіонообмінна ємність: 170-220 мг-екв./100 г.
- Висока здатність до обміну Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} .
- Часто використовується у водоочищенні та в якості кормової добавки для тварин.

Витяг з порівнянням наведено у табл.1

Таблиця 1 – Порівняння основних характеристик цеолітів Українських і Словачьких родовищ

Родовища	Основний мінерал	Сорбційна здатність (волога)	Найкраще сорбує	Катіонообмінна ємність (мг-екв/100 г)	Особливості використання
Берегівське	Кліноптилоліт (85-90%)	30-40%	NH_3 , CO_2 , Cs, Sr	160-200	Водоочищення, сільське господарство
Сокирницьке	Кліноптилоліт (70-80%)	25-35%	Pb^{2+} , Cd^{2+} , SO_2	140-180	Очищення води від важких металів
Ніжньограбовецьке	Кліноптилоліт (85-95%)	40-45%	NH_3 , CO_2	170-220	Водоочищення, кормові добавки

Графічний аналіз-порівняння сорбційної здатності за сорбцією NH_4^+ та метиленового синього на промислових цеолітах Берегівського, Сокирницького і Нижньогравовецького родовищ наведено на рис. 1 і рис. 2.

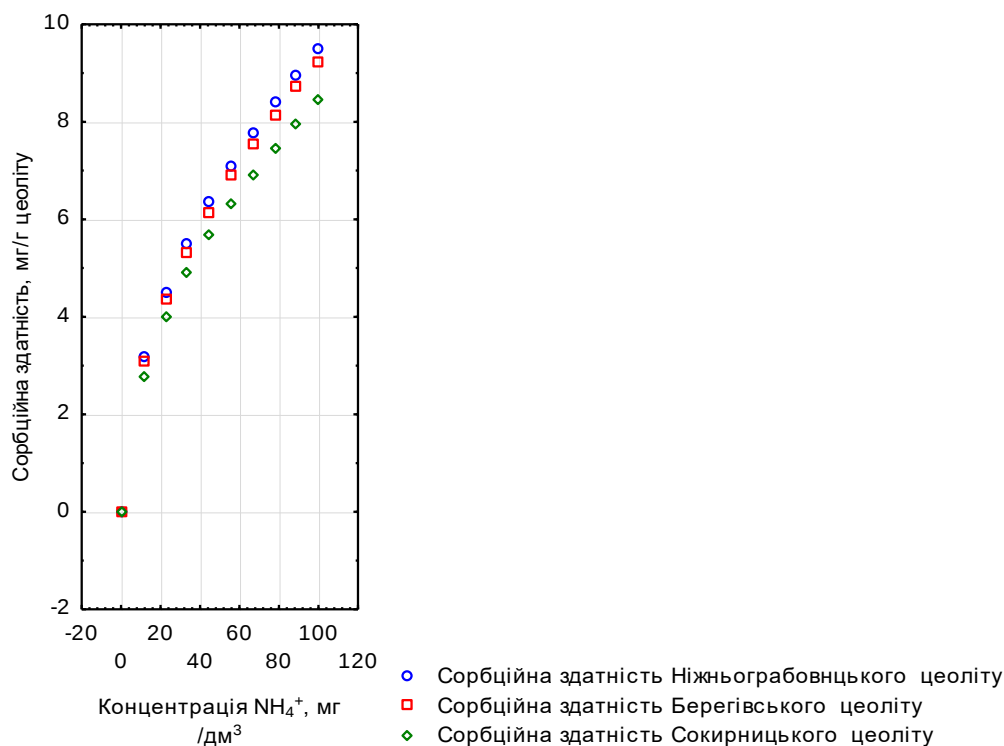


Рисунок 1 – сорбційна здатність немодифікованих цеолітів за NH_4^+ з Берегівського, Сокирницького та Нижньогравовецького родовищ.

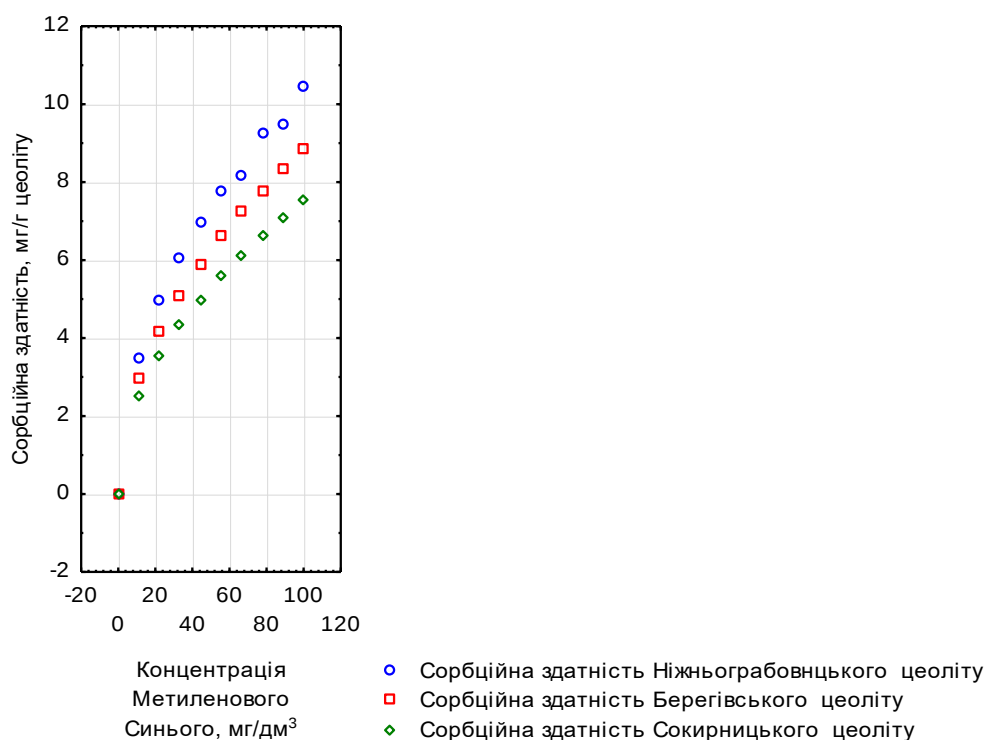


Рисунок 2 – сорбційна здатність немодифікованих цеолітів за метиленовим синім з Берегівського, Сокирницького і Нижньогравовецького родовищ.

Також нами було проведено ситовий аналіз промислово подрібнених цеолітів Сокирницького і Нижньогрابةвецького родовищ, результати якого наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Гранулометричний аналіз цеоліту

	Цеоліт Сокирнянського родовища, Україна (200 г)												
	Номер сита	1	0,5	0,4	0,315	0,2	0,18	0,071	0,063	0,05	0,04	на піддоні	Всього
номінал фракції заводськй 1-0,5 мкм	Залишок на ситі, г	53,5	107,2	38,6	0,25	0,5	0,1	0	0	0	0	0	200
	Граничні розміри фракції, мкм	≥100	50-100	40-50	31,5-40	20 - 31,5	18 - 20	-	-	-	-	-	
	Середній розмір частинок	100	75	45	35,75	25,8	19	-	-	-	-	-	
	Склад, %	26,7	53,58	19,3	0,125	0,25	0,05	-	-	-	-	-	
номінал фракції заводськй 0,5-0,1 мкм	Залишок на ситі, г	0	0,1	19,3	24,45	48,3	20,05	82,35	4,2	0,45	0,35	0,45	200
	Граничні розміри фракції, мкм	≥100	50-100	40-50	31,5-40	20 - 31,5	18 - 20	7,1-18	6,3-7,1	5 - 6,3	4 - 5	-	
	Середній розмір частинок	100	75	45	35,75	25,8	19	12,55	6,7	5,65	4,5	0	
	Склад, %	0	0,05	9,65	12,23	24,2	10,025	41,175	2,1	0,225	0,175	0,225	
	Цеоліт родовища в Нижньому Грабовці, Словаччина (200 г)												
	Номер сита	1	0,5	0,4	0,315	0,2	0,18	0,071	0,063	0,05	0,04	на піддоні	Всього
номінал фракції заводськй 1-0,5 мкм	Залишок на ситі, г	67,6	112,6	15,9	1,55	0,4	0,05	1	1	0	0	0	200
	Граничні розміри фракції, мкм	≥100	50-100	40-50	31,5 - 40	20-31,5	18 - 20	7,1-18	6,3-7,1	-	-	-	
	Середній розмір частинок	100	75	45	35,75	25,8	19	12,55	6,7	-	-	-	
	Склад, %	33,8	56,3	7,93	0,775	0,2	0,025	0,5	0,5	-	-	-	
номінал фракції заводськй 0,5-0,2 мкм	Залишок на ситі, г	28,9	47,05	44,5	28,65	35,1	4,25	10	0,7	0,3	0,5	0,1	200
	Граничні розміри фракції, мкм	≥100	50-100	40-50	31,5 - 40	20-31,5	18 - 20	7,1-18	6,3-7,1	5 - 6,3	4-5	-	
	Середній розмір частинок	100	75	45	35,75	25,8	19	12,55	6,7	5,65	4,5	-	
	Склад, %	14,5	23,53	22,2	14,33	17,6	2,125	5	0,35	0,15	0,25	0,05	100

Аналіз проведений відповідно до ДСТУ 2640-94: Порошки металеві. Визначення розмірів частинок сухим просіюванням.

Висновки. Враховуючи поширеність використання цеолітів як природних сорбентів, найбільш перспективними, на нашу думку, є цеоліти Берегівського, Сокирницького і Нижньограбовецького родовищ. Водночас їх сорбційні характеристики доволі подібні з деякою перевагою цеолітів Нижньограбовецького родовища. Разом з тим, ці цеоліти не мають беззаперечної переваги та вимагають додаткової модифікації. На наш погляд, застосування механічного подрібнення зі зміною розмірів пор дозволить фактично вирівняти сорбційні властивості цеолітів цих родовищ. Відповідно, доцільно проводити дослід, які б дозволили обґрунтувати економічно доцільну технологію механоактивації з мінімальним впливом механічного тертя. На даний час розглядається технологія, яка використовує кавітаційні ефекти. Такий підхід, крім механічного подрібнення, зможе забезпечити корекцію розмірів пор та можливість швидкої хімічної активації, наприклад за рахунок насичення цеоліту іонами натрію.

УДК 628.16

Voloshyn Mykola Mykolayovych

Ph.D., Associate Professor

Svyrydenko Andriy Igorovych

second-level (master's) higher education student

Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

MODERN WATER PURIFICATION SCHEMES IN THE APARTMENT

Introduction. It is no secret that water is necessary for a person to survive. The human body is almost seventy percent water. Therefore, a lot of attention should be paid to the quality of the water consumed. As you know, tap water has a very low quality. It slowly destroys a person, increasing the load on his body.

Water is a good solvent for various chemicals, and therefore it is quite easily polluted. Today, drinking clean water is one of the prerequisites for a healthy lifestyle. Therefore, many people who care about their health drink bottled water and use special purification filters.

The main part. Unfortunately, municipal water supply water is purified only from the most dangerous types of pollution. For this, chlorine is mainly used, which is toxic and extremely harmful. In addition, utilities mostly think only about what the quality of the water will be at the outlet of the treatment plant. But then the water passes through the pipes and can easily become contaminated again.

In addition, increased water hardness is the cause of salt deposits in the human body. The increased manganese content also negatively affects our bone system. Excessive iron in water causes liver disease, disrupts human reproductive function and increases the risk of heart attack.

It is also necessary to remember that untreated water is not only harmful to the human body, but also spoils expensive imported plumbing. Limescale clogs small holes in the shower head and nozzles. Magnesium and calcium salts under the influence of high temperatures form scale.

And it, in turn, becomes the main cause of failure of water heating equipment. Now there is even special plumbing designed only for purified water.

The issue of selecting the configuration of a water purification system is solved differently in each case, depending on: the quality of the source water; requirements for the quality and quantity of purified water; and the customer's financial capabilities.

Regardless of the turbidity of tap water, it is recommended to install a mechanical filter on the inlet line. Such home water purification filters are necessary to prevent rapid clogging of the main filters intended for fine water purification with solid insoluble particles. In addition, it protects against breakdowns and premature failure of mixers, washing machines and other household appliances. The cost of purchasing mechanical filters will be more than compensated by the longer service life of the subsequent stages of water purification and household appliances. Several schemes for connecting water purification systems from different price groups are offered (Fig. 1-4).

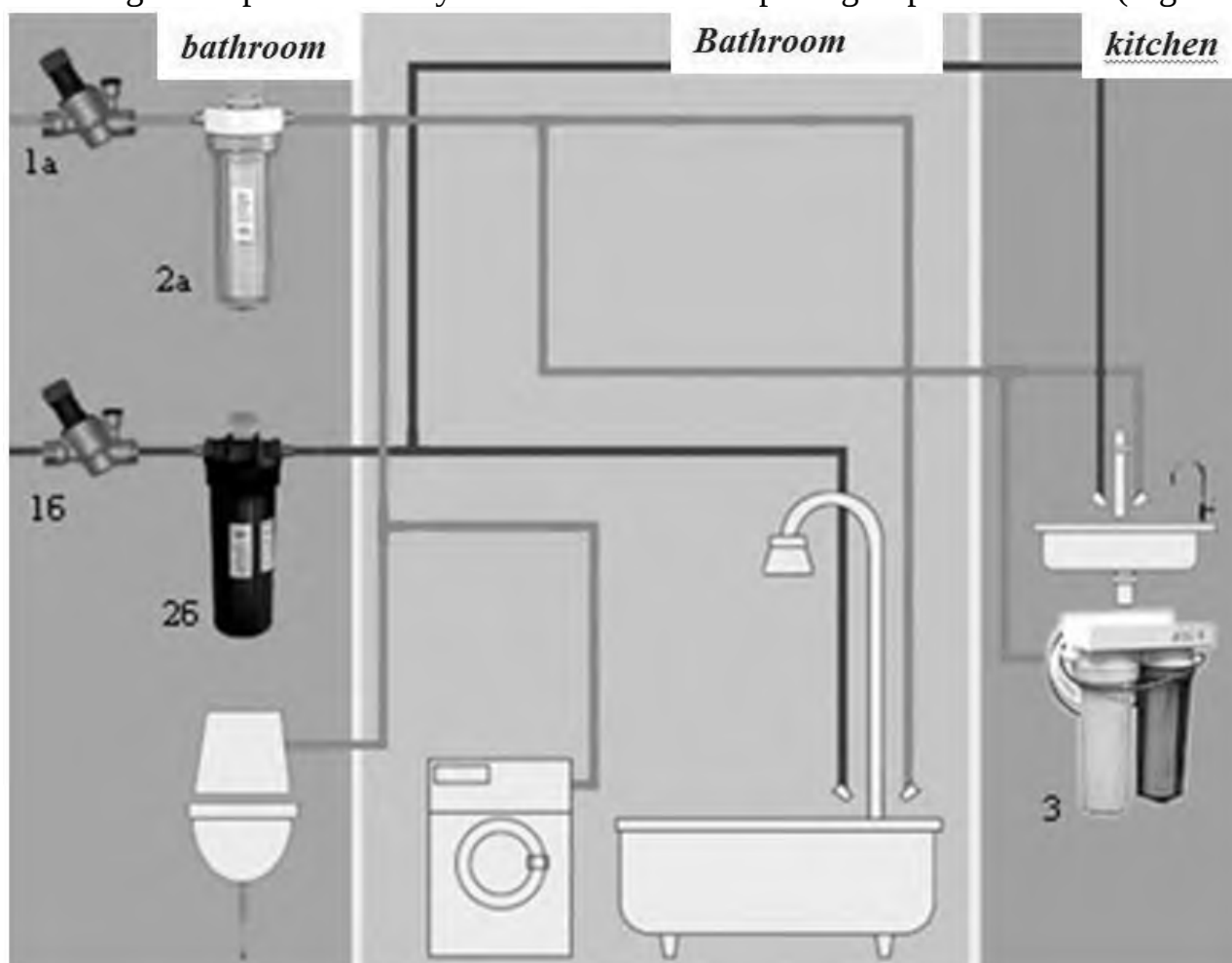


Fig. 1. Water purification scheme in an apartment (economical option):

1a, 1b. Pressure reducing valves. Protect household appliances and other water consumption devices from excessive pressure and water hammer in main water pipes. Connection sizes 3/8, 1/2", 3/4".

2a, 2b. Mechanical filters for fine purification of cold and hot water, purify water from suspensions and small mechanical particles (from 20 to 1 micron, depending on the type of cartridge). Eliminate turbidity and partially color of water. Connection size 1/2".

3. Flow-through drinking system.

Removes unpleasant odor and taste from water, as well as chlorine, organochlorine compounds, pesticides and heavy metal salts. Connection size 1/2".

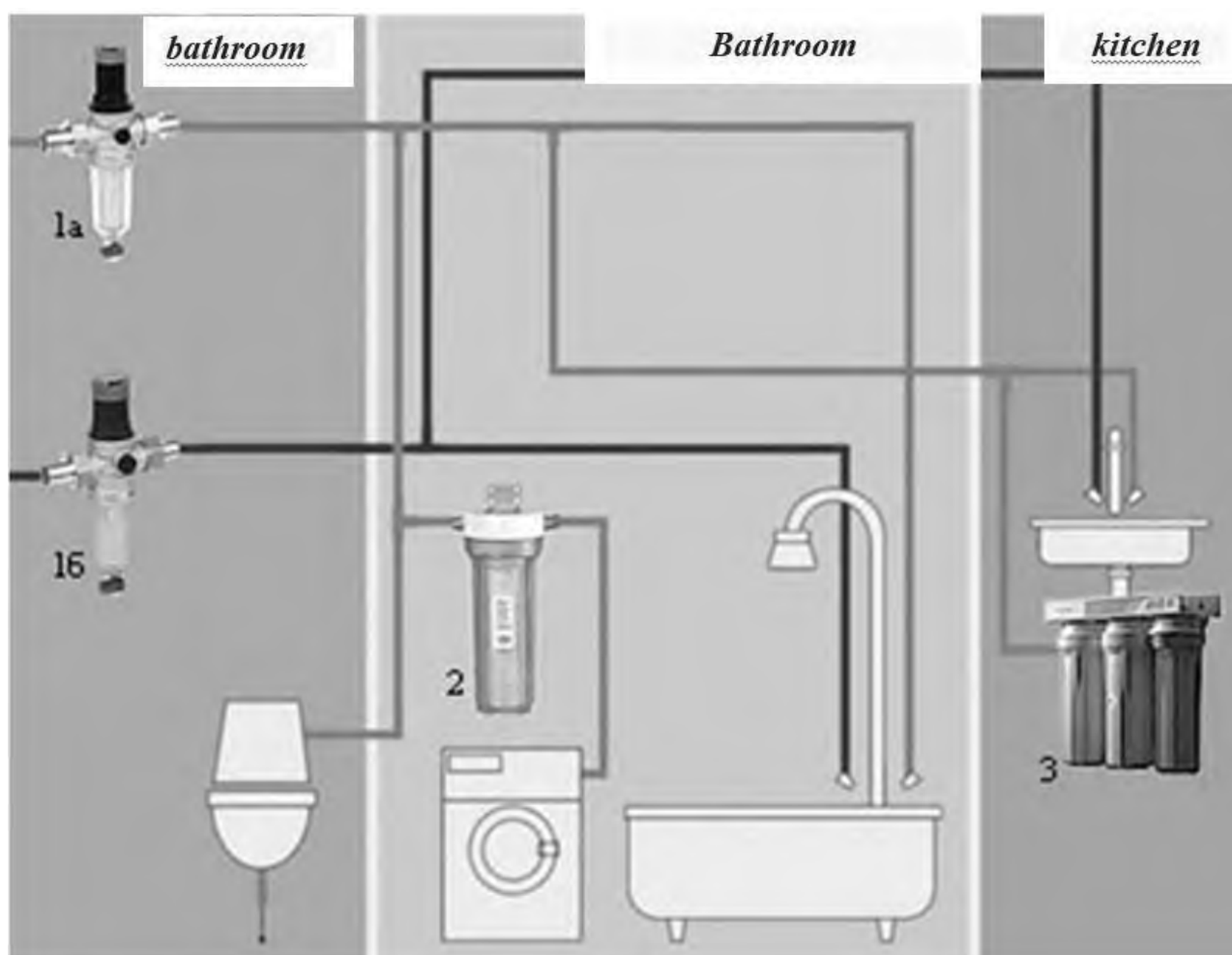


Fig. 2. Water purification scheme in an apartment (budget option):

1a, 1b. Mesh filters pre-clean water from large mechanical particles (100 microns, 50 micron mesh purchased separately). These filters for the apartment protect plumbing and household appliances from failure due to contamination. The built-in pressure relief valve prevents unwanted pressure surges and pressure jumps at the filter outlet. Connection sizes 1/2"; 3/4"; 1". There are models for cold and hot water. Filters for hot water have the letter "M" at the end of the marking.

2. Anti-scale filter. Prevents scale formation in boilers, water heaters, washing machines, dishwashers and other household appliances. Installed only on cold water directly before household appliances. Connection size 1/2".

3. The flow-through drinking system removes unpleasant odors and tastes from water, as well as chlorine, organochlorine compounds, pesticides and heavy metal salts. Connection size 1/2".

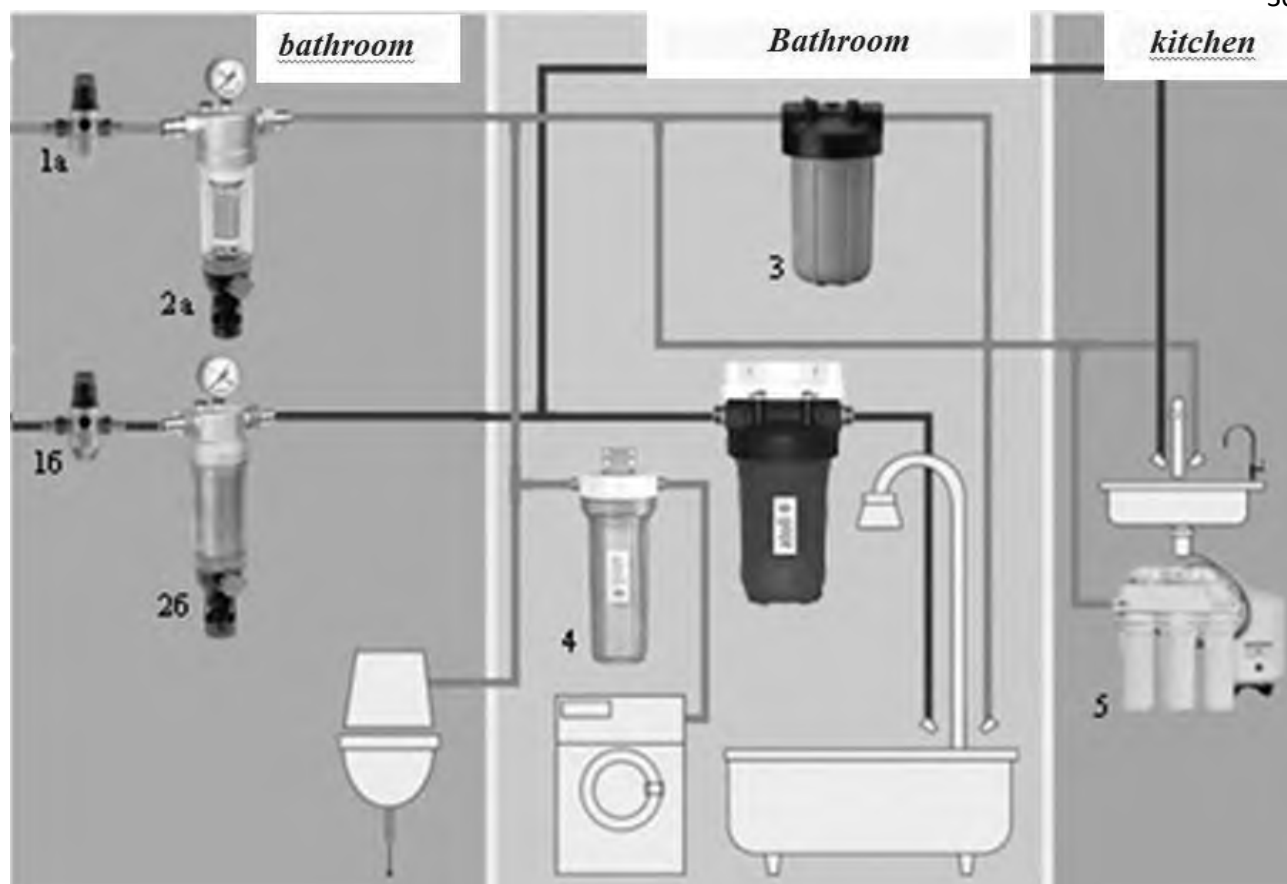


Fig. 3. Water purification scheme in an apartment (universal option):

1a, 1b. Pressure reducing valves. Protect household appliances and other water consumption devices from excessive pressure in main water pipes. Connection sizes 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2". There are models for cold and hot water. Models for hot water have the letter "B" at the end of the marking.

2a, 2b. Mesh filters perform preliminary water purification from large mechanical particles (from 500 to 20 microns). Protect plumbing and household appliances from failure due to mechanical contamination. Connection sizes 1/2"; 3/4"; 1"; 1 1/4"; 1 1/2"; 2". There are models for cold and hot water. Models for hot water have the letter "M" at the end of the marking.

3, 3a. Mains filters for cold and hot water, designed for water purification in the bathroom and shower. Removes unpleasant odor and color from household water, as well as chlorine, organochlorine compounds and other aggressive substances. Protects the skin from irritation and dryness. Installed directly in front of the bath or shower. Connection size 1".

4. Anti-scale filter. Prevents scale formation in boilers, water heaters, washing machines, dishwashers and other household appliances. Installed only on cold water directly before household appliances. Connection size 1/2".

5. Reverse osmosis system for drinking water. Removes up to 99% of contaminants, ensuring maximum purification from all impurities.

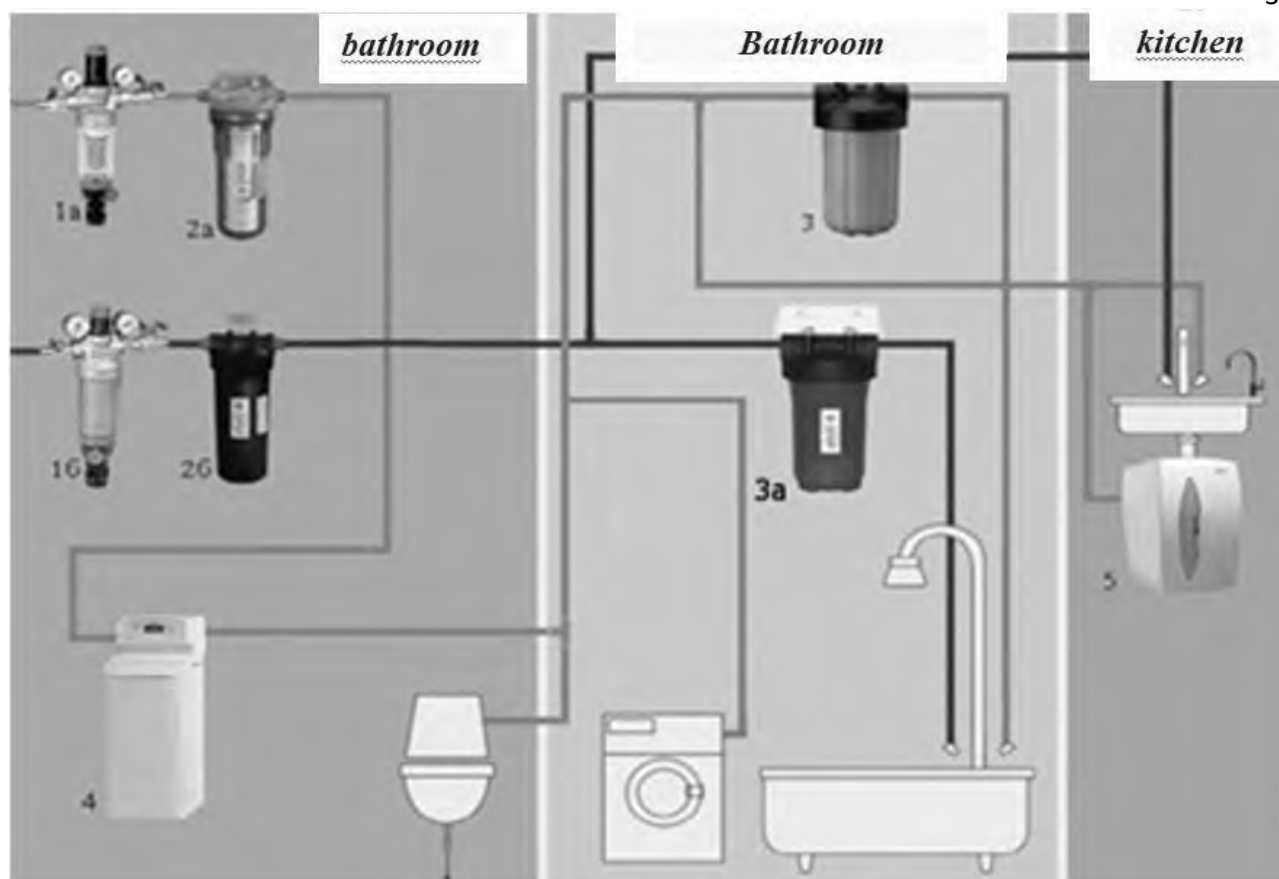


Fig. 4. Water purification scheme in an apartment (premium class):

1a, 1b. Backwash filters perform preliminary water purification from large mechanical particles. Protect plumbing and household appliances from failure due to mechanical contamination. The built-in pressure relief valve avoids unwanted pressure surges and jumps at the filter outlet. Connection sizes 1/2"; 3/4"; 1"; 1 1/4"; 1 1/2"; 2". There are models for cold and hot water. Models for hot water have the letter "M" at the end of the marking.

2a, 2b. Mechanical filters for fine purification of cold and hot water purify water from suspensions and small mechanical particles (from 20 to 1 micron, depending on the type of cartridge). Eliminate turbidity and partially color of water. Connection size 1/2".

3, 3a. Mains filters for cold and hot water are designed to purify water in the bathroom and shower. Remove unpleasant odours and colours from household water, as well as chlorine, organochlorine compounds and other aggressive substances. Protects the skin from irritation and dryness. Installed directly in front of the bath or shower. Connection size 1".

4. Water softener prevents scale formation in boilers, water heaters, washing machines, dishwashers and other household appliances. Installed only on cold water.

5. Reverse osmosis system for drinking water. Removes up to 99% of contaminants, ensuring maximum purification from all impurities.

Conclusions.

1. Untreated water is not only harmful to the human body, but also spoils expensive imported plumbing.
2. The configuration of the water purification system in each case is decided depending on the quality of the source water, the requirements for the quality and quantity of purified water, and the customer's financial capabilities.
3. Connection schemes for water purification systems from different price groups are offered.

List of used literature:

1. Matsievska O.O. Water supply and sewage. Publishing house: Lviv Polytechnic, - 2015. - 144 p.
2. Water supply and sewage: Textbook / V.O. Orlov, Ya.A. Tugay, A.M. Orlova. - K.: Znannya, 2011. - 359 p.
3. Kravchenko V.S. Water supply and sewage: Textbook. - "Kondor", 2009. - 288 p.
4. DBN V.2.5 - 74:2013. Water supply. External networks and structures. Basic provisions. - Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2013. -182p.
5. DBN V.2.5 - 75:2013. Sewerage. External networks and structures. Basic provisions of design. - Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2013. -210p.
6. DBN V.2.5-64:2012. Internal water supply and sewage. Part I. Design. Part II. Construction. - Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2013. -105p.

УДК: 373.3.016:51

Заводяний В.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ В ТЕСТАХ ЗАКРИТОГО ТИПУ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ

ВСТУП

Сучасна освіта ставить перед викладачами фізики завдання не лише передати учням фактичні знання, але й розвинути їхні навички критичного мислення, аналізу та встановлення причинно-наслідкових зв'язків. Тести закритого типу часто критикуються за те, що вони не сприяють розвитку цих навичок, обмежуючи учнів вибором однієї правильної відповіді [1]. Проте при належному проектуванні такі тести можуть стати ефективним інструментом для формування і оцінювання розуміння учнями причинно-наслідкових зв'язків у фізичних явищах.

Дане дослідження розглядає методологічні підходи до створення тестів закритого типу, які спрямовані на виявлення розуміння учнями фізичних законів через аналіз причинно-наслідкових зв'язків між явищами та процесами.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Причинно-наслідкові зв'язки є фундаментальною концепцією у фізиці. Вони відображають об'єктивні взаємозалежності між явищами, де одне явище (причина) за певних умов породжує інше (наслідок) [2]. Встановлення таких зв'язків є важливим компонентом наукового методу пізнання та необхідним умінням для глибокого розуміння фізичних процесів.

За Копніним, наукове пізнання передбачає виявлення не лише зовнішніх, але й внутрішніх зв'язків між явищами, що дозволяє встановити закономірності та сформулювати закони [3]. У контексті навчання фізики це означає, що учні повинні вміти:

- ідентифікувати причини та наслідки фізичних явищ;
- розрізняти кореляцію та причинність;
- розуміти багатofакторність фізичних процесів;
- аналізувати ланцюжки причинно-наслідкових зв'язків.

