2025

ВОДА ДЛЯ МАЙБУТНЬОГО: УПРАВЛІННЯ, ЗБЕРЕЖЕННЯ, ІННОВАЦІЇ

ЗБІРНИК ТЕЗ

XIII Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ З РОЗВИТКУ МЕЛІОРАЦІЇ, РИБНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРОДОВОЛЬЧИХ ПРОГРАМ
ІНСТИТУТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ІМ. ЦОТНЕ МИРЦХУЛАВА ГРУЗИНСЬКОГО ТЕХНІЧНОГО УНИВЕРСИТЕТУ (ГРУЗІЯ)
ЦЕНТР ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ УНІВЕРСИТЕТУ МУГЛА СІТКІ КОЧМАНА (ТУРЕЦЬКА РЕСПУБЛІКА)
ГЛОБАЛЬНЕ ВОДНЕ ПАРТНЕРСТВО
ІНСТИТУТ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА НААН УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН УКРАЇНИ

ВОДА ДЛЯ МАЙБУТНЬОГО:

УПРАВЛІННЯ, ЗБЕРЕЖЕННЯ,

ІННОВАЦІЇ

Збірник тез XIII Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів

25-26 березня 2025 р.

м. Київ

DOI: https://doi.org/10.31073/mivg2025
УДК 504.4:556:351.79:502.5:614.7

Вода для майбутнього: управління, збереження, інновації: Збірник тез XIII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 25-26 березня 2025 року.

Видання містить матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для майбутнього: управління, збереження, інновації». Конференція присвячена актуалізації і привернення уваги спільноти до проблем стану водних об’єктів в умовах воєнної агресії, нестачі питної води, необхідності збереження, відновлення та раціонального використання водних ресурсів

У збірнику подані різноманітні матеріали про сталий розвиток, охорону та управління водними ресурсами, найкращі практики водокористування, новітні методи очищення та відновлення води, сучасні тенденції у використанні меліорованих земель, зменшення та управління ризиками, захист від шкідливої дії вод; екоінновації, збереження водних екосистем і біорізноманіття; спільні проєкти та грантові можливості у сфері водного господарства; освіту, навчання та поширення знань у сфері водного та сільського господарства.

Матеріали подаються у авторській редакції. Редакційна рада не несе відповідальності за достовірність наведеної інформації та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.

© Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2025

Шановні учасники міжнародної конференції, науковці, експерти, представники державних і громадських організацій, гості та колеги!

Від імені Національної академії аграрних наук України та від себе особисто щиро вітаю вас на XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Вода для майбутнього: управління, збереження, інновації», присвяченої Всесвітньому дню води! Це знакова подія, яка об'єднала наукову спільноту, фахівців водного господарства, екологів, аграріїв, представників державних установ та міжнародних організацій до проблем стану водних об'єктів в умовах воєнної агресії, нестачі питної води, необхідності збереження, відновлення та раціонального використання водних ресурсів.

Вода забезпечує сталий розвиток аграрного сектору, промисловості, екосистем, а також є ключовим фактором добробуту населення. Сьогодні світ стикається з численними водними викликами, включаючи зміну клімату, зростання потреб у воді, забруднення джерел води та порушення природного балансу гідросфери. Ці проблеми вимагають від нас не лише наукового осмислення, а й конкретних дій на державному, регіональному та міжнародному рівнях.

Особливу увагу Національна академія аграрних наук України приділяє питанням збереження та раціонального використання водних ресурсів. Наші наукові установи активно працюють над удосконаленням зрошувальних та осушувальних систем, впровадженням сучасних технологій меліорації, водоочищення, водопостачання в аграрному секторі, моніторингу стану водних екосистем.

Президія Національної академії аграрних наук постійно розглядає питання стану водної безпеки, наукових засад техніко-технологічного забезпечення відновлення водогосподарсько-меліоративного комплексу в умовах воєнної агресії російської федерації проти України, наукових основ формування адаптивних агротехнологій в умовах зростання посушливості клімату та напрацювала цілий ряд науково-обґрунтованих заходів сталого забезпечення продовольчої безпеки, пом'якшення негативного впливу зміни клімату, зниження емісії парникових газів, стійких систем сільськогосподарського виробництва.

Особливо хочу наголосити на важливості міждисциплінарного підходу у вирішенні водних питань. Співпраця між аграрною наукою, екологією, гідрологією, інженерією та економікою є ключем до розробки ефективних рішень, які дозволять зберегти водні ресурси для майбутніх поколінь. Важливу роль у цьому процесі відіграють також міжнародні ініціативи, які сприяють обміну знаннями та впровадженню передового світового досвіду у водній сфері.

Впевнений, що сьогоднішня конференція стане ще одним кроком на шляху сталого водокористування, який дозволить нам обмінятися досвідом, розробити ефективні стратегії, залучити нові технологічні та інвестиційні можливості.

Висловлюю щиру подяку організаторам конференції за відданість справі та високий рівень підготовки заходу. Я дякую всім науковцям і практикам, які поділяться своїми дослідженнями та ідеями.

Бажаю всім учасникам конференції плідної роботи, цікавих дискусій, нових наукових відкриттів та конструктивного діалогу, який сприятиме гармонійному розвитку водної галузі в Україні та світі.

З повагою

Ярослав ГАДЗАЛО
Президент Національної академії
аграрних наук України,
д.с.-г.н., професор, академік НААН

Шановні учасники конференції, колеги-науковці, представники державних і громадських організацій, сільгоспвиробники, аспіранти та всі, хто не байдужий до проблеми водних ресурсів!

Щиро вітаю вас на XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Вода для майбутнього: управління, збереження, інновації», яка об'єднує фахівців із різних країн для обговорення актуальних питань сталого розвитку, охорони та управління водними ресурсами.

Сьогодні ми зібралися, щоб обговорити найважливіші питання, пов'язані з раціональним використанням водних ресурсів, без яких неможливий сталий розвиток сільського господарства, промисловості та економіки держави в цілому. Вода – основа життя, і наше спільне завдання – зберегти цей безцінний дар для майбутніх поколінь.

Переосмислення водної безпеки в умовах зміни клімату та воєнних дій, вимагає від нас спільної роботи, розвитку наукових досліджень та пошуку інноваційних рішень. Саме тому внесок науковців, експертів та всіх зацікавлених сторін у вивченні та впровадження найкращих практик водокористування, сучасних технологій водозбереження, новітніх методів очищення, відновлення та використання альтернативних джерел води є надзвичайно важливим.

Національна академія аграрних наук України активно займається науковим забезпеченням водних меліорацій, впровадженням інноваційних підходів до відновлення та модернізації гідротехнічних, водогосподарсько-меліоративних систем, моніторингу вод, відновлення деградованих земель та підвищення ефективності використання води в сільському господарстві.

Головними завданнями, над якими працюють науковці Академії, є наступні:

– Розроблення сталих систем зрошення та дренажу – впровадження технологій точного поливу, що дозволяють зменшити водоспоживання без втрати врожайності.

– Розроблення методів очищення та покращення якості вод – удосконалення систем фільтрації, біологічного очищення води та управління водним балансом в аграрному секторі.

– Впровадження інноваційних підходів до водокористування – використання цифрових технологій, геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування для моніторингу водних об'єктів.

– Адаптація сільського господарства до зміни клімату – дослідження впливу посух, екстремальних погодних явищ та методів їх компенсації шляхом оптимізації сільськогосподарських технологій.

– Розвиток міжнародного співробітництва у сфері управління водними ресурсами – обмін досвідом з європейськими партнерами та впровадження кращих міжнародних практик в Україні.

Сьогодні, як ніколи, важливо інвестувати у водну безпеку, підтримувати наукові дослідження та впроваджувати сучасні технології в управлінні водними ресурсами. Лише об'єднавши зусилля наукової спільноти, державних органів,

бізнесу та міжнародних партнерів, ми зможемо знайти ефективні рішення для збереження водних ресурсів та забезпечення сталого водного майбутнього.

Сподіваюся, що сьогоднішня конференція стане платформою для жвавих дискусій, обміну передовими знаннями та розвитку нових ініціатив.

З повагою

Віктор КАМІНСЬКИЙ
Академік-секретар відділення землеробства,
меліорації та механізації НААН України,
д.с.-г.н., професор, академік НААН

Шановні колеги та учасники XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для майбутнього: управління, збереження, інновації», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів!

Від імені колективу Інституту водних проблемі і меліорації НААН та організаційного комітету висловлюємо вдячність всім учасникам, які знайшли час і можливість взяти участь у конференції. Метою проведення заходу є актуалізація і привернення уваги спільноти до проблем стану водних об'єктів в умовах воєнної агресії, нестачі питної води, необхідності збереження, відновлення та раціонального використання водних ресурсів.

Конференція була організована за наступними напрямами:

- сталий розвиток, охорона та управління водними ресурсами;
- раціональне використання водних ресурсів у сільському господарстві;
- стійкість і переосмислення водної безпеки в умовах зміни клімату та воєнних дій;
- найкращі практики водокористування, новітні методи очищення та відновлення води, використання альтернативних джерел води (дощова, опріснена, стічні води);
- меліорація та ефективне управління меліоративними системами;
- відновлення та модернізація гідротехнічних та водогосподарсько-меліоративних систем;
- сучасні тенденції у використанні меліорованих земель;
- зменшення та управління ризиками, захист від шкідливої дії вод;
- екологічний аспект, екоінновації, сталий розвиток, зелені рішення та водна політика;
- збереження водних екосистем і біорізноманіття;
- якість та моніторинг вод в контексті європейської інтеграції;
- спільні проекти та грантові можливості у сфері водного господарства;
- цифрова трансформація, новітні технології та використання штучного інтелекту для управління водними та земельними ресурсами;
- методологічні проблеми та методи дослідження у сфері водних ресурсів, сільського господарства та екології;
- освіта, навчання та поширення знань у сфері водного та сільського господарства.

До участі у конференції долучилися близько 200 представників академічної спільноти з 42 закладів науки та освіти, відомств, неурядових організацій, представивши результати своїх досліджень з актуальних питань водогосподарської галузі, меліорації земель, гідротехнічного будівництва, програм енергоефективності, сучасних технологій водопідготовки та водовідведення.

Сподіваємося, що результати науково-практичної конференції допоможуть отримати нові знання, визначити пріоритетні напрями, які сприятимуть вирішенню актуальних проблем у сфері водних ресурсів, які

можуть мати місце як в практичній діяльності, так і в науковій площині, особливо в умовах воєнного/післявоєнного стану.

Усі доповіді включені до матеріалів конференції в авторській редакції. Щиро дякуємо всім, хто взяв участь у конференції. Бажаємо Вам успіхів, творчої наснаги, нових наукових досягнень!

З повагою

Михайло ЯЦЮК,
Директор Інституту водних проблем і меліорації НААН, к.геогр.н., ст. дослідник

ЗМІСТ

С.