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ТЕСТАХ ЗАКРИТОГО ТИПУ

Категорії тестових завдань для оцінювання причинно-наслідкових зв'язків

1. Завдання на виявлення причин:

- Вибір факторів, що спричиняють певне фізичне явище
- Ранжування причин за ступенем впливу

2. Завдання на прогнозування наслідків:

- Передбачення результатів експерименту при зміні умов
- Визначення зміни фізичних величин при зміні параметрів системи

3. Завдання на аналіз причинних ланцюжків:

- Відновлення послідовності подій у фізичному процесі
- Виявлення пропущених ланок у причинно-наслідковому ланцюжку [4]

4. Завдання на розрізнення кореляції та причинності:

- Аналіз графіків залежностей фізичних величин
- Інтерпретація експериментальних даних [5]

Структура тестових завдань

Дослідження Сидорчук [6] показують, що ефективні тестові завдання для оцінювання розуміння причинно-наслідкових зв'язків повинні мати таку структуру:

- опис фізичної ситуації або умов експерименту;
- питання, спрямоване на встановлення причинно-наслідкових зв'язків;
- набір альтернатив, що включає не лише правильну відповідь, але й типові помилкові уявлення учнів.

ПРАКТИЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ТЕСТІВ ЗАКРИТОГО ТИПУ З АКЦЕНТОМ НА ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВІ ЗВ'ЯЗКИ

Використання двокомпонентних тестових завдань

Гончаренко і Кремінський [7] пропонують використовувати двокомпонентні тестові завдання, що складаються з двох тверджень: перше описує причину, друге – наслідок. Учня пропонується оцінити правильність

кожного твердження та наявність між ними причинно-наслідкового зв'язку. Такий формат дозволяє оцінити не лише знання фактів, але й розуміння їх взаємозв'язків.

Застосування контекстних тестових завдань

Контекстні тестові завдання передбачають аналіз реальних фізичних ситуацій та потребують застосування знань про причинно-наслідкові зв'язки для їх розв'язання. Ці завдання можуть включати:

- аналіз графіків та діаграм;
- інтерпретацію експериментальних даних;
- прогнозування результатів експериментів;
- пояснення природних явищ [8].

Використання ілюстративного матеріалу

Включення у тестові завдання схем, графіків, фотографій фізичних явищ сприяє кращому розумінню причинно-наслідкових зв'язків. Мисак [9] зазначає, що візуалізація допомагає учням краще ідентифікувати взаємозв'язки між компонентами фізичних систем та процесів.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕСТІВ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ

Проведене дослідження ефективності тестів закритого типу, спрямованих на оцінювання розуміння причинно-наслідкових зв'язків, показало їх високу діагностичну цінність. Експериментальна група учнів, яка регулярно виконувала такі тести, продемонструвала значно кращі результати у розв'язуванні якісних фізичних задач та поясненні фізичних явищ порівняно з контрольною групою [10].

Аналіз результатів тестування також дозволив виявити типові труднощі учнів у встановленні причинно-наслідкових зв'язків:

- змішування причини і наслідку;
- неврахування множинності причин;
- лінійне мислення при аналізі складних систем;
- ігнорування початкових умов у фізичних процесах.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Тести закритого типу можуть ефективно оцінювати та розвивати навички встановлення причинно-наслідкових зв'язків при належному проектуванні.
2. Для підвищення ефективності тестів рекомендується:
 - Використовувати різноманітні формати тестових завдань;
 - Включати завдання різного рівня складності;
 - Супроводжувати тести детальним аналізом типових помилок;
 - Інтегрувати тести в загальну систему навчання фізики.
3. Подальші дослідження доцільно спрямувати на:
 - Розробку адаптивних тестових систем;
 - Вивчення впливу тестів на формування наукового світогляду учнів;
 - Дослідження взаємозв'язку між умінням встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та успішністю у вивченні фізики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Атаманчук П.С. Дидактичні основи формування фізико-технологічних компетентностей учнів. Кам'янець-Подільський: К-ПНУ, 2021. 252 с.
2. Садовий М.І. Методика формування експериментально-орієнтованого навчального середовища з фізики. Кропивницький: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2020. 178 с.
3. Копнін П.В. Гносеологічні та логічні основи науки. Київ: Наукова думка, 1974. 568 с.
4. Бузько В.Л. Формування природничо-наукової компетентності учнів у процесі навчання фізики. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. 2023. Вип. 83. С. 34-41.
5. Мартинюк М.Т. Науково-методичні засади навчання фізики в основній школі. Умань: ФОП Жовтий О.О., 2022. 315 с.
6. Сидорчук Л.А. Методика тестового контролю знань учнів з фізики. Фізика та астрономія в рідній школі. 2023. № 2. С. 15-21.
7. Гончаренко С.У., Кременський Б.Г. Методика навчання фізики в середній школі. Загальні питання. Київ: Рада, 2019. 264 с.
8. Благодаренко Л.Ю. Контекстне навчання фізики в системі підготовки майбутніх фахівців. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. 2022. Вип. 28. С. 12-16.
9. Мисак Т.О. Візуалізація як засіб формування фізичних понять. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2023. Вип. 205. С. 88-93.
10. Шут М.І., Мартинюк М.Т., Благодаренко Л.Ю. Дидактичні проблеми фізичної освіти в Україні. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2022. 155 с.

УДК 502.174:711.4(477)

Коваленко Р. Ю. к.т.н., доцент, Котов О. О., студент

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон,
kovalenko_r@ksaeu.kherson.ua*

ІНТЕГРАЦІЯ ЗЕЛЕНИХ ПОКРІВЕЛЬ У МІСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ УКРАЇНИ: ЕКОЛОГІЧНА Й ЕНЕРГЕТИЧНА НЕОБХІДНІСТЬ У ПЕРІОД ВІДБУДОВИ

Вступ. Урбанізовані території України потребують системної трансформації, зважаючи на кліматичні виклики, деградацію довкілля та пошкодження інфраструктури внаслідок збройної агресії. Водночас актуальним є впровадження рішень, заснованих на природі, що поєднують інженерну доцільність та екологічну ефективність. Одним із таких рішень є зелені покрівлі — біоінженерні системи, що забезпечують комплексні екосистемні та енергетичні переваги, енергоефективність і просторову ревіталізацію міст. Метою цієї роботи є аналіз потенціалу зелених покрівель для українських міст у контексті адаптації до кліматичних загроз, енергетичних потреб та необхідності післявоєнного оновлення інфраструктури.

Основна частина. Зелені покрівлі — це біоінженерні системи, які поєднують екологічну функціональність із інфраструктурною інтегрованістю. Їхнє впровадження в урбаністичний ландшафт дає змогу вирішувати низку проблем, характерних для українських міст — від перевантажених зливових систем до зниження кліматичної стійкості забудови. Одним із найбільш вагомих ефектів є здатність зелених покрівель регулювати поверхневий стік. У міському середовищі, де переважають непроникні поверхні, дощові опади швидко концентруються у зливовій каналізації, спричиняючи підтоплення. Згідно з дослідженнями, правильно спроектовані зелені дахи можуть утримувати від 40 до 90 % річного об'єму опадів, суттєво зменшуючи гідравлічне навантаження на систему водовідведення [1].

Разом з тим, функція охолодження міського середовища є не менш критичною. Поглинання сонячної радіації традиційними дахами значно посилює ефект міського острова тепла, особливо в літні місяці. Покриття дахів рослинністю знижує температуру поверхні на десятки градусів, що в перспективі може зменшити середню температуру в міському ареалі на 1,5–2 °C [2]. Такий вплив має пряме значення для громадського здоров'я, зокрема для вразливих категорій населення — людей похилого віку, дітей, осіб з хронічними захворюваннями. Зелені покрівлі також сприяють покращенню якості повітря завдяки здатності рослин вловлювати пил, забруднюючі речовини і фільтрувати повітря [5].

Крім екологічних аспектів, зелені покрівлі демонструють вагомий енергетичний ефект. У теплий період року покрівельне озеленення знижує теплове навантаження на приміщення, що веде до зменшення використання кондиціонерів. Моделювання енергоспоживання в житлових будівлях показує зменшення споживання енергії на охолодження до 80 % у південних регіонах і до 30–40 % у центральній смузі [3]. У зимовий період зелений шар діє як додаткова теплоізоляція, зменшуючи втрати через огорожувальні конструкції.

Окрему увагу слід приділити вибору типології зелених покрівель. Інтенсивні системи вимагають більших інвестицій, характеризуються вищим конструктивним навантаженням, але створюють повноцінні рекреаційні зони. Екстенсивні системи дешевші, легші, потребують мінімального обслуговування і можуть бути реалізовані на більшості дахів без суттєвих конструктивних змін. Проте навіть у цьому випадку важливо проводити обстеження будівельного об'єкта для перевірки допустимого навантаження.

Конструкція зеленої покрівлі, як правило, містить багатошарову систему, що включає рослинний шар, субстрат, дренаж, тепло- та гідроізоляцію, і монтується на основу даху (рис. 1). Від правильності укладання кожного шару залежить довговічність системи, ефективність її водо- і теплотехнічних характеристик.



Рис. 1. Схематичне зображення конструктивних шарів зеленої покрівлі (джерело: адаптовано з технічних матеріалів компанії TechnoNICOL)

У порівнянні з традиційними дахами, зелені покрівлі демонструють значно вищу ефективність у зменшенні теплових коливань. Звичайні бетонні або бітумні покриття накопичують сонячне тепло й віддають його в навколишнє середовище, сприяючи підвищенню температури в міських районах. У свою чергу, зелені покрівлі виконують функцію природного теплоаккумулятора: рослинний покрив не лише знижує температуру поверхні даху, а й стабілізує мікроклімат у приміщеннях. Дослідження показують, що у спекотний період температура традиційного даху може сягати 60–80 °С, тоді як поверхня зеленого даху залишається в межах 25–35 °С. Це не лише знижує потребу в кондиціонуванні, а й подовжує термін служби покрівельних матеріалів.

Проблемним залишається нормативно-правове поле. В Україні досі відсутня спеціалізована нормативна база, яка б визначала вимоги до конструкції, технічних параметрів, випробувань і моніторингу зелених покрівель. Існуючі будівельні норми або застарілі, або не враховують особливостей зеленої інфраструктури. На тлі цього європейський досвід (зокрема Німеччини, Швейцарії, Франції) демонструє високий рівень стандартизації та деталізації вимог, що сприяє масовому впровадженню зелених покрівель у межах державної політики сталого розвитку [4].

Також варто враховувати соціальні та економічні аспекти. Зелені покрівлі підвищують ринкову вартість нерухомості, збільшують тривалість служби гідроізоляційного шару та знижують витрати на обслуговування покрівлі в довгостроковій перспективі. У ряді країн застосовуються фіскальні інструменти підтримки — податкові пільги, компенсації, гранти. Для України, в умовах дефіциту бюджетних коштів, актуальною є розробка змішаних механізмів підтримки — зокрема на рівні муніципалітетів та у співпраці з міжнародними донорами.

Важливою екологічною перевагою зелених покрівель є сприяння відновленню міського біорізноманіття. Рослинний покрив, особливо на інтенсивних покрівлях, створює умови для існування запилювачів, птахів, безхребетних та інших представників урбанізованих екосистем. У великих містах це може мати вагомий вплив на підтримку зелених коридорів, що сприяють циркуляції флори і фауни. Зелена інфраструктура забезпечує так звані «екосистемні послуги», зокрема регулювання мікроклімату, очищення повітря, фільтрацію дощових вод та поглинання вуглецю, що позитивно впливає на якість життя мешканців.

З огляду на воєнні руйнування та заплановану масштабну відбудову міст, саме зараз є вікно можливостей для включення екологічно орієнтованих рішень у процес реконструкції. Інтеграція зелених покрівель у новобудови та реконструйовані об'єкти дозволить одночасно покращити екологічні параметри міста, зменшити залежність від викопного палива та забезпечити додаткові функціональні простори в щільній забудові, зокрема для озеленення, відпочинку або міського садівництва.

Впровадження зелених покрівель в українських містах варто також розглядати у ширшому контексті адаптації до кліматичних змін та виконання зобов'язань у межах євроінтеграційної політики. Згідно з Національним планом адаптації до зміни клімату, затвердженим урядом у 2022 році, пріоритетними напрямками є зниження вразливості міського середовища до екстремальних погодних явищ, збільшення площі зелених насаджень та покращення систем водовідведення. Зелені покрівлі якраз і відповідають усім цим пріоритетам.

Європейський досвід доводить, що зелені інфраструктурні рішення можуть бути ефективними інструментами кліматичної адаптації. У рамках «Зеленої угоди ЄС» (EU Green Deal) міста отримують фінансування на реалізацію проєктів зі створення кліматично нейтральних просторів. Деякі міста — наприклад, Відень, Копенгаген, Гамбург — уже запровадили обов'язковість зелених дахів для всіх новобудов або будівель певної площі. Україна, як держава-кандидат на вступ до ЄС, може використати ці практики як дорожню карту для формування власної політики підтримки таких рішень.

Таким чином, розвиток системи зелених покрівель може слугувати не лише внутрішнім інструментом сталого міського розвитку, але й кроком до виконання міжнародних зобов'язань у сфері клімату, адаптації та інтеграції до європейського простору сталості.

Попри очевидні переваги, масове впровадження зелених покрівель в Україні гальмується низкою бар'єрів. Серед них — низький рівень обізнаності серед населення та забудовників, відсутність спеціалізованих кадрів, обмежений доступ до фінансування, а також упередження щодо довговічності таких систем. Для подолання цих викликів потрібна міжсекторальна взаємодія: розробка освітніх програм для архітекторів і проєктантів, стимулювання наукових досліджень у сфері зеленого будівництва, а також підтримка пілотних проєктів на муніципальному рівні, що можуть слугувати прикладом для тиражування. Успішна реалізація потребує чіткої політичної волі та формування нормативної бази на рівні державної екологічної політики.

Висновки. Зелені покрівлі є перспективним інструментом інтеграції екологічних і технологічних рішень у просторову структуру сучасного міста. Вони забезпечують багатофункціональний ефект, поєднуючи управління водними потоками, терморегуляцію, енергозбереження та просторову реабілітацію. Успішне масштабування ЗП в Україні залежить від оновлення нормативної бази, адаптації проєктних рішень до регіонального контексту та фінансового стимулювання з боку держави. У післявоєнний період впровадження таких рішень може стати основою нової моделі міського розвитку — екологічно збалансованої, стійкої до викликів і орієнтованої на довгострокову ефективність.

Список використаних джерел

1. Berndtsson J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review // *Ecological Engineering*. – 2010. – Vol. 36(4). – P. 351–360.
2. Susca T., Gaffin S. R., Dell’Osso G. R. Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs // *Environmental Pollution*. – 2011. – Vol. 159(8–9). – P. 2119–2126.
3. Sailor D. J. A green roof model for building energy simulation programs // *Energy and Buildings*. – 2008. – Vol. 40(8). – P. 1466–1478.
4. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL). Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. – 2018.
5. Yang J., Yu Q., Gong P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago // *Atmospheric Environment*. – 2008. – Vol. 42(31). – P. 7266–7273.

УДК: 373.3.016:51

Заводяний В.В., Шпилько О.О.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ТЕСТІВ ЗАКРИТОГО ТИПУ

Вступ

Тести закритого типу залишаються одним із найпоширеніших інструментів освітньої діагностики, що використовуються для оцінювання навчальних досягнень на різних рівнях освіти [1]. До таких тестів належать завдання з вибором однієї чи кількох правильних відповідей, завдання на встановлення відповідності, завдання на встановлення правильної послідовності та інші формати, де учень/студент обирає відповідь із запропонованих варіантів [2]. Актуальність дослідження переваг та недоліків тестів закритого типу зумовлена необхідністю критичного осмислення їх ролі в сучасній системі педагогічних вимірювань, особливо в контексті зростаючої комп'ютеризації освітнього процесу та розширення практики тестування як форми контролю.

Основний зміст

Переваги тестів закритого типу

1. Об'єктивність оцінювання

Тести закритого типу забезпечують високий рівень об'єктивності оцінювання, оскільки виключають суб'єктивний фактор екзаменатора при перевірці результатів [3].

Як зазначає Булах І.Є., "однією з найсуттєвіших переваг тестового контролю є уникнення суб'єктивізму з боку викладача та отримання об'єктивної кількісної оцінки рівня знань та вмінь студентів" [4, с. 42].

2. Ефективність використання часу

Тести закритого типу дозволяють значно економити час як під час проведення контролю знань, так і при перевірці результатів, особливо при використанні автоматизованих систем тестування [5]. За даними дослідження Паращенко Л.І., "використання комп'ютеризованих тестів закритого типу дозволяє зменшити час проведення контрольного заходу в середньому на 30-35% порівняно з традиційними формами" [6, с. 78].

3. Охоплення великого обсягу матеріалу

Тести закритого типу дають можливість за обмежений час перевірити знання з різних розділів навчальної дисципліни, що сприяє більш системній діагностиці знань [7]. Дослідження Аванесова В.С. демонструють, що "за допомогою 30-40 тестових завдань закритого типу можна охопити зміст, що відповідає 2-3 розділам навчальної програми" [8, с. 115].

4. Стандартизованість процедури

Стандартизована процедура проведення та перевірки тестів закритого типу забезпечує єдині умови для всіх учасників тестування, що підвищує надійність результатів [9]. За спостереженнями Клайна П., "високий рівень стандартизації є ключовим фактором, що визначає точність педагогічних вимірювань" [10, с. 65].

5. Можливість статистичної обробки результатів

Результати тестів закритого типу легко піддаються кількісному аналізу, що дозволяє застосовувати методи математичної статистики для оцінки якості тесту та інтерпретації результатів [11]. Лукіна Т.О. підкреслює, що "кількісна природа тестових балів створює підґрунтя для застосування статистичних методів оцінки валідності та надійності вимірювання" [12, с. 91].

Недоліки тестів закритого типу

1. Обмеженість у вимірюванні складних когнітивних умінь

Тести закритого типу часто критикують за недостатню ефективність при оцінюванні вищих рівнів мислення, творчих здібностей та навичок розв'язування нестандартних проблем [13]. Згідно з дослідженнями Ляшенка О.І., "найбільш проблемними для оцінювання за допомогою тестів закритого типу залишаються уміння аналізувати, синтезувати та оцінювати інформацію" [14, с. 123].

2. Можливість вгадування правильних відповідей

Одним із суттєвих недоліків тестів закритого типу є імовірність випадкового вибору правильної відповіді, що знижує достовірність результатів [15]. За підрахунками Михайличева Є.А., "при використанні завдань з чотирма варіантами відповідей ймовірність вгадування становить 25%, що може істотно спотворювати результати оцінювання, особливо при невеликій кількості завдань" [16, с. 57].

3. Складність розробки якісних тестових завдань

Створення валідних тестових завдань закритого типу вимагає спеціальних знань, значних зусиль та часу [17]. Челишкова М.Б. зазначає, що "розробка якісного тесту закритого типу потребує не лише глибокого знання предметної області, але й розуміння принципів тестології та психометрії" [18, с. 82].

4. Психологічний фактор тестової тривожності

Тестування закритого типу може викликати підвищену тривожність у студентів, особливо при високих ставках результатів тесту, що негативно впливає на достовірність оцінювання [19]. Дослідження Подласого І.П. показують, що "рівень тестової тривожності може знижувати результати тестування на 15-20% порівняно з реальним рівнем знань" [20, с. 211].

5. Ризик спрощення змісту навчання

Поширення практики тестування закритого типу може призводити до феномену "навчання під тест", коли викладачі концентруються на підготовці студентів до виконання типових тестових завдань замість розвитку глибокого розуміння предмета [21]. Як стверджує Корсак К.В., "надмірна орієнтація навчального процесу на тестову форму контролю може призводити до фрагментарності знань та формалізму в навчанні" [22, с. 138].

Висновки та рекомендації

Аналіз наукової літератури та практики використання тестів закритого типу дозволяє зробити висновок про їх амбівалентну роль в системі педагогічної діагностики. З одного боку, вони забезпечують об'єктивність, економічність та технологічність процесу оцінювання, а з іншого — мають обмежені можливості для вимірювання складних когнітивних умінь та творчих здібностей.

Для підвищення ефективності використання тестів закритого типу в освітньому процесі доцільно:

1. Комбінувати тести закритого типу з іншими формами оцінювання для забезпечення комплексної діагностики навчальних досягнень [23].
2. Застосовувати сучасні моделі педагогічних вимірювань (зокрема IRT) для підвищення точності оцінювання та мінімізації впливу випадкового вгадування [24].
3. Розробляти тестові завдання різних когнітивних рівнів, включаючи завдання на аналіз, синтез та оцінювання [25].
4. Проводити психометричний аналіз якості тестових завдань та постійно вдосконалювати інструментарій оцінювання [26].
5. Забезпечувати належну підготовку педагогів у сфері розробки та використання тестів закритого типу [27].

Отже, тести закритого типу залишаються важливим інструментом педагогічної діагностики, проте їх ефективне використання потребує врахування як переваг, так і обмежень цього методу оцінювання.

Список використаних джерел

1. Майоров А.Н. Теорія і практика створення тестів для системи освіти. Київ: Освіта, 2020. 296 с.
2. Аванесов В.С. Форма тестових завдань. Київ: Центр тестування, 2017. 156 с.
3. Конструювання тестів. Курс лекцій: навч. посіб. / Л.О. Кухар, В.П. Сергієнко. Луцьк, 2019. 182 с.
4. Булах І.Є. Створюємо якісний тест: навч. посіб. Київ: Майстер-клас, 2018. 124 с.

5. Раков С.А. Математична освіта: компетентнісний підхід з використанням ІКТ. Харків: Факт, 2021. 360 с.
6. Паращенко Л.І. Тестові технології у навчальному закладі. Київ: Майстерня книги, 2019. 217 с.
7. Канівець Т.М. Основи педагогічного оцінювання. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2020. 235 с.
8. Аванесов В.С. Композиція тестових завдань. Київ: Центр тестування, 2019. 240 с.
9. Дудко А.Ф., Диховичний О.О. Практикум з теорії педагогічних вимірювань. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. 172 с.
10. Клайн П. Довідник з конструювання тестів. Київ: Наука, 2018. 284 с.
11. Крокер Л., Алгіна Дж. Вступ до класичної та сучасної теорії тестів. Львів: Сполом, 2019. 504 с.
12. Лукіна Т.О. Технології діагностики та оцінювання навчальних досягнень. Київ: Експрес, 2017. 168 с.
13. Bloom B.S. Taxonomy of Educational Objectives. New York: Longman, 2019. 207 p.
14. Ляшенко О.І. Якість освіти як основа функціонування й розвитку сучасних систем освіти. Педагогіка і психологія. 2017. № 1. С. 5-12.
15. Plake B.S., Wise L.L. What Is the Role and Importance of the Revised AERA, APA, NCME Standards for Educational and Psychological Testing? Educational Measurement: Issues and Practice. 2020. № 33(4). P. 4-12.
16. Михайличев Є.А. Дидактична тестологія. Київ: Академія, 2021. 312 с.
17. Gronlund N.E. Assessment of Student Achievement. Boston: Allyn & Bacon, 2019. 234 p.
18. Челишкова М.Б. Теорія і практика конструювання педагогічних тестів. Харків: Каравела, 2017. 268 с.
19. Полякова О.М. Тестова тривожність та її вплив на результати тестування. Вісник НАПН України. Серія: Педагогіка і психологія. 2020. № 4. С. 66-72.
20. Подласий І.П. Педагогіка: теорія і технології навчання. Київ: Слово, 2018. 468 с.
21. Nichols S.L., Berliner D.C. Collateral Damage: How High-Stakes Testing Corrupts Education. Harvard Education Press, 2020. 250 p.
22. Корсак К.В. Стан і перспективи розвитку освітнього тестування в Україні. Вища освіта України. 2017. № 3. С. 42-48.
23. McMillan J.H. Classroom Assessment: Principles and Practice for Effective Standards-Based Instruction. Boston: Pearson, 2021. 322 p.
24. Ким В.С. Тестування навчальних досягнень. Монографія. Уссурийськ: Видавництво УДПІ, 2019. 214 с.
25. Ягупов В.В. Компетентнісний підхід до підготовки фахівців у системі вищої освіти. Наукові записки НаУКМА. Серія «Педагогічні, психологічні науки та соціальна робота». 2019. Том 175. С. 29-38.
26. Бахрушин В.Є., Горбань О.М. Якість вищої освіти та сучасні підходи до її вимірювання. Освіта і управління. 2018. № 4. С. 7-11.
27. Лузан П.Г., Сопівник І.В., Виговська С.В. Основи науково-педагогічних досліджень: навч. посіб. Київ: НАКККиМ, 2020. 270 с.

ГОТОВНІСТЬ ВОДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ ДО ЕКОЛОГІЧНИХ ВИКЛИКІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ МАСШТАБНОЮ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ: РИЗИКИ ТА ПОТРЕБА В МОДЕРНІЗАЦІЇ

Вступ. У травні 2025 року Україна та Сполучені Штати Америки підписали стратегічну угоду, згідно з якою США отримали пріоритетний доступ до українських критично важливих мінералів — зокрема літію, графіту, титану та урану. Угода передбачає створення спільного інвестиційного фонду для післявоєнного відновлення України, що фінансуватиметься за рахунок прибутків від розробки природних ресурсів [1]. Основні родовища розташовані в Криворізькому, Кіровоградському та Донецькому регіонах, де водний баланс уже нині залишається вразливим.

Очікуване розширення гірничо-видобувної діяльності в цих зонах відкриває суттєві економічні перспективи, однак водночас породжує серйозні екологічні виклики — передусім у сфері водного господарства. Технічний водозабір, хронічні скиди шахтних вод із високим рівнем мінералізації, деградація зрошуваних земель та порушення гідрологічного балансу створюють ризики як для природних екосистем, так і для аграрного виробництва. У такому контексті питання спроможності водної інфраструктури реагувати на нові виклики набуває стратегічної ваги.

Метою є аналіз екологічних загроз для водних ресурсів у зв'язку з розвитком гірничо-видобувної галузі та визначення пріоритетних напрямів модернізації водного господарства.

Основна частина. Гірничо-видобувна діяльність чинить комплексний тиск на водні ресурси: з одного боку — через інтенсивне водоспоживання, з іншого — через забруднення вод природного середовища. У районах активного видобутку, таких як Кривбас, спостерігається системне зростання мінералізації вод. Зокрема, у річці Інгулець, куди зливаються шахтні води, зафіксовано підвищені концентрації сульфатів, хлоридів і важких металів. За даними досліджень, мінералізація на окремих ділянках перевищує 40 г/дм³, що унеможлиблює її використання для аграрних потреб [2].

Однак чинна водна інфраструктура України виявляється неспроможною оперативно реагувати на подібні виклики. Відсутність систем онлайн-моніторингу, використання малоефективних «промивок» дніпровською водою та обмеженість у технологіях очищення призводять до прогресуючої деградації водних екосистем. Зокрема, ситуація в басейні Інгульця засвідчує нагальну потребу в переході до інтегрованого управління водними ресурсами — з урахуванням не лише обсягів, а й хімічного складу, джерел походження та специфіки споживання води [5, с. 52].

Розширення гірничо-видобувної галузі потребує значного водозабору й неминуче супроводжується скидами високомінералізованих шахтних вод. Уже нині це спричинило хронічне забруднення річки Інгулець, деградацію зрошуваних земель та необхідність затратних водо- й енергомістких промивань [2]. Подібна ситуація може повторитися в Кіровоградській і Дніпропетровській областях, якщо управління водними ресурсами не буде суттєво модернізоване.

В Україні наразі переважає централізована, фрагментарна модель водогосподарського управління. Серед ключових проблем — відсутність моніторингу в реальному часі (обмеження плановими аналізами), застаріле обладнання насосних станцій і шлюзів із низькою енергоефективністю, а також відсутність гнучких схем розподілу води, здатних враховувати її якість, джерело та цільове призначення [3].

Перспективним прикладом для наслідування є Чилі — світовий лідер у видобутку міді та літію. У відповідь на дефіцит води, ця країна реалізувала комплексні рішення: опріснення морської води, обов'язкове повторне використання води на підприємствах, запровадження цифрових систем моніторингу якості води з відкритим доступом для регуляторів і громадськості, а також законодавчий пріоритет питного та аграрного водокористування (рис. 1). Як свідчить аналітика Arthur D. Little, більшість великих компаній гірничої промисловості Чилі вже перейшли на замкнені водні цикли [4]. Україна може адаптувати ці практики, особливо в південних регіонах, де зрошення вже стикається з дефіцитом води.



Рис. 1. Модель замкнутого водного циклу у гірничій промисловості

В українському науковому середовищі вже пропонуються інноваційні підходи до цифрового моніторингу водних ресурсів, зокрема впровадження автономних IoT-датчиків у стратегічно важливих точках, застосування штучних нейронних мереж для аналізу та прогнозування якості води, а також використання сонячної енергії для енергетичної автономності систем. Такі технології, адаптовані до умов річкових басейнів, розглядаються як перспективна основа для створення ефективної системи оперативного управління екологічним станом водних об'єктів [5, с. 52].

У цьому контексті доцільно враховувати також потенціал використання альтернативних джерел водопостачання. Зокрема, йдеться про опріснення слабомінералізованих підземних вод, збір та використання дощової води для технічних потреб, а також очищення і повторне застосування стічних вод. Такі практики вже реалізуються в низці країн ЄС і можуть бути адаптовані в українських реаліях для зменшення навантаження на природні водні джерела.

Окремої уваги заслуговує й соціальний вимір проблеми. Водна криза, спричинена забрудненням або нестачею води, безпосередньо впливає на якість життя місцевого населення. Це проявляється у зростанні витрат домогосподарств на питну воду, зниженні врожайності в агросекторі, а також у загрозах для громадського здоров'я через контакт із токсичними сполуками у водному середовищі. У таких умовах питання екологічної безпеки та сталого водокористування набувають не лише технічного, а й соціально-економічного значення.

Важливу роль у модернізації водного господарства може відігравати державно-приватне партнерство. Залучення приватних інвесторів до реалізації інфраструктурних проєктів — зокрема в частині реконструкції насосних станцій, розробки цифрових систем моніторингу, очищення та повторного використання води — сприяє підвищенню ефективності управління ресурсами та зменшенню навантаження на державний бюджет.

Рекомендації. З метою мінімізації екологічних ризиків, пов'язаних із розширенням гірничо-видобувної діяльності, а також підвищення стійкості водної інфраструктури до сучасних викликів, необхідне впровадження цілісного комплексу законодавчих, технологічних та інфраструктурних заходів.

На законодавчому рівні першочерговим кроком має стати впровадження обов'язкової процедури оцінки впливу на водні ресурси для кожного нового проєкту видобутку. Додатково доцільним є створення спеціалізованого водного наглядового органу, уповноваженого здійснювати постійний контроль у регіонах із високим техногенним навантаженням.

Серед технологічних пріоритетів — розвиток сучасних інформаційно-аналітичних систем, що забезпечують моніторинг якості води, оцінювання її придатності до повторного використання та прогнозування змін у водних басейнах під впливом промислових процесів. Важливим завданням також є впровадження адаптивних моделей управління розподілом водних ресурсів із врахуванням їх хімічного складу, джерел надходження та характеру споживання [3].

В інфраструктурному вимірі необхідно зосередити зусилля на модернізації ключових елементів водного господарства — зокрема насосних станцій, шлюзів і зрошувальних систем у регіонах з активною промисловою діяльністю. Крім того, важливо забезпечити поступовий перехід до замкнутих циклів водокористування на підприємствах гірничо-видобувного сектору.

Висновки. Активізація гірничо-видобувної діяльності в Україні на тлі міжнародного партнерства у сфері критично важливих мінералів відкриває нові економічні можливості, проте одночасно загострює екологічні виклики — передусім у сфері водокористування.

Приклад басейну річки Інгулець наочно демонструє, що за відсутності належної системи очищення, моніторингу та регульованого розподілу водних ресурсів, наслідки масштабного видобутку можуть включати деградацію агроєкосистем, забруднення поверхневих вод і порушення гідрологічного балансу.

Сучасна водна інфраструктура України не відповідає потребам адаптивного управління в умовах зростаючого техногенного тиску. Цю неспроможність посилюють застаріле обладнання, неузгоджене управління та відсутність оперативного екологічного контролю.

У такій ситуації модернізація водного господарства має відбуватися на випередження, а не в режимі реагування на кризу. Впровадження цифрових систем моніторингу, оновлення технічної інфраструктури та інтеграція міжнародного досвіду (зокрема прикладу Чилі) здатні забезпечити екологічну безпеку й раціональне водокористування навіть за умов активного промислового освоєння надр. Готовність водної інфраструктури повинна розглядатися як ключовий елемент стратегії сталого розвитку гірничо-видобувного сектору.

Отже, підготовка до зростання гірничо-промислового комплексу має супроводжуватися реформуванням водного господарства не лише як інженерної системи, а й як стратегічного ресурсу національної безпеки.

Такий підхід дозволить не лише мінімізувати екологічні ризики, а й сприятиме підвищенню енергоефективності, захисту населення, формуванню прозорої системи управління водними ресурсами та стимулюванню інновацій у водному секторі. У перспективі це також може підвищити інвестиційну привабливість гірничо-видобувної галузі в умовах дотримання принципів сталого розвитку.