Яцюк М.В. Водна безпека України: виклики, ризики та шляхи подолання……-14-
Givi Gavardashvili. Determination of contours of flooded areas due to possible accident of Zhinvali (Georgia) earth dam and calculation of the hydrodynamic parameters of a destructive wave at a dam …….. - 17 -
Ahmet Demirak. The role of wastewater treatment in achieving sustainable development goals (SDGS)..... - 24 -
Гребінь В.В., Гопчак І.В., Гопцій М.В., Поляков М.Г. Водогосподарський баланс басейну річки Рось: проблеми оптимізації..... - 32 -
Цвєткова Ганна. Впровадження проактивного управління та інструментів планування безпеки в секторі водопостачання та водовідведення: політичні рамки та виклики для України ..... - 37 -
Дубняк С.С., Батог С.В., Вандюк Н.С., Іванова Н.О., Лєтицька О.М., Афанасьєв С.О. Вплив Дністровського комплексного гідровузла на режим рівнів транскордонної ділянки Дністра ..... - 40 -
Жовтоног О.І., Яцюк М.В., Матяш Т.В., Поліщук В.В., Салюк А.Ф., Бутенко Я.О., Кун Роест, Хенк Мун, Маделейн ван Мансвелд. Відбудова та розвиток водного господарства та меліорації в Україні: технократичний чи/та соціально-економічний вимір..... - 45 -
Danylenko Iuliia. New European regulations in the sphere of water security: implications, challenges, and strategic frameworks..... - 50 -
Тараріко Ю.О., Писаренко П.В., Сайдак Р.В., Книш В.В., Вдовиченко О.П. Балансові дослідження у сівозмінах з лісостеповими культурами на осушуваних землях Західного Полісся в умовах змінних гідротермічних умов ..... - 54 -
Яцюк М., Сидоренко О., Цвєтова О., Тураєва О. Адаптація водних ресурсів Полісся України до змін клімату..... - 58 -
Лиховид П.В., Біднина І.О. Місце нормалізованого диференційного індексу вологи в системі управління зрошенням..... - 61 -
Кузьмич С., Воропай Г., Кузьмич Л. Оцінка технічного стану інженерної інфраструктури дренажної системи «Маринінська» Рівненської області ..... - 63 -
Хільчевський В.К., Петьовка В.Ю. Водні ресурси Угорщини: досвід управління в контексті європейської інтеграції ..... - 68 -
Шатковський А.П., Ромащенко М.І., Довгеля О.М., Щербатюк М.В., Каруна В.В., Любіцький В.В., Диня А.М.До питання ефективності зрошення у зоні Полісся України у контексті аридизації клімату..... - 72 -
Ковальчук В.П., Яцюк М.В., Нечай О.М., Балихіна Г.А. Сценарний аналіз і порівняння варіантів утилізації шахтних вод зі ставків-накопичувачів ..... - 78 -
Біднина І.О., Лиховид П.В., Козирєв В.В., Угрін О.М., Лелявська Л.В., Ясінська Н.О. Вплив тривалого зрошення мінералізованою водою на родючість ґрунту..... - 83 -
Мєдвєдєв О.Ю. Перспектива зрошення в межиріччі Дністра та Дунаю..... - 86 -
Дідковська Л.І. Новітні тенденції у системі управління водними ресурсами..... - 88 -
Марисик С.В., Мацелюк Є.М., Чарний Д.В., Одинченко Р.Д. Технологічні і конструктивні рішення для мінімізації концентрації іонів важких металів і радіонуклідів у воді..... - 92 -
Тараріко Ю.О., Книш В.В. Біоенергетичні рішення для структурної модернізації зрошуваних агроекосистем..... - 95 -
Яцюк М., Сидоренко О., Войтович І., Шевченко А., Тураєва О., Козицький О. Покращення гідрологічного режиму та розвиток рекреаційного потенціалу каскаду Совських ставків у Голосіївському районі м. Києва..... - 99 -
Вожегова Р.А., Грановська Л.М., Біднина І.О., Козирєв В.В., Томницький А.В.,

Угрін О.М. Наукове обґрунтування раціонального використання ґрунтів у сухостеповій зоні на основі аналізу ґрунтових процесів……-101-
Турченюк В.О., Козішкурт С.М. Оцінка ефективності очищення стічних вод ґрунтовою фільтрацією ..... - 104 -
Василенко Р.М., Заєць С.О., Когут І.М., Шабля О.С. Продуктивність сорго цукрового залежно від підживлення кас та умов вологозабезпечення..... - 109 -
Онанко Ю.А., Кузьмич Л.В., Онанко А.П. Моніторинг деформаційних процесів у гідротехнічних спорудах з ґрунтовими основами ..... - 113 -
Sydiakina O.V. Integration of water monitoring standards of ukraine with European practices: challenges and opportunities for sustainable water resource management.... - 117 -
Власова О.В., Шевченко І.А., Козицький О.М. Оцінювання сучасного екологічного стану Бучанського водосховища за супутниковими даними..... - 121 -
Волошин М.М. Оптимізація роботи головної насосної станції Інгулецької зрошувальної системи при застосуванні пристрою плавного пуску..... - 124 -
Хільчевський В.К., Кара М.О. Управління водними ресурсами Словаччини в контексті європейської інтеграції ..... - 127 -
Яцюк М.В., Шевченко А.М., Козицький О.М., Розлач З.В., Боженко Р.П. Актуалізація статусу земельних ділянок у районах інтенсивного прояву руслових процесів ..... - 131 -
Baklanova T.V. Using nature-based solutions to reduce flood risks: Europe's experience and prospects for Ukraine ..... - 135 -
Турченюк В.О., Кропивко С.М. Формування сольового балансу рисових карт-чеків з дренажем різних параметрів в умовах повторного використання для зрошення дренажно-скидних вод на Придунайських рисових зрошувальних системах ..... - 139 -
Левковська Л.В., Мандзик В.М., Рижова К.І. Екосистемний підхід до управління водними ресурсами на меліорованих землях ..... - 144 -
Яцюк М., Сидоренко О., Войтович О., Тураєва О. Моделювання дифузного забруднення суббасейну річки Рось в Україні..... - 147 -
Коваленко Р.Ю. Фільтраційні барєри як метод запобігання забрудненню поверхневих вод (на прикладі річки Інгулець)..... - 150 -
Опанасенко О., Перець С. Міскантус гігантський на осушуваних органогенних ґрунтах Лівобережного Лісостепу України ..... - 154 -
Шумигай І.В., Душко П.М. Особливості управління водними ресурсами за басейновим принципом ..... - 157 -
Воропай Г., Поляков В., Харламов О., Котикович І., Молеща Н., Стьожка Д. Формування водного режиму ґрунту за вирощування сільськогосподарських культур на осушуваних землях Лівобережного Лісостепу України..... - 161 -
Поліщук В., Усатий С., Матяш Т., Салюк А., Коваленко І. Напрями впровадження інновацій при зрошенні ..... - 165 -
Usatyi S., Usata L., Polishchuk V., Kovalenko I. Research on the mechanism of the impact of irrigation water quality in the «Irrigation source-Irrigation System-Soil-Plant» chain ..... - 168 -
Зосимчук М.Д., Зосимчук О.А., Данилицький О.А. Роль вапнування у підвищенні урожайності сільськогосподарських культур в зоні Полісся ..... - 171 -
Ромащенко М.І., Яцюк М.В., Сайдак Р.В., Шевченко А.М., Коломієць С.С., Пантелеєв В.П. Водні виклики та водні загрози планам повоєнної відбудови України..... - 175 -
Косяк Д.С., Самуйлик Л.І. Трансформація параметрів водозбірного басейну річки Рудка Волинської області та його ландшафтна реконструкція..... - 178 -
Зосимчук М.Д., Стецюк М.Г., Зосимчук О.А., Данилицький О.А., Ходневич В.І. Режим атмосферних опадів на торфоболотних масивах Західного Полісся ..... - 183 -
Telyma S., Diatel O. Influence of natural and technogenic factors on efficiency of nitrogen removal (nitrification) in bioreactors with biofilms..... - 188 -
Зудіков А.О. Дослідження роботи дослідного зразка пересувного гідродинамічного

кавітаційного реактора КР-300 згідно ТУ У 28.9-33360135-003:2017 на стадії освоєння виробництва ..... - 193 -
Бондарчук С.П., Бондарчук Л.Ф. Забруднення поверхневих водойм Рівненської області сполуками фосфору та засоби покращення ситуації ..... - 197 -
Балюк С.А., Захарова М.А., Воротинцева Л.І. Сучасні підходи до відновлення зрошуваних ґрунтів, що постраждали внаслідок руйнування Каховської ГЕС ... - 200 -
Горшкова О.А., Яковлєв В.В., Дмитренко Т.В., Єлисеєва А.А. Перспективне джерело мінеральної води «Руда Криниця» ..... - 203 -
Кущ О.О. Аналіз впливу дефіциту води на регіони України ..... - 206 -
Левицька В., Мацелюк Є. Аналіз систем протифільтраційного захисту масивів, прилеглих до Кременчуцького водосховища ..... - 209 -
Демчук Д.О., Ковальчук В.П. Вплив зміни щільності на водно-фізичні властивості ґрунту ..... - 214 -
Лук'янчук О.П., Рокочинський А.М. Удосконалення глибокого меліоративного розпушення мінеральних ґрунтів з регульованим водним режимом ..... - 217 -
Матяш Т.В., Бутенко Я.О., Попов В.М., Сорока Н.В., Салюк А.Ф., Смірнов А.М. Інноваційні підходи до візуалізації водопотреби сільськогосподарських культур на основі інформаційних технологій ..... - 222 -
Пилип'юк В.В., Яров Я.С. Екологічна оцінка якості вод р. Інгул в пункті с. Софіївка в передвоєнний період ..... - 225 -
Одинченко Р.Д., Чарний Д.В., Марисик С.В., Мацелюк М.Є. Аналіз можливих напрямів використання цеолітів європейських родовищ ..... - 229 -
Melnychuk F., Vlasenko O., Dynia A., Didenko N. New technics for climate-smart agriculture in Ukraine ..... - 234 -
Шевченко А.М., Боженко Р.П. Ще раз про актуальні проблеми використання та відновлення заплави річки Ірпінь ..... - 236 -
Ромащенко М.І., Яцюк М.В., Шатковський А.П., Усатий С.В., Поліщук В.В., Сайдак Р.В.Перспективи відновлення зрошення та дренажу в Україні в умовах воєнного стану ..... - 239 -
Манукало В., Самойленко Н. Про розроблення національної бази нормативних документів з гідрологічного напрямку діяльності гідрометеорологічної служби України ..... - 242 -
Мосійчук А. Аспекти впровадження біофлокуляції для підвищення ефективності зневоднення осадів стічних вод ..... - 247 -
Чернишов І.В. Використання оборотної води в технології виробництва субстрату гливи ..... - 250 -
Кравченко В.І. Результати реконструкції очисних споруд у місті Кропивницький ..... - 252 -
Войтович І.В., Брюзгіна Н.Д., Бойко М.С. Перспективи енергомодернізації гідротехнічних та водогосподарсько-меліоративних систем ..... - 255 -
Ретьман М.С., Павленко В.В. Продуктивність суниці залежно від вологозабезпечення та елементів системи захисту ..... - 260 -
Сліже М.О., Ташку А.Г. Динаміка екваторіальних течій Атлантики ..... - 263 -
Коломієць С.С., Ромащенко М.І., Сардак А.С. Енергетика ґрунту в умовах глобальних кліматичних змін ..... - 265 -
Семенко Л.О., Євпак І.В., Семенко О.П. Підвищення ефективності використання водних ресурсів в поєднанні з фертигацією ..... - 269 -
Поліщук О.С., Ретьман М.С. Вплив вологозабезпечення на фунгіцидний захист сої ..... - 272 -
Ель Хадрі Ю.А., Стецюк А.В. Гідродинамічні процеси в протоці Дрейка ..... - 275 -
Шевченко А., Мосійчук Я., Боженко Р. Управління водними ресурсами на автомобільних мийках: витрати, водовідведення та технології очищення ..... - 277 -
Золотарьов В.О., Герасімов Є.Г. Застосування методу характеристик для розрахунку гідравлічного удару в закритих зрошувальних системах ..... - 281 -
Мельніченко В.М., Стельмах В.С., Максін В.І. Водний продукт на основі мікроелементів йоду та водню ..... - 286 -

Вандюк Н.С., Дубняк С.С., Іванова Н.О., Батог С.В. Вплив змін морфології Канівського водосховища на поширення підігрітих вод теплоелектростанції .... - 289 -
Войтович І.В., Шевчук Я.В., Козицький О.М., Ігнатова О.С., Бойко Г.Я., Лімачов Ю.В. Результати натурних обстежень земляної греблі Орільського водосховища ..... - 292 -
Гамаюнова В.В., Павлов В.О. Оптимізація живлення як ефективний підхід до використання вологи ..... - 298 -
Куницький С.О., Куницький М.О. Визначення концентрації забруднень в стічних водах ..... - 302 -
Шепель А.В. Використання стічних вод для поливу сільськогосподарських культур ..... - 305 -
Ромащенко М.І., Сайдак Р.В., Пантелеєв В.П. Тарифи як інструмент розв'язання проблем відновлення та розвитку зрошення і дренажу в Україні ..... - 310 -
Таргоній М.М., Попов В.М., Сорока Н.В. Обґрунтування ефективності системи автоматичного управління водоподачею кінцевою частиною каналу із регулювальними басейнами ..... - 313 -
Богуш О.О, Хлапук М.М, Ніколайчук О.М. Актуальні проблеми та шляхи оптимізації раціонального використання осушувально-зволожувальних систем ..... - 316 -
Onanko A.P., Dmytrenko O.P., Kulish M.P., Pinchuk-Rugal T.M., Rugal A.G., Pavlenko O.L., Gaponov A.M., Kurochka L.I., Ilyin P.P., Onanko Y.A., Kuzmych L.V., Yatsiuk M.V., Voropai G.V., Kuzmych S.A. Assessment of drainage systems technical condition at soil foundation, deep water probe, strain-deformation in nanocomposites of multiwalled carbon nanotubes and polymers ..... - 321 -
Taranenko A., Trus I., Vorobyova V. Prevention of corrosion by using corrosion inhibitors ..... - 326 -
Ромащенко М.І., Конаков Б.І., Никитюк О.А., Пантелєєв В.П., Томашевський О.В., Поліщук В.В., Коваленко І.О. Інноваційні технології з синергічним ефектом як складова розвитку зрошення в Україні ..... -328-
Юрченко В.О., Проскурнін О.А., Мельникова О.Г., Мельник С.В. Формування вмісту сполук азоту в поверхневих стічних водах ..... - 332 -
Гурин В.А., Радчук М.І. Оцінка функціональної надійності гідротехнічних споруд меліоративних систем ..... - 336 -
Іванчук Н.В., Куницький С.О. Практика очищення стічних вод на біоплатах від невеликих житлових комплексів ..... - 341 -
Петроченко О.В. Паводки як надзвичайні ситуації природного, техногенного та антропогенного характеру ..... - 345 -
Ромащенко М.І., Яцюк М.В., Поліщук В.В., Пантелеєв В.П., Конаков Б.І. Заходи зниження втрат від виснаження водних ресурсів у війні як внесок у перемогу ..... - 349 -
Овчиннікова Н.Б. Молекулярний водень: користь для здоров'я та перспективи для гідрогеології ..... - 354 -
Яров Я.С., Гращенкова Т.В. Оцінка якості вод р. Інгул (в середній течії) за гідрохімічними показниками в передвоєнний період ..... - 357 -
Тараріко Ю.О., Зосимчук М.Д., Сорока Ю.В., Митя Т.В., Середа С.В., Вдовиченко О.П.Застосування мікробіологічних препаратів на посівах сої в умовах Західного Полісся ..... - 362 -
Гурин В.А., Радчук М.І. Берегове укріплення річок залізобетонними плитами: оцінка деформаційних характеристик ґрунту ..... - 366 -
Вихованець Б.О., Яцюк М.І., Мацелюк М.Є. Отримання і забезпечення населення України безпечною водою з унікальними властивостями в екстремальних умовах ..... - 365 -
Ромащенко М.І., Сайдак Р.В., Пантелеєв В.П. Результати діяльності та перспективи розвитку організацій водокористувачів України ..... - 373 -

УДК 332.14:504.062:556:341.3

ВОДНА БЕЗПЕКА УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ, РИЗИКИ ТА ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ

Яцюк М.В.

Інститут водних проблем та меліорації НААН, м. Київ
mv_yatsiuk @ukr.net

Стан водних ресурсів України та рівень забезпечення водою населення і галузей економіки залишаються одними з ключових чинників, що впливають на національну безпеку країни. Система водозабезпечення України орієнтована на пріоритетне використання поверхневих вод для потреб людини, що є додатковою загрозою, особливо в умовах війни.

Якість питної води є частиною водної політики як невід'ємна складова Угоди про асоціацію з ЄС, планів і заходів, передбачених Водною рамковою директивою, і тісно пов'язана з Європейською зеленою угодою, планами дій із циклічної економіки та нульовим забрудненням.

Вплив війни на водні ресурси різноманітний і комплексний, але однією із головних проблем є забруднення водних об'єктів як через пряме потрапляння у поверхневі і ґрунтові води отруйних хімічних речовин внаслідок детонації боєприпасів, затоплення військової техніки, нафтопродуктів, так і через пошкодження інфраструктури – мостів, дамб, ГЕС, каналізаційних та насосних станцій. На жаль, у місцях проведення бойових дій водні об'єкти забруднені залишками військової техніки, різними типами боєприпасів, спостерігаються витоки паливно-мастильних матеріалів. Маємо перевищення концентрацій ртуті, міді, цинку, марганцю у водних об'єктах.

Продовження бойових дій, спричинених повномасштабним вторгненням рф в Україну, потребує наукового обґрунтування нових підходів мінімізації ризиків зневоднення території держави та погіршення стану водної безпеки нашої країни. Адже руйнування водосховищ та інших водонакопичувальних гідротехнічних споруд призвело до втрати понад 20 км^3 їх корисного об'єму, що загрожує подальшому зневодненню території Півдня та південного сходу України.

Враховуючи, що негативними наслідками впливу зміни клімату є відсутність інфільтрації та поповнення підземних горизонтів та ґрунтових вод, питання використання накопичувальних джерел для акумуляції поверхневих вод набуває особливого значення для мінімізації впливу зневоднення території.

Управління каскадом дніпровських водосховищ потребує перегляду існуючих та розробки нових правил експлуатації, оскільки відсутність на сьогодні Каховського водосховища призводить до суттєвого погіршення водогосподарського балансу Середнього та Нижнього Дніпра, а також пошуку компенсації дефіциту водних ресурсів, особливо на Півдні України.

Відповідно, питання безпечності води в умовах війни є питанням національної безпеки та потребує вжиття термінових заходів для покращення доступу до води.

Зарегулювання стоку супроводжується виникненням низки екологічних проблем функціонування водних об'єктів. Зокрема, загальновідомими наслідками будівництва ГЕС є створення гідротехнічних споруд різного ступеня складності та призначення, гідроморфологічні зміни річок (зменшення швидкості течії, підйом рівнів води, акумулювання значних обсягів донних відкладів, затоплення значних територій для формування ложа водосховищ), які спричиняють деградацію річкових екосистем і втрату їхньої здатності до самоочищення, істотне забруднення поверхневих вод, впливають на якісний і кількісний стан біоресурсів та призводять до підтоплення прилеглих територій.

Останніми роками, які характеризуються низькою водністю, водних ресурсів, що вдається акумулювати у водосховищах, не вистачає не лише для забезпечення екологічних, а й санітарних спусків. В умовах змін клімату формуються додаткові загрози продовольчій безпеці через зростання дефіциту річного водного балансу на значній території країни та погіршення стану об'єктів інженерної інфраструктури меліоративних систем і стагнації використання потенціалу зрошення та дренажу.

За результатами моніторингових досліджень, якість води у більшості водойм України, включно з Дніпром, класифікується як забруднена або брудна за гідрологічними, хімічними та радіологічними показниками. Особливо критичною є ситуація з малими річками: за останній період зникло близько 10 тис. водотоків, що супроводжується значним зниженням рівня ґрунтових вод, обмілінням водойм та пересиханням криниць.

У сільській місцевості понад 80 % домогосподарств користуються колодязями, саморобними свердловинами або привізною водою. У шести з десяти колодязів, що слугують основним джерелом питної води, вміст забруднюючих речовин перевищує гранично допустимі норми, зокрема через проникнення агрохімікатів у ґрунтові води.

Попри те, що централізоване водопостачання охоплює 99 % міських населених пунктів, 90 % селищ та лише 30 % сіл, загальний рівень забезпечення населення питною водою становить 69 %. Системи водовідведення функціонують лише для 48 % громадян. У дев'яти областях України (270 тис. осіб) подача води здійснюється за графіком, що свідчить про суттєвий водний дефіцит.

Інфраструктура водопостачання та водовідведення в Україні перебуває у критичному стані. Основні фонди водоканалів зношені на 80%, що ускладнює ефективне очищення стічних вод перед їхнім скиданням у природні водотоки. До переліку 100 найбільших забруднювачів країни входять 33 водоканали через застарілість систем водоочищення та неефективний контроль за викидами.

Ситуацію погіршує промислове забруднення: близько 80% підприємств не мають локальних очисних споруд і здійснюють скиди забруднювачів (жири, смоли, нафтопродукти, токсичні хімікати) без попереднього очищення.

Дефіцит водних ресурсів та їхнє забруднення становлять серйозні загрози не лише для екологічної безпеки, а й для економічної стабільності та добробуту населення. Водна безпека у XXI столітті розглядається в кількох аспектах: питна

вода та санітарія – забезпечення якісної питної води та гігієнічних умов; кліматичні ризики – екстремальні погодні явища, що спричиняють посухи та повені; геополітичні чинники – транскордонні водні ресурси та конкуренція за доступ до них.

Для досягнення водної безпеки необхідні комплексні інституційні та інфраструктурні інвестиції, що мають враховувати регіональні особливості ризиків, пов'язаних із водними ресурсами.

Усунення критичних загроз водній безпеці України потребує таких заходів:

1. **Модернізація водоочисних споруд** – впровадження сучасних технологій очищення води та стічних вод.
2. **Реформування системи водного менеджменту** – адаптація до змін клімату та забезпечення сталого використання ресурсів.
3. **Розвиток моніторингових систем** – посилення державного контролю за якістю води.
4. **Захист та відновлення природних водотоків** – зниження антропогенного навантаження на екосистеми.

Інвестування у водну інфраструктуру та впровадження ефективних управлінських стратегій є ключовими елементами гарантування водної безпеки держави.

UDC 556:532.5:627.43

DETERMINATION OF CONTOURS OF FLOODED AREAS DUE TO POSSIBLE ACCIDENT OF ZHINVALI (GEORGIA) EARTH DAM AND CALCULATION OF THE HYDRODYNAMIC PARAMETERS OF A DESTRUCTIVE WAVE AT A DAM

Givi Gavardashvili

Ts. Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University
givi_gava@yahoo.com

SHOTA RUSTAVELI NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

TS. MIRTSKHULAVA WATER MANAGEMENT INSTITUTE OF GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

Determination of Contours of Flooded Areas Due to Possible Accident of Zhinvali (Georgia) Earth Dam and Calculation of the Hydrodynamic Parameters of a Destructive Wave at a Dam

Givi Gavardashvili
Academician of Georgian National Academy of Science,
Doctor of Technical sciences , Professor
Director of Ts. Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University (GTU)

e-mail: givi_gava@yahoo.com

The research was financial supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia, Grant Project # FR17_615 "Theoretical research of vulnerable infrastructure security risk during formation of predictable disasters

1. INTRODUCTION

The reason for the disruption of hydraulic facilities, including Zhinvali Earth Dam (Georgia) may be natural calamities (earthquake, storm, mudflow, etc.), technogenic factors (corrosion and collapse of the building structures, violation of water intake regimes, etc.), as well as sabotage and terroristic acts and use of arms destructing dams during the war.

In case of disruption of a hazardous hydrodynamic plant, a 102-meter-high Zhinvali Earth Dam (Fig. 1) in our case, breakdown tsunami-type waves are formed potentially. The strength of the waves depends on the amount of water and wave velocity. Therefore, the hydrodynamic objects with great amount of water in their reservoirs and with a great difference between the heights of their head and tail races (high head), are hazardous in this respect.



Fig. 1. General view of Zhinvali Earth Dam and reservoir

A breakdown wave and great water mass can overwhelm everything on their way: buildings, premises and agricultural plots, and may result in victims and great material losses [2].

The main function of Zhinvali Earth Dam is to protect the environment, economic objects and human life from the floods formed in the bed of the Aragvi River. However, in terms of incorrect exploitation of the dam and under the action of extreme natural phenomena (earthquake, catastrophic floods, etc.), Zhinvali Earth Dam itself may be a reason for a big catastrophe.

Following the category of a safety risk of a hydraulic facility (technological, environmental or social) and by considering a safety declaration of a facility owner, the terms of a dam operation must be observed by means of a safe operation and checks of the terms of no-failure operation of the plant units and all auxiliary facilities, buildings and equipment.

By considering the EU Directive on the assessment and management of flood risks in Georgia (January 1, 2012, http://www.slovakaid.sk/), a harmonization [2] and implementation mechanism must be incorporated in the legislation of the country what implies as follows:

- Developing a roadmap for harmonization and implementation of the EU Directive on the assessment and management of flood risks in the legislation of Georgia;
- Developing a draft responsibility and actions Directive in the field of flood forecast and early warning for relevant ministries, what means:

➢ The development of methodologies in the area of the flood risks and hydrological monitoring;
➢ Developing the methodologies to draft the area of floods risks;
➢ Developing the map of the zones of flood risks in the basins in the GIS system for the whole country;
➢ Introducing modern hydrological models to predict floods;
➢ Providing automated hydrological posts in the water catch basins of the rivers;
➢ Training young experts in flood prediction issues, etc.

2. THE METHODOLOGY TO CALCULATE HYDRODYNAMIC PARAMETERS OF TSUNAMI-LIKE WAVE

With the aim to provide a computer imitation of possible technogenic catastrophes of Zhinvali Earth Dam, modified software VOLNA-4 and MIKE-4 algorithms were used and field studies of Zhinvali Dam were accomplished on February 10-27 (Fig. 2 and 3) what allows calculating the hydrodynamic parameters of the dam breakthrough wave in case of possible dam destruction, in particular: wave velocity, covered distance and more importantly, the sizes of the flooded area in relation to time.

The initial data were divided into two parts by us: the first is the permanent values and another is variable values. Permanent values consider the parameters not dependant on some or other condition; as for the variable values, they depend on flood, degree of dam destruction, etc.

The construction height of Zhinvali Earth Dam is 102 m and its effective height (water flooding height) is 96 m. The dam width varies within 415 m; the capacity of Zhinvali water reservoir is 520 mln. m^3, while the water surface area is 733 mln. m^3 [4].