Список використаних джерел

1. CSIS. What to Know About the Signed U.S.-Ukraine Minerals Deal. – 2025. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.csis.org/analysis/what-know-about-signed-us-ukraine-minerals-deal>
2. EarthDoc. Environmental Risk Assessment of Kryvbas Mine Water Discharges. – 2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.2023520002>
3. Journal of Geology, Geography and Geoecology. Long-term changes in the chemical composition of the water of the Inhulets River. – 2021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://geology-dnu.dp.ua/index.php/GG/article/view/838>
4. Arthur D. Little. Water Supply for Mining Industry: The Chile Case. – 2023. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.adlittle.com/en/insights/viewpoints/water-supply-mining-industry-chile-case>
5. Коваленко Р. Ю. Інноваційний підхід до моніторингу якості води в річці Інгулець для ефективного управління її екологічним станом // Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє. – Херсон: ХДАЕУ, 2024. – С. 52.

УДК 631.6; 626.8; 631.67

Шевченко А.М., Боженко Р.П.

Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ДОТРИМАННЯ НОРМАТИВІВ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ЗРОШЕННЯ ЗА ДАНИМИ ПІСЛЯПРОЄКТНОГО МОНІТОРИНГУ

Вступ. У контексті запобігання можливих негативних наслідків зрошувальних меліорацій для складових довкілля досить важливою є роль нормування допустимості змін окремих показників еколого-меліоративного стану земель і родючості ґрунтів. Тому у 2018 році Закон України «Про меліорацію земель» [1] було доповнено новою частиною статті 25, якою законодавчо задекларовано необхідність встановлення нормативів екологічно безпечного зрошення, осушення та управління поливами або водовідведенням з метою забезпечення належного еколого-меліоративного стану угідь, належної якості зрошувальної води, біологічної потреби культур та запобігання ризику розвитку процесів деградації ґрунтів. Відповідно до цього постановою Кабінету Міністрів України від 2 вересня 2020 р. № 766 було встановлено, зокрема, і нормативи екологічно безпечного зрошення та управління поливами [2, додаток 1]. Екологічне нормування впливу зрошення та управління поливами передбачено за 35 показниками з встановленням їхніх нормативів (значень), за яких полив земель є безпечним, можливим (за умови застосування відновлюваних заходів) і забороненим.

Практичне застосування встановлених нормативів та інформаційне забезпечення їх дотримання у ході планування та проведення зрошення, а також фінансування відповідних робіт з обстеження й оцінювання якості води, стану ґрунтів тощо є нині проблемним питанням [3].

Наразі частина з встановлених нормативів може бути застосована при проєктуванні зрошувальних систем, у тому числі краплинного зрошення, підготовці звітів з оцінки впливу на довкілля (ОВД), здійсненні післяпроєктного моніторингу, якщо це передбачено у конкретному випадку висновком з ОВД, тощо.

Нижче наведено результати досліджень з визначення відповідності нормативам екологічно безпечного зрошення показників якості зрошувальної води та еколого-меліоративного стану зрошуваних земель ТОВ «Гранекс-Черкаси» у Золотоніському районі Черкаської області за даними післяпроєктного моніторингу в 2024 році та з урахуванням проведених моніторингових досліджень попередніх років.

Основна частина. Зрошення в 2024р. проводили на полях з картоплею, соєю, пшеницею озимою і цибулею на загальній площі 443,4 га, з них 434,4 га – дощуванням, 9,0 га – краплинним зрошенням (рис. 1). Проведення поливів у господарстві розпочали у травні, а закінчили в вересні. За поливний сезон на зрошувані землі вилито 761293 м³ води, зокрема у травні 56789 м³, червні - 97962 м³, липні - 226522 м³, серпні - 205418 м³, вересні – 174602 м³.

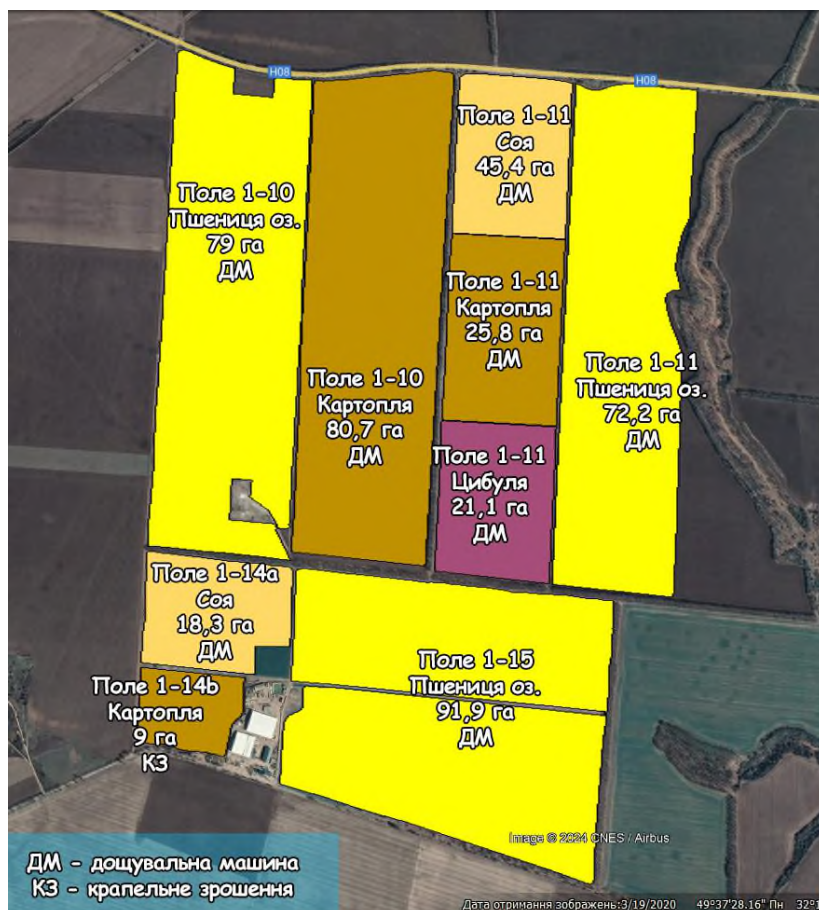


Рисунок 1 – Контури полів з проведенням зрошення в 2024р.

Для визначення рівня дотримання нормативів екологічно безпечного зрошення використано зафіксовані спостереженнями та лабораторними аналізами дані щодо якості зрошувальної води (проби води з басейна-накопичувача підземних вод), показників засоленості, солонцюватості, ущільненості ґрунтів (по визначених у межах зрошуваних ділянок полів моніторингових точках, схема розташування яких наведена на рис. 2) тощо.

Що стосується якості зрошувальної води, то дотримання нормативів екологічно безпечного зрошення базується на визначенні класів якості води за її придатністю для поливу (показник 1 Додатку 1 [2]), а також окремих показників якості зрошувальної води (показники 3-5 Додатку 1 [2]). При оцінюванні води бралось до уваги, що ґрунтовий покрив у межах зрошуваних ділянок представлений переважно чорноземами типовими, малогумусними, легкосуглинковими, у комплексі з осолоділими ґрунтами з майже виключно нейтральною реакцією (на момент обстежень), середньобуферними, а в окремих випадках (точки 3 і 4 на полі №1-11) - високобуферними щодо осолонцювання (за вмістом CaCO_3).

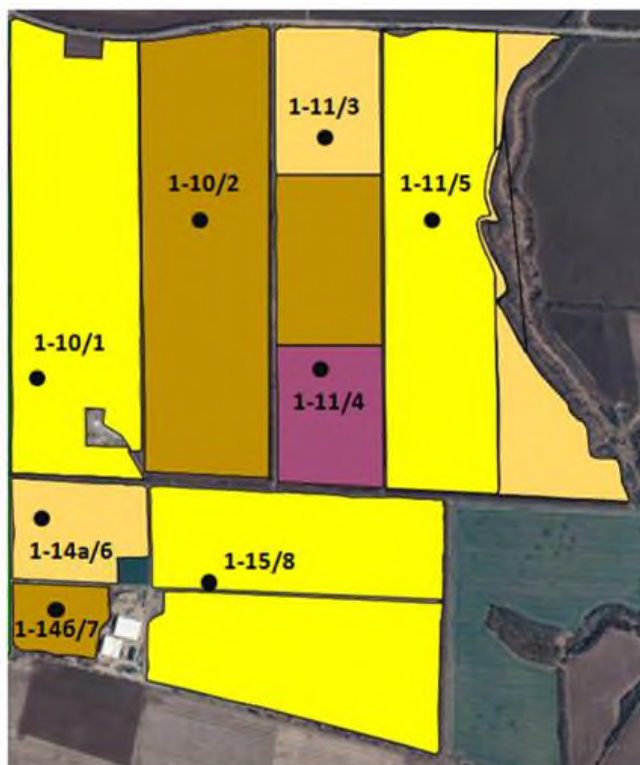


Рисунок 2 – Схема розташування пунктів відбору зразків ґрунту на ділянці моніторингових досліджень у 2024 р.

За результатами досліджень 2024р. вода, що використовувалась для зрошення на землях ТОВ «Гранекс-Черкаси», за агрономічними критеріями згідно ДСТУ 2730:2015 [4], відносилась до І класу («придатна») за небезпекою іригаційного засолення й осолонцювання ґрунту та до ІІ класу («обмежено придатна») за небезпекою підлуження ґрунту та періодично токсичного впливу на рослини для поливів дощуванням (табл.1). Відповідно прийнятих нормативів [2] полив водою І класу є безпечним, а водою ІІ класу – можливим за умови застосування відновлювальних заходів.

Таблиця 1 - Якість води для зрошення земель (Черкаська область, ТОВ «Гранекс-Черкаси»)

Дата відбору проби	Клас зрошувальної води				
	за небезпекою засолення	за небезпекою підлужування	за небезпекою осолонцювання	за небезпекою токсичного впливу на рослини	загальний
21.08.2024	I	II	I	II	II
26.09.2024	I	II	I	I	II

У контексті зменшення можливого несприятливого впливу слаболужних зрошувальних вод на стан ґрунтів і рослин доцільним є застосування агроеліоративного комплексу прийомів, що включає обов'язкове внесення органічних добрив (гною), сульфатвмісних (сірчаноокислих) добрив, кальцію, використання сидератів та агротехнічних заходів (основний обробіток ґрунту на глибину не менше 20-30 см, боронування, розпушування після поливів), оперативного контролю рН портативними датчиками.

За показниками концентрації токсичних іонів в еквівалентах хлорид-іонів, вмісту лужних катіонів натрію і калію й аніону CO_3^{2-} у зрошувальній воді, її кислотності вода, яка подавалася на проведення поливів, відповідала нормативам безпечного поливу.

Так само екологічнобезпечним є полив за показниками середньої за вегетаційний період глибини залягання ґрунтових вод (понад 5,0м), і прояву підтоплення (відсутнє).

За умов випадіння підвищеної кількості опадів наявні на території замкнуті блюдцеподібні зниження нерідко заповнюються водою, тривале стояння якої ускладнює або унеможлиблює вирощування в їхніх межах сільськогосподарських культур (рис.3). Тому за показником затоплення (показник 6 Додатку 1 [2]) при проявах останнього за аномально великих опадів полив можливий за умови застосування відновлюваних заходів.

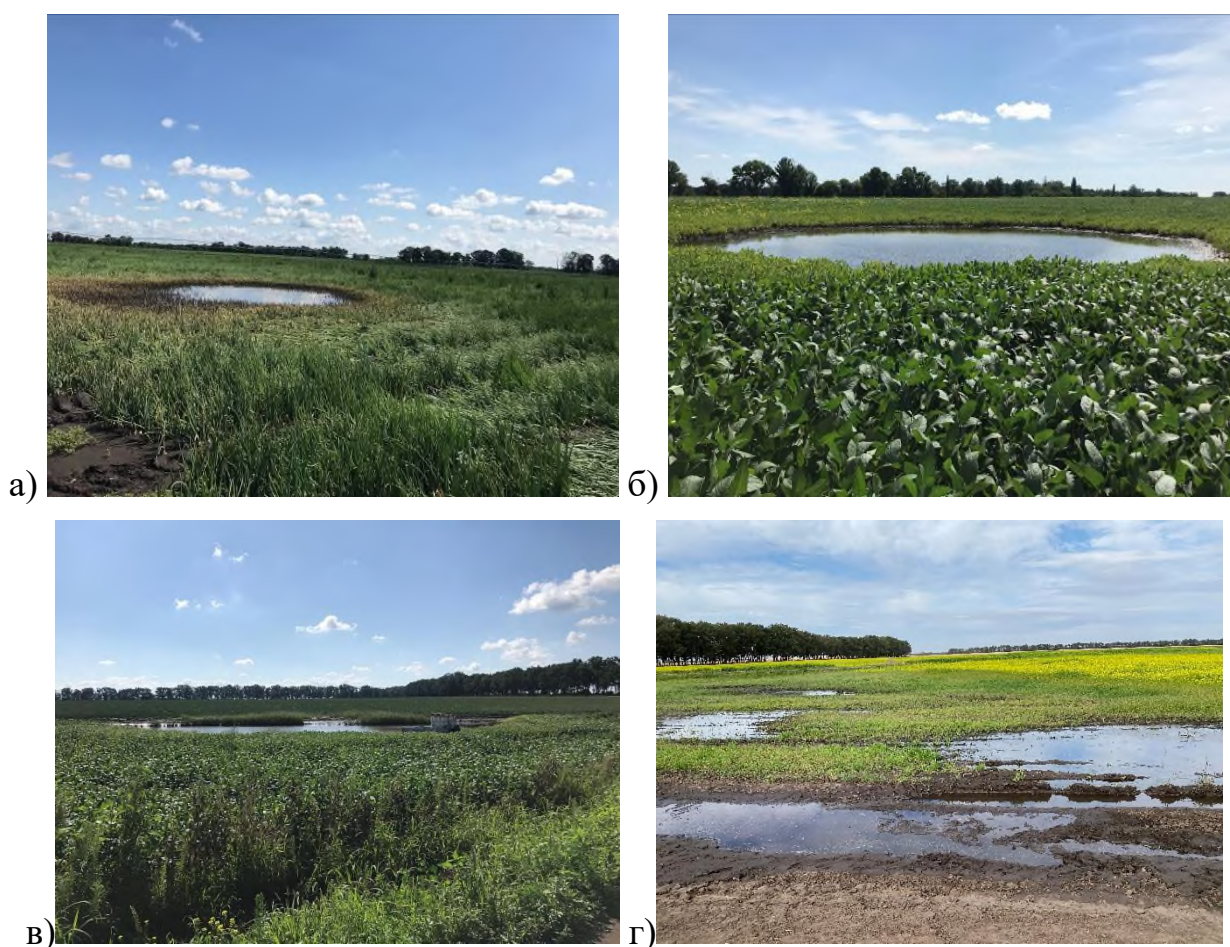


Рисунок 3– Прояви затоплення атмосферними опадами мікрознижень на території ділянки досліджень, серпень 2023р.(а, б, в), вересень 2024р. (г).

Основна увага у ході моніторингових досліджень стану зрошуваних ґрунтів приділяється вивченню можливих змін їх сольових характеристик через вплив зрошувальної води, тобто надходження з нею додаткової кількості солей з урахуванням їх якісного складу.

За результатами дослідження вмісту легкорозчинних солей у ґрунтовій товщі (до 1,0 м) на основі аналізу водних витяжок зрошувані в 2024 р. ґрунти в межах обстежених полів господарства класифікуються як незасолені як за сумою всіх легкорозчинних солей, так і за вмістом токсичних солей, відповідно до їх поділу за ступенем засолення за чинними нормативними документами [5].

У цілому результати моніторингових досліджень дають підстави для віднесення всіх земель на ділянці до категорії незасолених.

Вміст увібраного натрію по всіх точках випробувань в інтервалі 0-25 см не перевищує 0,2 % від ємності поглинання. Таким чином, за вмістом увібраного натрію основні типи ґрунтів на дослідженому масиві є несолонцюватими (менше 3 % Na для малогумусних ґрунтів). Теж саме стосується і можливої вторинної (іригаційної) солонцюватості зрошуваних ґрунтів, тим більше, що легкі ґрунти на ділянці у шарі 0-25 см є переважно середньобуферними, рідше - високобуферними щодо осолонцювання (за вмістом CaCO_3 – 6,0-13,6 %), для яких порогом солонцюватості (перехід до слабосолонцюватих) є вміст обмінних лужних катіонів ($\text{Na}+\text{K}$) 5% від ємності поглинання ($\text{Na}+\text{K}+\text{Mg}+\text{Ca}$) [6]. Водночас необхідно врахувати, що підвищений вміст обмінного магнію (понад 20% від ємності ґрунтового вбирного комплексу або суми всіх обмінних катіонів), що відмічено по більшості точок випробування ґрунту, може несприятливо впливати на родючість ґрунту і трактуватись як магнієве осолонцювання, тим більше, що в підземних водах, які використовуються для поливу, магній є одним з основних катіонів (до 30-40 % від суми катіонів, за даними 2024р. і попередніх років).

Оцінювання ґрунтів за ступенем їхнього підлужування за показником рН, вмістом CO_3^{2-} та токсичної лужності (HCO_3^- - Ca^{2+}) відповідно чинної класифікації [7] свідчить про відсутність даного несприятливого ґрунтово-деградаційного процесу в місцях випробувань ґрунту (рН менше 8 од.; CO_3^{2-} - відсутнє; вміст токсичної лужності менше 0,5 мекв/100г ґрунту).

Водночас те, що підземні води з позиції оцінювання їх придатності для зрошення є обмежено придатними саме за небезпекою підлуження ґрунту свідчить про необхідність подальшого моніторингу даного показника, як складової оцінювання еколого-меліоративного стану зрошуваних земель і нормативів безпечності зрошення.

Підтверджена результатами натурних і лабораторних досліджень відсутність прояву процесів вторинного (іригаційного) засолення, осолонцювання та підлуження ґрунтів, їхнього підтоплення під впливом зрошення свідчить про екологічну безпечність останнього згідно прийнятих нормативів за показниками ступеня розвитку згаданих вище ґрунтово-деградаційних процесів (показники 7, 10-12 Додатку 1 [2]).

Визначення показника щільності складення ґрунту у ході натурального обстеження земель ТОВ «Гранекс-Черкаси» у серпні 2023р. засвідчило наявність переущільнення ґрунту практично на всіх полях господарства, що були об'єктами моніторингу. Так, щільність орного шару (0-25см) у цілому коливалась у межах 1,26-1,53 г/см³, що переважно перевищує оптимальні параметри даного показника для чорноземів типових (1,1-1,3 г/см³) і характеризує ґрунт як щільний або дуже щільний. Це за умов зрошення погіршує проникність поливної води в ґрунт і зволоження останнього. Значення рівноважної щільності будови 1,3-1,6г/см³ для легких ґрунтів за даним показником згідно [2] є підставою того, що полив на таких ділянках можливий за умови застосування відновлювальних заходів. Таким чином, на полях, де фіксуються підвищені значення щільності орного шару, слід приділяти особливу увагу контролю за дотриманням оптимальних параметрів даного показника шляхом відповідного обробітку ґрунту, внесення органічних добрив і меліорантів.

Висновки. Результати проведених досліджень у складі післяпроектного моніторингу дають підстави говорити про належне дотримання нормативів екологічно безпечного зрошення земель ТОВ «Гранекс-Черкаси» поблизу с. Деньги Золотоніського району, а також доцільність подальшого ведення локального моніторингу зрошуваних земель, як інформаційної основи забезпечення підтвердження безпечності поливу сільгоспугідь у господарстві та нарощування їх площ у перспективі.

Результати післяпроектного моніторингу, як свідчить досвід його проведення авторами в окремих агрогосподарствах Черкаської області, можуть слугувати, за належного обґрунтування системи такого моніторингу та відповідного фінансового забезпечення його ведення, основою інформаційного забезпечення дотримання більшості нормативів екологічно безпечного зрошення.

Список використаної літератури:

1. Закон України «Про меліорацію земель». [URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1389-14#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1389-14#Text).
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 2 вересня 2020 р. № 766 «Про нормативи екологічно безпечного зрошення, осушення, управління поливами та водовідведенням». [URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/766-2020-%D0%BF#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/766-2020-%D0%BF#Text).
3. Shevchenko A., Bozhenko R. Post-Design Monitoring of the Irrigation Impact on the Environment. *Land Reclamation and Water Management*. №1. 2024. S.5 - 18. <https://doi.org/10.31073/mivg202401-385>
4. ДСТУ 2730:2015 Захист довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 9 с.
5. ДСТУ 7827:2015 Якість ґрунту. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної засоленості. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 11 с.
6. ДСТУ 3866-99 Ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості. Київ: Держстандарт України, 1999. 10с.
7. ДСТУ 7845:2015 Якість ґрунту. Класифікація ґрунтів за ступенем підлуження. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 13 с.

УДК 626

СТАЛИЙ РОЗВИТОК ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Гасенко Л.В., к.т.н., доцент,

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Гідротехніка – це давня галузь, яка розвивається протягом тисячоліть і займається плануванням, будівництвом та обслуговуванням споруд, що контролюють рух і розподіл води. Урбанізація змінює природний гідрологічний цикл. Такі фактори, як зростання населення в міських центрах і наслідки зміни клімату, чинять значний тиск на природні ресурси планети, особливо на водні та енергетичні ресурси.

Гідротехніка відіграла важливу роль у формуванні навколишнього середовища, управлінні водними ресурсами та у підтримці людської цивілізації від часів давніх акведуків та іригаційних систем до сучасних гребель, дамб та гідроелектростанцій. У даній статті проаналізовано розвиток гідротехнічних споруд, їхню історію, сучасне використання та можливості.

Основна частина. Гідротехніка бере свій початок у передових системах зрошення, боротьби з повенями та управління водними ресурсами, створених давніми цивілізаціями в Китаї, Єгипті та Месопотамії. Ці ранні культури використовували силу води для сільського господарства, санітарії та розвитку міст шляхом будівництва акведуків, каналів та водосховищ, закладаючи основу для подальшого розвитку гідротехніки. Римська система акведуків, яка використовувала передові технічні методи та силу тяжіння для транспортування води на великі відстані, є одним із найвідоміших прикладів давньої гідротехніки [1]. Римська імперія змогла процвітати та засновувати такі міста, як Рим, Константинополь та Карфаген, завдяки акведукам, які забезпечували водою міста, села та сільськогосподарські угіддя.

Гідротехнічне будівництво досягло безпрецедентного рівня розвитку в сучасну епоху завдяки досягненням науки і техніки, а також зростаючим потребам дедалі більш індустріалізованого та урбанізованого світу. Дамби та водосховища, спочатку побудовані головним чином для боротьби з повенями та забезпечення водопостачання, сьогодні є багатофункціональними будівлями, що пропонують гідроелектричну енергію, розважальні заходи та екологічні послуги. Наприклад, гребля Гувера, побудована в 1936 році на річці Колорадо, що межує з Аризonoю та Невадою в США, є одним із найважливіших гідротехнічних проєктів 20-го століття. Окрім заспокоєння потужної річки Колорадо та постачання води для муніципальних та сільськогосподарських потреб, а також для зрошення, гребля Гувера виробляє енергію за допомогою гідроелектростанцій, перетворивши колись посушливий американський південний захід на процвітаючий економічний центр.

В останні роки гідротехнічна інженерія, як і інші галузі науки і техніки, дедалі більше зосереджується на сталому розвитку, стійкості та екологічному управлінні. Стійка водна інфраструктура наразі є важливішою, ніж будь-коли, оскільки зміна клімату набирає обертів, а екстремальні погодні явища стають все частішими та сильнішими [2]. Саме тому вчені та інженери розробляють інноваційні способи управління водними ресурсами, які відтворюють природні процеси та підвищують стійкість екосистем і людей.

Природні бар'єри проти повеней, штормових хвиль та ерозії, відновлення водно-болотних угідь та заплав вздовж річок та узбережжя є яскравим прикладом сталого гідротехнічного будівництва. Інженери-гідротехніки можуть покращити загальний стан водозборів та екосистем, знизити небезпеку стихійних лих та захистити біорізноманіття, підтримуючи та покращуючи ці природні середовища.

Гідроенергетика – це також відновлюване джерело енергії, яке значною мірою залежить від гідротехнічної інженерії. Для мільйонів людей у всьому світі гідроелектростанції пропонують надійну та екологічну сталу електроенергію, використовуючи кінетичну енергію проточної води. Зростаюче занепокоєння щодо забруднення повітря та зміни клімату призвело до зростання цінності гідроенергетики як ключового елемента в переході до низьковуглецевої енергії.

Проте розвиток гідроенергетики потребує ретельного контролю, щоб зменшити негативні соціальні та екологічні наслідки. Величезні дамби можуть порушити річкові екосистеми, розділити середовища існування та викорінити громади, що може призвести до суперечок щодо водних та земельних ресурсів. Гідроінженери досліджують передові методи вирішення цих проблем, такі як проекти руслових гідроелектростанцій, які зменшують вплив розвитку гідроенергетики на навколишнє середовище, використовуючи при цьому енергетичний потенціал проточної води [3].

Зростаюча частота значних катастрофічних повеней викликає нагальну потребу в адаптації заходів із захисту від повеней та берегоукріплення до складних наслідків зміни клімату та зростаючої урбанізації. Наприклад, плани управління береговою лінією все частіше включають низку «зелених» рішень, таких як штучні споруди з екологічними функціями, такі як вертикальні басейни або екологічні плити (рис. 1). Для пом'якшення ризику повеней, у містах розробляється стале планування та модернізація, наприклад, більш ефективні мережі дамб і, де це можливо, системи глибокої каналізації, злизові накопичувачі та насосні системи.

Більшість найцінніших транспортних систем світу проходять через внутрішні водні шляхи, що також буде мати місце і в майбутньому [4]. Багато з цих транспортних шляхів стали можливими завдяки новаторським гідравлічним конструкціям (рис. 2). Зразковим проектом є Панамський канал, який був побудований понад 100 років тому. Понад 1 мільйон суден пройшли через канал з моменту його відкриття. Економічну залежність від таких споруд зловісно продемонструвала аварія з перекриттям Суецького каналу в 2021 році, яка спричинила серйозні перебої у світовій торгівлі.

Гідротехнічні споруди, такі як гавані, канали, мости, шлюзи та набережні водних шляхів також є важливими історичними місцями відпочинку та архітектурної спадщини суспільства, тому зусилля для збереження таких споруд повинні бути включені в стратегії розвитку територій.



Рис. 1. Захист узбережжя від повеней – екологічно чиста морська стіна в парку Карс Буш, Новий Південний Уельс, Австралія



Рис. 2. Транспорт і рекреація – міст через канал Сарт у Бельгії на Центральному каналі

Наприклад, компанія Thames Tideway запустила стратегію інтерпретації спадщини перед початком будівництва суперканалізаційного колектора в Лондоні вартістю 5 млрд. фунтів стерлінгів, яка визначила історичні та культурні теми, щоб узгодити реалізацію проекту з місцевими потребами рекреації та збереження культурної спадщини [5].

Інженери-гідротехніки тепер можуть краще передбачати та розуміти поведінку водних систем завдяки розвитку моделювання, аналізу даних та дистанційного зондування. Це дозволяє їм приймати більш обґрунтовані рішення та мінімізувати ризики.

Крім того, зростаюча увага до сталого розвитку та стійкості стимулює використання «зеленої» інфраструктури та природних рішень, які не тільки покращують продуктивність гідравлічної системи, але й пропонують побічні переваги, такі як покращення якості води, збереження біорізноманіття та стійкість громад. Деякі приклади результативних досліджень включають використання акустичних струмових профілометрів для визначення ефективності обвідних тунелів для наносів, вдосконалення 3D-друку для швидкої розробки фізичних моделей (рис. 3) [6] та прогрес у багатофазному моделювання для прогнозування поведінки складних течій у гідротехнічних спорудах. Ці успіхи в дослідженнях надають захоплюючі можливості для розвитку гідротехнічних споруд [7].



Рис. 3. Технологічні дослідження та інновації – 3D-друковані фізичні моделі нелінійних дамб

Актуальність гідротехнічного будівництва у вирішенні нагальних глобальних проблем, таких як зміна клімату, дефіцит води та сталий розвиток, лише зростатиме в майбутньому. Інженери-гідротехніки мають шанс вплинути на майбутні покоління, створивши більш надійне та стає майбутнє, використовуючи технічні інновації, впроваджуючи міждисциплінарну співпрацю та використовуючи силу природи. Гідротехнічна інженерія й надалі відіграватиме важливу роль у формуванні і розвитку територій, чи то шляхом створення стійкої водної інфраструктури і відновлення пошкоджених екосистем чи шляхом створення відновлюваних джерел енергії.

Однак ключові виклики все ще існують, основними з яких є наступні:

- зростає потреба в різноманітних міждисциплінарних партнерствах для вирішення проблем сталого розвитку гідротехнічного будівництва, особливо між політиками, комунальними підприємствами, підрядниками та науковими колами;

- прогнозується, що кількість природних і кліматичних катастроф продовжуватимуть зростати. Враховуючи досвід, який охоплює гідрологію, аналіз даних, гідродинаміки і будівництва, спільнота інженерів-гідротехніків може просувати рішення для вирішення цих критичних викликів за допомогою заходів з адаптації, пом'якшення наслідків та підвищення стійкості гідротехнічних споруд;

- спільнота інженерів-гідротехніків може посилити свою роль у глобальних зусиллях з декарбонізації. Наприклад, гідроенергетичні проекти можуть суттєво замінити електроенергію, що виробляється з викопних видів палива. Такі проекти повинні пройти процес скринінгу для цілісної кількісної оцінки впливу на навколишнє середовище та суспільство, щоб визначити, чи переваги достатньо переважають будь-які такі негативні впливи.

Висновки. Гідротехнічні споруди матимуть фундаментальне значення у майбутньому водної, енергетичної та продовольчої безпеки. Для підтримки сталості та стійкості гідравлічних систем потрібні креативні рішення через величезні навантаження, які швидка урбанізація, зростання населення та зміна клімату чинять на водопостачання та інфраструктуру.

Глобальне управління та обслуговування гідравлічної інфраструктури ще більше ускладнюється старінням інфраструктури, недостатнім фінансуванням та суперечливими потребами у воді. Однак ці труднощі також створюють безліч можливостей для творчості, співпраці та конструктивної трансформації.

Список використаних джерел

1. Zhang D (2024) The Impact of Hydraulic Engineering on the Environment. *Adv Automob Eng.* 13:271. DOI: 10.35248/2167-7670.24.13.271
2. Kupusovic, T. (2021). Hydraulic Engineering and Sustainability. In: Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T. (eds) *Clean Water and Sanitation. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70061-8_135-1
3. Elshaarawy, Mohamed & Kamal Hamed, Abdelrahman. (2025). Modeling hydraulic jump roller length on rough beds: a comparative study of ANN and GEP models. *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture.* 16. 10.1007/s43995-024-00093-x.
4. Schleiss, A., 2000. The importance of hydraulic schemes for sustainable development in the 21st century. *Hydropower & Dams*, 7(Article), pp.19-24.
5. Stride, M.P., 2019. *The Thames tideway tunnel: Preventing another great stink.* The History Press.
6. Oertel, M. and Shen, X., 2022. 3D printing technique for experimental modeling of hydraulic structures: Exemplary scaled weir models. *Water*, 14(14), p.2153.
7. Erpicum, S., Crookston, B.M., Bombardelli, F., Bung, D.B., Felder, S., Mulligan, S., Oertel, M. and Palermo, M., 2021. Hydraulic structures engineering: An evolving science in a changing world. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 8(2), p.e1505.

УДК 621.317(075.8)

Афанасьєв М.В., Литвиненко В.М.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

РОЗРОБКА ДАТЧИКА ВОЛОГОСТІ ДЛЯ ҐРУНТУ

Вступ. Вологість ґрунту - одна з головних фізичних властивостей ґрунтів, що визначають їх родючість. Вологість ґрунту суттєво впливає на розчинність, переміщення та ефективність органічних і мінеральних добрив в ґрунті. Більшість існуючих методів визначення вологості ґрунту основана на попередньому відборі ґрунтових зразків та з наступним аналізом їх безпосередньо в польових умовах або в приміщенні лабораторії, що викликає певні незручності.

В наш час промисловістю випускається широкий асортимент приладів для вимірювання вологості ґрунту. Однак більшість з них мають високу вартість, великі габарити, нестабільні в роботі [1-3]. У зв'язку з цим є актуальним продовження робіт по розробці пристроїв вимірювання вологості ґрунту.

Основна частина. Дана робота присвячена розробці датчика вологості, який має невеликі розміри, відносно низьку вартість та високу надійність в роботі. Принципова схема розробленого пристрою приведена на рис.1. Прилад побудований на основі мостової схеми, рівновага якої досягається за рахунок рівності опорів потенціометра R6 і ґрунту між двома щупами. Щупи являють собою два круглих стержні із нержавіючої сталі довжиною 15 см і діаметром 1,6 мм, які змонтовані на рукоятці із ізоляційного матеріалу на відстані 25 мм один від одного.

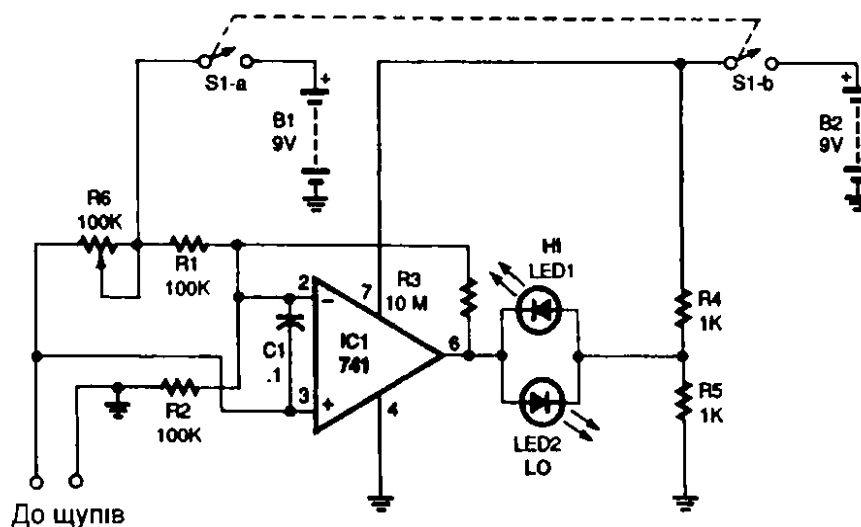


Рис.1. Принципова схема датчика вологості для ґрунту

Налагоджують схему наступним чином. Ґрунт, вологість якого мають контролювати, доводять до бажаного рівня вологості. Потім в ґрунт вставляють щупи і регулюванням потенціометра R6 добиваються, щоб два світлодіоди, що виконують функції індикаторів балансу, не світилися або принаймні ледь жевріли.

На основі операційного підсилювача IC1741 зібраний компаратор напруги. Змінний резистор R6 задає опорну напругу компаратора, яка постійно порівнюється з напругою, яка залежить від опору між щупами. При підвищенні вологості ґрунту опір між щупами зменшується, що приводить до зменшення падіння напруги на опорі між щупами. В тому разі, коли вологість ґрунту між щупами зменшиться, опір між щупами збільшиться і падіння напруги на опорі між щупами також збільшиться.

Даний компаратор двовхідний, тобто порівняльні сигнали – від резистора R6 і від щупів поступають на обидва входи операційного підсилювача (інвертуючий (-) і неінвертуючий (+)). Коли опір між щупами збільшиться (вологість зменшиться), падіння напруги між щупами буде більшою від падіння напруги на резисторі R6, а різниця напруги на виході компаратора стане позитивною відносно загального проводу схеми. Ця позитивна напруга прикладається до р-області світлодіода LED2, він відкривається і починає випромінювати світло.

Якщо опір між щупами зменшиться (вологість збільшиться), падіння напруги між щупами буде меншим від падіння напруги на резисторі R6, а різниця напруги на виході компаратора стане негативною відносно загального проводу схеми. Ця негативна напруга прикладається до n-області світлодіода LED1, він відкривається і починає випромінювати світло.

Таким чином, коли опір між щупами буде вищим за опір, встановлений потенціометром R6, буде світитися світлодіод LED2 (що вказує на те, що вологість ґрунту недостатня і потрібний полив ґрунту), а коли опір між щупами буде нижчим за опір, встановлений потенціометром R6, то буде світитися світлодіод LED1 (що вказує на те, що вологість ґрунту достатня і полив ґрунту проводити не потрібно).

Висновки. Розроблений прилад являється універсальним, що дає можливість користуватися ним як в польових умовах, так і для контролю вологості в тепличних комплексах, та навіть в домашніх умовах, для контролю вологості ґрунту декоративних рослин. Також, важливим фактором є те, що прилад працює від простих батарейок, що робить його мобільним.

Список використаної літератури:

1. Поліщук Є. С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин. Львів : Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. 360 с.
2. Кухарчук В. В. Основи метрології та електричних вимірювань. Частина I : конспект лекцій. Вінниця : ВНТУ, 2020. 148 с.
3. Лавренова Д.Л., Хлистов В.М. Основи метрології та електричних вимірювань. Навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2016. 123 с.

УДК 621.311:502.5

Петренко О. А., Рагулін С.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ПИТАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Вступ. В усі часи вода була найважливішим фактором, який визначає умови життя людей та розвиток виробничих сил. Будівництво гідравлічних конструкцій для зрошення, водопостачання, боротьби з повінню, судноплавства, використання енергії води для підняття води в зрошувальні канали, для водних млинів здійснювалося з давніх часів і було важливим для розвитку цивілізації.

Принципово новий етап використання водних ресурсів розпочався в XX столітті з розвитком електроенергетичної галузі, що забезпечило можливість ефективного використання гідроенергетичних ресурсів.

Питанням впливу водосховищ та гідроелектричних електростанцій на навколишнє середовище приділяли обмежену увагу, і хоча, здавалося, природні ресурси були необмеженими, вже почали проводитися дослідження в його оцінці.

Міжнародною комісією по великим греблям надано таке визначення поняття навколишнього середовища:

«Ансамбль фізичних, хімічних, біологічних і соціальних факторів, у певний момент здатних робити прямий або непрямий, короткий або тривалий вплив на живі істоти й людську діяльність».

Діяльність з охорони навколишнього середовища повинна бути спрямована на покращення життя людини у всіх її аспектах, зберігаючи екологічний баланс. Саме людське життя, його здоров'я є основними пріоритетами, які визначають екологічну безпеку.

Враховуючи, що в природних умовах елементи екосистем постійно відчують циклічні або незворотні перетворення, екологічний баланс є динамічним. Виходячи з цього, масштаб та рівень втручання в природне середовище і, відповідно, його зміни повинні забезпечити можливість його відновлення та саморегуляції, а не перевищувати допустимі межі.

Основна частина. Створення гідроенергетичних споруд з водосховищами комплексного призначення, на відміну від еволюційно сформованих природних водних об'єктів, відбувається в історично короткий час, і ми спостерігаємо насамперед початкову стадію формування та встановлення їх екосистем - найскладніших та вразливих до зовнішніх та внутрішніх впливів. Більше того, чим "здоровішим" був початковий стан водного об'єкту, порушений створенням водосховища, тим простіше і швидше проходить етап адаптації з мінімальними негативними наслідками для навколишнього середовища. У той же час, відбувається високоякісна реструктуризація, трансформація екосистем водного об'єкта з появою нових водних екосистем. Які ці зміни, де межі допустимих впливів, як зберегти стабільність нових екосистем - відповіді на ці питання мають першорядне значення. Необхідно забезпечити їх гомеостатичний стан, щоб розвиток екосистем по новому шляху був стабільним та передбачуваним.

Зона впливу гідроенергетичних споруд з водосховищами включає:

- Зона нижнього б'єфа, що включає ділянку ріки до впадання в море, озеро або нижче розташоване водоймище в умовах каскаду ГЕС, де проявляється вплив ГЕС на гідрологію, геологічні процеси, клімат, ґрунти, рослинний і тваринний світ та ін.

- Ділянка ріки й водозбірної площі, де виявляється їх вплив.

- Гідроенергетичні об'єкти з водоймищами й елементами навколишнього середовища в зоні їх впливу, включаючи зону нижнього б'єфа, а також їх водозбірну площу, що є єдиною складною системою, в якій усі підсистеми взаємодіють і зв'язані між собою.

Гідроенергетичні об'єкти з водосховищами та елементами навколишнього середовища в зоні їх впливу, включаючи зону нижнього б'єфу, також їх водозбірну площину, що є єдиною складною системою, в якій усі підсистеми взаємодіють і пов'язані між собою.

При створенні водосховищ у більшості випадків можна виділити три стадії формування нових екологічних умов.

Для першої стадії, котра співпадає з періодом заповнення водосховища і перших років експлуатації є характерним різке погіршення природної рівноваги і зав'язків природних комплексів, що склалися, із зміною режимів ґрунтових вод, вимиранням одних і появою інших видів рослин і тварин.

У другій стадії відбуваються спрямоване формування природного середовища, ув'язування її компонентів та утворюється новий природний комплекс.

У третій стадії складається нова динамічна рівновага природного середовища.

Багато негативних явищ при створенні водосховищ мають історичні корені через відомі труднощі соціально-економічного та політичного розвитку суспільства, а також недооцінка техногенного впливу на природне та соціальне середовище, коли належна увага не приділялася оцінці взаємодії водосховищ комплексного призначення з навколишнім середовищем та можливими негативними наслідками для нього. Екологічні, захисні та компенсаційні заходи при створенні водойм у багатьох випадках були недостатніми, порушувались режими роботи, що передбачені проектом.

Оцінки впливу водосховищ на довкілля мали обмежений характер у зв'язку з недостатньою увагою, що приділялася прогнозуванню, невисокою якістю прогнозів, вкрай обмеженим моніторингом.

Можна навести безліч прикладів, коли саме внаслідок зазначених причин створення водоймищ призводило до тяжких негативних наслідків для навколишнього середовища.

Недолік негативних впливів на навколишнє середовище, погіршення у ряді випадків умов життя населення, нерівномірний розподіл витрат і вигоди, суттєва різниця між запланованими та фактичними результатами викликали зростання опозиції будівництву водосховищ у багатьох країнах.

Проблеми впливу водосховищ та ГЕС на довкілля стали предметом глибокого комплексного вивчення фахівцями з 70-х років ХХ ст.

Аналіз, систематизація та узагальнення накопичених даних про взаємодію водосховищ з навколишнім середовищем у різних природних умовах та

відповідні рекомендації щодо мінімізації негативних наслідків створення водосховищ розглядалися Міжнародною комісією з великих гребель, Міжнародною гідроенергетичною асоціацією, Міжнародним енергетичним агентством та іншими міжнародними організаціями.

Висновки. Враховуючи величезну роль гідроенергетичних об'єктів з водосховищами комплексного призначення у соціально-економічному розвитку суспільства, масштаби робіт та громадські витрати, пов'язані з їх створенням, найважливіше значення при їх проектуванні набувають багатосторонніх досліджень та прогнозування наслідків їх спорудження для навколишнього середовища. На підставі цих досліджень проводиться вибір створів, оптимальних параметрів та режимів їх роботи, природоохоронних, захисних та компенсаційних заходів, спрямованих на мінімізацію негативних наслідків, і загалом дається комплексна оцінка впливу об'єкта на довкілля.

Прийняття рішення про будівництво можливе за умови підтвердження, що реалізація проекту не становить загрози для довкілля, забезпечуючи збереження екологічної рівноваги, покращення умов життя населення, має переваги в порівнянні з альтернативними варіантами. При цьому при зіставленні варіантів спільно розглядаються їх техніко-економічні, соціальні та екологічні параметри.

Для забезпечення зростаючих потреб у воді і енергії до початку ХХІ століття у світі було побудовано більше 45000 великих гребель з водосховищами, у тому числі в Китаї - 22000, в США - 6575, в Індії - 4291, в Японії - 2675. Багато з них потребують реконструкції для відповідності сучасним вимогам.

Загалом техногенне навантаження, що постійно зростає, на навколишнє середовище викликало в останні десятиліття ХХ ст. погіршення екологічної ситуації в багатьох країнах, найбільш гостро постали питання знаходження раціональної рівноваги між економічними та соціальними потребами суспільства та збереженням навколишнього середовища.

Проблема охорони навколишнього середовища та забезпечення екологічної безпеки вийшла за межі національних кордонів та перетворилася на одну з глобальних проблем, що стоять перед світовою спільнотою у ХХІ ст.

Список використаної літератури

1. Воропай М.І., Славін Г. Б., Чельцов М. Б. Електроенергетика та екологічні аспекти національної безпеки //Енергетика: економіка,технологія, екологія. – 2000. – № 3.– С. 4–9.
2. Варламов Г. Б., Любчик Г. М. , Малярєнко В. А. . Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. – К.: ІВЦ Вид-во «Політехніка», 2003. – 232 с.

УДК 626.82/.83:626.86

Кузьмич С.А.

аспірант, відділ дренажу, Інститут водних проблем і меліорації

Національної академії аграрних наук України, м. Київ

Гурин В.А.

д.т.н., професор, професор кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки,

Національний університет водного господарства та природокористування,

м.Рівне

Кузьмич Л.В.

д.т.н., головний науковий співробітник відділу дренажу, Інститут водних проблем

і меліорації Національної академії аграрних наук України, м. Київ;

професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії,

Херсонський державний аграрно-економічний університет,

м. Херсон

ІННОВАЦІЙНИЙ МЕТОД ОБ'ЄМНОГО ОЧИЩЕННЯ ХІМІЧНО ЗАБРУДНЕНИХ ВОДНИХ ПОТОКІВ У ВІДКРИТИХ КАНАЛАХ

Очищення хімічно забруднених водних об'єктів, особливо відкритих проточних каналів, є надзвичайно актуальним завданням в сучасних умовах України. Це зумовлено як традиційними антропогенними навантаженнями — індустріальними та аграрними скидами — так і масштабними техногенними забрудненнями, спричиненими воєнними діями. Після 2022 року кількість значної кількості води зазнала пошкодження внаслідок руйнування інфраструктури, вибухів, витоків нафтопродуктів, викидання важких металів, мікропластику, нітратів, фосфатів та бойових токсичних речовин [1-4].

Традиційні методи очищення, як-от біологічні чи фізико-хімічні станції, не тільки дороговартісні, але й неефективні в умовах динамічного поширення забруднення у відкритих водотоках. Особливої важливості пропонуються мобільні та адаптивні технології, здатні працювати в реальному часі навіть за допомогою централізованої інфраструктури. У цьому контексті запропонована технологія об'ємного очищення забрудненого потоку відкритого каналу пропонує оперативне, енергоефективне та екологічно безпечне рішення [5-8].

Хімічне забруднення води — як результат промислових скидів, так і внаслідок бойових дій — створює серйозну загрозу для екосистеми та здоров'я населення. Існуючі очисні споруди не здатні ефективно діяти в режимі реального часу при динамічному русі забруднювачів у річкових каналах. Тому пропонується новий підхід — поєднання механічного розпилення та цільового хімічного впливу для очищення мобільних плям [2, 3].

Основним методом є створення тимчасової мобільної станції моніторингу в руслі річки або у водоприймальнику. Станція встановлюється на межі водосподарських ділянок. У разі фіксації забруднення, в обмежену зону вводяться малі дози відповідного хімічного реагенту, який спричиняє нейтралізацію [3].

У процесі очищення відбувається поступове хімічне нейтралізування забруднювачів та їх флокуляція з утворенням осаду або винограду до берегів. Моніторинг уздовж потоку показав істотне зменшення концентрацій токсичних речовин нижче за точку втручання, що виробляє про високу ефективність методу.

Запропонований метод відзначається гнучкістю, екологічною безпекою та низькою вартістю впровадження. Він не потребує використання біологічних реагентів і може швидко адаптуватися до змін у характері забруднення. Локальне використання мінімальних доз хімічних речовин знижує навантаження на довкілля і витрати на очищення.

Метод забезпечує ефективне очищення забруднених потоків у відкритих каналах у реальному часі. Він активізує природні процеси самоочищення, мінімізує екологічні ризики та може переноситися у кризових і післякризових ситуаціях, включаючи зони бойових дій.

1. Гурин В.А., Хайтул Н.В. Технологія ремонтно-експлуатаційних робіт. - Рівне: НУВГП, 2010. - 245 с. (42 с.).
2. Патент на корисну модель UA № 143442. Спосіб очищення води у водоймах. Дата подання заявки: 10.03.2020. Опубліковано: 27.07.2020, Бюл. № 14.
3. Патент на корисну модель UA № 159351. Спосіб об'ємного очищення потоків води в руслі водоприймача від хімічних забруднень. Дата подання заявки: 12.11.2024. Опубліковано: 14.05.2025, Бюл. № 20.
4. Rokochinskiy, A., Kuzmych, L., Volk, P. (Eds.). (2023). Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8248-3>
5. Kuzmych, L., Voropai, H., Kharlamov, O., Kotykovych, I., & Kuzmych, S. (2023). Study of contemporary climate changes in the Ukrainian humid zone (on the example of the Volyn region). *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 1269(1), 012022. doi:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1269/1/012022>

6. Справочник. Мелиорация и водное хозяйство. 3. Осушение. М. Агропромиздат, 1985. С. 285-287.
7. Kuzmych, L., Guryn, V., Radchuk, M., & Kuzmych, S. (2023). Methodology for calculating the stability of the base of riverside slopes reinforced concrete slabs. 4th EAGE Workshop on Assessment of Landslide Hazards and Impact on Communities, Landslide 2023. Volume 2023, p.1 - 5 DOI: DOI: 10.3997/2214-4609.2023500006.
8. Kuzmych, L., Voropay, G., Kuzmych, A., Polishchuk, V., & Kuzmych, A. (2022) Concept of creation of the automated system of remote deformation monitoring and control of the technical condition of engineering infrastructure. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2022», Oct 2022, Volume 2022, p.1 - 5 DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590076>

UDC 628.38

Kravchenko V. I.

Kherson State Agrarian and Economic University

TECHNOLOGICAL SCENARIOS FOR CREATING NUTRIENT SUBSTRATES BASED ON SEWAGE SEDIMENTS

Introduction. Due to the growth of the global volume of waste and the degradation of agricultural and technogenically disturbed lands, there is an urgent need to develop and implement new technologies aimed at their processing and secondary use.

A special and extremely promising type of waste is organic, since their proper management and use can contribute to the conservation of resources, reducing the negative impact on the environment and creating a sustainable and ecologically clean environment. One of such wastes is sewage sludge (SS), which is formed as a result of the biological stage of wastewater treatment. Over 1 billion tons of sediments have already accumulated on the territory of Ukraine, and approximately 40–50 million m³ are added to this amount every year, which leads to the alienation of agricultural lands for storage, therefore requiring the development of optimal methods of their use and disposal [1].

A rational and economical solution to the problem of wastewater sludge disposal is to maximize the use of valuable substances contained in them with minimal processing costs.

Main part. The main methods of wastewater sludge disposal abroad are dumping into the ocean and storage in sludge sites, incineration, use as fertilizers in agriculture, production of building materials, production of biofuels and electricity, as well as the isolation of valuable elements.

In Ukraine, only 3 to 5% of wastewater sludge is disposed of (table). The reasons for the low level of wastewater sludge disposal are associated with imperfect legislation and outdated equipment at treatment plants. This is due to the fact that the quality of domestic wastewater sludge does not meet the requirements of the standards for the content of heavy metals.

It is known that wastewater sludge contains valuable organic substances, macro- and microelements, biologically active substances that can be disposed of as fertilizers. At the same time, the sediments contain substances harmful to humans and nature, of organic and inorganic origin. For example, heavy metals (molybdenum, mercury, lead, zinc, cobalt, copper and others) are an indispensable component of the mineral phases of sewage sludge. However, recent studies show that although an increase in the total content of heavy metals in the soil may be undesirable, there is a small risk of phytotoxicity or metal content in plant tissues when compost is applied due to the immobilization of heavy metals. The bioavailability of metals also decreases with increasing composting time. Therefore, after appropriate treatment and without the content of pollutants that require mandatory control, SS can be directly used for soil fertilization in agriculture.

Table – Methods of utilization of sewage sludge in the world [2]

Country	Disposal method, %				
	Burial	Burning	Fertilizers	Building materials	Other
USA	28	15	47	6	4
China	14	-	3	-	83
Japan	20	15	11	52	2
Sweden	22	5	23	-	50
Finland	-	-	10	-	90
Poland	18	3	22	-	57
Great Britain	7	17	69	-	7
Germany	5	51	30	-	13
Netherlands	5	68	-	20	7
Spain	17	5	65	-	13
Portugal	7	-	87	-	6
Ukraine	95	-	5	-	-

Also, due to the large volumes of mineral extraction, the problem of restoring territories disturbed by open pit mining is inherent in almost all industrialized countries. The main environmental and economic problem in land reclamation is the shortage of soil resources for creating reclamation coatings. To restore damaged lands, their fertility and increase productivity, expensive organic and mineral fertilizers can be replaced with organic waste in the form of SS. The implementation of this method will solve several problems at once: reduce the volume of sediments, restore damaged lands and reduce the costs associated with biological reclamation.

Biocomposting of agricultural organic waste of animal origin has become widespread in Ukraine and abroad. However, the implementation of the process of biocomposting of SS is less common due to the lower energy value of SS. However, under appropriate conditions, the technology of composting sludge allows obtaining organic fertilizer with a sufficiently high content of nutrients and provides disinfection from pathogenic microflora and helminth eggs.

Thus, to increase the efficiency of the biothermal process during composting of SS, organic and inorganic additives are used in the form of fillers (crushed tree bark, sawdust, leaves, biochar, zeolite, etc. [4]. In addition, composting allows for a significant reduction in the content of heavy metals, which is ensured by adding carbon-containing components to the compost mixture.

To ensure composting of mechanically dehydrated or dried on sludge sites, a technology is used using stacks 1.5-3.0 m high with natural aeration and up to 5.0 m with forced aeration.

One of the most promising methods of utilizing SS is their bioconversion into biogas with the production of sludge (digestate) by anaerobic digestion (Figure 1). This method of sludge processing takes place in methane tanks of biogas plants, which allows to increase the economic efficiency of biogas production and comply with the principle of nutrient recovery.

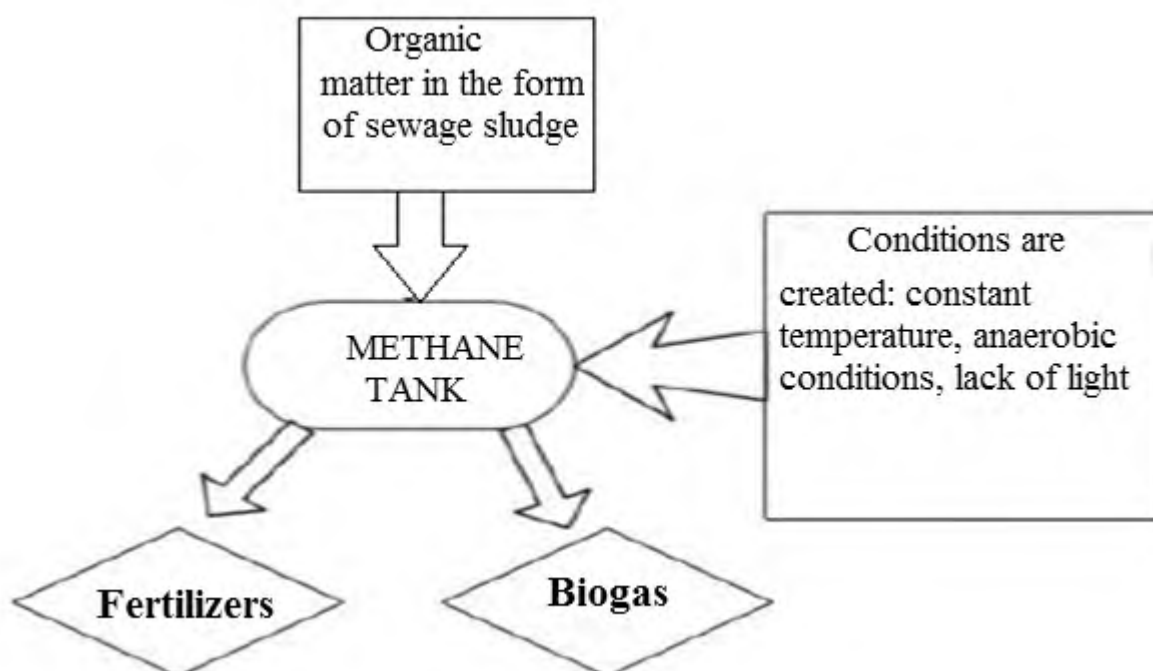


Figure 1 - Simplified scheme of the anaerobic digestion process

Digestate is a highly effective organic fertilizer that contains all the necessary fertilizer components (nitrogen, phosphorus, potassium, macro - and microelements) in a dissolved, balanced form in the ratios necessary for plants, as well as active biological growth stimulants that significantly increase yield. Thus, the chemical composition of activated sludge digestate is (kg/t): N - 3.9-4.2; NH_4N - 2.4-3.2; P_2O_5 - 2.2-2.9; K_2O - 2.1-2.2, which is comparable to cow manure, inferior to it only in terms of potassium oxide.

In the process of anaerobic fermentation, the death of pathogenic microflora and parasites begins already in the mesophilic fermentation mode (33-38 °C) and reaches its maximum in the case of thermophilic (53-55 °C). However, the use of the mesophilic fermentation mode in a biogas plant does not exclude the complete destruction of pathogenic microorganisms and heavy metal salts in the digestate.

Thus, depending on the method of processing and purification of SS at treatment facilities, technological scenarios for creating nutrient substrates based on sludge sediments for use in agriculture and land reclamation can be proposed. The developed technological scenarios are presented in Figure 2.

The first option (Figure 2) of using SS as fertilizers after aerobic wastewater treatment can be applied by direct mixing with soil, provided that the sediments do not contain pathogenic microorganisms and the content of heavy metals does not exceed the maximum permissible concentrations.

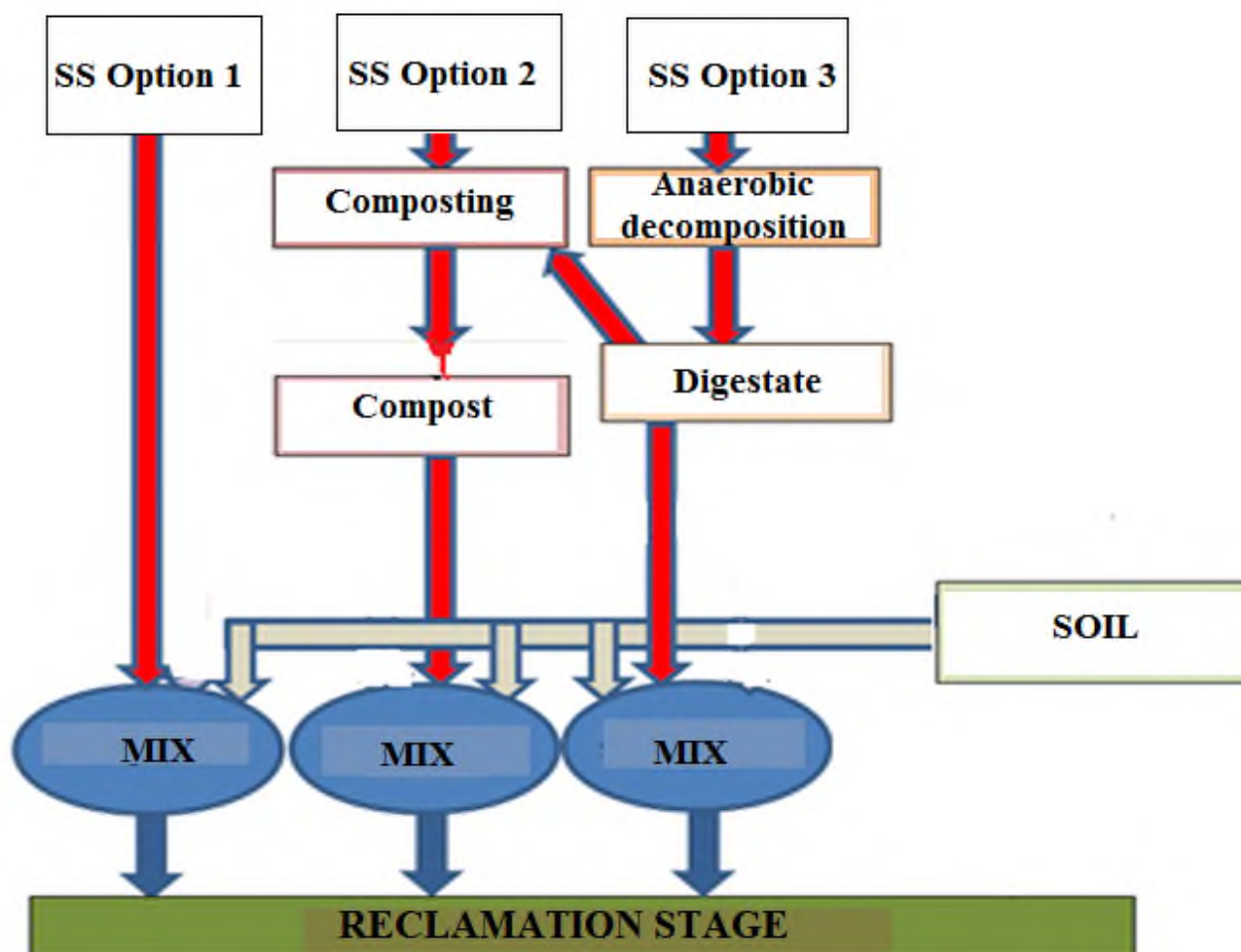


Figure 2 – Technological scenarios for creating nutrient substrates based on sewage sludge

In the case of the presence of pollutants in the sludge, it is advisable to change the use of sludge and apply the technology of their composting (option 2). In this case, the destruction of pollutants will be facilitated by the exothermic oxidation process under conditions of elevated temperature and humidity. In addition to composting, as a biothermal method, thermal, chemical and biological methods, as well as various types of physical action, can be used for the decontamination and neutralization of SS.

If there is a biogas plant in the sewage treatment facilities, which provides an anaerobic process of processing sludge in methane tanks, their decomposition occurs with the production of digestate and biogas. After determining the composition of the digestate, it can be directed in two directions. When processing SS using the thermophilic mode of anaerobic digestion, the digestate can be directed to mixing with the soil (option 3).

If the methane tank operates in the mesophilic fermentation mode, not all pathogens can be destroyed, so it is advisable to feed the digestate to the composting stage to obtain a disinfected fertilizer. If necessary, biological, reagent, electrochemical and adsorption methods can be used to purify the wastewater from heavy metals.

Conclusions. The use of biofertilizers based on SS from treatment plants is a powerful factor in the supply of organic raw materials, which will contribute to increasing soil fertility and crop yields.

For a wastewater treatment plant, the sale of such products can bring significant profits. For example, the treatment plants of Kropyvnytskyi annually discharge an average of 3,600 tons of sludge onto sludge maps. At a minimum price of 350 UAH per ton of waste, the company can receive an additional 1.26 million UAH.

Depending on the method of processing and purification of SS at treatment plants in Ukrainian cities, technological scenarios for creating nutrient substrates based on SS for their use as fertilizers in agriculture and in land reclamation are proposed.

List of used literature

1. Kravchenko V.I., Bilous Yu.V., Kravchenko V.P. (2023) Stvorennia ta obhruntuvannia kompozytnoho palyva na osnovi osadu stichnykh vod [Creation and substantiation of composite fuel based on sewage sludge]. *Tekhnichni nauky. Kherson: KhDAEU- Technical sciences. Kherson: KhSAEU*, 4, 88-94. Retrieved from <http://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/403>
2. Shkvirko O. M., Tymchuk I. S., Malovanyi M. S. (2019) Adaptatsiia svitovoho dosvidu utylizatsii osadiv stichnykh vod do ekolohichnykh umov Ukrainy [Adapting global experience in sewage sludge utilization to the environmental conditions of Ukraine] *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, vol. 29, pp. 82-87.
3. Paula Alvarenga, Clarisse Mourinha, Márcia Farto et al. Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: Benefits versus limiting factors. *Waste Management*. Jun. 2015.V. 40. Is. 40. P. 44 – 52. doi:10.1016/j.wasman.2015.01.027. Epub 2015 Feb 21.
4. Wang I.Y., Stavnikova O., Tay S.T. et al. Biotechnology of intensive aerobic conversion of sewage sludge and food waste into fertilizer. *Water Sci. Technol.* 2004. Is. 38(10). P. 147 – 154.

УДК 628.3:697.3

Кравченко В. І., Майданик В. С.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ЛОКАЦІЙ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ СТИЧНИХ ВОД

Вступ. Зростання цін на викопне паливо та негативний вплив його використання на навколишнє середовище змушують людство ширше використовувати відновлювану енергію. Так, Європейський Союз встановив ціль щодо скорочення викидів парникових газів на 40% (порівняно з рівнем 1990

року), а частка відновлюваної енергії в союзі має бути збільшена до 32% від загального обсягу виробництва енергії [1].

Директива ЄС 2018/2001 визнала стічні води відновлюваним джерелом теплоти. Стічні води з побутових, промислових та комерційних будівель зберігають значну кількість теплової енергії після скидання в каналізаційну систему з температурою від 10 до 25°C, яка вища за температуру навколишнього повітря. Теплову енергію стічних вод можна оптимально використовувати для опалення, охолодження та приготування гарячої води. На території України технічно доступний потенціал такого ресурсу становить 33939 МВт·год/рік [2].

Теплоту стічних вод, яка є низькотемпературним джерелом енергії, можна рекуперувати за допомогою відповідних технологій з використанням теплообмінників та теплових насосів, та повторно використовувати для потреб в опаленні.

Основна частина. Рекуперація відпрацьованої теплоти з міської інфраструктури стає дедалі важливішою, оскільки уряди всього світу прагнуть до зниження викидів в атмосферу вуглекислого газу та енергетичної безпеки.

У порівнянні з іншими джерелами низькопотенційної теплоти, стічні води мають перевагу за рахунок постійного їх надходження з житлових районів протягом року, що може забезпечити систему теплопостачання стабільним джерелом теплової енергії та незначним коливання температури. Крім того, оскільки температура цих вод взимку тепліша, а влітку холодніша, ніж температура навколишнього повітря, тому вони можуть бути ефективним джерелом енергії для рекуперації теплоти.

Ефективність впровадження рекуперації стічних вод доводить, наприклад, той факт, що для гігієнічних процедур людині достатньо 1/10 частини теплоти води, що використовується у душі. Отже близько 90% теплоти води, що підводиться до змішувача душа, зливається в каналізацію невикористаною. Крім теплої води від душу, свій внесок також вносять пральні і посудомийні машини, які нагрівають воду за допомогою електрики. Тому утилізація і повторне використання більшої частини енергії стічної води дозволить заощадити теплову енергію і знизити загальну вартість гарячої води.