In our case, in case of destruction of Zhinvali Earth Dam, destructing tsunami-like waves are formed potentially. The strength of the waves depends on the amount and velocity of water. Therefore, the hydrodynamic objects with great amount of water in their reservoirs and with a great difference between the heights of their head and tail races (high head), are hazardous in this respect.

A breakdown wave and great water mass can overwhelm everything on their way: buildings, premises and agricultural plots, and may result in victims and great material damage.

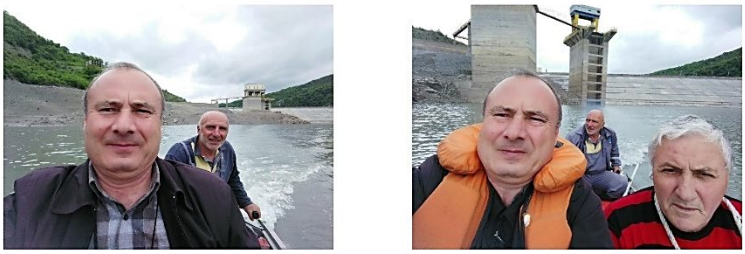


Fig. 2. Swimming on a motorboat in Zhinvali reservoir during the field studies



Fig. 3. General view of colloid and sandy material deposited in Zhinvali reservoir

Figure 4 shows a longitudinal profile of a tsunami-type wave formed in case of distruction of Zhinvali Earth Dam.

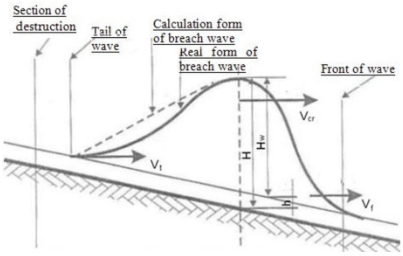


Fig. 4. Longitudinal profile of a tsunami-like wave

The volume of water in the reservoir (W_0) was calculated with the following dependence [2,5,10]:

$$W = \frac{H_B S_B}{3} \qquad \text{(mln. m}^3\text{)} \qquad (1)$$

Where H_B is the water depth at the height of normal dam flooding (m); S_B is the area of the water surface in the reservoir (mln. m^3); The width of river is taken from the topographic maps. As for the number of points, it must not exceed 3 points on the each side of the river axis, i.e. total of 6 points, and must cover the whole water catch area. In order to calculate the area of the flooded territory, the number of sections from the dam must not exceed 8, with the distance between them to be plotted on a topographic map in advance.

The wave velocity (V) during the flood is calculated by the following formula in the tailrace of the facility [10]:

$$V = V_0 (H_1 / H_0)^{2/3}, \qquad \text{(m/sec)} \qquad (2)$$

The degree of the dam destruction (E_p) was established with the following expression [10]:

$$E_p = \frac{F_B}{F_0} \qquad (3)$$

Where F_B is the area of the bank breach (m^2); F_0 is the surface area (m^2).

Besides the above-mentioned, the algorithm considers: the height of the river bank edge (m), number of sections along the river, distance between the sections (km), width of the riverbed (m), water current velocity in the riverbed (m/sec);

width of the bed of the Nogha River (m), values of the river levels (m), etc.

Zhinvali water reservoir, with its Dam representing a structure with a fill clay is located in village Zhinvali, Dusheti Region. The construction height of the Dam is 102 m and its effective height (water flooding height) is 96 m. The Dam width varies within 415 m; the capacity of Zhinvali water reservoir is 520 mln. m^3, while the water surface area is 733 mln. m^3 (see Fig. 5).



Fig. 5. View of Zhinvali Earth Dam from the tailrace

3. IDENTIFYING THE CONTOURS OF THE AREAS FLOODED AS A RESULT OF A POSSIBLE ACCIDENT OF ZHINVALI EARTH DAM

The number of sections from the Aragvi River to the Mtkvari River taken to predict the catastrophe of Zhinvali dam is 8 (Fig. 7).

The sections were taken in the following settled areas located at different distances from the dam, in particular, 1) village Misaktsieli – 30,0 km; 2) Avchala settlement - 35,0 km; 3) Dighomi (Shalikashvili) Bridge - 44,5 km; 4) Tamar Mepe (Chelyuskinites) Bridge - 48,0 km; 5) Ortachala Bridge - 54,2 km; 6) new settlement of Rustavi - 74,0 km; 7) center of Rustavi - 77,0 km; and 8) end point of Rustavi - 80,0 km.

By using the theoretical and field studies, computer software (VOLNA – 4 and MIKE-21) and GIS technology [2-8,10,12], by considering a possible accident of a 102-meter-high Zhinvali Earthen Dam (Georgia) with 0.75 degree, the contours of the beds of the flooded areas in the Aragvi and Mtkvari Riverbeds were identified by considering the configuration of the water catch basins of the Rivers. The results of the calculation are given Table #1.

Detailed data about Zhinvali Dam are given in the Tables below (Tables 2 and 3) and the sizes of the flooded areas in the riverbed and in the adjacent areas are given in Figures 8-16.



Fig. 7. Plan of location of design sections

TABLE 1.
TIME: 29.02.2020, 14:02:40
DESCRIPTION: **ZHINVALI DAM (WITH DESTRUCTION DEGREE E_3 = 0,75)**

Initial data of the hydrological system :	Unit of meas.	Number
1. Water reservoir capacity at standard flooding level (SFL)	mln. m^3	520
2. Reservoir depth at SFL	m	96
3. Water surface area at SFL	mln. m^3	7,33
4. dam width at SFL	m	415
5. River depth in the Dam tailrace	m	1
6. River width in the Dam tailrace	m	25
7. River velocity in Dam tailrace	m/sec	1
8. Reservoir depth at the moment of the dam accident	m	96
9. Dam destruction degree	m	0,75
10. Height of the riverbed bank breach	m	24
11. Water standard flooding level in the reservoir	m	816
12. Number of lateral profiles in the riverbed	pcs.	8

TABLE 2.

Cross sections	Unit of meas.	Section #1	Section #2	Section #3	Section #4	Section #5	Section #6	Section #7	Section #8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distance of a i^{th} section from the Dam	km	30	35	44,5	48	54,2	74	77	80
Specific current:									
Water flooding level	m	480	425	398	393	375	327	322,7	313
Depth	m	1	3	2	2	1	2	1	1
Width	m	70	60	80	82	80	150	100	93
Current velocity	m/sec	1	1	1	1	1	1	1	1
Left bank									
Height of the river bank breach	m	7	2	3	5	4	2,5	3	0,5
Width of the Nogha River bed	m	50	10	50	20	20	5	5	40
Level #1	m	490	435	402,5	400	383	330	327,5	315
Distance from the river axis to level #1	m	137	50	440	71	180	100	60	225
Level #2	m	520	440	405	405	385	340	330	320
Distance from the river axis to level #2	m	687	70	670	371	280	125	1310	1295
Level #3	m	680	490	410	415	388	350	332,5	322,5
Distance from the river axis to level #3	m	2437	340	970	800	720	265	1610	1345
Right bank									
Height of the river bank breach	m	15	8	3	5	4	1	1	5
Width of the Nogha River bed	m	30	25	50	20	100	300	300	50
Level #1	m	520	435	402,5	410	380	330	325	340
Distance from the river axis to level #1	m	912	60	840	90	510	525	750	440
Level #2	m	600	445	405	415	385	340	337,5	350
Distance from the river axis to level #2	m	1137	70	1680	200	660	600	900	570
Level #3	m	680	490	410	425	395	343	345	400
Distance from the river axis to level #3	m	1637	540	2000	230	940	1300	1650	840

TABLE 3.

Dam destruction parameters	Unit of meas.	Section #0	Section #1	Section #2	Section #3	Section #4	Section #5	Section #6	Section #7	Section #8
Distance of the section from the hydrological station	km	0	30	35	44,5	48	54,2	74	77	80
Water peak discharge in the section	thous. m^3/sec	137	24,4	21,9	18,12	17,2	15,59	12,32	11,84	11,5
Time:										
Of wave front descending	min	0	47,1	57,8	76,9	90,9	108,5	175,5	186,7	201
Of wave descending	min	0	80,2	99,1	143,4	158	180,7	288,7	301,9	314,8
Wave tail descending	min	149	649	732	890,4	949	1052	1382	1432	1482
Of flooding	min	149	602	674	813,5	858	943,6	1207	1245	1281
Maximum flow velocity	m/sec	18,7	11,2	14,1	5,03	9,53	6,77	6,86	4,91	5,26
Wave height	m	56,6	18,6	29,7	6,15	14,8	8,29	7,88	4,88	5,41
Maximum flooding depth	m	57,6	19,6	32,7	8,15	16,8	9,29	9,88	5,88	6,41
Maximum flooding level	m	778	499	455	404,2	408	383,3	334,9	327,6	318,4
Maximum flow height:										
On the left bank of the river	m	152	294	862	591,6	614	211,7	112,2	97,83	955,8
On the right bank of the river	m	152	185	524	1394	84,8	608,8	561,6	780,9	103

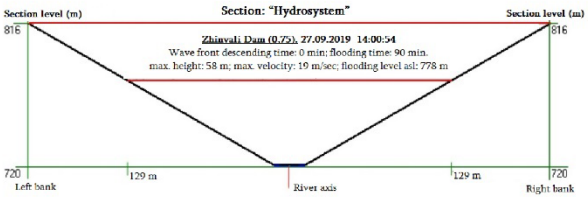


Fig. 8. Section of Hydrosistem

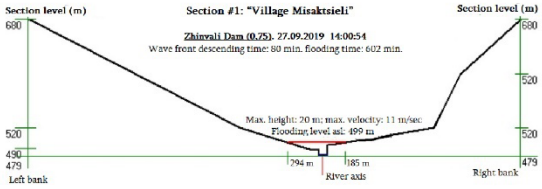


Fig. 9. Section #1

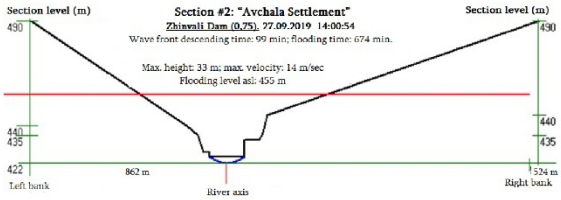


Fig. 10. Section #2

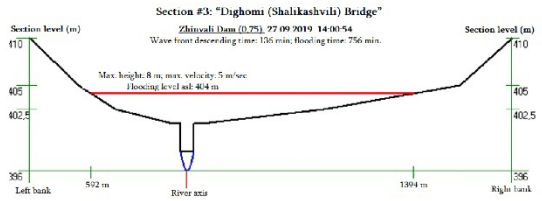


Fig. 11. Section #3

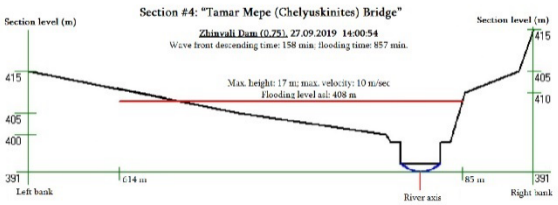


Fig. 12. Section #4

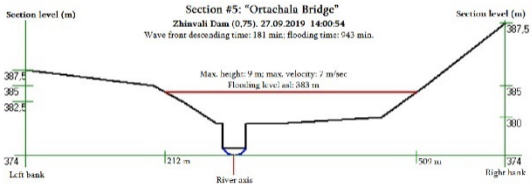


Fig. 13. Section #5

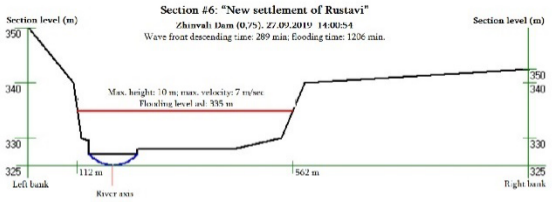


Fig. 14. Section #6

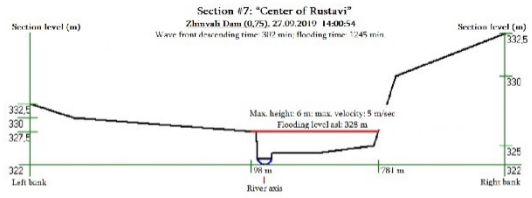


Fig. 15. Section #7

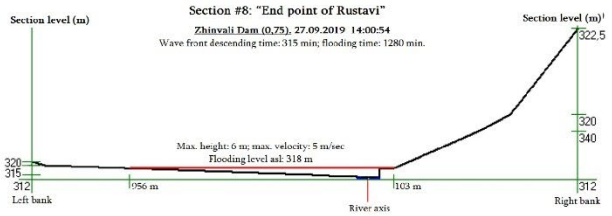


Fig. 16. Section #8

TABLE 4.

#	Section	Tsunami wave motion time (min)	Width of the flooded area from the center of symmetry of the riverbed (m)		Height of tsunami wave (m)	Velocity of tsunami wave (m/sec)
			Right	Left		
1	Village Misaktsieli	47,1	322	319	21	11
2	Avchala settlement	57,74	The canyon gets flooded on both sides			
3	Dighomi (Shalikashvili) Bridge	76,34	1603	649	9	5
4	Tamar Mepe (Chelyuskinites) Bridge	90,1	715	88	18	10
5	Ortachala Bridge	107,0	629	239	10	7
6	New settlement of Rustavi	172,6	570	115	11	7
7	Center of Rustavi	183,3	786	293	6	5
8	End point of Rustavi	197,3	110	1055	7	5

Thus, based on the field, theoretical and experimental studies, the principal hydrodynamic properties of Tsunami wave formed as a result of possible destruction of Zhinvali Earth Dam were identified by considering the relevant time factor and the geometry of the flooded area was determined as well.

The risk zones of the flooded areas were specified and the norms of behavior for the population in the state of emergency were developed [2,9].

4. CONCLUSIONS

Under the financial support of Grant Project # FR17_615 "Assessment of safety risks of vulnerable infrastructure during the formation of expected catastrophes", based on the complex studies accomplished during the field scientific expeditions for Zhinvali Earth Dam in 2019-2020, we may draw the following conclusions:

1. As a result of the studies accomplished in Zhinvali reservoir, the statistical material was processed, which allows specifying the volume of the solid drift deposited in the headrace of the Dam and minimum useful water capacity;
2. The samples of colloid fraction were taken from the reservoir area and a chemical analysis of the suspension was provided with the aim to use it for commercial purposes;
3. Based on the scientific studies in the tail and head races of Zhinvali Earth Dam, a longitudinal profile of a tsunami-type wave formed as a result of the possible dam destruction was determined by calculating relevant hydrodynamic parameters;
4. For the case of a 0,75% destruction degree of 102-meter-high Zhinvali Earth Dam, by using a mathematical model (VOLNA – 4 and MIKE-21) and GIS-technology, the contours of the riverbed of flooded territories in riverbeds for rivers Aragvi and Mtkvari have been defined by considering the configuration of the water catch basins of the rivers.
5. Based on the obtained data, the risk zones of the flooded areas were specified and the norms of behavior for the population in the state of emergency were developed.

REFERENCES

[1]. Ayyub, B.M. - Risk Analysis Engineering and Economics. A CRC Press Company. Boca Raton, London, New York, Washington, 2003, D.C., 571 p.

[2]. Determination of the risk zones of flooded areas and evaluation of the rules of population behavior in an emergency situation in a case of potential accident of Zhinvali earth dam. Grant Project Leader: Givi Gavardashvili - Doctor of Technical Sciences, Professor. Tbilisi, 2019, Public House „Sachino", 63 p.

[3]. Gavardashvili G.V. - Forecasting the Security of the Local People in Village Nakra of Mestia Region (Georgia) Against Floods and Mudflows. // Environments, ITS, www. itspoa. com/ jurnal/envi, UK, 2018, pp. 13-24.

[4]. Gavardashvili G.V., Kukhalashvili E.G., Supatashvili T., Natroshvili G., Qufarashvili I., Bziava K. – The Calculation of Maximal and Average Speed of Debris Flow Formed as a Result of Outstretched Water Wave on the Land Dam of Zhinvali. International Conference on Construction and Environmental Engineering. WASET, Barcelona, Spain, June 11-12, 2019, pp. 1029- 1032.

[5]. Gavardashvili G.V., Kukhalashvili E.G., Supatashvili T., Natroshvili G., Qufarashvili I., Bziava K. – The Ecological Awareness Level Arising of the Population Living in the Flood Risk Zone in case of Possible Accident of Zhinvali Land Dam and Designing Precautionary Measures. XIII International Conference on Environmental, Biological, Ecological Sciences and Engineering. WASET, Rome, Italy, December, 12-13, 2019, pp. 755- 758.

[6]. Mirtskhoulava, Ts.E.-- Hazards and Risk (at some water and other systems. Types, Analysis, Assessment). 2 Books. Tbilisi, "Metsniereba", 2003, 807 p. (in Russian).

[7]. Mike 21 Flow Model. *Hints and recommendations in applications with significant flooding and drying* [interaktyvus] [žiūrėta 2012-12-10]. Prieiga per internetą: <http://www.dhigroup. com/ upload/dhisoftwarearchive/papersanddocs/hydrodynamics/MIKE21SignificantFlodry Guidelines.

[8]. Natishvili O.G., Gavardashvili G.V. - Dynamics of Gully-Formation by Considering the Wave Motion of Flow. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences. (ASRJEST), Vol 55, #1, 2019, pp. 17-26. http://asrjtsjournal.org/index.php/American Scientific_Journal/ issue/view/81

[9]. Prangishvili A., Bochorisvili N., Lanchava O. – Life Safety - Emergensy Management and Sivil Defense (in Georgian). Tbilisi, 2011, 638 p.

[10]. Shoigu, S.K. - Operative prediction of the engineering situation in emergency situations. (Book 2), Moscow, 1998, 176 p.

[11]. Shterenlikht D.V- Hydraulic. *Energoatomizdat*, Moscow, 1984, 494 p.

[12]. Urbanavičius V. - Kaunas's Impact on Hydrodynamics of the Neman River. Alexander Stulginski University. Kaunas, Lithuania, 2013, 54 p.

UDC 502.36:504.03:330.34

THE ROLE OF WASTEWATER TREATMENT IN ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS)

Ahmet Demirak

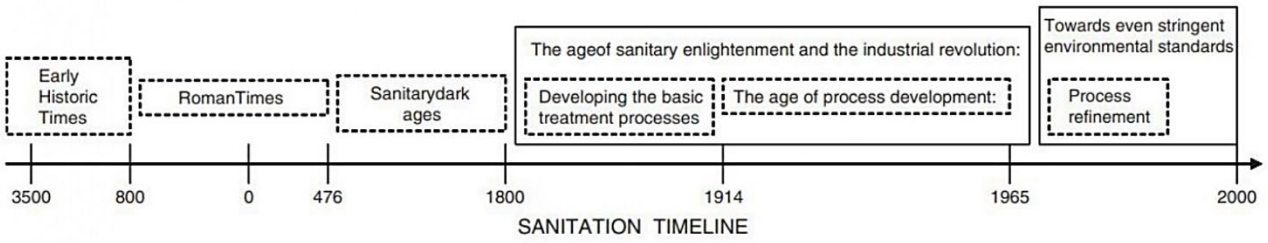
Muğla Sitki Koçman University, Kotekli/Muğla, Republic of Turkey
Environmental problems research and application center

Wastewater and Wastewater treatment

Wastewater is the polluted water that remains after being used in homes, factories and workplaces, unless treated, no longer serves a useful purpose and may contain contaminants. wastewater is a major factor for freshwater quality and human health.

Wastewater treatment is the process of purifying water, a basic source of life that is rapidly becoming polluted day by day, after it has been used for domestic or industrial purposes.

Historical aspect of wastewater management strategies



In drawing a timeline, the evolution of sanitation practices could be divided into five main periods

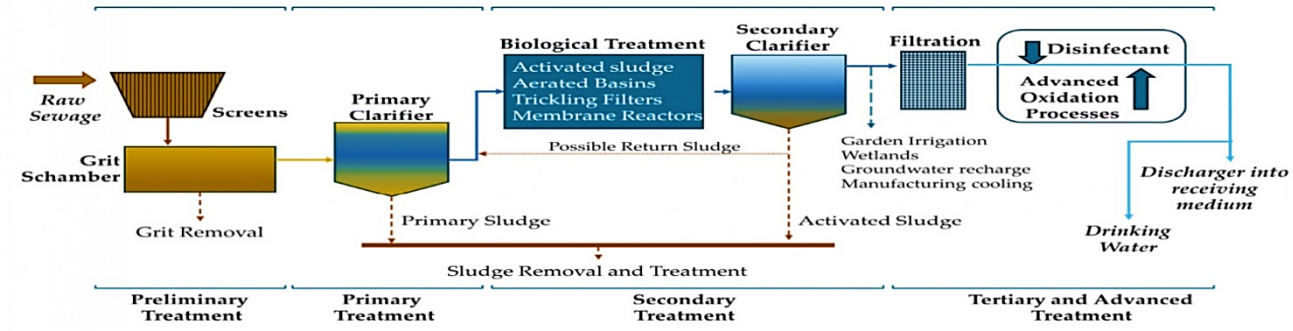
- Early history
- Roman period
- Sanitary Dark Age
- Age of Sanitary Enlightenment and the Industrial Age
- Age of stringent environmental standards

G. Lofrano, J. Brown / Science of the Total Environment 408 (2010) 5254–5264

Today and the future, wastewater treatment management strategies must include the following features.

1. More efficient treatment 2. Lower costs 3. Integration with environmental management

4. Protecting water resources 5. Protecting public health 6. Sustainable water management



Eng 2024, 5, 2633–2661. https://doi.org/10.3390/eng5040138

Therefore, wastewater treatment systems include physical, biological, and chemical methods to remove solids, organic matter, nutrients, and other contaminants from wastewater.

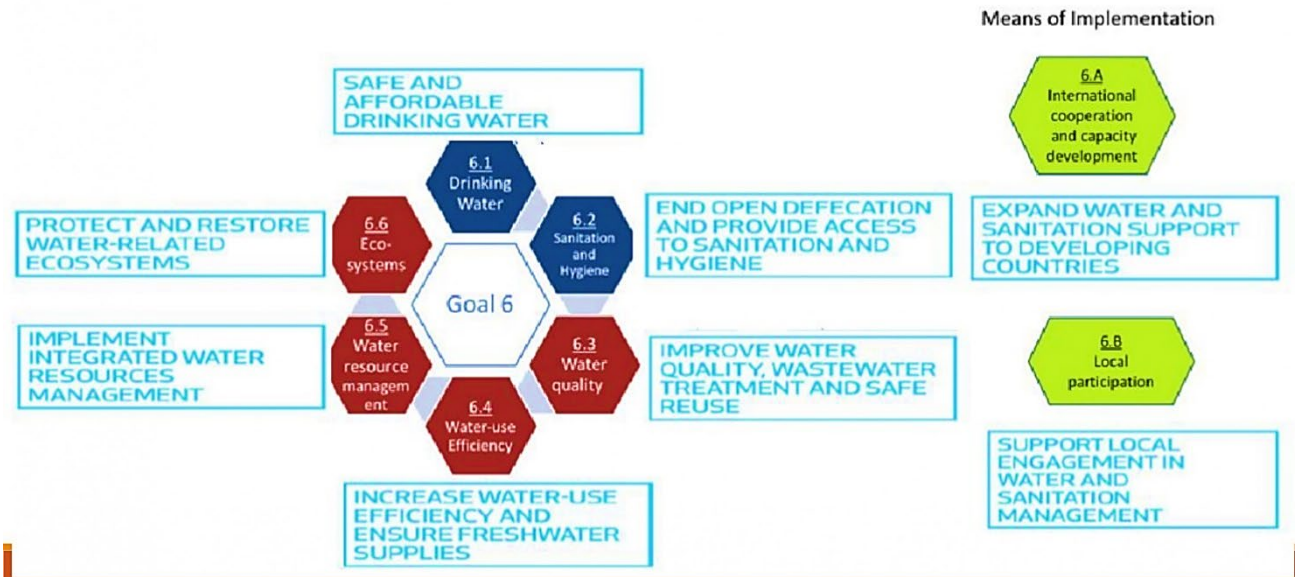
17 Sustainable Development Goals (SDGs)

The member countries of the United Nations have unanimously agreed 17 Sustainable Development Goals (SDGs) with total of 169 targets that are " universal, deliverable and measurable" for all countries between 2015 and 2030



WASTEWATER TREATMENT AND SDG 6

Clean water and sanitation goal has six targets revolve around human and environmental scales.



Wastewater treatment contributes to 11 of the 17 globally adopted sustainable development goals.

To increase water availability : SDG 2: zero hunger and SDG 6: clean water and sanitation

To enhance human health worldwide: SDG 3: Good health and wellbeing

To provide a new source of income for smallholder: SDG 1: no poverty and SDG 8: decent work and economic growth

To convert waste to energy: SDG 7: affordable and clean energy, and SDG 9: industry, innovation and infrastructure

To reduce the environmental impact of wastewater : SDG 11: sustainable cities and communities, SDG 12: responsible consumption and production, SDG 13: climate action, and SDG 14: life below water).

The proposed Sustainable Development Goal for water has three components:

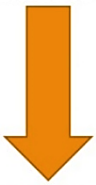
(1) access to water supply and sanitation;

(2) sustainable use and development of water resources

(3) improved water quality and wastewater management.