Теплова енергія, що міститься у стічних водах, залежить від їх температури та швидкості потоку. Вміст доступної теплоти для рекуперації зі стічних вод можна розрахувати за допомогою рівняння теплопередачі:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T,$$

де Q – вміст рекуперованої теплоти за одиницю часу, m – масова витрата стічних вод, c_p – питома теплоємність, ΔT – зміна температури стічних вод внаслідок рекуперації теплоти.

Згідно рівнянню, вищий потенціал для рекуперації теплоти залежить від швидкості потоку та температура стічних вод. Аналіз руху відведених стічних вод показує, що їх температура на виході з будинків найвища, але витрата найнижча (рис. 1). У той же час, якщо на очисних спорудах температура стоків найнижча, то витрата найбільша, що вказує на приблизно однаковий їх енергетичний потенціал на всій довжині руху.

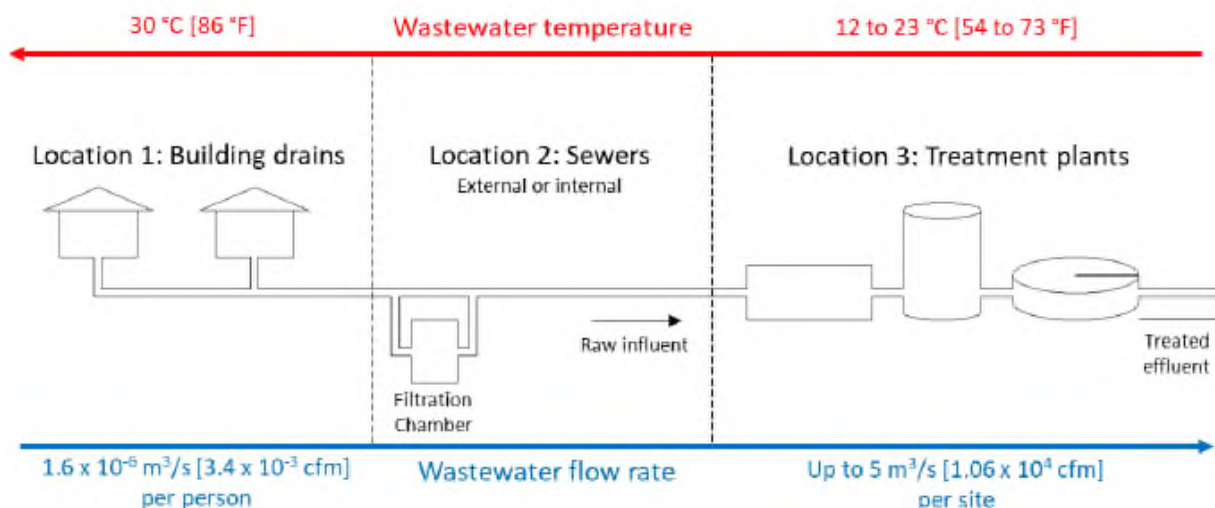


Рисунок 1 – Орієнтовні параметри стічних вод на ділянці від виходу з будинків до очисних споруд

Рекуперацію теплової енергії можна здійснити системами, які призначені для зменшення використання будівлею зовнішніх джерел енергії шляхом повернення теплоти зі стічних вод перед їх скиданням у каналізацію. Системи рекуперації теплоти стічних вод можуть відрізнятися в залежності від місця їх впровадження. Можна визначити чотири потенційні місця їх розташування (рис. 2).

Розташування системи рекуперації безпосередньо в будинку (рис.2-1) від душових кабін, посудомийних машин і пралень забезпечує найвищу температуру стічних вод, але і найвищу нерівномірність їх витрати. У такій схемі найбільш поширеною технологією є попередній нагрів води гарячого водопостачання за допомогою теплообмінників.

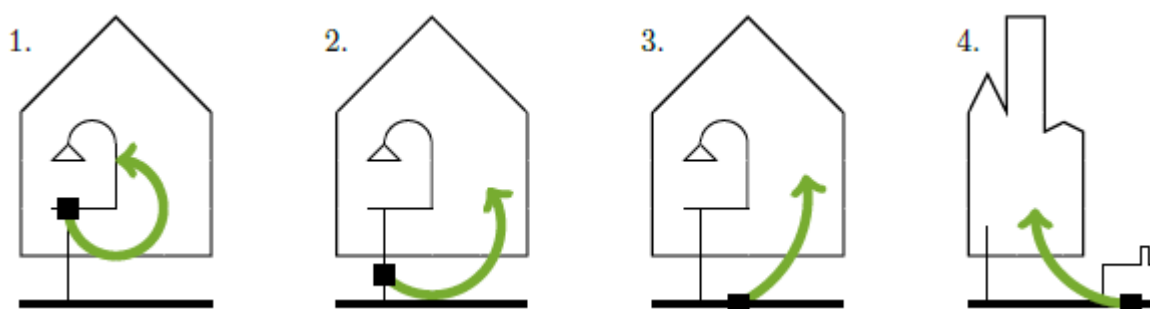


Рисунок 2 – Місця розташування систем рекуперації теплоти стічних вод: 1 – в середині будинків; 2 - на виході з будинків; 3 - каналізаційні магістралі; 4 – очисні споруди

Другим потенційним місцем розташування системи рекуперації є місце скидання стічних вод з об'єкта, тобто житлових будинків або будівель (рис. 2-2). У даному випадку теплота, що рекуперується зі стічних вод, повертається назад у будівлю з відносно високими значеннями температури. Таку відпрацьовану теплоту можна використовувати для попереднього підігріву вхідної холодної води, яка потім нагрівається для забезпечення гарячим водопостачанням.

Рекуперація відпрацьованої теплоти з каналізаційних магістралей може бути третім місцем розташування зазначених систем (рис. 2-3). У даній схемі вода утворюється від більшої групи споживачів, що передбачає безперервний потік. Теплота повертається назад у будівлі користувачам, які розташовані поблизу. Такі місця можуть забезпечувати підвищені витрати води, хоча і нижчі значення температур, порівняно з двома попередніми варіантами, через втрати теплоти у навколишнє середовище,.

Четвертим місцем для рекуперації теплоти зі стічних вод є очисні споруди (рис. 2-4), які мають потенціал для застосування в районному масштабі завдяки значно вищим швидкостям потоку, оскільки такі споруди зазвичай здійснюють очищення стічних вод з усього населеного пункту або великої його частини. На очисних спорудах потік стічних вод є максимально великим і постійним порівняно з будь-яким розташуванням вище за течією системи рекуперації теплоти. Недоліками розташування систем рекуперації на очисних спорудах є те, що температура, а отже, і енергетична цінність будуть нижчими, ніж при розміщенні їх вище за течією через втрати теплоти по всій каналізаційній системі, що може впливати на ефективність технології рекуперації теплоти.

Висновки. Стічні води містять значну кількість теплової енергії, яку можна рекуперувати на різних етапах водного циклу.

Системи рекуперації стічних вод сприяють у задоволенні в енергетичних потребах будівель, зменшенню викидів вуглекислого газу в атмосферу та теплового забруднення стічними водами джерела їх скиду.

Визначені локації систем рекуперації теплоти стічних вод показали, що теплота з води з душу за допомогою теплообмінника може бути ефективним та економічно вигідним варіантом.

На рівні каналізаційних труб потік стічних вод є достатньо великим. Оскільки температура води знаходиться у межах від 10 до 25°C протягом року з низькими добовими коливаннями, це робить каналізаційні води вагомим низькопотенційним джерелом теплоти.

Список використаної літератури

1. European Comission. Statistical Pocketbook 2019; Technical Report; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2019.URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/e0544b72-db53-11e9-9c4e-01aa75ed71a1/language-en>
2. Кожушко О.Д., Кізеєв М.Д. Утилізація теплової енергії стічних вод в системах водопостачання і каналізації населених пунктів. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві". Збірник наук. Праць. Вип. 7, Луцьк, 2017. С.94-100

Литвиненко В.М.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДІОДА ШОТТКІ

Вступ. Діоди Шотткі (ДШ) широко використовуються в багатьох областях електроніки як випрямляючі діоди невеликої та середньої потужності, а також як імпульсні діоди [1]. При цьому слід зазначити, що вартість ДШ залишається порівняно високою через низький вихід придатних діодів, що пояснюється їх високим рівнем зворотного струму і нижчою, порівняно з р-п переходами, пробивною напругою. Ці явища пов'язані із суттєвою залежністю зворотного струму ДШ від якості поверхні діодної структури та впливом на нього структурних дефектів та сторонніх домішок [2, 3]. Серед структурних дефектів насамперед слід зазначити окислювальні дефекти упакування (ОДУ), що утворюються в активних областях діодів під час проведення високотемпературних операцій [4]. Декорування ОДУ домішками важких металів у процесі термічного окиснення призводить до того, що у приповерхневому шарі кремнію утворюється висока щільність поверхневих станів. Після осадження на таку поверхню молібдену, що формує бар'єр Шоттки, бар'єр межі розділу «метал — напівпровідник» стає досить тонким для тунельного проходження електронів з металу в напівпровідник при зворотному зміщенні переходу. Тунелювання є однією з причин спостереження «м'яких» зворотних характеристик. При цьому велике значення має область поблизу краю металевого контакту, куди сходяться силові лінії, що спричиняє посилення поля у цій ділянці. Це призводить як до потоншення бар'єру, так і до більшого зниження висоти бар'єру під дією сил зображення. Цей ефект додатково посилюється, якщо напівпровідник, що примикає до металу, збагачений в результаті присутності позитивного поверхневого заряду. Все це призводить до додаткового зменшення товщини бар'єру на краю металевого контакту. Наявність неконтрольованих домішок на поверхні переходу метал-напівпровідник призводить до міграції іонів по поверхні переходу, тобто до збільшення струму поверхневого витоку [3].

Дана робота присвячена дослідженню впливу структурних дефектів та домішкових забруднень поверхні на рівень зворотних струмів діодів Шоттки та визначенню можливості застосування операцій гетерування для його зниження та підвищення виходу придатних приладів.

Основна частина. Структури досліджуваних діодів виготовлялися за ізопланарною технологією [5] на кремнієвих епітаксійних структурах n-типу провідності з питомим опором 1 Ом·см і товщиною 3 мкм, вирощених на кремнієвій підкладці, орієнтованій за площиною (111).

Проведені дослідження відбракованих непридатних за рівнем зворотного струму діодних структур показали наявність у їх активних областях високої щільності окислювальних дефектів упакування. Виявлення структурних дефектів проводилося за допомогою селективного травлення структур в реактиві Сіртла протягом від 10 до 180 с.

Встановлення виду структурних дефектів та оцінка їх щільності проводилися за допомогою металографічного мікроскопа МЕТАМ-1. В активних областях діодів після проведення технологічної операції «термічне окислення» було виявлено ОДУ щільністю до 10^4 см^{-2} . Мікрофотографію поверхні однієї з досліджуваних діодних структур після селективного травлення в реактиві Сіртла протягом 25 с наведено на рис.1.



Рис.1. Поверхня діодної структури з виявленими ОДУ

Для запобігання утворення ОДУ необхідно було вибрати ефективний метод гетерування, який органічно вписувався б у технологічний маршрут виготовлення діода [6]. Гетерування - технологічний процес видалення і дезактивації дефектів. Цей технологічний процес широко використовується у сучасному виробництві напівпровідникових приладів та інтегральних схем, які виготовляються на основі кремнію. Так як ОДУ утворюються, починаючи з першої високотемпературної операції – «окислення мезаструктур», то очевидно, що слід використовувати гетерування вже на початку технологічного маршруту виготовлення діода. Проведені дослідження показали, що найбільш ефективним для придушення ОДУ є метод створення гетеруючої області на зворотній стороні пластини за допомогою імплантації іонів аргону у зворотний бік пластини та подальшого відпалу пластин у суміші азоту та кисню перед осадженням шарів нітриду кремнію. Область гетера на зворотній стороні пластини була сформована

за допомогою імплантації іонів аргону у зворотний бік пластини з енергією 100 кеВ, дозою $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ на установці «Везувій-5» та подальшого відпалу пластин у суміші азоту (130 л/год) та кисню (6 л/год) за температури $T=1100^\circ\text{C}$ протягом 3 год.

Для поліпшення стану поверхні діодних структур і зменшення рівня їх зворотних струмів був випробуваний метод гетерування за допомогою проведення дифузії бору в робочу сторону структур після формування захисного шару SiO_2 . Дифузія бору проводилася методом відкритої труби з джерела B_2O_3 за температури 950°C протягом 30 хв у суміші аргону (100л/год) і сухого кисню (4л/год). При цьому на поверхні захисного шару двоокису кремнію утворилася плівка боросилікатного скла (БСС) (рис. 2).

Для дослідження ефективності використання розробленої технології виготовлення структур діода Шотткі було сформовано три дослідницькі партії діодних структур. Одна частина структур у кожній партії була виготовлена за базовою технологією, дві інші - із застосуванням одного з описаних вище способів: проведенням дифузії бору в робочу сторону пластин за температури 950°C на протязі 30хв та формуванням області гетера на зворотній стороні пластини за рахунок іонної імплантації іонів аргону.

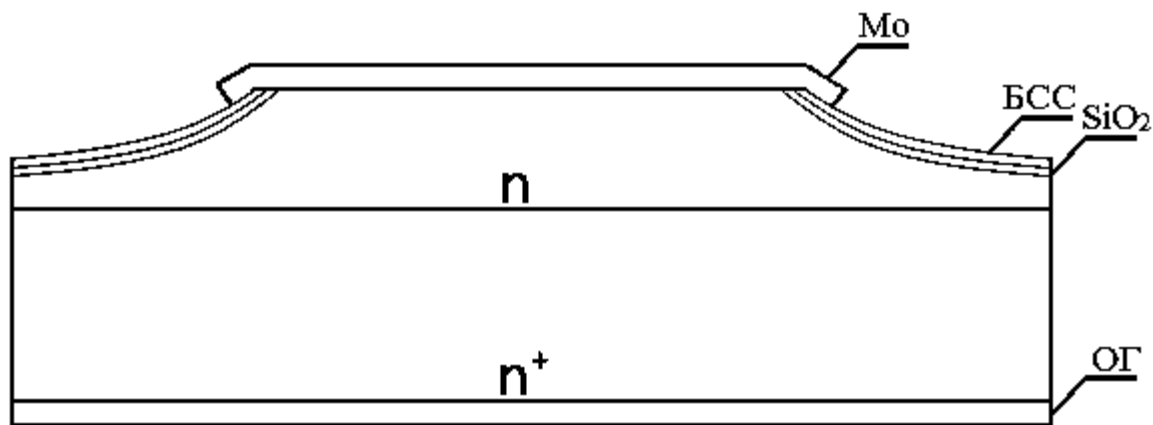


Рис. 2. Структура діода Шотткі, виготовлена за розробленою технологією, перед операцією шліфування зворотної сторони пластини: Мо – шар молибдену, який формує випрямляючий контакт з кремнієм; SiO_2 – захисна плівка двоокису кремнію; БСС – гетеруючий шар боросилікатного скла; ОГ – область гетера, сформована на зворотній стороні пластини за рахунок іонної імплантації аргону

Ефективність використання запропонованих способів гетерування оцінювалася за відсотком виходу придатних діодних структур при їх контролі за рівнем зворотних струмів ($I_{\text{зв}}$). Критерій придатності: $I_{\text{зв}} \leq 1$ мкА при зворотній напрузі 30 В. Відповідно до цього, усереднене значення відсотка виходу придатних діодних структур, виготовлених за базовою технологією, склало 83,1%, за запропонованою технологією з використанням гетера, сформованого на робочій стороні пластин - 89,3%, тільки з використанням гетера, сформованого на неробочій стороні пластини - 87,9%, при сукупному використанні обох методів гетерування - 92,5%. Як видно, застосування будь-якого із запропонованих способів отримання діодних структур дозволяє підвищити вихід придатних приладів за зворотним струмом в порівнянні з базовою технологією.

На рис. 3 приведені зворотні гілки ВАХ діодних структур, виготовленої за базовою технологією (крива 1), а також у разі використання 2 стадій гетерування структурно-домішкових дефектів (крива 2). Видно, що використання гетерування дає можливість суттєво знизити рівень зворотних струмів та підвищити напругу пробую діода.

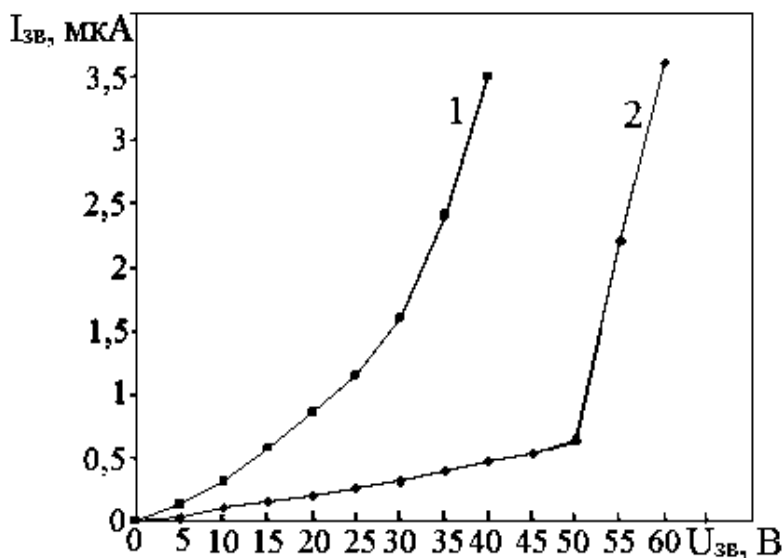


Рис. 3. Вольт-амперні характеристики діодних структур: 1 – виготовленою за базовою технологією; 2 – виготовленої з використанням двох стадій гетерування

Висновки. Таким чином, причиною низького відсотка виходу структур діода Шотткі на операції контролю рівня їх зворотних струмів є окислювальні дефекти упакування, що утворюються в активних областях діодів у процесі проведення термічного окиснення та домішкові забруднення на поверхні діодних структур. Розроблена технологія виготовлення структур діода Шотткі із застосуванням 2 стадій гетерування структурно-домішкових дефектів дозволяє запобігти утворенню або ліквідувати вже утворені окислювальні дефекти упакування в активних областях діодів і покращити стан поверхні діодних структур, що забезпечує зниження рівня зворотних струмів діодів і, як наслідок, підвищення виходу придатних приладів.

Список використаної літератури:

1. Савицька М.П., Ботнар Л.Б. Аналогові електронні пристрої. Навчальний посібник. Модуль 1 та 2. Одеса: ОНАЗ, 2009. 144с.
2. Meda L., Gerofolini G.F., Queirodo Gr. Impurities and defects in silicon single crystal //Progress Crystal Growth and Characterization, 1987. Vol. 15. №2. P. 97-131.
3. Литвиненко В.М., Вікулін І.М. Вплив властивостей поверхні на зворотні характеристики напівпровідникових приладів. Вісник ХНТУ, 2018. Т. 64. №1. С. 46-56.
4. Ravi K.V. Imperfections and Impurities in Semiconductor Silicon. John Wiley & Sons, New York, 1981. 379 p.
5. Павлов С. М. Основи мікроелектроніки. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 224с.
6. Renschi S. Durability of mechanical damage gettering effect in Si wafers // Japanese Journal of Applied Physies. 1984. Vol. 23, №8. Pt.1. P. 959-964.

Чайка Т.О.

*канд. екон. наук., зав. відділу еколого-економічного розвитку сільських територій
Полтавське відділення Академії наук технологічної кібернетики України
м. Полтава, chayka_ta@ukr.net*

ВПЛИВ ОБРОБКИ БІОПРЕПАРАТАМИ РІЗНОЇ ПРИРОДИ НА ФІЗІОЛОГІЧНІ МАРКЕРИ СТРЕСОСТІЙКОСТІ Й УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ ЗА ОРГАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Вступ. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є однією з найважливіших білково-олійних культур світу, що забезпечує значну частину потреб людства у рослинному білку та олії [1]. В умовах України соя займає провідне місце серед зернобобових культур, проте її продуктивність суттєво залежить від кліматичних факторів, особливо водозабезпеченості та температурного режиму [2, 3]. Глобальні кліматичні зміни, що супроводжуються підвищенням температури повітря, нерівномірністю розподілу опадів і зростанням частоти екстремальних погодних явищ, створюють нові виклики для стабільного виробництва сої та потребують розробки інноваційних підходів до її вирощування [4].

Органічне землеробство як альтернатива традиційним інтенсивним технологіям набуває все більшого поширення завдяки екологічним перевагам і підвищеному попиту споживачів на органічну продукцію [5]. Однак відмова від синтетичних добрив і пестицидів створює додаткові виклики для забезпечення стабільної продуктивності культур, особливо в умовах абіотичних стресів. За таких обставин особливого значення набуває використання біологічних препаратів різної природи та механізмів дії, які здатні підвищити стресостійкість рослин та оптимізувати їхні фізіологічні процеси [6].

Сучасні біопрепарати для рослинництва методами органічного землеробства представлені широким спектром мікроорганізмів і біологічно активних речовин, включаючи азотфіксуючі ризобіальні бактерії, мікоризоутворюючі гриби, фосфатмобілізуєчі мікроорганізми, фітогормональні комплекси й їх різноманітні комбінації [7, 8]. Кожна з цих груп препаратів має специфічні механізми впливу на рослинний організм: азотфіксуючі бактерії забезпечують додаткове азотне живлення через симбіотичну фіксацію атмосферного азоту, мікоризні гриби покращують водно-мінеральне живлення та підвищують стійкість до посухи, а фітогормональні препарати стимулюють ростові процеси та адаптивні реакції рослин.

Однак, незважаючи на зростаючий інтерес до використання біопрепаратів у рослинництві, комплексні дослідження їх впливу на фізіологічні маркери стресостійкості сої в умовах органічного землеробства залишаються обмеженими. Особливо актуальним є вивчення ефективності різних комбінацій біопрепаратів та їх взаємодії з кліматичними факторами, що дозволить оптимізувати технології вирощування сої для різних агрокліматичних зон і років з контрастними погодними умовами.

Основна частина. Відносний вміст води (RWC), продихова провідність (SC) та ефективність використання води (WUE) є ключовими фізіологічними параметрами, що характеризують водний статус рослин та їхню здатність протистояти посусі.

Ці показники тісно взаємопов'язані та відображають різні аспекти водного обміну рослин, їх адаптивної здатності до несприятливих умов середовища та загальної фізіологічної активності. Розуміння змін цих параметрів під впливом кліматичних умов та біологічних препаратів має вирішальне значення для розробки ефективних агротехнологій вирощування сої в умовах змін клімату та підвищення посушливості.

Відносний вміст води характеризує ступінь насиченості тканин рослини водою та є інтегральним показником водного статусу, який безпосередньо впливає на інтенсивність фотосинтезу, транспірації та інших метаболічних процесів. Продихова провідність відображає здатність рослини регулювати водні втрати через продихи та є ключовим механізмом адаптації до водного стресу. Ефективність використання води демонструє співвідношення між накопиченням біомаси та витратами води, що є критично важливим показником для оцінки адаптивного потенціалу сортів та ефективності агротехнологічних заходів в умовах обмеженого водозабезпечення.

У дослідженні з впливу біопрепаратів різної природи впродовж 2022-2024 рр. на рослини сої в умовах Полтавської області було використано наступні схеми: 1) control – обробка насіння та рослин еквівалентною кількістю води; 2) Profix – передпосівна інокуляція насіння Profix® (1,25 кг/500 кг); 3) Vioiar – передпосівна обробка насіння Віолар (0,5 л/т) й оприскування рослин Віолар® (10 мл/га) у фазу BBCH 61; 4) Мус – передпосівна обробка насіння Мікофренд-р® (1,5 л/т); 5) Prof+Vio – передпосівна інокуляція насіння Profix. У фазу BBCH 61 обприскування рослин Віолар; 6) Мус+Prof – передпосівна обробка насіння Мікофренд-т (1,5 кг/т) з наступною інокуляцією Profix; 7) Мус+Vio – передпосівна обробка насіння Мікофренд-т. У фазу BBCH 61 обприскування рослин Віолар; 8) Мус+Prof+Vio – передпосівна обробка насіння Мікофренд-т з наступною інокуляцією Profix. У фазу BBCH 61 обприскування рослин Віолар.

Метеорологічні умови трьох років дослідження суттєво різнилися, що створило унікальні можливості для оцінки адаптивності різних схем обробки: 2022 р. – помірні температурні режими (середньомісячна температура 14,5–21,3 °C) і достатнє зволоження (38–57 мм опадів щомісячно); 2023 р. – нестабільними температурними коливаннями (15,5–22 °C) з підвищеною кількістю опадів (47–67 мм); 2024 р. – найбільш екстремальний з найвищими температурами (до 24,1 °C у липні) та критично низькою кількістю опадів (лише 3 мм у липні та серпні), що створило значний водний стрес для рослин.

Теплова карта з фізіологічними маркерами стресостійкості та врожайності рослин сої залежно від погодно-кліматичних умов і варіантів обробок наведено на рис. 1–2.

Аналіз теплової карти на рис. 1 демонструє, що показники RWC у 2022 р. характеризуються помірними значеннями (зелено-жовте забарвлення) для більшості варіантів обробки, окрім контролю, який виявляє стабільно нижчі параметри.

Комбіновані обробки, особливо Мус+Prof+Vio та Мус+Vio, демонструють найвищі показники WUE, що відображається яскраво-жовтим забарвленням на тепловій карті. Особливо важливо відзначити чіткий градієнт покращення усіх досліджуваних параметрів від контрольного варіанту до варіанту з потрібною комбінацією препаратів.

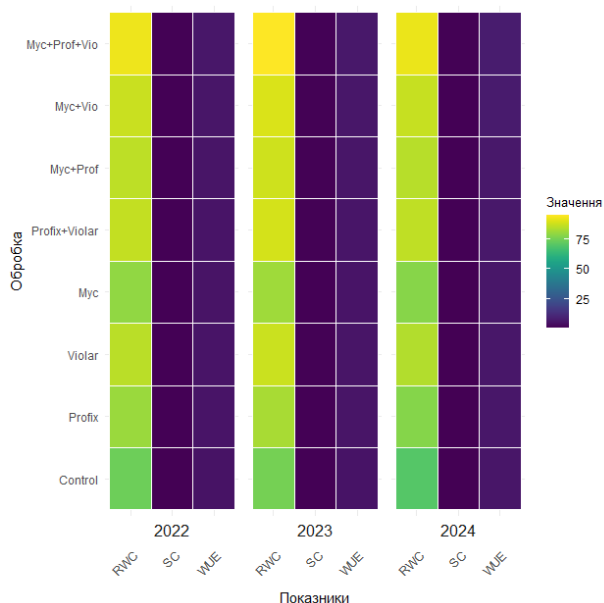


Рис. 1. Теплова карта показників RWC, SC і WUE рослин сої залежно від обробок, 2022–2024 рр.

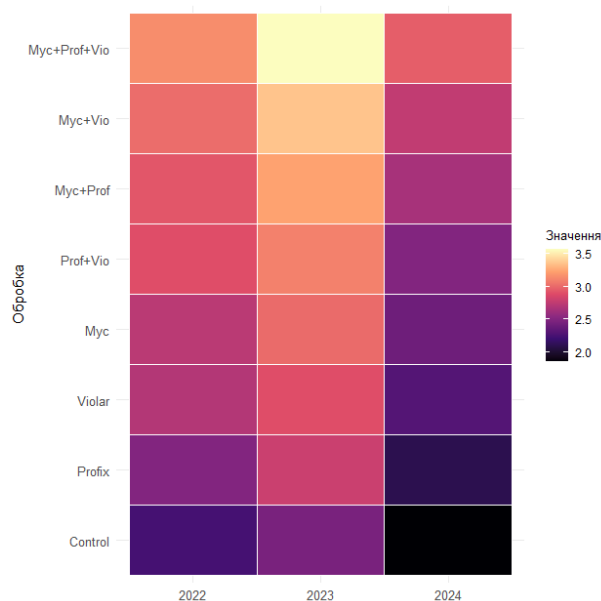


Рис. 2. Теплова карта врожайності сої залежно від обробок, 2022–2024 рр.

Теплова карта відображає загальне підвищення інтенсивності забарвлення в 2023 р. для параметрів RWC та WUE порівняно з 2022 р., що свідчить про активізацію адаптивних механізмів рослин. Продихова провідність (SC) демонструє контрастні зміни між варіантами обробки, при цьому найнижчі показники (темно-фіолетове забарвлення) характерні для варіантів Myc+Prof+Vio та Myc+Vio, що вказує на оптимізацію транспіраційних процесів та зниження водних втрат.

Теплова карта демонструє загальне зниження інтенсивності забарвлення в 2024 р. для параметра SC порівняно з 2023 р., що відображає адаптивну реакцію продихового апарату на водний дефіцит. Водночас спостерігається збереження високих показників WUE для комбінованих обробок, особливо для варіанту Myc+Prof+Vio, що підтверджує їх ефективність у підвищенні водоефективності рослин в умовах посухи.

Контрольний варіант стабільно демонструє найнижчі значення позитивних параметрів (RWC, WUE) протягом усіх років дослідження. Теплова карта (див. рис. 1) відображає це темним забарвленням відповідних комірок, що вказує на обмежені адаптивні можливості рослин без застосування біопрепаратів. Особливо критичною є ситуація в 2024 р., коли контрольні рослини демонструють мінімальні значення всіх досліджуваних параметрів.

Застосування окремих біопрепаратів (Profix, Violar, Myc) забезпечує помірне покращення фізіологічних показників порівняно з контролем.

Серед монопрепаратів Violar демонструє найкращі результати за показниками WUE та RWC, що відображається світлішим забарвленням відповідних комірок теплової карти. Препарат Myc забезпечує більш стабільні показники в умовах посухи 2024 р., що підтверджує важливість мікоризних асоціацій для підвищення стресостійкості.

Комбінування біопрепаратів (Profix+Violar, Мус+Prof, Мус+Vio) призводить до значного покращення всіх дослідних параметрів порівняно з монопрепаратами. Теплова карта чітко демонструє синергетичний ефект подвійних комбінацій через підвищення інтенсивності забарвлення. Варіант Мус+Vio виявляє найкращі результати серед подвійних комбінацій за показниками WUE та RWC, що особливо помітно у стресових умовах 2024 року.

Потрійна комбінація біопрепаратів (Мус+Prof+Vio) стабільно демонструє найвищі значення позитивних параметрів, що відображається яскраво-жовтим забарвленням для WUE та RWC на тепловій карті. Навіть у посушливому 2024 р. зберігається висока ефективність цієї обробки за всіма параметрами, що підтверджує максимальний адаптивний потенціал даної комбінації.

Аналіз теплової карти на рис. 1 демонструє чітке підвищення RWC від контрольного варіанту до варіанту з потрійною комбінацією у всі роки дослідження. У 2024 р. різниця між варіантами обробок стає більш контрастною, що підтверджує критичну роль біопрепаратів у підтримці водного статусу рослин за умов водного дефіциту. Градієнт забарвлення від темно-фіолетового (контроль) до яскраво-жовтого (Мус+Prof+Vio) наочно демонструє ефективність комплексного застосування біопрепаратів.

WUE виявляється найбільш контрастним показником на тепловій карті, демонструючи чіткий градієнт від контролю до комбінованих обробок. У 2024 р. спостерігається загальне підвищення WUE для всіх варіантів, що вказує на адаптивну реакцію рослин на водний дефіцит. Проте найвищі значення цього параметра зберігають варіанти з комплексним застосуванням біопрепаратів.

Динаміка продигової провідності (SC) відображає складні адаптивні процеси регуляції водного режиму рослин. У сприятливих умовах 2022–2023 рр. варіанти з біопрепаратами демонструють оптимальні значення SC, тоді як у стресових умовах 2024 р. спостерігається загальне зниження цього параметра як адаптивна реакція на водний дефіцит.

На рис. 2 представлена теплова карта, що відображає врожайність сої, демонструє чіткі закономірності, які корелюють з фізіологічними показниками. Колірна гамма від темно-фіолетового (мінімальні значення) до яскраво-жовтого (максимальні значення) дозволяє візуально оцінити продуктивний потенціал різних варіантів обробки.

2022 р. характеризується помірними показниками врожайності для більшості варіантів, при цьому контрольний варіант демонструє найнижчі значення (темно-фіолетове забарвлення). Комбіновані обробки, особливо Мус+Prof+Vio, виявляють найвищі показники продуктивності (яскраво-жовте забарвлення).

2023 р. відзначається загальним підвищенням врожайності порівняно з 2022 р., що відображається світлішими тонами забарвлення для більшості варіантів. Це корелює з оптимальними умовами зволоження й активацією симбіотичних процесів.

2024 р. демонструє найбільш контрастні відмінності між варіантами обробки. Екстремальні посушливі умови призвели до критичного зниження врожайності контрольного варіанту (чорне забарвлення), тоді як комбіновані обробки зберігають відносно високі показники продуктивності.

Порівняльний аналіз двох теплових карт виявляє сильну позитивну кореляцію між фізіологічними маркерами стресостійкості та врожайністю. Варіанти з найвищими показниками RWC та WUE демонструють найбільшу продуктивність, що підтверджує валідність використання цих параметрів як предикторів урожайності в умовах водного стресу.

Результати теплових карт дозволяють ідентифікувати специфічні механізми дії різних груп біопрепаратів:

1. Мікоризний препарат (Мікофренд) забезпечує стабільне покращення водного статусу рослин через розширення кореневої системи та підвищення ефективності поглинання води і мінеральних елементів.

2. Азотфіксуючі бактерії у Profix оптимізують азотне живлення, що опосередковано впливає на водний обмін через покращення загального фізіологічного стану рослин.

3. Фітогормональний препарат (Віолар) стимулює адаптивні реакції рослин, включаючи регуляцію продихового апарату та оптимізацію водного режиму.

Теплові карти наочно демонструють синергетичні ефекти комбінованого застосування біопрепаратів. Потрійна комбінація Мус+Prof+Vio забезпечує максимальну ефективність через комплексний вплив на різні фізіологічні системи рослин: мікоризні гриби покращують водно-мінеральне живлення, ризобіальні бактерії забезпечують азотну фіксацію, а фітогормони стимулюють адаптивні процеси.

Результати аналізу теплових карт мають важливе практичне значення для розробки агротехнологічних рекомендацій: 1) для регіонів з достатнім зволоженням доцільно використовувати потрібні комбінації біопрепаратів для максимізації продуктивності; 2) для засушливих регіонів пріоритетними є мікоризні препарати та їх комбінації для підвищення водоефективності; 3) для нестабільних кліматичних умов рекомендуються подвійні комбінації як оптимальне співвідношення ефективності та економічної доцільності.

Висновки. Механізм дії біопрепаратів на водний режим рослин сої полягає у комплексному впливі на різні аспекти водного обміну: покращення поглинання води з ґрунту за рахунок мікоризації кореневої системи, оптимізація гормонального балансу та регуляція продихової діяльності, стимуляція розвитку кореневої системи та підвищення водоутримуючої здатності клітин. Застосування біопрепаратів є ефективним екологічно безпечним елементом технології вирощування сої, що дозволяє підвищити посухостійкість культури, стабілізувати її продуктивність в умовах водного дефіциту та зменшити негативний вплив посухи на агроєкосистеми.

Список літератури

1. Capua G.D., Rahmstorf S. Extreme weather in a changing climate. *Environmental Research Letters*. 2023. Vol. 18, 102001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acfb23>

2. Чайка Т.О., Ляшенко В.В., Хоменко Б.С. Вплив інокуляції насіння на врожайність сої за органічної технології вирощування. *Таврійський науковий вісник. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 133. С. 180–187. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.24>

3. Чайка Т. О. Вирощування сої та нішевих культур в Україні за органічними технологіями: перспективи, економічна ефективність і технологічні аспекти. *Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин* : I Міжнар. наук.-практ. конф., 20 берез. 2025 р. Біла Церква : БНАУ, 2025. С. 9–13.

4. Díaz-Rodríguez A.M., Parra Cota F.I., Cira Chávez L.A., et al. Microbial inoculants in sustainable agriculture: advancements, challenges, and future directions. *Plants*. 2025. Vol 14(2), 191. <https://doi.org/10.3390/plants14020191>

5. Чайка Т.О. *Розвиток виробництва органічної продукції в аграрному секторі економіки України* : моногр. Донецьк : Ноулідж, 2013. 320 с.

6. Yaghoubian I., Modarres-Sanavy S.A.M., Smith D.L. Plant growth promoting microorganisms (PGPM) as an eco-friendly option to mitigate water deficit in soybean (*Glycine max* L.): Growth, physio-biochemical properties and oil content. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022. Vol. 191. P. 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.09.013>

7. Чайка Т.О. Інокуляція насіння як передумова високої врожайності сої за органічної технології вирощування. *Теорія та практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій* : XXV Міжнар. наук.-практ. форум, 2–4 жовт. 2024 р. Дубляни : ЛНУП, 2024. С. 226–229.

8. Чайка Т.О. Мікориза – ефективні біотехнології в рослинництві. *Проблеми та досягнення сучасної біотехнології* : V Міжнар. наук.-практ. конф., 28 берез. 2025 р. Харків : НФаУ, 2025. С. 395–396.

УДК 628.15

Шинкаренко І.Ю.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЕКОНОМІЧНОГО ФАКТОРУ ТРУБОПРОВІДІВ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

Вступ. В Україні запорукою врожайності та продовольчої безпеки є зрошення, як повідомляють у Комітеті з питань аграрної та земельної політики. Поливу, станом на сьогодні, потребують щонайменше 1,2 млн га земель. Разом з тим виникає необхідність для будівництва нових і реставрації вже існуючих систем зрошення [1].

Основна частина. Відомо, що при розрахунках трубопроводів зовнішніх водопровідних мереж, якщо зменшити діаметри при незмінній витраті, збільшуються швидкість і втрати напору, а зі збільшенням швидкості та втрат напору зростають експлуатаційні витрати. Тому при визначенні діаметра трубопроводу необхідно прагнути до визначення економічно найвигіднішого діаметра, що відповідає мінімуму його наведеної вартості, яка включає витрати на будівництво та на експлуатацію трубопроводу. Вибір економічно доцільного діаметра трубопроводу має особливе значення при гідравлічному розрахунку зрошувальних мереж.

Теорія стосовно техніко-економічних розрахунків водопровідних мереж розвивалась з початку 40-х років минулого століття в роботах М. Абрамова, В. Ільїна, Л. Мошніна, П. Хоружого та інш. [2, с. 129]. Але незважаючи на вивченість цього питання, у зв'язку з особливостями роботи сучасних систем водопостачання, новими матеріалами трубопроводів та неточністю одних і громіздкістю інших методів розрахунків, воно потребує уточнення.

Проведемо розрахунок економічного фактору для сталевих і пластмасових труб за різними методами.

За таблицями Шевелева [3, с. 22] значення економічного фактору пропонується визначати за формулою

$$E = \frac{m \cdot \beta}{\alpha \cdot b} \quad (1)$$

де b та α – коефіцієнти (для сталевих труб у формулі рекомендують прийняти $b = 53$ та $\alpha = 1,4$; для пластикових труб $b = 150$ та $\alpha = 1,95$); β – коефіцієнт, який враховує вартість електроенергії, коефіцієнт нерівномірності споживання і подачі води, ККД насоса, термін окупності та інш. При вартості електроенергії 6,86 грн/кВт-год, економічний фактор що визначений за довідниковим посібником Шевелева наведений в таблиці 1.

За методикою О. Ткачука [2] параметр, що враховує вартість будівництва та експлуатації трубопроводу на i -й ділянці (аналогічно економічному фактору) рекомендується розраховувати за формулою

$$E_i = \left(\frac{85900 \cdot k_i \cdot m_i \cdot \sigma_0}{\alpha_i \cdot b_i \cdot \eta_p \cdot \left(\frac{1}{S_{et}} + P_a \right)} \right)^{\frac{1}{\alpha + m}} \quad (2)$$

де σ_0 – вартість 1 кВт електроенергії, грн; η_p – коефіцієнти корисної дії насосних агрегатів (в середньому можна приймати $\eta_p = 0,7$); параметр k_i для сталевих труб, за рекомендаціями автора, можна приймати 0,00148, для пластмасових – 0,00105; параметр m_i для сталевих труб можна приймати 5,08, для пластмасових – 4,774; параметр α для сталевих труб – 1,15, для пластмасових – 1,5; параметр b складає для сталевих труб – 705, для пластмасових – 1340; параметр P_a для сталевих труб, за рекомендаціями автора, для сталевих труб – 0,055, для пластмасових – 0,026; S_{et} – параметр, який при терміні експлуатації трубопроводу більше 25 років визначається за формулою

$$S_{et} = 1 + 1/e \quad (3)$$

де e – коефіцієнтів дисконтування ($e \approx 0,16$).

Таблиця 1

Економічний фактор розрахований за різними методами

Матеріал труб	Економічний фактор	
	за довідником Шевелева	за формулою О. Ткачука
сталеві	8,4	4,7
пластмасові	2	4,3

Результати розрахунку економічного фактору за методикою О. Ткачука наведені в таблиці.

За рекомендаціями в таблицях Шевелева економічний фактор для сталевих труб в Україні рекомендувався приймати рівним 1. Як показують розрахунки в таблиці наразі його значення складає 8,4.

За іншою методикою[2, с. 129], автор наводив значення економічного фактору в межах від 0,92 до 1,11 для водопровідних мереж. Як показують розрахунки таблиці, ці значення також відрізняються від розрахованих нами при вартості електроенергії 6,86 грн/кВт-год.

Висновок. Отже, значення економічного фактору для водопровідних мереж на сьогодні залишається не визначеним, адже в порівнянні з методиками, які були опрацьовані в минулих роках, наразі економічні показники зазнають швидких змін. Питання визначення економічного фактору для водопровідних мереж потребує подальших досліджень.

Список використаних джерел: 1. Відновлення зрошення в Україні - запорука для збільшення врожайності. Комітет з питань аграрної та земельної політики : веб-сайт URL: https://komagropolit.rada.gov.ua/news/main_news/75402.html (дата звернення: 12.05.2025). 2. Ткачук О. А. Вплив змін основних параметрів на економічно вигідні діаметри водоводів і водопровідних мереж. *Науково-технічний збірник «Коммунальное хозяйство городов». Технічні науки.* ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 2004. №60. С. 129-138. 3. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблиці для гідравлічного розрахунку водопровідних труб: довідниковий посібник. Стройиздат, 1984. С. 21-23.

УДК 621.313

Шинкаренко І.Ю.

викладач кафедри водогосподарської інженерії Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРСТАННЯ МІНІ ГЕС

Вступ. Проблема отримання дешевої теплової та електричної енергії особливо гостра й актуальна для мешканців, які проживають у віддалених районах від міст із не розвиненою енергосистемою. Особливо вона актуальна сьогодні у період відключення електроенергії та енергетичних блекаутів. Останнім часом через зростання тарифів на електроенергію все більш актуальними стають відновлювані джерела практично безплатної енергії. До того ж, деякі райони та села важко повністю охопити мережею централізованого електропостачання, тому, що враховуючи особливості території, доцільно максимально використовувати природні екологічно чисті відновлювані джерела енергії – сонце, вітер, воду. Тому актуальність завдання отримання дешевої теплової та електричної енергії взагалі без витрат палива – для багатьох регіонів світу вкрай висока. Однак, якщо поряд з місцем проживання є річка, то цю проблему можна вирішити за допомогою мінігідроелектростанції (ГЕС).

Проблему електропостачання малопотужних споживачів можна досить економічно вирішити за допомогою електростанцій малої потужності, які можуть бути встановлені на річках з необхідною кількістю гідроресурсів.

Вироблення електроенергії економічно вигідна від занурювальних, які використовують енергію вільного потоку річки гідроустановок спрощеної конструкції. Ці ГЕС зручні для невеликих селищ, фермерських господарств як основне джерело енергії та можуть працювати паралельно із дизельними електростанціями.

Основна частина. У статті А. Мороз «Етапи становлення та сучасний стан малої гідроенергетики України. Відновлювана енергетика» зустрічаємо визначення, що мала гідроелектростанція або мала ГЕС (МГЕС) – гідроелектростанція, що виробляє порівняно малу кількість електроенергії й заснована на гідроенергетичних установках потужністю від 1 до 3000 кВт. Автор зауважує, що загальноприйнятого для всіх країн поняття малої гідроелектростанції немає, як основну характеристику таких ГЕС прийнято називати їх встановлену потужність. Установки для малої гідроенергетики класифікують за потужністю: обладнання для міні гідроелектростанції потужністю до 100 кВт; обладнання для мікрогідроелектростанцій потужністю до 1000 кВт [1, с. 59].

Від того, який напір води використовує мікрогідроелектростанція, різняться і види застосовуваних в обладнанні турбін. Ковшові та радіально-осьові турбіни розроблені для високонапірних ГЕС. Поворотно-лопатеві та радіально-осьові турбіни застосовуються на середньонапірних станціях. На низьконапірних малих гідроелектростанціях (МГЕС) встановлюють в основному поворотно-лопатеві турбіни в залізобетонні камери.

Що стосується принципу роботи турбіни, то він у всіх конструкціях практично ідентичний: вода під напором надходить на лопаті турбіни, які починають обертання. При цьому енергія обертів передається на гідрогенератор, який відповідає за вироблення електроенергії. Тож турбіни для об'єктів підбираються відповідно до деяких технічних характеристик, серед яких головною залишається напір води. Крім того, турбіни вибираються залежно від виду камери яка йде в комплекті – сталева або залізобетонна.

Зауважимо, що потужність міні ГЕС залежить від напору та витрати води, а також від ККД використовуваних турбін та генераторів. Через те, що за природними законами рівень води постійно змінюється, залежно від сезону, а також ще з низки причин, як вираз потужності гідроелектричної станції заведено брати циклічну потужність. Наприклад, розрізняють річний, місячний, тижневий чи добовий цикли роботи.

При виборі міні ГЕС варто орієнтуватися на таке енергетичне обладнання яке було б адаптоване під конкретні потреби об'єкта та відповідало таким критеріям, як:

- наявність надійних та зручних в експлуатації засобів управління та контролю над роботою обладнання;
- керування обладнанням в автоматичному режимі з можливістю переходу при необхідності на ручне керування;
- генератор та турбіна гідроагрегата повинні мати надійний захист від ймовірних аварійних ситуацій;
- площі та обсяги будівельних робіт для встановлення малих ГЕС мають бути мінімальними.

Говорячи про малі гідроелектростанції, варто відзначити й таку їхню перевагу, як повний ресурс їхньої роботи, який становить не менше 40 років. Важливо, що об'єкти малої енергетики не вимагають організації великих водоймищ з відповідним затопленням території та колосальними матеріальними збитками.

Одним із найважливіших економічних факторів є вічна відновлюваність гідротехнічних ресурсів. Якщо підрахувати буквальну вигоду від застосування малих ГЕС, то з'ясується, що електроенергія, яку вони виробляють практично в 4 рази дешевше електроенергії, яку споживач отримує від теплоелектростанцій.

Наразі розроблені міні ГЕС для рівнинних річок та каналів, які пацюють при похилах дна водотоків 0,0003-0,005 і глибинах 0,5 – 3,85 м, при швидкості руху води 1-4 м/с. Таким чином, міні ГЕС можна влаштовувати навіть в каналах із земляним руслом.

Висновки. Гідроелектростанції малої потужності мають цілу низку переваг, які роблять це обладнання дедалі популярнішим. Насамперед варто відзначити екологічну безпеку міні ГЕС – критерій, що стає дедалі більше важливим у світлі проблем захисту довкілля. Малі гідроелектростанції не завдають шкідливого впливу ні властивості, ні якості води. Акваторії, де встановлюється гідроелектростанція малої потужності, можна використовувати як для рибогосподарської діяльності, а також як джерело водопостачання населених пунктів та джерело зрошення. Крім того, для роботи малих ГЕС немає потреби у наявності великих водоймищ. Вони можуть функціонувати, використовуючи енергію перебігу невеликих річок та навіть струмків.

Що стосується економічної ефективності, то і тут у мікро та міні гідроелектростанцій є чимало переваг. Станції, розроблені з урахуванням сучасних технологій, відрізняються простотою в управлінні, вони повністю автоматизовані. Фахівці відзначають, що і якість струму, що виробляється малими ГЕС, відповідає вимогам ДСТУ як за напругою, так і за частотою. При цьому, міні ГЕС можуть діяти як автономно, так і у складі електромережі.

Список використаної літератури: 1. Мороз А. В. Етапи становлення та сучасний стан малої гідроенергетики України. Відновлювана енергетика. 2013. № 4 (35). С. 59-63.

УДК 626.86

Воропай Г.В. Харламов О.І., Котикович І.В., Зосимович А.О.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ

ТЕХНІЧНИЙ СТАН ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ У ЗОНІ ОСУШУВАЛЬНИХ МЕЛІОРАЦІЙ

Вступ. Дренажні системи в зоні осушувальних меліорацій України є важливою складовою забезпечення сталого виробництва сільськогосподарської продукції, особливо в роки з несприятливими погодними умовами. Заразом у нинішніх умовах зміни клімату та військової агресії значимість відновлення дренажних систем та розширення їх функціональної здатності зростає не тільки з позицій необхідності підвищення продуктивності меліорованих земель, але і забезпечення стратегічної продовольчої та водної безпеки нашої держави.

Тому важливим є проведення натурних досліджень щодо встановлення та оцінювання їх технічного стану.

Основна частина. Натурні дослідження з визначення технічного стану інженерної інфраструктури дренажних систем проводили на осушувальній системі (ОС) «Ставок» (Сарненський район, Рівненська область), рисунок 1.

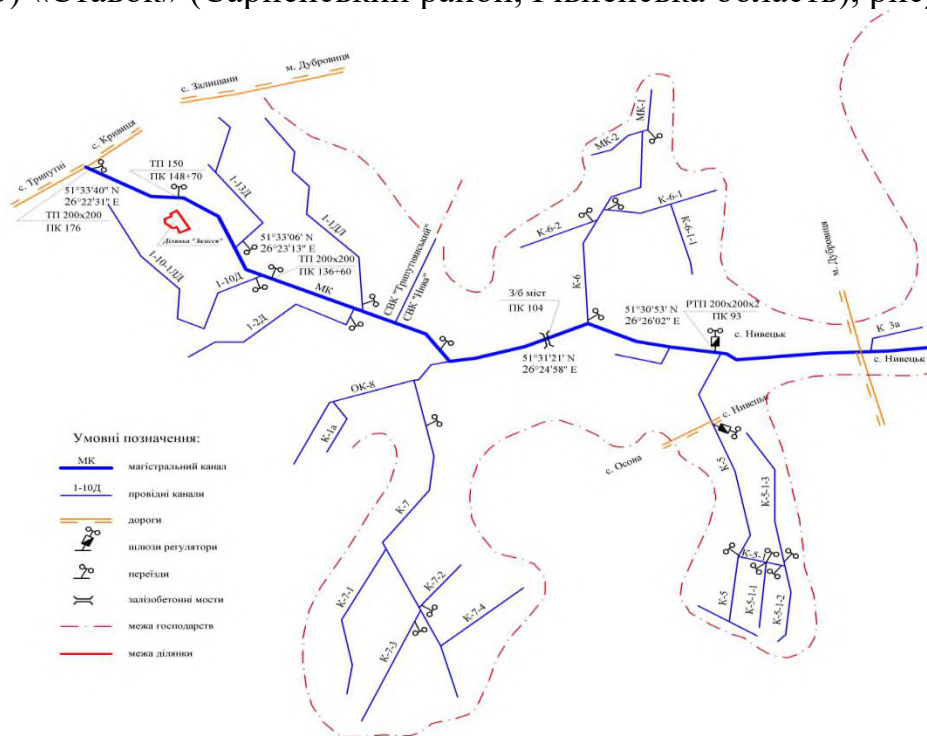


Рисунок 1 – Схема осушувальної системи «Ставок»

Методика проведення досліджень включає отримання інформації про сучасний стан функціонування ОС «Ставок» та проведення комплексу наступних робіт:

- обстеження осушувальної мережі (відкритих каналів) та споруд на ній (переїздів, шлюзів-регуляторів);
- фотофіксація їх стану на момент обстеження;
- збір картографічних матеріалів та проектно-виконавчої документації;
- побудову схеми обстеження ділянки;
- аналіз метеорологічних умов на об'єкті досліджень.

До основних наслідків кліматичних змін, які проявляються в підвищенні температури повітря та зміні річної динаміки атмосферних опадів, належить зміна кількості водних ресурсів та забезпеченості ними різних галузей економіки [1–3].

Територія Рівненської області належить до двох ландшафтних зон – Полісся та Лісостепу. У період 2013–2017 рр. у порівнянні з 2008–2012 рр. середня температура липня зросла в середньому на 0,4 °С, а ріст середньої температури січня особливо помітним є в поліських районах області – в середньому 0,6–0,7 °С. У літній період суттєво зростає ймовірність підвищення температури більше +30 °С. Зростає тривалість спекотних періодів. Травень та вересень за температурним режимом прирівнюються до літніх місяців [4].

Атмосферні опади є одним із основних факторів, які визначають особливості регіонального клімату. Кількість і сезонний розподіл опадів є визначальними показниками формування режиму зволоження території, які зумовлюють гідрологічний режим, характер зволоження ґрунту та інші характеристики екологічного стану та кліматичних ресурсів регіону.

На відміну від температури повітря річна сума атмосферних опадів у порівнянні для періодів 1991–2020 рр. та 1961–1990 рр. як загалом в Україні, так і в зоні осушувальних меліорацій переважно змінилася несуттєво (у межах 5–10%). Сучасні коливання середньорічних сум опадів відбуваються в межах кліматичної норми [5]. Загальною тенденцією є перерозподіл сезонних та місячних значень опадів та їх інтенсивності, що проявляється у зменшенні їх кількості взимку і влітку та збільшенні весною і восени [6].

ОС «Ставок» є природно-господарським комплексом, до складу якого входять осушувана територія та інженерні споруди, які забезпечують оптимальний водно-повітряний режим ґрунту шляхом видалення надлишку вологи та отримання сталих врожаїв сільськогосподарських культур, мінімізації проявів шкідливої дії вод та збереження необхідного рівня екологічної рівноваги.

Загальна площа системи складає 3708 га, включаючи внутрішньогосподарську мережу. В робочому стані знаходиться 3485 га, із них 3339 га – це осушувані землі, де побудовано гончарний дренаж, а на 1937 га осушуваних земель передбачено можливості двостороннього регулювання водного режиму ґрунту. Дороги в межах функціонування осушувальної системи мають протяжність 5,2 км. Відкрита мережа каналів має загальну довжину 158,3 км, включаючи магістральний та провідні канали (137,6 км), регулюючу (10 км) та огорожувальну (10,7 км) мережі. На відкритій мережі розташовані 117 споруд, включаючи шлюзи-регулятори (32 шт.), трубчаті переїзди (83 шт.) та 1 міст. Закрита мережа має протяжність 2148,1 км, з яких: 312,5 км – дрени та 1835,6 км – колектори. Споруди на закритій мережі налічують 1842 одиниці, з яких переважають гирла (1299 шт.) та колодязі (543 шт.)/, таблиця 1. Загальна балансова вартість системи становить 7496,0 тис. грн, із них 7347,5 тис. грн припадає на внутрішньогосподарську мережу.

Таблиця 1 – Технічні характеристики ОС «Ставок»

№ з/п	Найменування показника	Одиниця вимірювання	ОС «СТАВОК»		
			Всього на системі	В тому числі внутрішня мережа	Трипутнянська с/р
1.	Площа під каналами	га	110	110	9
2.	Всього (брутто)	га	381,8	381,8	186
3.	Загальна площа (нетто)	га	3708	3708	177
4.	В робочому стані	га	3485	3485	177
5.	З гончарним дренажем	га	3339	3339	177
6.	З двохстороннім регулюванням	га	1937	1937	165
7.	Відкрита мережа:				
	всього:	км	158,3	155,0	7,6
		тис. грн	771,6	753,4	50,1
	в тому числі:				
	МК і провідні канали	км	137,6	134,3	2,5
		тис. грн	666,5	654,3	15,1
	регулююча мережа	км	10	10	0,4
		тис. грн	50,1	50,1	5,0
	огорожувальна мережа	км	10,7	10,7	4,7
		тис. грн	55	55	30
8.	Закрита мережа:				
	всього:	км	2148,1	2148,1	115,3
		тис. грн	4577,8	4577,8	223,5
	в тому числі:				

	дрени	км	312,5	312,5	17
		тис. грн	990,1	990,1	49,5
	колектори	км	1835,6	1835,6	98,3
		тис. грн	3585,8	3585,8	174
9.	Споруди на відкритій мережі:				
	всього:	шт.	117	110	4
		тис. грн	1059,2	982,4	24,7
	в тому числі:				
	шлюзи-регулятори	шт.	32	29	-
		тис. грн	437,2	351,0	-
	трубчаті переїзди	шт.	83	80	4
		тис. грн	618,7	608,9	24,7
	мости	шт.	1	-	-
		тис. грн	0,8	-	-
10.	інші	шт.	1	1	-
		тис. грн	12,5	12,5	-
	Споруди на закритій мережі:				
	всього:	шт.	1842	1842	130
		тис. грн	386,0	386,0	62
	в тому числі:				
	колодязі	шт.	543	543	18
		тис. грн	235,6	235,6	49,5
	гирла	шт.	1299	1299	112
		тис. грн	150,4	150,4	12,5
11.	Дороги	км	5,2	5,2	-
		тис. грн	363,4	363,4	-
12.	Балансова вартість	тис. грн	7496,0	7347,5	360,3

Загальне візуальне обстеження об'єктів інженерної інфраструктури осушувальної системи включало: проведення загального огляду об'єкта; збирання інформації про особливості регіону та умови експлуатації меліоративної системи; аналіз наявної проектної та виконавчої документації, матеріалів наявних обстежень стану інженерних конструкцій тощо; вивчення матеріалів раніше проведених робіт з ремонту, підсилення і відновлення експлуатаційних показників інженерних конструкцій; візуальний огляд технічного стану конструкцій та інженерного обладнання, виявлення загального характеру дефектів і пошкоджень, викликаних умовами експлуатації, силовими та деформаційними впливами, вологою, існуючими навантаженнями тощо; вивчення стану меліорованої території, організації відведення поверхневих вод.

Результати візуального обстеження інженерної інфраструктури ОС «Ставок» на ділянці «Залісся» наведені на рисунках 2–3.

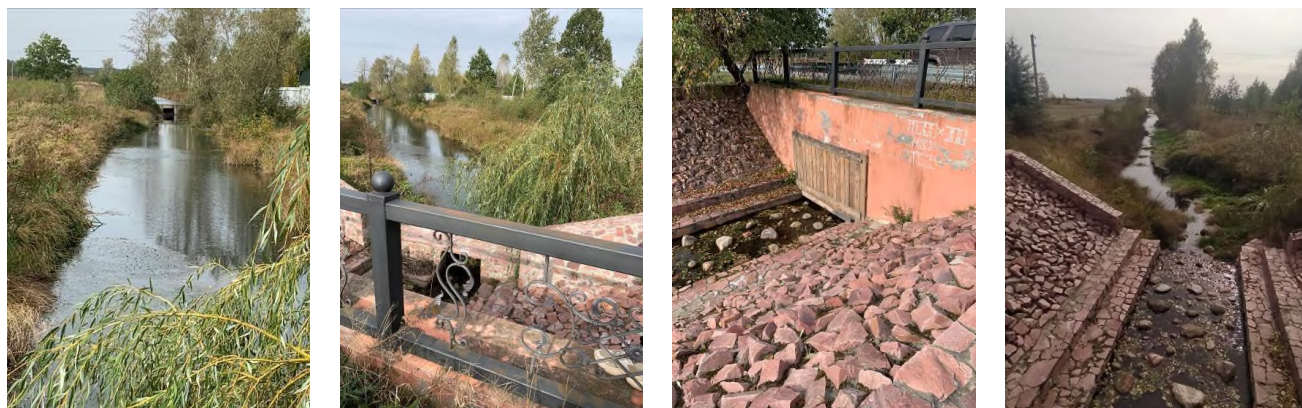


Рисунок – 2 Переїзд ТП 200х200 річка Вільшанка – магістральний канал



Рисунок 3 – Магістральний канал та трубчатий переїзд ТП 150 (пікет 148+70)

Основою для оцінки експлуатаційно-технічного стану інженерної інфраструктури осушувальної системи Ставок є базові показники та оціночні критерії згідно з «Методикою проведення натурних досліджень та оцінки технічного стану меліорованих систем гумідної зони України» [7], таблиця 2.

Таблиця 2 – Система показників для обстеження і оцінки технічного стану основних об'єктів інженерної інфраструктури осушувальних систем

№ з/п	Основні складові меліоративних систем	Базові показники для оцінки технічного стану ГТС
Споруди на річках-водоприймачах (магістральних каналах) та акумуляційних ємкостях		
Відкриті канали		
1	В земляному руслі	- рослинність, сміття - замулення та засміченість дна - стан укосів - дренажність та посів трав - розмиви, стан траси
Гідротехнічні споруди на каналах		
2	Перегороджувальні споруди (регулятори, водовипуски, труби-переїзди та ін.)	- наноси - стан металевих конструкцій - тріщини, вибоїни - захисний шар підводної частини - гідроізоляція - просідання - ділянки з'єднання з каналами

Результати оцінки технічного стану інженерної інфраструктури ОС «Ставок» на ділянці «Залісся» наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Оцінка технічного стану інженерної інфраструктури ОС «Ставок» на ділянці «Залісся»

№ з/п	Найменування споруди на системі	Базовий показник	Критерій оцінки	Технічний стан споруди
1	2	3	4	5
1	Магістральний канал (трубчатий переїзд ТП)	- зміна площі поперечного перерізу (внаслідок заростання рослинністю)	від 5 до 10 %	задовільний

	200x200): річка Вільшанка – МК	- стан укосів (деформація, посів трав)	від 5 до 15 %	задовільний
2	Магістральний канал (трубчатий переїзд ТП 150, пікет 148+70)	- зміна площі поперечного перерізу (внаслідок замулення, заростання рослинністю)	від 10 до 15 %	незадовільний
		- стан укосів (деформація, посів трав)	більше 20 %	незадовільний
3	Трубчатий переїзд ТП 200x200, пікет 176, 51°33'40''N, 26°22'31''E	- замулення, наноси	до 5 % площі поперечного перерізу	добрий
		- деформація окремих елементів (зміщення, відшарування)	до 10 см від поверхні землі	добрий
		- руйнування окремих елементів (тріщини, вибоїни)	до 5% від площі елементу	добрий
		- стан захисного шару (фарбування, гідроізоляція)	до 5% від площі елементу	добрий
		- фізичний стан збірних елементів	відношення до проєктної фізичної величини: 8-13%	задовільний
1	2	3	4	5
4	Трубчатий переїзд ТП 150, пікет 148+70 (точка №2)	- замулення, наноси	до 10 % площі поперечного перерізу	задовільний
		- деформація окремих елементів (зміщення, відшарування)	15-20 см від поверхні землі	незадовільний
		руйнування окремих елементів (тріщини, вибоїни)	5-10% від площі елементу	задовільний
		- стан захисного шару (фарбування, гідроізоляція)	10-15% від площі елементу	незадовільний
		- фізичний стан збірних елементів	відношення до проєктної фізичної величини: 8-13%	задовільний

Висновок. У нинішніх умовах зміни клімату (нестабільності випадання опадів, зміни їх характеру та збільшення тривалості бездощових періодів) важливим є урахування природного водозабезпечення при відновленні дренажних систем.

Проведена оцінка технічного стану інженерної інфраструктури на ОС «Ставок», ділянка «Залісся», за базовими показниками та оціночними критеріями згідно з «Методикою проведення натурних досліджень та оцінки технічного

стану меліорованих систем гумідної зони України», свідчить про загальний задовільний її стан. Відповідно до «[Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року](#)» відновлення такої системи доцільно проводити шляхом її модернізації.

1. Reuters, “Brazil Foreign Minister Says ‘There is No Climate Change Catastrophe’,” 11 September 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.reuters.com/article/us-brazil-environment-araujo/brazil-foreign-minister-says-there-is-no-climate-change-catastrophe-idUSKCN1VW2S2>.

2. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / [С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.

3. Ромащенко М.І. Вплив змін клімату на стан забезпечення України водними ресурсами // «Вода для всіх»: присвячено Всесвітньому дню водних ресурсів: Міжнар. наук.-практ. конференція: тези доп. Київ, 2019. С. 11–12.

4. Романів О. Я., Білик О. В. Вплив на агросферу просторово-часових закономірностей гідротермічних характеристик клімату Рівненської області // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". 2020. №18. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2020-18-6558>.

5. Адаптація до зміни клімату. Карпатський Інститут Розвитку Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА». 2015// global_climate_changes_training_manual_ua_screen_final.pdf.

6. Настанова з метеорологічного прогнозування. Розр. Л. Гумоненко та ін. Український гідрометеорологічний центр. Київ: 2019. 35 с.

7. Методика проведення натурних досліджень та оцінки технічного стану меліоративних систем гумідної зони України. ІВПіМ НААН. Київ: 2015. 46 с.

УДК 621.311.21

Рагулін С.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ В ПЕРІОД СПОРУДЖЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вступ. При створенні гідроенергетичних об'єктів з водоймищами їх вплив на навколишнє середовище починається з періоду будівництва.

У зоні будівництва відбуваються зміни природних умов, включаючи гідрологічний режим ріки, ландшафт, ґрунти, фауну й флору, режим ґрунтових вод й ін., що пов'язане з організацією кар'єрів, відвалів, тимчасових доріг, інженерних комунікацій, ЛЕП, тимчасових будівельних баз і житлових селищ, інших об'єктів інфраструктури; із пропуском будівельних витрат; виконанням будівельних робіт на основних спорудах гідровузла; з підготовкою ложа водоймища й виконанням захисних споруд, включаючи берегоукріплення, зведення дамб для захисту земель і об'єктів від затоплення й ін.; з поетапним заповненням водоймища.

При організації будівництва й проведенні робіт слід передбачати необхідні заходи для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище, недопущення забруднення повітря й води, ерозії ґрунту, знищення рослинного покриву, диких тварин.

У період будівництва повинен бути виконаний у повному обсязі комплекс природоохоронних, захисних і компенсаційних заходів, передбачених у проекті.