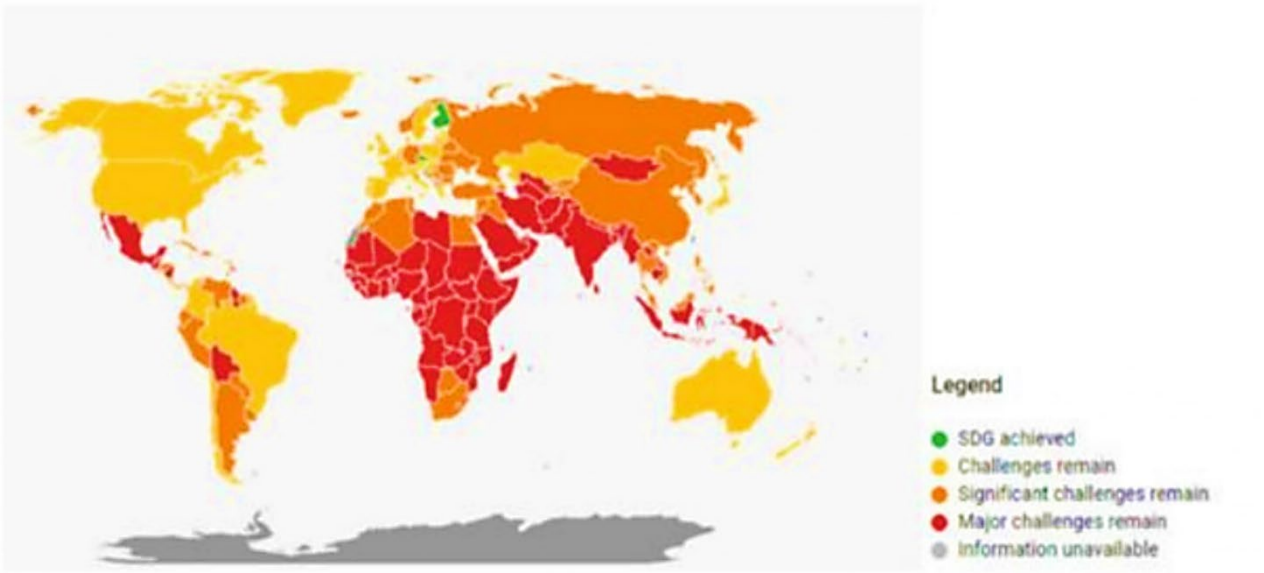
(Omar et al., 2015

Goal 6: Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all



Prerequisites

Wastewater treatment and safe reuse are prerequisites for achieving goal 6 by 2030.



Status of SDG 6 (Clean Water and Sanitation), from https://dashboards.sdgindex.org/.



Proportion of safely treated domestic wastewater flows, %

Proportion of wastewater generated by households and by economic activities which is safely treated based on treatment ladders as defined by the SEEA, and International Recommendations for Water Statistics and IRWS, compared to total wastewater generated by households and economic activities.

The System of Environmental-Economic Accounting (SEEA)

https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=116

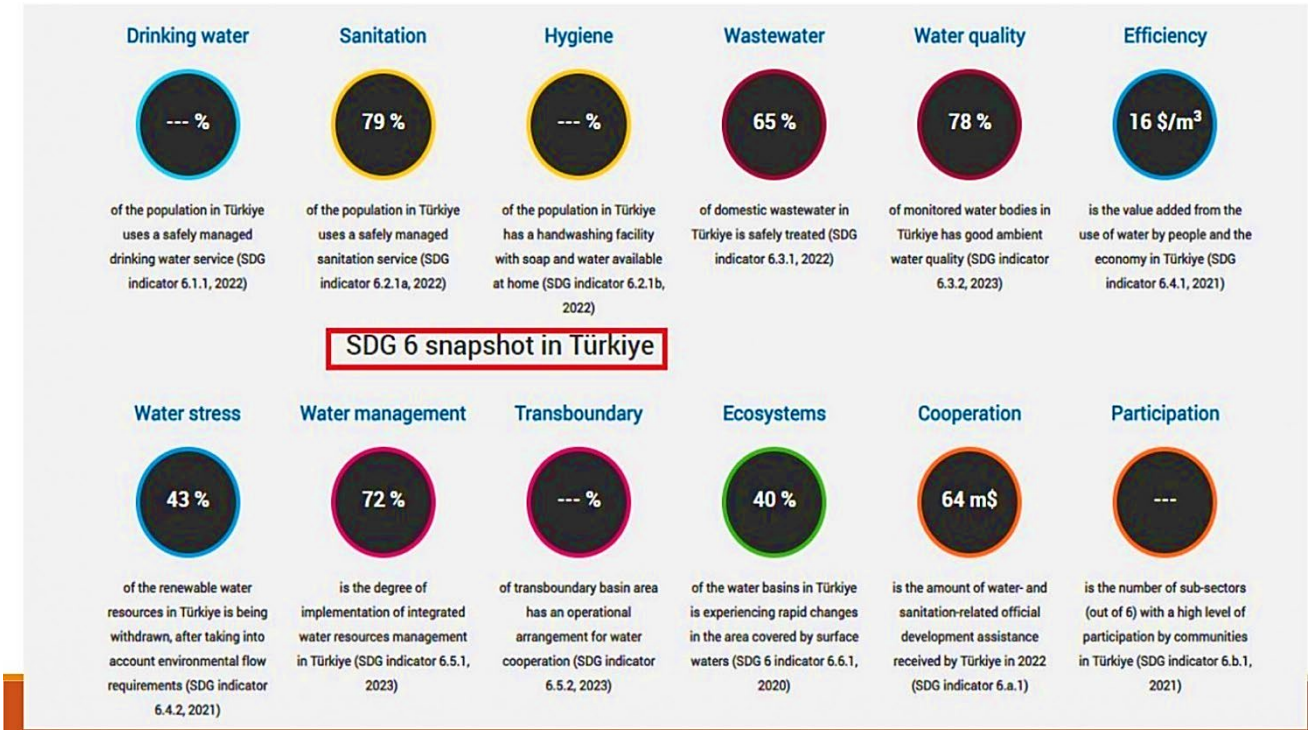
Indicator 6.3.1 https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=116

Proportion of safely treated domestic wastewater flows, %

Table Definition Footnotes

Country	2020	2021	2022
Albania	13.4	..	19.5
Andorra	100.0	..	100.0
Armenia	40.1	..	0.6
Austria	98.6	..	98.2
Azerbaijan	57.4	..	41.3
Belarus	56.5	..	80.3
Belgium	91.8	..	85.1
Switzerland	99.2	..	99.3
Türkiye	63.3	..	64.7
Ukraine	34.3	..	50.2





COMPLETED WASTEWATER TREATMENT PLANTS

Construction Year	Name of the Job	Capacity (m³/day)
2013-2015	Yatağan Wastewater Treatment Plant	4.140
2016 - 2018	Ölüdeniz Wastewater Treatment Plant	12.000
2018	Karadere Wastewater Treatment Plant	200
2018 - 2019	Eşen Wastewater Treatment Plant	867
2020 - 2023	Fethiye Wastewater Treatment Plant	50.531
2023	Gümbet Wastewater Treamnet plant	29.900
2023	Gümüşlük Wastewater Treamnet plant	9.900
2023	Turgutreis Wasteater Treatment Plant	37.000


Yatağan WTP


Ölüdeniz WTP


Karadere Paket WTP


Eşen WTP


Fethiye WTP


Tutgutreis WTP

In conclusion

wastewater treatment contributes directly and indirectly to all SDGs. Solving this problem is imperative for the future of humanity.

The importance of this goal should be brought to the attention of different organizations and governments. Policy makers, all stakeholders, scientists and engineers should solve this problem.

References

Giusy Lofrano , Jeanette Brown. Wastewater management through the ages: A history of mankind.Science of The Total Environment Volume 408, Issue 22, 15 October 2010, Pages 5254-5264. https:// doi:10.1016/j.scitotenv.2010.07.062

Fernandes, J.; Ramísio, P.J.; Puga, H. A Comprehensive Review on Various Phases of Wastewater Technologies: Trends and Future Perspectives. Eng 2024, 5, 2633–2661. https://doi.org/10.3390/eng5040138

Himali Madushani Kanchanamala Delanka-Pedige, Srimali Preethika Munasinghe-Arachchige,suru Sachitra Abeysiriwardana Abeysiriwardana-Arachchige. Nagamany Nirmalakhandan. Evaluating wastewater treatment infrastructure systems based on UNSustainable Development Goals and targets. Journal of Cleaner Production Volume 298, 20 May 2021, 126795. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126795.

Omar A. Malik , Angel Hsu , Laura A. Johnson . Alex de Sherbinin. A global indicator of wastewater treatment to inform the Sustainable Development Goals (SDGs). Environmental Science & Policy Volume 48, April 2015, Pages 172-185. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.01.005

Khaled Obaideen , Nabila Shehata , Enas Taha Sayed, Mohammad Ali Abdelkareema,,Mohamed S. Mahmoudd, , A.G. Olabi . The role of wastewater treatment in achieving sustainable developmentgoals (SDGs) and sustainability guideline. Energy NexusVolume 7, September 2022, 100112. https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100112

УДК 556.5

ВОДОГОСПОДАРСЬКИЙ БАЛАНС БАСЕЙНУ РІЧКИ РОСЬ: ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ

Гребінь В.В.[1], Гопчак І.В.[2], Гопцій М.В[1]., Поляков М.Г.[3]

[1]*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ*
[2] *Державне агентство водних ресурсів України, м. Київ*
[3] *Регіональний офіс водних ресурсів річки Рось, м. Біла Церква*
grebin1964@gmail.com

Розроблення оновленого деталізованого водогосподарського балансу річки Рось виконувалося на замовлення Регіонального офісу водних ресурсів річки Рось на виконання Розпорядження Кабінету міністрів України від 12 липня 2024 р. № 648-р «Про затвердження плану дій щодо комплексного вирішення проблем басейну річки Рось на 2024-2030 роки» та Наказу Держводагентства від 06 серпня 2024 р. №103 «Про затвердження Плану заходів Державного агентства водних ресурсів України з виконання Плану дій щодо комплексного вирішення проблем басейну річки Рось на 2024-2030 роки» [1, 2].

Водогосподарський баланс (ВГБ) є основною передумовою територіального управління використанням водних ресурсів і розробляється для водогосподарських ділянок, виділених у межах районів річкових басейнів. Згідно до «Водного кодексу України», водогосподарська ділянка – частина річкового басейну, для якої розробляються водогосподарські баланси, встановлюються ліміти забору води із водного об’єкта та інші параметри використання водного об’єкта (водокористування) [3]. У випадку потреби деталізації розрахунок балансу здійснюється для окремих підбасейнів в межах даного річкового басейну. При цьому під підбасейном розуміють басейн річки, що впадає в головну річку річкового басейну.

Згідно з «Порядком…» [4], водогосподарські баланси повинні переглядатися кожні 6 років (у прив’язці до циклів виконання «Планів управління річковими басейнами»). Попередній розрахунок ВГБ для тих ділянок, що розташовані в межах басейну р. Рось виконувався в 2018 р., тобто пройшло саме 6 років. Враховуючи зазначене та Наказ Держводагентства України від 06 серпня 2024 р. №103 [2] РОВР річки Рось провів (із залученням науковців) новий розрахунок та оптимізацію водогосподарського балансу басейну річки Рось (з деталізацією для окремих водогосподарських ділянок та виділених підбасейнів).

Водозбір річки Рось (що належить до найбільших правобережних приток Дніпра) знаходиться у межах лісостепової зони майже в центрі України. Довжина річки становить 378,3 км, водозбірна площа басейну 12,749 тис. км². Басейн річки розташований на території Київської, Вінницької, Житомирської та Черкаської областей. Найбільшою є площа водозбору (дві третини загальної) у Київській області [5].

Всього у р. Рось впадає 1136 малих річок, з них довжиною менше 10 км – 1034. Основними притоками р. Рось є річки Роставиця, Роська, Росава, Кам'янка.

Рось є однією з найбільш зарегульованих річок України. На даний час в басейні р. Рось знаходиться 2676 водних об'єктів (55 водосховищ та 2621 ставок) площею водного дзеркала 22685,89 га зарегульованим об'ємом 323,507 млн м^3, що практично дорівнює стоку в маловодний рік 95 % забезпеченості. На самій річці Рось створено 10 руслових водосховищ, сумарний об'єм яких складає 59,97 млн м^3. Найбільша кількість водосховищ побудована в Київській (40) та Житомирській (11) областях. Найбільша кількість ставків побудована у Київській області – 1585 шт. У Вінницькій області побудовано – 468 шт., у Житомирській області – 312 шт., у Черкаській області – 256 шт. [6].