Важливе значення має проведення в період будівництва моніторингу навколишнього середовища, що дозволить вчасно виявити відхилення від проектних параметрів і підготувати рішення для попередження негативних наслідків.

Місця для розміщення тимчасових споруд вибираються з урахуванням вимог по охороні навколишнього середовища. При цьому для тимчасових

житлових селищ, будівельних баз у першу чергу використовуються землі, малоприсадибні для сільськогосподарського виробництва, а кар'єри будматеріалів при наявності відповідних умов найкраще розміщувати в зоні постійного відводу землі під водоймище.

Основна частина. З території тимчасових споруд передбачається зняття родючого шару ґрунту і його складування для подальшої рекультивациі території після завершення будівництва.

Для недопущення забруднення навколишнього середовища на території тимчасових селищ і будівельних баз звичайно виконується система каналізації з обробкою стоків на очисних спорудах.

У період будівництва істотний вплив на навколишнє середовище в першу чергу роблять роботи по підготовці зони водоймищ, земельно-скельні роботи.

При підготовці зони водоймища, включаючи зняття родючого шару ґрунту, виконанні земельних робіт з улаштування доріг, дамб та інших споруд необхідно передбачати заходи щодо недопущення утворення вогнищ синантропної (смітцевої) флори, а у випадку їх виявлення слід переорювати такі ділянки й засівати видами, що перешкоджають їх розвитку.

При спорудженні гідровузлів для мінімізації негативних наслідків його впливу на навколишнє природне середовище передбачається широке застосування електричних машин і механізмів на будівельних роботах, виконання різноманітних заходів щодо недопущення скидання в ріку забруднених стічних вод.

Підрізування схилів, здійснення буро вибухових робіт при розробці котлованів основних споруд, а також будівельних виїмок під дороги, розробка кар'єрів можуть викликати розущільнення порід, зниження стійкості й призвести до несприятливих схилових процесів, включаючи ерозію, обвали, зсуви.

Вплив на навколишнє природне середовище також залежить від типів гідротехнічних споруд, матеріалів, технології й строків зведення. Високі бетонні греблі в порівнянні з греблями із ґрунтових матеріалів, маючи обсяг в 6–10 раз менший, дозволяють скоротити площу земель під кар'єри, дороги й ін.

Пропуск будівельних витрат. Протягом усього періоду будівництва гідровузла необхідно організувати пропуск витрат ріки (будівельної витрати) в обхід споруд, що будуються, або через них.

При цьому висуваються вимоги щодо рівневого й швидкісного режиму в річці, що забезпечує роботу існуючих водозаборів, збереження судноплавства на судноплавних ріках, умов проходу риб й ін.

Строк будівництва гідроенергетичних об'єктів у середньому становить 2–5 років, хоча для малих ГЕС він може бути до 1 року, а для великих – до 10 років і більше. Наприклад, для найбільшої у світі ГЕС «Три ущелини» (Китай) потужністю 18,2 млн. кВт передбачений загальний строк будівництва 15 років.

Найбільшу небезпеку з позицій недопущення затоплення котловану і споруд, що будуються, руйнування огорожувальних перемичок, розмивів русла й берегів, їх обвалення, замива нерестовищ у нижньому б'єфі, інших негативних наслідків для навколишнього середовища в зоні будівництва й нижче по річці становить період проходження паводків.

На рівнинних ріках з розвинутою заплавою широко застосовується схема пропуску будівельних витрат на першому етапі через стиснуте перемичками русло ріки або з відводом русла будівельним каналом в обхід споруд першої черги, що будуються. При цьому на другому етапі пропуск будівельних витрат виконується через отвори в спорудах першої черги. Така схема була застосована при будівництві ГЕС на Дніпрі, Волзі, Ангари, Рейні, Дунаї, Теннессі, Колумбії й ін.

На гірських ріках у каньйоноподібних вузьких створах в основному застосовується схема із пропуском будівельних витрат через будівельні тунелі.

При перекритті русел рік перемичками, яке звичайно виконується в межений період при мінімальних витратах відсипанням кам'яних банкетів, намівом з використанням гідромеханізації й ін., повинні враховуватися вимоги охорони навколишнього середовища.

Початкове наповнення водоймища, пов'язане зі зменшенням у цей період стоку ріки нижче гідровузла, є відповідальним етапом і здійснюється в період проходження паводка. При цьому можливість наповнення водоймища, швидкість і режим наповнення визначаються наступними основними умовами:

- обсягом відбору води з ріки для заповнення водоймища, який не повинен перевищувати припустимого рівня, виходячи із забезпечення пропуску витрат у нижній б'єф, обумовлених вимогами водоспоживання й охорони навколишнього середовища;
- припустимою швидкістю підвищення рівня водоймища за умовами роботи гідротехнічних споруд, формування фільтраційного режиму, активізації зсувних процесів, наведеної сейсмічності;
- будівельною готовністю гідротехнічних споруд і заходів щодо підготовки ложа водоймища;
- виконанням у повному обсязі комплексу передбачених проектом захисних, природоохоронних заходів, необхідних умов і заходів щодо переселення населення.

Висновки. Для більшості великих гідроенергетичних об'єктів характерне поетапне наповнення водоймищ і введення потужностей. Наприклад, будівництво гідровузла Гранд Диксанс (Швейцарія) із гравітаційною греблею висотою 285 м і заповнення його водоймища виконувалися в 4 етапи, заповнення Кременчуцького водоймища при обсязі водоймища 13,5 км³ – у 2 етапи в періоди повені 1960 і 1961 рр. Важливе значення для забезпечення безпеки гідротехнічних споруд в умовах тимчасової експлуатації має забезпечення пропуску максимальних паводкових витрат розрахункової забезпеченості через недобудовані спорудження.

Список використаної літератури

1. Основи проектування гідроенергетичних вузлів / Самойленко С.Г. Запоріжжя, ЗДІА, 2011.-388 с.
2. Бриль А.О., Васько П.Ф., Мороз А.В. Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України з урахуванням природоохоронних обмежень. Гідроенергетика України. 2019. № 3-4. С.47–51.

Харламов О.І, Коршманюк К.А.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

ЗАХИСТ ВІД ШКІДЛИВОЇ ДІЇ ВОД НОВОЗАБУДОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Вступ. Останніми роками досить високими темпами ведеться забудова промисловими та цивільними об'єктами приміських територій. Житлове будівництво здійснюється на берегах і заплавах річок, поблизу водойм, на низьких надзаплавних терасах, які характеризуються не досить сприятливими умовами як для їх будівництва, так і для проживання через можливі прояви шкідливої дії вод, насамперед, підтоплення будинків та прибудинкових територій. Подібні явища нині спостерігаються на новозабудованих територіях, які характеризуються складними гідрогеологічними умовами, унаслідок перекриття шляхів природного стоку поверхневих і ґрунтових вод, випадання інтенсивних атмосферних опадів, сніготанення, додаткового надходження води при поливах присадибних ділянок, відсутності централізованої каналізації тощо.

Особливо це стосується заплавл річок із високим рівнем ґрунтових вод, що є характерним для правобережної частини заплави р. Дніпро. Забудова цих територій пов'язана з можливою небезпекою затоплення і підтоплення та спричиненням ними негативних наслідків.

Основна частина. В адміністративному відношенні територія об'єкта досліджень відноситься до Старобезрадищівської сільської ради Обухівського району Київської області. Територія відноситься до басейну річки Дніпро. Ділянка, розташована на відстані 25-30 км від м. Київ. Ділянка під забудову знаходиться поблизу основної автотраси Київ-Обухів, що проходить паралельно до дороги. З іншого боку ділянки за її межею проходить осушувальний канал меліоративної осушувальної системи «Стугна».

У геоморфологічному відношенні територія знаходиться в межах правобережної заплави річки. Рельєф території рівнинний. Абсолютні відмітки коливаються у межах 92,91-94,67. Відмітка урізу води в осушувальному каналі становить 92,40 м.

Клімат району помірно-континентальний. Середня температура повітря за рік становить 6-8⁰С. Найхолодніший місяць – січень. Середня місячна температура його становить до –8⁰С. Абсолютний мінімум температури досягав –32-41⁰С. Відлиги бувають протягом всієї зими. Найтепліші місяці – липень, серпень. У цей період температура повітря сягає 36-38⁰С. Середня температура у липні дорівнює 18-21⁰С. Безморозний період триває 150-160 днів. Сніговий покрив утворюється у другій половині грудня і триває 60-80 днів. Середня його висота не перевищує 20-30 см.

У геологічному відношенні ділянка характеризується поширенням верхньонеоплейстоценових озерно-болотяних відкладів, які представлені торфами, суглинками важкими, супісками піщанистими та верхньонеоплейстоценовими алювіальними відкладами, які представлені товщею мілких пісків.

Ділянка досліджень, яка прилягає до осушувального каналу, і має відмітки поверхні землі 92,0-95,0 м, піддається затопленню паводками 1% забезпеченості. Згідно моделі місцевості з використанням даних розрахункових гідрографів паводків 1, 5, 10, 25 та 50% встановлено максимальні відмітки поверхні води на території садового товариства (рис. 1).

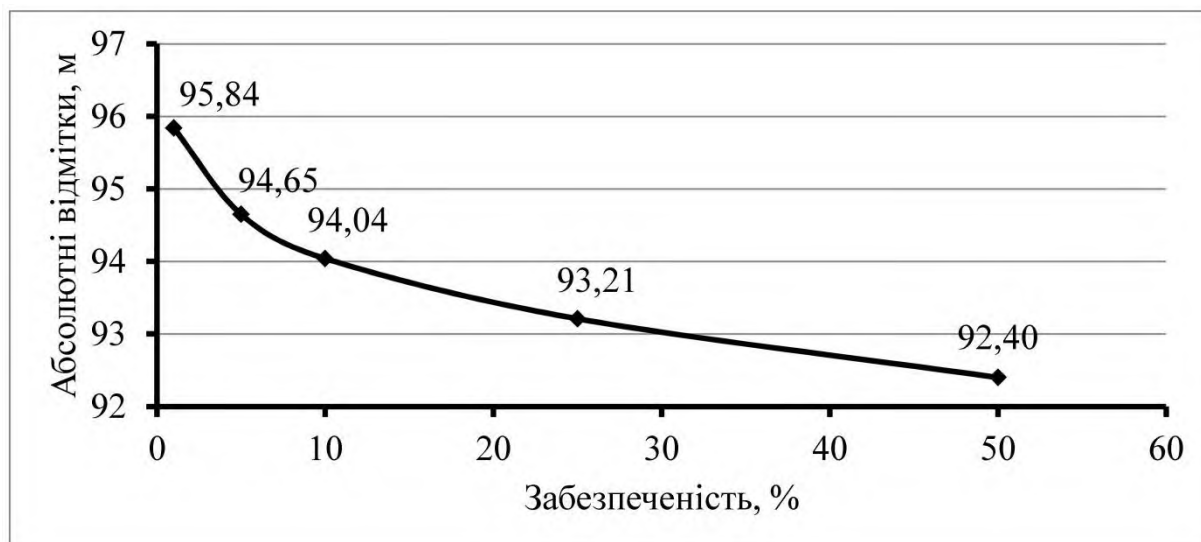


Рис. 2.1 Графік коливання рівня води в роки з різною водною забезпеченістю: 1%-ій забезпеченості відповідає відмітка поверхні землі 95,84 м, 5%-ій, 94,65 10%-ій, 94,04 м, 25%-ій – 93,21 м, 50%-ій – 92,40 м.

За результатами польових обстежень встановлено, що на ділянці встановився усталений режим залягання рівнів ґрунтових вод. Більша частина території має абсолютні відмітки поверхні землі близько 92,40 м і знаходиться у підтопленому стані. Рівні ґрунтових вод залягають близько і становлять 0,3-0,4 м від поверхні землі. Особливо підтопленою є права по ходу на південь ділянка земель: практично усі ділянки земель, які розташовані справа від дороги – підтоплені.

У підтопленому стані знаходяться, також, ділянки земель, які розташовані зліва від дороги, крім перших двох будинків. Таким чином, за глибиною залягання рівня ґрунтових вод, виходячи з критичних її значень та норм осушення, ділянка під забудову може бути віднесена до підтоплених та потенційно підтоплених земель і вимагає захисту території від підтоплення.

Аналіз природних умов у районі будівництва, матеріалів інженерно-геологічних вишукувань та гідрологічних перерізів дозволив розробити комплекс заходів щодо захисту від шкідливої дії вод на території садового товариства, який включає:

1. Улаштування штучних водойм;
2. Улаштування перехоплюючих каналів;
3. Підвищення планувальних відміток поверхні території.

Висновок. Встановлено, що ділянка досліджень знаходиться в межах правобережної заплави річки р. Дніпро за належними їй фізико-географічними та інженерно-геологічними умовами відноситься до підтоплених територій. У зв'язку з розташуванням ділянки в заплаві річки існують ризики затоплення території паводками 1% забезпеченості.

Для унеможливлення розвитку процесів шкідливої дії вод на ділянці розроблено комплекс інженерно-технічних рішень та заходів захисту від шкідливої дії вод, який включає: улаштування штучних водойм, перехоплюючих канав та підвищення відміток поверхні землі на території.

УДК 631.6:628.1.033:551.583

Козишкурт С.М., к.т.н., доцент, **Турченко В.О.**, д.т.н., професор, кафедра водної інженерії та водних технологій, **Романюк І.В.**, к.т.н., доцент, кафедра гідротехнічного будівництва та гідравліки
Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, *s.m.kozishkurt@nuwm.edu.ua*

ІНТЕГРОВАНІ ОСУШУВАЛЬНО-ЗРОШУВАЛЬНІ СИСТЕМИ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТІВ

Вступ. Зміна клімату є одним із найгостріших глобальних викликів сучасності. Вона вже сьогодні спричиняє зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, зокрема посух і повеней [1]. В умовах дефіциту водних ресурсів та прогресуючої аридизації територій питання раціонального використання води й підвищення ефективності меліоративних систем набуває критичного значення. Традиційні підходи до меліорації, орієнтовані переважно на осушення земель, потребують переосмислення та модернізації.

Актуальність цієї теми зумовлюється необхідністю забезпечення продовольчої безпеки та стійкого сільськогосподарського виробництва в умовах кліматичних змін. Одним із перспективних напрямів є трансформація класичних осушувальних систем в універсальні осушувально-зрошувальні комплекси, здатні адаптуватися до змін гідрокліматичних умов і забезпечувати оптимальний водний режим ґрунтів упродовж усього вегетаційного періоду.

Основна частина. У зв'язку з посиленням кліматичних коливань та зростанням частоти екстремальних погодних явищ, питання ефективного управління водними ресурсами в аграрному секторі набуває особливої актуальності. Особливу загрозу становлять тривалі посухи, які чергуються з інтенсивними опадами, що призводить до водної нестабільності у ґрунтах і зниження врожайності [2]. У таких умовах традиційні меліоративні підходи, які здебільшого були орієнтовані на осушення територій, уже не відповідають сучасним викликам. Необхідним стає перехід до більш гнучких технологій, які б дозволяли забезпечити як дренаж, так і зрошення залежно від конкретних гідрокліматичних умов [3, 4].

Існуючі методи зволоження осушуваних земель, зокрема шлюзування, мають низку суттєвих недоліків, що обмежують їхню ефективність, особливо в умовах сучасних кліматичних викликів, коли критично важливою є здатність до гнучкого й оперативного реагування на зміни водного балансу. Серед основних недоліків — нерівномірність зволоження, погіршення аерації ґрунту, пересушення його верхніх шарів, значні втрати води через фільтрацію та випаровування, а також невідповідність поливних норм.

Крім того, серйозним обмеженням внутрішньогрунтового зволоження шляхом шлюзування є тривалість цього процесу, яка, залежно від водопроникності ґрунту, може сягати 8-15 діб. Це є неприйнятним в умовах швидких змін погодних умов і потреби в оперативному реагуванні на дефіцит вологи.

З метою прискорення процесу зволоження часто вдаються до зменшення розрахункових міждренних відстаней: на 15...25% — на легких ґрунтах і на 25...40% — на важких за гранулометричним складом [5]. Це, своєю чергою, значно збільшує протяжність дренажних труб, а отже — витрати на будівництво й експлуатацію системи.

Усі зазначені недоліки свідчать про нагальну потребу у впровадженні більш гнучких, економічно ефективних та екологічно обґрунтованих рішень [6]. Одним із таких рішень є створення інтегрованих осушувально-зрошувальних систем, здатних до динамічного регулювання водного режиму ґрунтів відповідно до поточних потреб [7, 8].

Така система повинна забезпечувати:

- своєчасне відведення надлишкової вологи у весняний період або після сильних опадів;
- накопичення й оперативне подання зрошувальної води до колекторів-зрошувачів, обладнаних гідрантами для пересувних дощувальних установок під час посухи;
- регулювання водно-повітряного режиму ґрунту відповідно до біологічних потреб сільськогосподарських культур;
- підвищення продуктивності ґрунтів та ефективності використання водних ресурсів.

Ефективне управління водним режимом на меліорованих землях досягається шляхом поєднання осушувальних і зволожувальних каналів, перегороджувачих споруд (шлюзів-регуляторів), гирлових споруд, закритих дренажних колекторів і дрени. Ключовим інноваційним елементом цієї системи є безнапірні гідранти, встановлені на колекторах-зрошувачах, які дають змогу швидко підключати пересувні дощувальні установки (рис. 1).

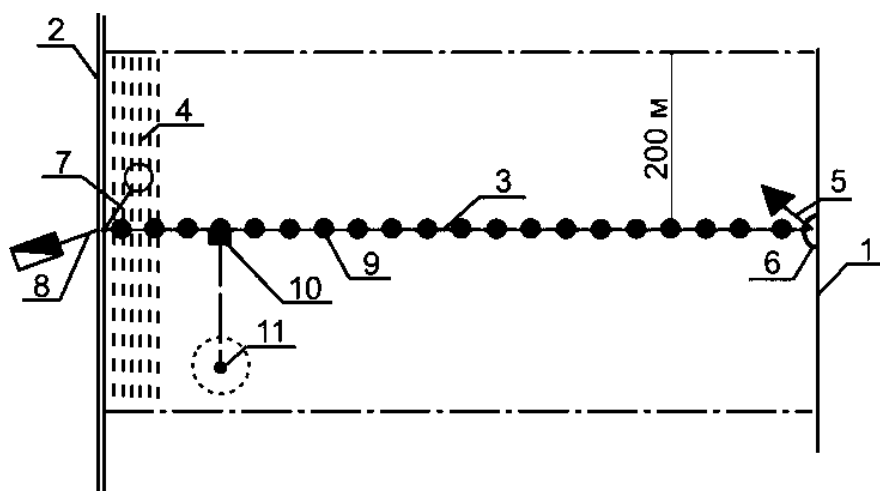


Рис.1. Фрагмент осушувально-зрошувальної системи

- 1 – осушувальний канал; 2 – зрошувальний (зволожувальний) канал;
3 – колектор-зрошувач; 4 – дрени; 5 – запірний пристрій; 6 – гирлова споруда;

7 – водовипуск із зрошувального каналу в колектор; 8 – перегороджуюча споруда; 9 – гідрант для підключення дощувальної установки; 10 – шланго-барабанна дощувальна установка; 11 – дощувальна насадка

У режимі осушення відкривається запірний пристрій (5) на осушувальному каналі (1), що дозволяє скид дренажної води, зібраної закритими дренами (4), через колектор (3) до гирлової споруди (6) та далі — в канал. Це дає змогу уникнути перезволоження і вчасно розпочати весняно-польові роботи.

У режимі зрошення закривається шлюз-регулятор (8) на зволожувальному каналі (2), що спричиняє підйом рівня води та її надходження через водовипуск (7) у колектор-зрошувач (3). Запірний пристрій (5) у гирловій споруді (6) при цьому залишається закритим. Пересувні дощувальні установки (10) підключаються до безнапірних гідрантів (9), оснащених клапанами (13) та затискними пристроями (14), що забезпечують оперативне підключення та рівномірне зрошення (рис. 2).

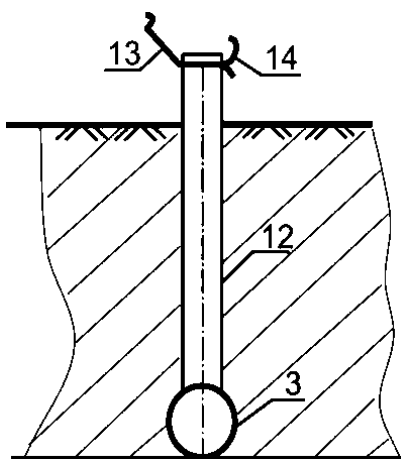


Рис. 2. Переріз гідранта

3 – колектор-зрошувач; 12 – стояк гідранта; 13 – клапан-заглушка;
14 – затискний пристрій

Колектор-зрошувач функціонує як польовий трубопровід. Його діаметр слід підбирати залежно від витрати води та кількості одночасно діючих дощувальних агрегатів. Наприклад, при витраті 7 л/с на установку і роботі двох агрегатів рекомендований діаметр становить 150...200 мм. Швидкість руху води має бути в межах 0,75...0,80 м/с. Подання води до колектора здійснюється через водовипуск із зволожувального каналу та сполучну споруду (колодязь). Така система здатна забезпечити зрошення площі 50...60 га за один вегетаційний період [7].

Конструктивні елементи системи забезпечують рівномірне розподілення вологи на всій площі, запобігають застою води та водночас забезпечують її доступність у посушливі періоди. Це сприяє ефективному агровиробництву в умовах нестійкого клімату.

Висновки. Запропонована інтегрована осушувально-зрошувальна система є стратегічно важливим і сучасним рішенням, що адаптує меліоративні системи до викликів кліматичних змін. Її впровадження дозволяє підвищити стійкість агровиробництва, забезпечити ефективне використання водних ресурсів і зменшити ризики недобору врожаю внаслідок нестачі вологи.

Система забезпечує:

- своєчасне відведення надлишкової води,
- оперативний полив у посушливі періоди,
- оптимальні умови для вегетації культур завдяки гнучкому управлінню водним режимом.

Крім того, вона відкриває можливості для впровадження контурно-меліоративного землеробства, сприяє збереженню родючості ґрунтів, запобігає їхній деградації та дозволяє виконувати агротехнічні операції у визначені строки. Модернізація меліоративних систем у напрямку їх трансформації в адаптивні осушувально-зрошувальні комплекси є необхідним кроком до сталого управління водними ресурсами в умовах зростаючої кліматичної нестабільності.

Список використаних джерел:

1. State of the Global Climate 2024. (2025). World Meteorological Organization. <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>.
2. Русан, В. М., Жураковська, Л. А., & Жаліло, Я. А. (2024). Перспективи розвитку аграрного сектора України в умовах кліматичних змін. Національний інститут стратегічних досліджень URL:(niss. gov. ua).
3. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 688-р. Урядовий кур'єр. 2019. № 170. <https://zakon. rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text>.
4. План заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 1567-р. <https://zakon. rada.gov.ua/laws/show/1567-2020-p#Text>.
5. Лозовіцький П.С. Меліорація ґрунтів та оптимізація ґрунтових процесів. Підручник. 2014. 528 с.
6. Voropai, H. V., Kharlamov, O. I., & Panteleiev, V. P. (2023). General aspects of restoration (reconstruction) of drainage systems on agricultural lands (review of publications). Land Reclamation and Water Management, (1), 14-25.
7. Козішкурт С.М., Козішкурт М.Є. Дренажно-зрошувальна система поєднана // Вісник НУВГП. Збірник наукових праць. Випуск 3 (35). Рівне. 2006. С. 50-57.
8. Козішкурт С.М., Козішкурт М.Є. Можливість модернізації зрошувально-дренажної та осушувально-зволожувальної меліоративних систем // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. Випуск 32. Рівне. 2007. С. 31-37.

УДК 621.311.25

Алмашов Д.Р., Зубенко В.О.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ В АВТОНОМНІ ВДЕ-КОМПЛЕКСИ

Вступ. Сучасний розвиток енергетики спрямований на зменшення вуглецевого сліду та підвищення енергонезалежності за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Однак нестабільність виробництва енергії з

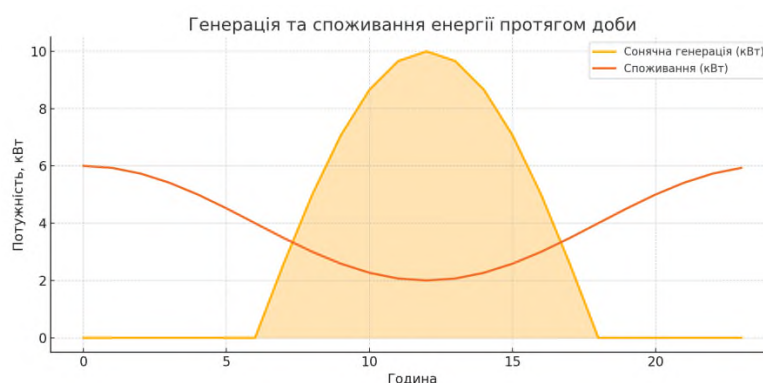
таких джерел, як сонячна та вітрова, обумовлює необхідність використання систем зберігання енергії для балансування попиту та пропозиції в автономних енергетичних системах. Ідея поєднання ВДЕ з накопичувачами енергії є ключовою для створення надійних, ефективних та сталих енергетичних рішень, особливо в умовах ізольованих або децентралізованих споживачів.

Проблема інтеграції систем зберігання енергії в автономні ВДЕ-комплекси є надзвичайно актуальною в контексті енергетичної трансформації. В Україні, як і в усьому світі, спостерігається активне зростання частки ВДЕ в загальному енергетичному балансі, що супроводжується потребою в гнучких інженерних рішеннях для забезпечення безперервного енергопостачання. Це особливо важливо для віддалених сільських територій, військових об'єктів, аграрних підприємств та мобільних госпіталів, де централізоване електропостачання або недоступне, або нестабільне.

Однією з головних проблем є циклічність виробництва енергії з ВДЕ, що не відповідає графіку споживання.



Зокрема, сонячні панелі генерують максимум енергії вдень, тоді як споживання часто зростає у вечірні години. Без систем зберігання енергії надлишки не використовуються ефективно, а дефіцит покривається традиційними генераторами на викопному паливі. Існуючі рішення накопичення енергії мають низку обмежень: висока вартість літій-іонних акумуляторів, обмежений термін служби, складність утилізації, потреба в системах керування зарядом/розрядом. До того ж, відсутність стандартів інтеграції та обмежене програмне забезпечення для прогнозування та керування створює бар'єри для масового впровадження таких рішень.



Метою даної роботи є аналіз технічних, економічних та експлуатаційних аспектів інтеграції систем зберігання енергії в автономні ВДЕ-комплекси. Основні завдання: оцінити ефективність різних типів акумуляторних систем у

поєднанні з сонячними та вітровими установками; запропонувати стратегії оптимального керування зарядом/розрядом для підвищення енергоефективності;

Основний матеріал. Для забезпечення автономності ВДЕ-комплексу зазвичай використовується комбінація сонячних батарей, вітрових турбін, інверторів, контролерів заряду та акумуляторних блоків. Найбільш поширені типи накопичувачів — літій-іонні, свинцево-кислотні, натрій-сірчані, твердотільні акумулятори, а також гібридні рішення з суперконденсаторами.

У типових схемах інтеграції акумулятор встановлюється між джерелами енергії та споживачем, виконуючи роль буфера. Енергія накопичується у період генерації (наприклад, вдень — від сонячної установки), а споживається у вечірні та нічні години. Оптимізація роботи досягається за допомогою контролерів та алгоритмів керування, що враховують метеорологічні дані та профілі споживання. Серед основних схем автономних енергосистем поширене застосування систем, є комбінована енергосистема (рис. 1), яка поєднує фотоелектричні модулі та вітроустановку. де блок автоматики стабілізує напругу, контролює процеси заряду та розряду акумуляторів і запобігає їх передчасному виходу з ладу.

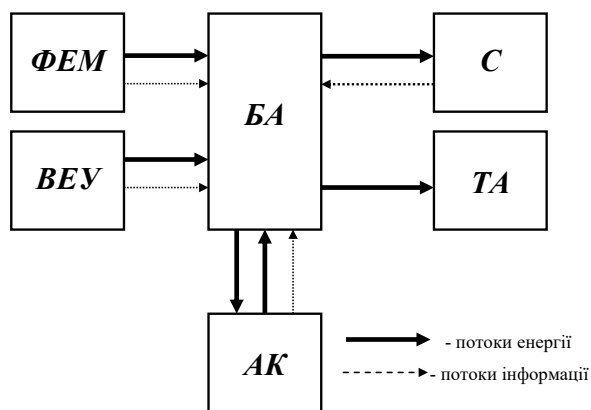


Рисунок 1 – Комбінована енергосистема: ФЕМ – фотоелектричний модуль; БА – блок автоматики; АК – акумулятор; С – споживач; ВЕУ – вітроелектрична установка; ТА – тепловий акумулятор

Використання кількох джерел енергії в автономних енергосистемах, зокрема поєднання сонячної, вітрової та резервної генерації, дозволяє частково компенсувати нерівномірність генерації завдяки їхній несинхронній роботі. Це сприяє зменшенню необхідної ємності накопичувачів енергії, покращенню гнучкості системи та підвищенню стабільності енергопостачання. Вибір конкретної конфігурації енергосистеми залежить передусім від кліматичних умов місцевості, сезонних коливань вироблення енергії та профілю споживання.

При моделюванні сценаріїв для фермерського господарства в південному регіоні України було визначено, що інтеграція літій-залізо-фосфатних акумуляторів з фотоелектричною системою потужністю 10 кВт дозволяє забезпечити 90–95% покриття енергетичних потреб без використання дизельного генератора. Важливим чинником є вибір правильної стратегії заряджання/розряджання, яка продовжує термін служби акумуляторів і мінімізує втрати енергії.

Ефективність та довговічність таких систем напряму залежать від правильного вибору режимів заряду та розряду. Відомо, що неадекватне керування зарядом, надмірна глибина розряду або перегрів батарей суттєво скорочують їхній ресурс.

Це, своєю чергою, призводить до зростання експлуатаційних витрат, потреби у передчасній заміні акумуляторів та зниження загальної надійності енергосистеми.

Численні дослідження свідчать, що експлуатація акумуляторних батарей вимагає регулярного моніторингу, технічного обслуговування та дотримання обмежень щодо температурного режиму та струмового навантаження. Порушення цих умов спричиняє прискорене старіння елементів накопичувача, зменшення ємності та підвищення ризику відмов.

У зв'язку з цим підвищення ефективності систем зберігання енергії в автономних ВДЕ-комплексах потребує вирішення низки важливих завдань:

- оптимальне узгодження режимів роботи відновлюваного джерела енергії та акумуляторного накопичувача з урахуванням профілю навантаження;
- реалізація адаптивних алгоритмів керування зарядом та розрядом на основі метеорологічного прогнозування та прогнозів споживання.

Автоматизація процесів керування дозволяє значно зменшити трудовитрати на обслуговування, підвищити загальну енергоефективність системи, продовжити строк експлуатації акумуляторних батарей та забезпечити безперервність живлення критично важливих навантажень. Крім того, інтеграція штучного інтелекту та систем навчання (machine learning) в управління акумуляторами відкриває нові можливості для підвищення адаптивності та оптимізації роботи енергосистем у реальному часі.

З метою автоматизації керування енергопостачанням у системах на основі ВДЕ було розроблено пристрій керування процесом заряду акумулятора (КПЗА). Цей пристрій виконує контроль і регулювання процесу заряду акумуляторної батареї як від альтернативних джерел енергії, так і від мережі змінного струму (~ 220 В, 50 Гц).

Прилад побудований за модульним принципом і складається з дев'яти функціонально закінчених модулів (рис. 2).

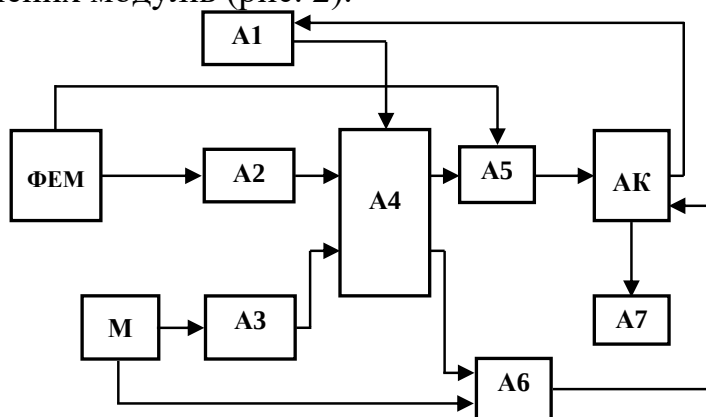


Рисунок 2 – Структурна схема приладу КПЗА:

ФЕМ – фотоелектричний модуль; АК – акумулятор; М – мережа; А1 – А7 – модулі

Його структура складається з семи модулів: моніторинг стану акумулятора, контроль роботи фотоелектричних модулів, контроль напруги в мережі, логіка вибору джерела енергії, транзисторне керування, імпульсний зарядний пристрій, захист від перевантаження.

Контролер дозволяє заряджати акумулятори як від ФЕМ, так і від електромережі. Його перевага — гнучкість та можливість адаптації до конкретної конфігурації енергосистеми.

Висновки. Інтеграція систем зберігання енергії в автономні ВДЕ-комплекси дозволяє забезпечити стабільне та безперебійне енергопостачання завдяки компенсації нерівномірності генерації, особливо в умовах відсутності централізованої мережі. Використання сучасних акумуляторів у поєднанні з автоматизованими системами керування зарядом і розрядом підвищує енергоефективність, продовжує строк служби батарей та знижує експлуатаційні витрати. Розробка таких рішень, як багатомодульний контролер КПЗА, підтверджує доцільність впровадження гнучких адаптивних технологій, які враховують потреби конкретного об'єкта та забезпечують стає функціонування автономної енергосистеми.

Список літератури

1. .О. Сінчук, С.М. Бойко Системи накопичення електричної енергії. Підручник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко; під ред. доктора технічних наук, професора О.М. Сінчука. – Кривий Ріг, 2020. – 219 с.
2. Сорочинський, Я. З. Розробка оптимальної системи керування технічним станом акумулятора електромобіля: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Сорочинський Ярослав Захарович. – Київ, 2024. – 118 с.
3. Павлов В.Б. Особливості роботи автономних зарядних станцій електромобілів з використанням вітроелектричних установок та буферних акумуляторів енергії / В.Б. Павлов, С.О. Кудря, В.І. Бודько, В.М. Кириленко, В.Ю. Іванчук // Технічна електродинаміка. – 2019. – №4. – С. 70-76.

УДК 621.311.25

Зубенко В.О.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ВОДОПОДАЧІ В ЗРОШУВАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Вступ. Раціональне використання водних та енергетичних ресурсів у сільському господарстві набуває особливої актуальності в умовах зростаючої вартості електроенергії, кліматичних змін і необхідності сталого управління природними ресурсами [1,2]. Особливо важливо це для зрошувального землеробства, яке потребує великих обсягів води і, відповідно, значного енергоспоживання на її транспортування. Сучасні зрошувальні системи, які базуються на насосній водоподачі, можуть бути істотно модернізовані з метою зменшення енерговитрат шляхом впровадження технологій частотного регулювання. У межах даної роботи проведено аналіз переваг частотного регулювання в системах зрошення як ефективного інструменту енергозбереження.

В умовах дефіциту водних ресурсів і зростаючих витрат на енергозабезпечення в аграрному секторі, підвищення енергоефективності систем водоподачі стає стратегічним завданням. Частотне регулювання дає змогу гнучко керувати режимами роботи насосного обладнання, адаптуючи подачу води до реальних потреб культур, погодних умов та стану ґрунтової вологості. Це дозволяє не тільки зменшити енергоспоживання, а й уникати гідравлічних перевантажень у мережі, зменшити зношування обладнання, підвищити надійність системи зрошення та ефективність агровиробництва.

Традиційні системи водопостачання для зрошення мають низку суттєвих недоліків: насоси зі сталою швидкістю обертання працюють з максимальною потужністю незалежно від фактичної потреби у воді та тиску, що призводить до надмірного споживання електроенергії через дроселювання, перелив води або роботу на неоптимальних режимах, а втрати енергії в таких випадках можуть сягати 30-50% від загального споживання. Крім того, надлишковий тиск у системі спричиняє неефективне використання водних ресурсів, що виявляється у пошкодженнях зрошувального обладнання, нерівномірному розподілі води по полю, а також у значних втратах на випаровування та просочування.

Часті пуски та зупинки насосів, а також їхня робота в умовах підвищеного тиску та кавітації, значно збільшують знос обладнання, скорочуючи термін служби насосних агрегатів, трубопроводів та запірної арматури, що, у свою чергу, веде до зростання експлуатаційних витрат на ремонт та обслуговування. До того ж, традиційні системи характеризуються складністю автоматизації та управління, оскільки мають обмежені можливості для точного контролю та регулювання параметрів водопостачання, що ускладнює їхню інтеграцію в сучасні системи точного землеробства.

Нарешті, такі системи виявляються недостатньо гнучкими до змінних умов, адже потреба у зрошенні постійно змінюється протягом доби, сезону, залежно від погоди, типу рослин та етапу їх розвитку. Оскільки системи не можуть швидко підлаштуватися до цих змін, це суттєво знижує їхню загальну ефективність.

Основна частина. Одним з найефективніших рішень для подолання недоліків традиційних зрошувальних систем є впровадження частотного регулювання обертання електродвигунів насосних агрегатів [3,4]. Для кращого розуміння та наочної демонстрації суттєвих відмінностей між застарілими підходами та впровадженими сучасними рішеннями у сфері зрошення, ми детально розглянули ключові характеристики традиційних насосних станцій та їхніх аналогів, оснащених системами частотного регулювання [4]. Таблиця 1, узагальнила основні параметри, за якими ці системи відрізняються, наочно підкреслюючи переваги впровадження інноваційних технологій.

Таблиця 1 - Порівняння характеристик традиційної та частотно-регульованої насосної станції

Параметр	Традиційна система	Система з частотним перетворювачем (ЧП)
Енергоспоживання	Високе, значні втрати при неповному завантаженні	Низьке, оптимальне використання енергії
Точність регулювання	Низька, дискретна зміна параметрів	Висока, плавне та точне підтримання заданого тиску/витрати
Термін служби обладнання	Знижений через гідроудари та часті пуски	Збільшений завдяки м'якому пуску та стабільному режиму роботи
Складність автоматизації	Обмежені можливості	Високі можливості, легка інтеграція в АСУ
Експлуатаційні витрати	Високі (енергія, ремонти)	Нижчі (економія енергії, менше ремонтів)
Гідравлічні удари	Часті та сильні при пусках/зупинках	Відсутні або мінімальні
Гнучкість до змінних умов	Низька, не адаптується до коливань потреби	Висока, автоматична адаптація до зміни попиту на воду
Рівень шуму	Високий	Нижчий

Частотний перетворювач (ЧП) – це електронний пристрій, який дозволяє змінювати частоту та напругу електричного струму, що подається на електродвигун, тим самим змінюючи його швидкість обертання.

Основний принцип частотного регулювання базується на залежності потужності, що споживається насосом, від швидкості обертання валу. Це означає, що зменшення швидкості обертання насоса на 10% призводить до зменшення споживаної потужності приблизно на 27% ($10\%^3=0.27$). Ця залежність є ключовою для значної економії електроенергії.

У фермерському господарстві з площею зрошення 80 га впровадження ЧП на насосну установку потужністю 30 кВт дозволило знизити середньодобове споживання електроенергії з 480 кВт·год до 310 кВт·год. Це дало економію близько 12 тис. грн/місяць в сезонний період.

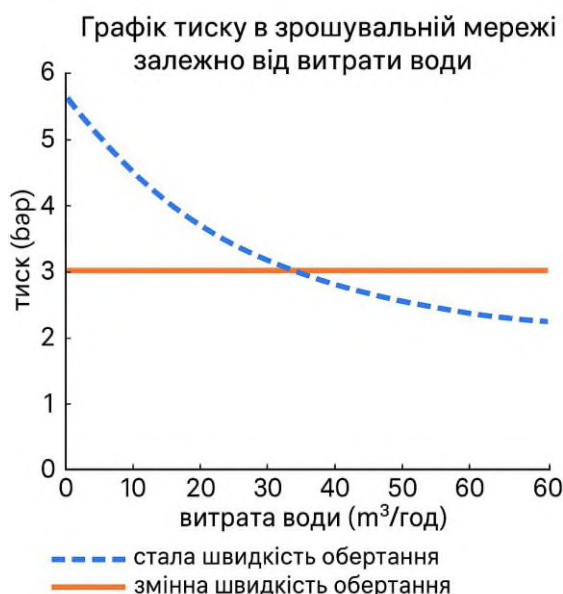
Частотні регулятори можуть інтегруватися з автоматизованими системами управління (PLC, SCADA), які на основі аналізу вхідних даних з сенсорів коригують подачу води. Такі системи дозволяють вести зрошення з високою точністю, запобігаючи надмірному зволоженню ґрунту та зайвим втратам енергії.

Однією з ключових переваг частотного регулювання є плавний пуск і зупинка насосів, що значно зменшує шкідливі гідравлічні удари в системі, які є частою причиною пошкодження трубопроводів та обладнання [3]. Такий м'який режим роботи, у свою чергу, подовжує строк експлуатації всього обладнання, що призводить до суттєвої економії на ремонті та заміні агрегатів.

Важливою особливістю також є можливість гнучкої адаптації до змінних умов експлуатації, оскільки система може автоматично підлаштовуватися під актуальну потребу у воді та тиску, що є неможливим для традиційних систем.

Для забезпечення стабільної та ефективної роботи зрошувальних систем критично важливо підтримувати необхідний тиск у трубопроводах. У системах із постійною швидкістю обертання насоса тиск суттєво змінюється залежно від витрати води, що може призводити до гідравлічних перевантажень або нестабільного поливу. Водночас використання частотного регулювання дозволяє підтримувати тиск на постійному рівні, незалежно від змін у споживанні води. Це забезпечує рівномірність зрошення, знижує втрати води й енергії, а також подовжує термін служби обладнання.

На графіку нижче зображено порівняння зміни тиску в мережі при сталому та змінному режимах роботи насосного агрегату.



Як видно з графіка, при постійному оберті насоса (синя пунктирна лінія) тиск у мережі значно коливається зі зміною витрати води: при зменшенні витрати тиск зростає, а при збільшенні — падає. Це може спричинити нерівномірне зрошення та перевантаження елементів системи. Натомість при частотному регулюванні (помаранчева лінія) тиск залишається стабільним або змінюється плавно, що дозволяє підтримувати оптимальні гідравлічні умови для поливу.

Завдяки цій технології відпадає потреба у складних гідравлічних регуляторах та запірній арматурі, що спрощує конструкцію системи та знижує її вартість.

Проте, найзначнішою перевагою використання частотного регулювання є зниження енергоспоживання на 20–50%, що робить цю технологію надзвичайно привабливою з економічної точки зору.

Режим завантаження насоса	Очікувана економія електроенергії (орієнтовно)
100% завантаження	до 5-10% (за рахунок оптимізації)
75% завантаження	20-35%
50% завантаження	40-60%
25% завантаження	60-80%

Висновки. Частотне регулювання насосного обладнання в зрошувальних мережах є ефективним інструментом зниження енерговитрат та оптимізації водоспоживання. Впровадження таких технологій не тільки знижує витрати господарства, а й сприяє підвищенню ресурсоефективності, зменшенню викидів CO₂ та наближає аграрний сектор до принципів сталого розвитку.

Результати досліджень і впроваджених проєктів показали, що інвестиції в частотне регулювання за умови правильного вибору обладнання та налагодженого управління здебільшого окупаються вже протягом 1–2 сезонів. Надалі доцільно зосередити зусилля на розробці адаптивних алгоритмів керування, які враховуватимуть погодні умови, тип ґрунту та фазу розвитку культури, а також на поширенні практичного досвіду впровадження таких систем серед сільгоспвиробників.

Список літератури.

1. Закон України «Про енергозбереження», https://zakononline.com.ua/documents/show/162782_595043
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
3. Грабко В. В. Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання : монографія / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 138 с
4. Зубенко В.О., Старюк А.В. Енергозбереження в електроприводі насосних станцій. *Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє*: зб. наук. пр.: Вип. 6. – Херсон: ХДАЕУ, 2023. – С. 17-21. http://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2023/11/VI_gidro.pdf

УДК 502.36 : 504.062 : 626

Коваленко В.В., Гапіч Г.В., Доценко В.І., Вехновський І.Є.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

МОНІТОРИНГ СТРУКТУРИ ПРИФРОНТОВИХ БАСЕЙНОВИХ ГЕОСИСТЕМ ТА ЇХ ПРИРОДООБЛАШТУВАННЯ

Вступ. Прифронтові території України, що знаходяться під постійним «пресом» агресора, зазнали значних екологічних наслідків. Знищенні екосистеми в зоні бойових зіткнень, зруйновані водогосподарські системи, гідротехнічні споруди. Додатковим негативним фактором на басейнові екосистеми є їх надмірне антропогенне освоєння, особливо сільськогосподарське використання, коли розораність східних територій Степу та Лісостепу країни доходить до 85%.

Очевидність змін в екосистемах басейнів малих річок України спонукає до пошуку шляхів до підтримки процесів самовідновлення екосистем природнім шляхом. Думаємо, що саме зараз час говорити про створення пілотних проєктів природооблаштування басейнових екосистем малих річок на основі геоecологічних принципів, збалансованого землекористування на територіях зі значними трансформаціями і пошкодженнями екосистем.

Саме до таких територій належить басейн р. Великий Бурлук (ліва притока Сіверського Донця), що розташована в північно-східній частині Харківської області (рис) і який є об'єктом нашого дослідження, а саме його верхня частина площею 117 км².

Основна частина. Для дослідження структури землекористування на водозборі басейну р. Великий Бурлук використані методи ГІС моніторингу: 1) карти генштабу (<https://freemap.com.ua/karty-ukrainy/karty-genshtaba/>); 2) картографічне дослідження доступних знімків Google Earth (kh.google.com); 3) матеріали ДЗЗ (<https://browser.dataspace.copernicus.eu>) та супутні їм методи класифікації елементів землекористування. Використання програмних модулів в QGIS дозволило векторизувати основні елементи землекористування та встановити їх кількісні характеристики, а знімки Google Earth та Esri World Imagery уточнити контури, межі та стан угідь станом на 2022-2024 рр.

Особливу увагу приділили моніторингу водних об'єктів на водозборі Великого Бурлука. Всього створено 25 ставків, половина з них малі площею до 1 га. Аналіз даних відкритих карт OSM (2000 р.) дозволив встановити площу водного дзеркала всіх водних об'єктів, яка склала 0,95 км². Уточнення контурів водного дзеркала ставків за фото Google Earth та Esri World Imagery констатує зменшення площі до 0,85 км².

Використання даних ДЗЗ супутника Sentinel-2 та дешифрування знімка за 25.04.2025 р. за індексом води у водно-болотних угіддях WIW, який використовує спектральні канали B8A (NIR) та B12 (SWIR2), дозволило встановити площу водного дзеркала. Для виявлення наявності води авторами WIW рекомендовані порогові значення: для ближнього інфрачервоного B8A < 0,1804 та короткохвильового інфрачервоного каналу B12 < 0,1131. Аналіз результатів ДЗЗ моніторингу визначив площу водного дзеркала на водозборі близько 0,68 км², тобто за 25-30 років вона зменшилась на 28%.

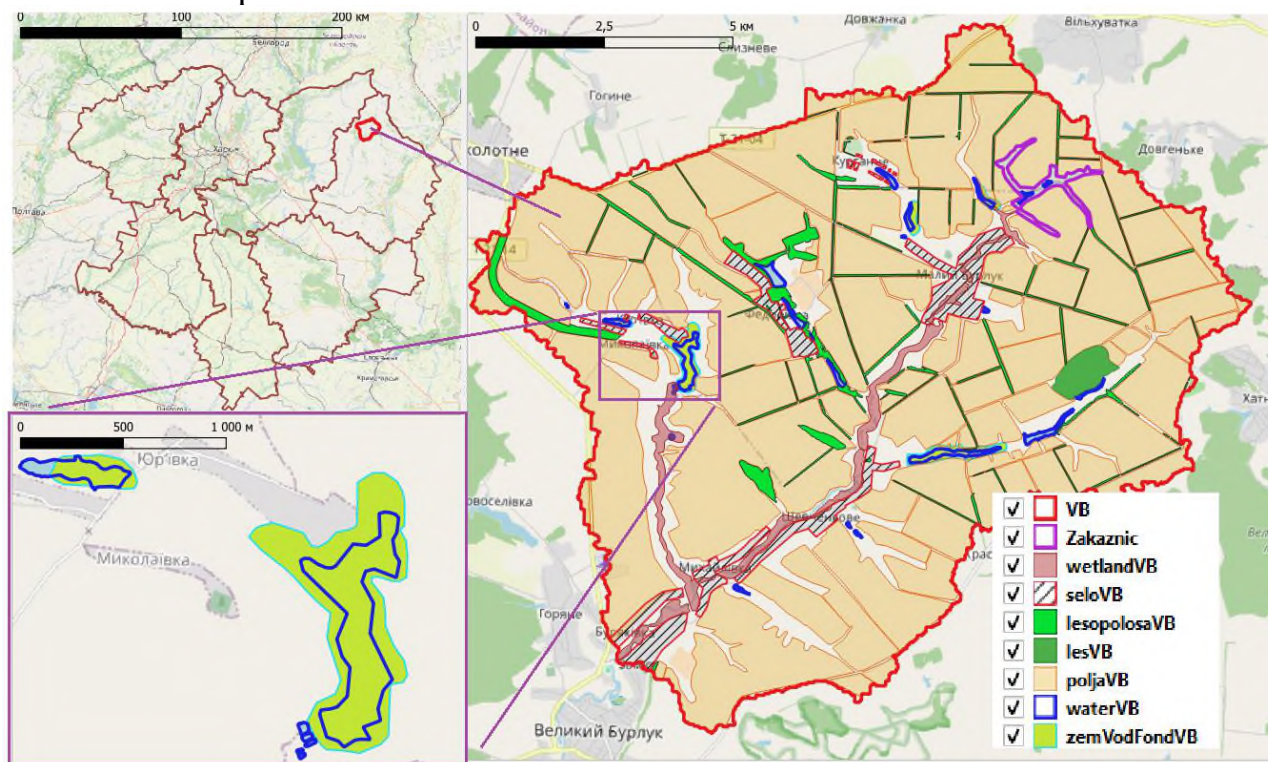


Рисунок – Об'єкти землекористування на верхній частині водозбору р. Великий Бурлук

Зменшення площі ставків, а відповідно і об'ємів зарегулювання стоку є об'єктивними наслідками зміни клімату. Аналіз зміни норми стоку за науковими публікаціями доводить ці зміни гідрологічного режиму річок в Україні. Норма стоку для досліджуваної території протягом останнього півстоліття зменшилась на 0,7-0,9 л/с·км². Так за даними довідників 1970-х років стік для північно-східної частини Харківської області складав 2,8-3,1 л/с·км², Вишневський В.І. в монографії присвяченій зміні водного режиму річок України [1, с.55] та в роботі Лук'янця О.І. [2, с.10] відмічають зниження стоку до 2,0-2,5 л/с·км² для вказаного регіону.

В результаті дистанційного моніторингу верхньої частини водозбору р. Великий Бурлук встановлена структура землекористування, наведена в табл. Вочевидь на досліджуваній території порушена геоекологічна рівновага басейнової системи. Розораність водозбору складає 74%, лісові масиви практично відсутні (0,6%), яружно-балочна мережа, як правило, безліса, не задернована, має місце розвиток водної ерозії. Значна частина водозбору має похили 3 та більше град., зокрема тільки на ріллі таких земель більше 4% водозбору. Тільки для 4 водних об'єктів розроблені проекти з виділенням земель водного фонду (1,3% водозбору).

Рекомендовані заходи з природооблаштування досліджуваної території (табл.) базуються на сучасній практиці програм управління басейновими геосистемами, зокрема в «Планах управління річковим басейном Дніпра на 2025-2030 рр.», на засадах «Водної стратегії України на період до 2050 року», світової практики реалізації заходів з ревіталізації річок, де обґрунтовані показники досягнення доброго стану водних екосистем.

Таблиця – Структура землекористування на верхній частині водозбору р. Великий Бурлук та пропозиція природооблаштування

Тип угідь	Позначення на рис.	Площа за OSM (2000 р.)		Пропозиція природооблаштування	
		км ²	%	%	± % до існуючого
Рілля	 poljaVB	86,1	73,6	57,6	-16
Лісосмуги та гаї	 lesopolosaVB	4,13	3,5	3,5	0
Сільські населені пункти в їх межах	 seloVB	6,69	5,7	6	0,3
Ліс	 lesVB	0,73	0,6	6	+5,4
Водні об'єкти	 waterVB	0,95	0,8	0,6	-0,2
Водно-болотні угіддя	 wetlandVB	2,4	2,1	2,1	0
Яружно-балочна мережа, луки		14,0	12,0	22,5	+13,5
Інші		2,0	1,7	1,7	0
Всього		117,0	100	100	100
<i>З них</i>					
Розпайовані землі		93,83	80,2	?	
Похил більше 3 град. на ріллі		5,03	4,3		
Землі водного фонду	 zemVodFondVB	1,55	1,3	10	+8,7
Землі заповідного фонду	 Zakaznic	0,62	0,53	10	+9,5

При плануванні та реалізації заходів природооблаштування значною проблемою може бути питання зміни категорії використання земель, адже розпайованих угідь більше 80%, більшість з яких в приватній власності.

Висновок. Настав час обговорювати питання створення пілотних проєктів природооблаштування басейнових екосистем малих річок на геоекологічних принципах, направлених на оптимізацію користування та управління водними ресурсами, що спонукає до необхідності ревіталізації малих водотоків, до зменшення об'ємів зарегулювання стоку, або, в особливих умовах, повної відмови від зарегулювання стоку. Для реалізації окремих задач покращення неперервності потоку русла річки для міграції біоти та відновлення вільної течії річки, покращення морфологічних характеристик русла річки, автори (Гапіч, Коваленко, 2024) пропонують ідею, яка викладена в патенті UA 156105 U.

Література:

- 1 Вишневецький В.І., Куций А.В. Багаторічні змін водного режиму річок України: *монографія*. К.: Наукова думка, 2022. 250 с.
- 2 Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України / Лук'янець О. І. та інші. *Укр. геогр. журн.* 2021, 1(113) С.6-14. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.01.006>

УДК 556.166:528.88:502.51(477.42)

Козішкurt С.М., к.т.н., доцент, кафедра водної інженерії та водних технологій,
Клімов С.В., к.т.н., доцент, кафедра гідротехнічного будівництва та гідравліки
 Національний університет водного господарства та природокористування,
 м. Рівне, s.m.kozishkurt@nuwm.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ АКУМУЛЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИРОДНИХ ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (НА ПРИКЛАДІ БОЛОТА СОМИНЕ)

Вступ. Водно-болотні угіддя (ВБУ) належать до найважливіших регуляторів природного водного режиму. Вони виконують широкий спектр екосистемних функцій: регуляція стоку, акумуляція надлишкової вологи, фільтрація забруднень, підтримка біорізноманіття та накопичення органічного вуглецю. У регіонах із нестійким кліматом ВБУ виступають природними буферами, які компенсують нерівномірність атмосферних опадів і зменшують ризик паводків або посух.

Проте, унаслідок змін клімату, зростання частоти екстремальних погодних явищ (повеней, посух) та порушення традиційного гідрологічного режиму, функціональна спроможність ВБУ поступово втрачається. Тривала практика широкомасштабного осушення боліт в Україні, що охопила понад 1 млн гектарів, суттєво порушила природний гідрологічний режим ВБУ. Це призвело до зниження рівня ґрунтових вод, зменшення вологості, зміни структури водного стоку, підвищення пожежної небезпеки та втрати цінних біотопів. Сучасні кліматичні трансформації лише загострюють ці проблеми, проявляючись у вигляді все частіших локальних підтоплень навесні та гострого дефіциту води влітку. Стан боліт Полісся, одного з найбільших водорегулюючих регіонів Східної Європи, потребує постійного моніторингу та дослідження.

Традиційні методи обстеження ВБУ мають обмеженість у просторі, часі та точності. У цьому контексті технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), зокрема супутникові знімки Sentinel-2, дозволяють оцінювати просторово-часову динаміку вологи, аналізувати водний баланс та здатність до накопичення води. Поєднання ДЗЗ із геоінформаційними системами (ГІС) дає змогу моделювати гідрологічні процеси на масштабному рівні.

Метою дослідження є оцінка акумулюючої здатності болота Сомине, як природного водно-болотного угіддя, з використанням супутникових даних Sentinel-2 та індексу вологості NDMI (Normalized Difference Moisture Index).

Основна частина. Дослідження динаміки гідрологічного режиму водно-болотного угіддя міжнародного значення «Сомине», що є частиною Рівненського природного заповідника, охоплює площу 10 852 гектари. Це угіддя є типовим для Поліської фізико-географічної зони, яка характеризується помірно-континентальним кліматом. Проте останні десятиліття демонструють чітку тенденцію до потепління, зростання інтенсивності випаровування та зміни режиму атмосферних опадів.

Болото Сомине, як і інші ВБУ Рівненщини, такі як Переброди, Сира Погоня та Коза-Березина, є ключовим для підтримки екологічної рівноваги.

Ці угіддя забезпечують життєво важливі екосистемні функції. Одна з найважливіших функцій — гідрологічна. Болота регулюють водний баланс, накопичуючи вологу під час весняних паводків, що є характерними для Рівненщини. В області протікає 171 річка басейну Дніпра, включно з Горинню, Случю та Стиром. Згодом болота поступово віддають воду у водні об'єкти в посушливі періоди, підтримуючи стабільний рівень річок та озер. На Рівненщині налічується понад 500 озер, 31 водосховище та 300 ставків.

Болота також виконують біофільтраційну функцію, очищаючи воду завдяки торфовим шарам. Крім того, вони відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття, слугуючи середовищем існування для багатьох видів флори та фауни. Нарешті, водно-болотні угіддя мають кліматорегулюючу функцію, акумулюючи вуглець у вигляді торфу та запобігаючи вивільненню парникових газів. Збереження ВБУ, таких як Сомине, є критично важливою умовою регіональної екологічної безпеки та ключовим елементом адаптаційної стратегії до кліматичних змін.

Для комплексного дослідження динаміки гідрологічного режиму болота Сомине використано геоінформаційні дані з акцентом на технологіях дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Основним джерелом інформації стали супутникові знімки Sentinel-2 MSI за період 2015–2024 рр.

Для аналізу ступеня зволоження застосовано індекс NDMI (Normalized Difference Moisture Index), який є чутливим до вмісту вологи в рослинному покриві та наявності відкритої води. Його розрахунок дозволяє просторово ідентифікувати зони відкритої води, перезволожені ділянки та сухі території. Оцінювання сезонної динаміки водності проводилось із врахуванням характерних гідрологічних фаз болота Сомине — від весняного надмірного зволоження до літнього дефіциту вологи. NDMI виявився ефективним індикатором для виявлення акумулюючої здатності угіддя та візуалізації просторових змін водного балансу.

Додатково, для встановлення зв'язку між водним режимом та кліматичними факторами, було проаналізовано метеорологічні дані (середня/максимальна/мінімальна температура повітря, атмосферні опади, швидкість вітру, вологість повітря) з найближчих метеостанцій.

Для представлення сезонної динаміки вологості болота Сомине проаналізовано акумулюючу здатність та втрати води протягом 30 днів на основі супутникових знімків Sentinel-2 за 2021 рік. У рамках дослідження відібрано дві репрезентативні дати, що характеризують різні фази гідрологічного циклу:

22 лютого 2021 року — період ранньої весни, що відповідає піку обводнення або фазі активного сніготанення;

24 березня 2021 року — етап суттєвого спаду водності після танення снігу.

Результати просторового розподілу значень індексу NDMI по території болота Сомине в зазначені дати наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Розподіл площ болота Сомине за діапазонами значень NDMI станом на 22.02.2021 р. та 24.03.2021 р.

Діапазон значень	22.02.2021 (%)	24.03.2021 (%)
0.90...1.00	4	0
0.80...0.90	49	0
0.70...0.80	32	0
0.60...0.70	11	0
0.50...0.60	4	0
0.40...0.50	0	0
0.30...0.40	0	1
0.20...0.30	0	10
0.10...0.20	0	21
0.00...0.10	0	23
-0.10...0.00	0	29
-0.20...-0.10	0	15
-0.30...-0.20	0	1
Сума	100%	100%

Аналіз таблиці 1 чітко демонструє значні відмінності у водності болота Сомине між двома датами. Станом на 22 лютого 2021 року спостерігалось максимальне обводнення території. Переважна частина ВБУ (96%) характеризувалася високими значеннями індексу NDMI (від 0.50 до 0.90), що свідчило про широке поширення водних поверхонь та сильно перезволожених ділянок. Зокрема, майже половина території (49%) мала значення індексу в діапазоні 0.80...0.90, що вказувало на відкриті водні плеса або поверхні, покриті тонким шаром води. Це підтверджує значну акумулюючу здатність болота Сомине у період інтенсивного сніготанення та весняних опадів, коли ВБУ функціонує як природний резервуар, утримуючи надлишкову вологу та запобігаючи паводкам у низов'ях.

Ситуація кардинально змінилася до 24 березня 2021 року. Усі високі значення індексу (вище 0.40), які відповідають відкритій воді або значному перезволоженню, були відсутні. Натомість, майже 70% території (68%) мали негативні та низькі позитивні значення індексу (від -0.30 до 0.10). Це свідчило про суттєве зниження рівня води, осушення поверхні та переважання ділянок з рослинністю, що не є перезволоженою. Хоча 1% території все ще мав значення 0.30...0.40, що могло вказувати на залишкове зволоження, загальна картина відображала інтенсивний спад води та початок процесу пересихання, типового для весняного переходу до літнього періоду дефіциту вологи.

Ці зміни вказують на високу акумулюючу здатність угіддя у період танення снігу та швидкий водовідвід, імовірно, підсилений діяльністю осушувальних систем, розташованих поблизу (рис.1).

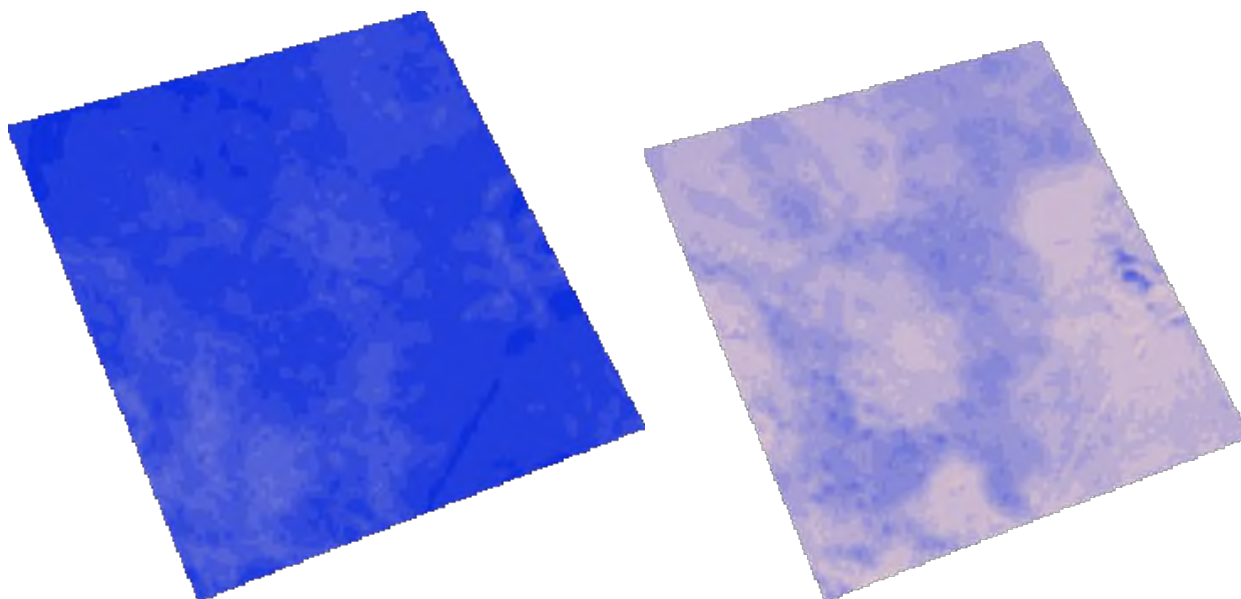


Рис.1. Карти розподілу значень індексу NDMI для болота Сомине: 22 лютого 2021 року (зліва) та 24 березня 2021 року (справа) (за даними <https://crop-monitoring.eos.com/>)

Швидкий спад водності болота Сомине, зафіксований у березні, має низку критичних наслідків для екосистеми ВБУ та прилеглих територій. Дефіцит води у літній період призводить до деградації торфовищ, що спричиняє мінералізацію торфу та вивільнення значних об'ємів парникових газів (CO_2 та CH_4), посилюючи кліматичні зміни. Зміна гідрологічного режиму загрожує існуванню багатьох видів флори та фауни, адаптованих до перезволожених умов, зокрема рідкісних та зникаючих видів. Пересихання торфових ґрунтів значно підвищує ризик виникнення масштабних торфових пожеж, які є складними для гасіння та спричиняють значні екологічні та економічні збитки.

Зменшення акумулюючої здатності ВБУ негативно впливає на доступність водних ресурсів для прилеглих населених пунктів і сільського господарства, особливо в умовах зростаючого водного дефіциту.

Висновки. Проведений аналіз на основі даних дистанційного зондування Землі чітко засвідчив, що болото Сомине має значну акумулюючу здатність навесні (96% зволжених площ станом на 22 лютого 2021 року). Однак упродовж наступних 30 днів водність різко знизилася, і вже 24 березня лише 1% території зберігав ознаки перезволоження. Це свідчить про високу вразливість угіддя до кліматичних коливань і гідрологічних змін.

Отримані результати мають важливе значення для розробки стратегій збереження ВБУ Сомине, підвищення його стійкості до кліматичних змін та впровадження заходів з раціонального водокористування та ренатуралізації прилеглої території.

Наукове видання

Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: збірник наукових праць. – 7-й випуск. Кропивницький - Херсон: ХДАЕУ, 2025. – 116 с.

*Збірник наукових праць видається за підсумками щорічної
Міжнародної науково-практичної конференції
«Сучасні технології та досягнення інженерних наук
в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії»*

*Формат А4
Гарнітура Times New Roman
Умовних друкованих аркушів 7,25*