З метою впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом в басейні р. Рось виділено 2 водогосподарські ділянки (рис. 1):

– ВГД М5.1.2.10 – р. Рось від витоку до кордону Київської та Черкаської областей;

– ВГД М5.1.2.11 – р. Рось від кордону Київської та Черкаської областей до гирла.

На сьогодні стаціонарна мережа пунктів спостережень за водним режимом, підпорядкованих Українському гідрометеорологічному центру, представлена в басейні р. Рось лише 4 гідрологічними постами (рис. 1).

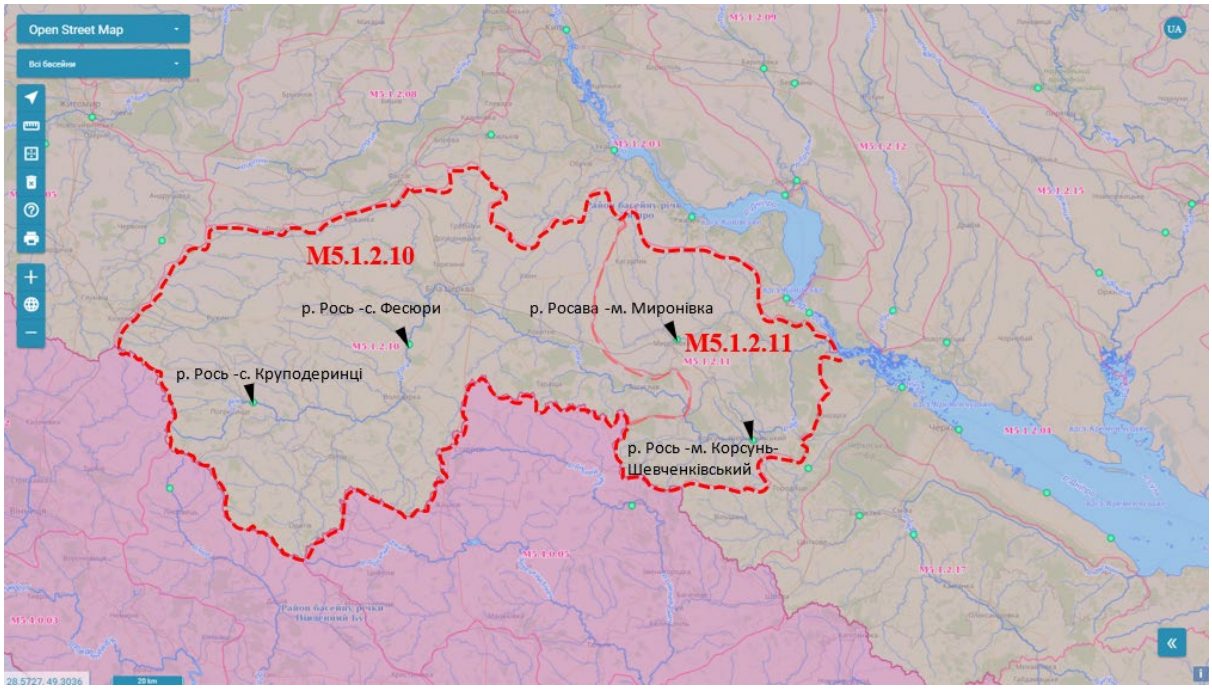


Рисунок 1 – Схема водогосподарських ділянок в басейні р. Рось та гідрологічні пости (станом на 2024 р.), підпорядковані Українському гідрометеорологічному центру

Для розрахунку деталізованого водогосподарського балансу басейну нами було використано дані спостережень гідрологічних постів РОВР Росі, приведені до створів, що розташовані в гирлах основних приток Росі та в створі греблі Косівського водосховища. Останній, фактично, знаходиться на межі Вінницької

та Київської областей та дає можливість визначити частку стоку річки Рось, що формується в межах Вінницької області. Створена база даних по середньомісячних та середньорічних витратах води за весь період інструментальних спостережень, що включає ряди спостережень стаціонарної мережі УкрГМЦ по 4 гідрологічних постах, та ряди спостережень з 2010 р. по 2023 р. по 7 гідрологічних створах за даними РОВР Рось.

На першому етапі досліджень виконано аналіз однорідності даних гідрометеорологічних спостережень існуючих рядів спостережень. Наступним етапом дослідження було виконано статистичний аналіз, використовуючи статистичні оцінки отримані за методом моментів та найбільшої правдоподібності. Виконано процедуру приведення статистичних параметрів середньомісячних та середньорічних витрат води по гідрологічних створах спостережень РОВР Росі до багаторічного періоду та виконано відновлення рядів витрат води за минулі роки.

Приведення статистичних параметрів розподілу до багаторічного періоду виконано за допомогою річок-аналогів, які мають тривалі ряди спостережень за стоком і відповідають вимогам репрезентативності. Встановлені графіки зв'язку дозволили відновити ряди спостережень в гідрологічних створах спостережень РОВР Росі по річках-аналогах та побудувати криві забезпеченості і визначити роки водності близькі до 50 %, 75 % та 95 % забезпеченості.

За наведеною у [7] послідовністю складання водогосподарського балансу ми на кожній водогосподарській ділянці басейну та в межах кожного виділеного підбасейну визначали об'єм та режим незворотного водоспоживання, що в сумі з об'ємом мінімального екологічного стоку (транзитним стоком) порівнювався з об'ємом та режимом водних ресурсів у замикаючому створі. Внаслідок цього визначався приток до нижче розташованої водогосподарської ділянки.

Ресурси нижче розташованої водогосподарської ділянки визначалися додаванням притоку зверху зі стоком, що формується на даній водогосподарській ділянці. Стік, що формується на ділянці, (бічний притік) визначався як різниця об`ємів природного стоку в замикаючому та вхідному створах за прийняті інтервали часу (місяці).

За результатами водогосподарських балансів для кожного створу визначалися дефіцитні водогосподарські ділянки, а також резерв водних ресурсів (по місяцях) для років певної забезпеченості (50, 75 та 95 %) отриманих методом компонування рівно забезпечених середньомісячних витрат води.

Проведений розрахунок водогосподарського балансу басейну річки Рось (з деталізацією для окремих водогосподарських ділянок та виділених підбасейнів) дозволив зробити наступні висновки та надати рекомендації відносно оптимізації розрахунку балансу:

1) у роки 50 % забезпеченості стоку води по 6 з 12 досліджених створах (верхня частина басейну до кордону Вінницької і Київської обл. (Косівське водосховище) та нижня його частина (від створу Корсунь – Шевченківської ГЕС до гирла), а також в басейнах приток: рр. Ростовиця та Росава не буде відмічатися дефіцит водних ресурсів. По інших ділянках тривалість періоду дефіциту буде становити від двох до шести місяців;

2) у роки 75 % забезпеченості стоку води лише по 3 досліджених ділянках (нижня частина басейну р. Рось від створу Корсунь – Шевченківської ГЕС до гирла) не буде відмічатися дефіцит водних ресурсів. По інших ділянках тривалість періоду дефіциту буде становити від двох до десяти місяців;
3) у роки 95 % забезпеченості стоку води по 1 досліджені ділянці (р. Рось від створу Корсунь – Шевченківської ГЕС до гирла, без р. Росава) не буде відмічатися дефіцит водних ресурсів. Тоді як в басейнах приток Роська, Кам'янка, Протока та Гороховатка дефіцит водних ресурсів буде відчуватися протягом усього року щомісяця. Найменш тривалий період дефіциту (два місяць) буде для р. Рось від створу Корсунь-Шевченківської ГЕС до гирла, а по інших ділянках тривалість періоду дефіциту буде становити від двох до восьми місяців.

Отриманий досвід дозволяє загострити увагу на кількох проблемних питаннях, пов'язаних, передусім із розрахунком основних складових прибуткової та витратної частин водогосподарського балансу та надати певні рекомендації, що, на нашу думку, дозволять оптимізувати процес розрахунків у майбутньому як для басейну річки Рось, так і для інших річкових басейнів України:

1) Проблемним є питання визначення основного елементу прибуткової частини балансу – поверхневого припливу. Із 132 водогосподарських ділянок, виділених у межах районів річкових басейнів України, лише 18 обмежені створами гідрологічних постів, або – греблями, у створах яких ведеться облік стоку. Для більшості ВГД доводиться виконувати додаткові розрахунки, здійснюючи перехід від величини стоку в створі певного гідрологічного поста до розрахункової величини стоку в замикаючому створі водогосподарської ділянки або в гирловій частині підбасейну;
2) Суттєвою проблемою, на нашу думку, є відсутність автоматизованих засобів збору даних, необхідних для проведення розрахунку водогосподарського балансу. Для річкових басейнів, що мають високі показники зарегулювання стоку, отримані протягом доби 1-2 виміри рівня та, відповідно, витрати води в створі певної гідроспоруди не завжди відповідають середньодобовому значенню цих характеристик, оскільки режим роботи гідроспоруди впродовж доби не є постійним;
3) Виникають проблеми при визначенні такої складової балансу, як зменшення стоку річки, викликане забором гідравлічно зв'язаних з нею підземних вод. Для цього потрібно знати частку підземного живлення у величині стоку певної річки, що потребує додаткових інженерно-гідрологічних розрахунків;
4) Проблемним є визначення такої складової балансу, як щомісячний об'єм спрацювання/наповнення водосховищ і ставків. Якщо інформацією щодо наповнення основних водосховищ басейну на початок та закінчення поточного місяця водогосподарські організації володіють, то регулювання наповнення ставків часто здійснюється орендарями без надання відповідної інформації;
5) Існують різні підходи до визначення такої величини ВГБ як мінімальний екологічний стік у замикаючому створі ВГД. Зокрема, існуюча з 2020 р. «Методика…» є відомчою (в структурі ДСНС України) і застосована нами

через відсутність загальноприйнятої національної методики, яку якнайшвидше потрібно розробити;

6) Крім того, складання перспективного водогосподарського балансу басейну вимагає врахування у розрахунках кліматичних змін, що відбуваються та будуть продовжуватися у майбутньому. Врахування впливу цих змін на величини стоку в розрахункових створах є обов'язковим при проведенні інженерно-гідрологічних розрахунків. Досвід такого оцінювання в Україні є, зокрема при виконанні розрахунків перспективного водогосподарського балансу району річкового басейну Дністра.

Посилання

1. Розпорядження Кабінету міністрів України від 12 липня 2024 р. № 648-р «Про затвердження плану дій щодо комплексного вирішення проблем басейну річки Рось на 2024-2030 роки». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/648-2024-%D1%80#Text

2. Наказ Держводагентства України від 06 серпня 2024 р. № 103 «Про затвердження Плану заходів Державного агентства водних ресурсів України з виконання Плану дій щодо комплексного вирішення проблем басейну річки Рось на 2024-2030 роки». URL: https://rovrrosi.gov.ua/images/user/files/ilovepdf_merged%281%29.pdf

3. Водний кодекс України. Введений в дію Постановою ВР № 214/95-ВР від 06.06.95, ВВР, 1995, № 24, ст.190. Зі змінами внесеними протягом 2000-2024 рр. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text

4. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 26.01.2017 № 26 «Про затвердження Порядку розроблення водогосподарських балансів». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0232-17#Text

5. Бабій В.П., Вишневський В.І., Шевчук С.А. Річка Рось та її використання. Київ: «Інтерпрес ЛТД», 2016. 128 с.

6. Сайт Регіонального офісу водних ресурсів річки Рось Держводагентства України. URL: https://rovrrosi.gov.ua/

7. Мокін В. Б., Гребінь В. В., Крижановський Є. М. Методи оцінювання та засоби автоматизації розрахунку складових водогосподарського балансу районів річкових басейнів України: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2023. 159 с.

УДК 351.79:628

ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ІНСТРУМЕНТІВ ПЛАНУВАННЯ БЕЗПЕКИ В СЕКТОРІ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ: ПОЛІТИЧНИ РАМКИ ТА ВИКЛИКИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Цвєткова Ганна

ГО «Жіноче водне партнерство України», м. Київ
Atsvet19@gmail.com

Останні десятиліття моделі управління в різних сферах діяльності людини змінюються з реактивної (реагування та усування наслідків заподіяної шкоди) на проактивну, що спирається на принципах запобігання: визначенні загроз, аналізі і оцінці ризиків недосягнення запланованих цілей та запровадженні дій на убезпечення (усунення, зменшення або контроль) таких ризиків.

У січні 2021 року вступила в силу оновлена Директива Європейського Парламенту та Ради (2020/2184) від 16 грудня 2020 року про якість води, призначеної для споживання людиною (Директива по питній воді). Серед основних нововведень оновленої Директиви по питній воді є зобов'язання щодо впровадження ризик орієнтованого підходу на всьому ланцюгу постачання питної води: від джерела до крана споживача. При цьому Директива вимагає проведення аналізу та оцінки ризиків на трьох основних етапах водопостачання (в джерелі, системі водопостачання та внутрішньо будинкових розподільчих мережах) та застосування заходів з контролю пріоритетних ризиків задля забезпечення безпеки питної води та здоров'я споживача. Ризик-орієнтований підхід має застосовуватися і для формування та виконання програм оперативного моніторингу та нагляду за дотриманням стандартів якості питної води. Рекомендації щодо зміни моделі управління в галузі водопостачання були розроблені ВООЗ і включені у 2004 році в 4-у редакцію Керівних настанов для якості питної води, які запропонували нову концепцію проактивного управління безпекою питної води на заміну неефективної практики реагуванні на наявні проблеми (невідповідності встановленим стандартам) та зменшення їх негативного впливу на здоров'я людини. Концепція спирається на «оцінку безпеки та визначення прийнятного рівня ризиків за конкретних обставин, у яких суспільство в цілому має відігравати певну роль».

Впровадження концепції проактивного управління передбачає спрямування ресурсів у поступове покращення безпеки питної води задля досягнення довгострокових цілей якості води. Забезпечення безпеки питної води вимагає визначення «політичних рамок», в тому числі цілей, заснованих на охороні здоров'я і визначених компетентним органом охорони здоров'я, адекватних та належним чином керованих систем (інфраструктури водопостачання, моніторингу, ефективного планування і управління) та системи незалежного нагляду.

Переваги ризик-орієнтованого підходу полягають в: покроковому впровадженні, можливості діяти наперед завдяки аналізу та оцінці ризиків, плануванню першочергових дії з контролю та/або мінімізації пріоритетних ризиків з врахуванням наявних ресурсів; цілісному розумінні інфраструктури (системи водопостачання) та аудиту роботи оператора, обґрунтуванні необхідних інвестиції на покращення безпеки водопостачання, оптимізації програм моніторингу та контролю.

Україна має досвід впровадження ризик-орієнтованого підходу, зокрема в аграрному секторі – щодо впровадження систем управління безпечністю харчових продуктів за принципами НАССР – «від лану – до столу», в галузі управління водними ресурсами впровадження планів управління річковими басейнами (ПУРБ) відповідно Директиви 2000/60/ЄС (Водної рамкової директиви – ВРД) та планів управління ризиками затоплення відповідно Директиви 2007/60/ЄС про оцінку і управління ризиками затоплення.

Євроінтеграційні зобов'язання вимагають від України впровадження норм оновленої Директиви по питній воді, зокрема запровадження ризик-орієнтованого підходу. До того ж, в рамках впровадження Протоколу про воду та здоров'я (Україна є стороною його з 2003 року) Наради сторін Протоколу вже з 2010 року рекомендують і працюють на допомогу урядам з впровадження керівних настанов ВООЗ щодо розробки Планів безпеки води (Water safety plan) (ПБВ), з 2016 року – Планів безпеки санітарії (ПБС) (Sanitation safety plan), які визнані основними інструментами впровадження Протоколу.

Для запровадження ризик-орієнтованого підходу та інструментів планування безпеки води і санітарії Україна має:

- визначити компетентний ЦОВВ, якій відповідатиме за впровадження оновленої Директиви 2020/2184;
- розробити дорожню карту – План впровадження ПБВ-ПБС;
- підготувати «політичні рамки»: переглянути цілі до Протоколу (ціль № 1 та її показники до Водної стратегії України до 2050 року), законодавче закріпити ПБВ-ПБС;
- адаптувати керівні настанови ВООЗ з розробки ПБВ-ПБС і відповідні нормативно-правові акти, впроваджувати онлайн інструменти;
- провести аудити діяльності водоканалів – операторів водопостачання і водовідведення;
- провести освітню компанію для стейкхолдерів, підготовку тренерів та кадрів для контролюючих органів, операторів з розробки ПБВ-ПБС;
- впровадити пілотні проекти – тестування методик та їх вдосконалення.

В України з 2011 року було зроблено вже 5 інформаційних заходів з підвищення поінформованості заінтересованих сторін на національному рівні щодо планування безпеки води. У 2011, 2012 та 2015 роках ці заходи ініціювала Всеукраїнська екологічна громадська організація «МАМА-86» у співпраці з Міністерством охорони здоров'я України (МОЗ), Державною санітарно-епідеміологічною службою, Міністерством регіонального розвитку та Європейським бюро ВООЗ і Представництвом ВООЗ в Україні. У 2023 та 2025 рока МОЗ та ВООЗ провели консультації стейкхолдерів з впровадження ПБВ в Україні, які обговорювали питання дорожньої карти та її ключових компонентів.

Перші пілоти з розробки ПБВ-ПБС та впровадження першочергових заходів цих планів були впроваджені Всеукраїнською екологічною ГО «МАМА-86» у 8 громадах в 8 областях України за підтримки SIDA. Починаючи з 2019 року, консорціум ACTED в рамках надання гуманітарної допомоги впроваджую пілоти з ПБВ для сільських громад в Донецькій та Луганській областях (2019-2021) та в Чернігівській області (2024-2025).

У 2025 році з’явився переклад українською Посібника із планування забезпечення безпечності води ВООЗ.

УДК [556.55] (282.247.31)

ВПЛИВ ДНІСТРОВСЬКОГО КОМПЛЕКСНОГО ГІДРОВУЗЛА НА РЕЖИМ РІВНІВ ТРАНСКОРДОННОЇ ДІЛЯНКИ ДНІСТРА

Дубняк С.С., Батог С.В., Вандюк Н.С., Іванова Н.О., Лєтицька О.М., Афанасьєв С.О.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ
dubnyak@ukr.net

Дністровський комплексний гідровузол, який включає Дністровську і Нижньодністровську ГЕС та Дністровську ГАЕС, різнопланово впливає на гідрологічний режим Дністра як на ділянках Дністровського і буферного водосховищ, так і нижче за течією, в першу чергу – на транскордонній ділянці Дністра (138,4 км). Річний стік Дністра нижче гідровузла змінився несуттєво, але відбулися певні зміни в сезонному розподілі стоку – зменшилися витрати води у зимовий і весняний періоди, натомість зросли витрати в період літньо-осінньої межені. Щороку в квітні-травні здійснюється «екологічний попуск» з Дністровського водосховища, який імітує весняне водопілля і забезпечує обводнення плавневих масивів в пониззі Дністра.

Найбільш істотний вплив проявляється у внутрішньодобових коливаннях стоку і відповідно рівнів води, які пов’язані з режимом попусків Дністровської ГЕС. Для нівелювання цих коливань нижче за течією створене буферне водосховище з переливною греблею і Нижньодністровською ГЕС. Основні коливання рівнів води відбуваються у буферному водосховищі, а через греблю і турбіни Нижньодністровської ГЕС має здійснюватися рівномірний протягом доби стік води.

Дністровська ГАЕС працюючи почергово у насосному і генераторному режимах викликає додаткові коливання рівнів у буферному водосховищі. Поетапне введення в експлуатацію енергоблоків ГАЕС збільшує обсяги можливих закачувань води з буферного водосховища у верхню водойму ГАЕС і скидань в зворотньому напрямку, що в свою чергу може збільшити амплітуду коливання рівнів у буферному водосховищі.

В умовах повномасштабного вторгнення рф і руйнування енергетичної інфраструктури виникає нагальна потреба оцінити вплив роботи Дністровського енергетичного комплексу на водний режим Дністра в критичних ситуаціях.

Мета дослідження полягала в оцінці внутрішньодобових коливань рівнів і витрат води у буферному водосховищі і на транскордонній ділянці Дністра в сучасних умовах та визначенні впливу на ці коливання окремих елементів Дністровського комплексного гідровузла, зокрема Дністровської ГАЕС. Робота виконувалася в рамках НДР Інституту гідробіології «Оцінка сучасного екологічного стану/потенціалу транскордонної ділянки Дністра в умовах експлуатації Дністровської ГАЕС».

Для аналізу сезонних і внутрішньодобових коливань рівнів води у буферному водосховищі і на транскордонній ділянці Дністра були використані

погодинні дані за період 2022-2023 рр. про рівні води у нижніх б'єфах Дністровської ГЕС і Дністровської ГАЕС, у верхньому і нижньому б'єфах Нижньодністровської ГЕС. Для характеристики режиму рівнів транскордонної ділянки Дністра використано матеріали моніторингових спостережень на гідрологічному посту в м. Могилів-Подільський за 2022-2023 рр.

Встановлено, що режим рівнів буферного водосховища має складний характер і визначається одночасною роботою Дністровської і Нижньодністровської ГЕС та Дністровської ГАЕС. Протягом 2022-2023 рр. коливання рівнів в основному здійснювались у діапазоні 69-74 м БС. В окремі дні водосховище спрацьовувалось до рівня мертвого об'єму (67,6 м БС). Амплітуда коливань рівнів протягом доби в основному становила від 1 до 3 м, але в окремі дні сягала 4 м і більше. В різних створах буферного водосховища вона відрізняється несуттєво.

В н/б Нижньодністровської ГЕС більшу частину року підтримується базовий рівень на позначках 64,85-64,90 м БС (рис.1). Суттєве підвищення рівня спостерігалося в зимові і весняні місяці в зв'язку з проходженням снігових і сніго-дощових паводків і екологічного попуску. У ці періоди в 2022-2023 рр. рівні підвищувалися до 66,0-67,5 м БС. Добові коливання рівня в основному не перевищували 0,5 м, але під час паводків досягали 1 м і більше. Графіки коливання рівнів на г/п Могилів-Подільський в цілому повторюють хід рівня в н/б Нижньодністровської ГЕС.

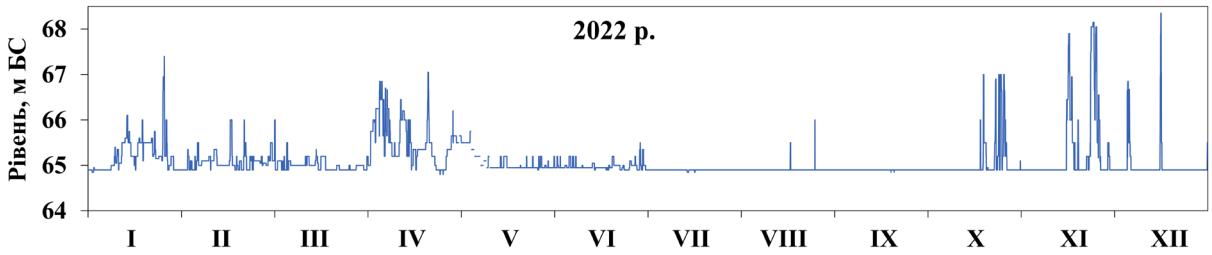


Рисунок 1 – Коливання рівнів у н/б Нижньодністровської ГЕС у 2022 р.

Великі коливання рівнів води на 3-4 м спостерігалися у жовтні – грудні 2022 р. (рис. 1), коли відбувалися найбільш інтенсивні обстріли енергетичної інфраструктури України російською федерацією. Дністровський комплексний гідровузол, як і інші об'єкти гідроенергетики, в цей період працював у посиленому режимі, що призводило до більш значних, ніж у нормальних умовах, коливань рівнів.

Для оцінки впливу різних елементів Дністровського комплексного гідровузла на режим рівнів буферного водосховища і транскордонної ділянки Дністра протягом періодів експедиційних досліджень (весняного, літнього і осіннього) 2023 р. були побудовані і проаналізовані суміщені графіки витрат води через створи ГЕС і ГАЕС і рівнів води у буферному водосховищі, в н/б Нижньодністровської ГЕС і на г/п Могилів-Подільський.

Протягом досліджуваних періодів скиди води з верхньої водойми Дністровської ГАЕС проходили одночасно з основними попусками Дністровської ГЕС (рис. 2). Переважно це відбувалося у вечірні години (з 19-20-ї до 23-24-ї години у весняний період, з 16-17-ї до 24-ї години у літній і осінній

періоди). У насосному режимі ГАЕС працювала в основному в денний час (близько полудня) і частково в нічні години. Такий режим роботи призводить до значних щоденних коливань рівнів води у буферному водосховищі (2-3, а інколи і 4-5 м). При цьому внесок попусків ГЕС і скидів води з верхньої водойми ГАЕС у загальну величину (амплітуду) коливань залежить від їх обсягів. У весняний період переважали (в 1,5-2 рази) попуски Дністровської ГЕС (рис. 2). У літньо-осінній період обсяги попусків Дністровської ГЕС зменшилися і приблизно дорівнювали обсягам скидів з верхньої водойми ГАЕС.

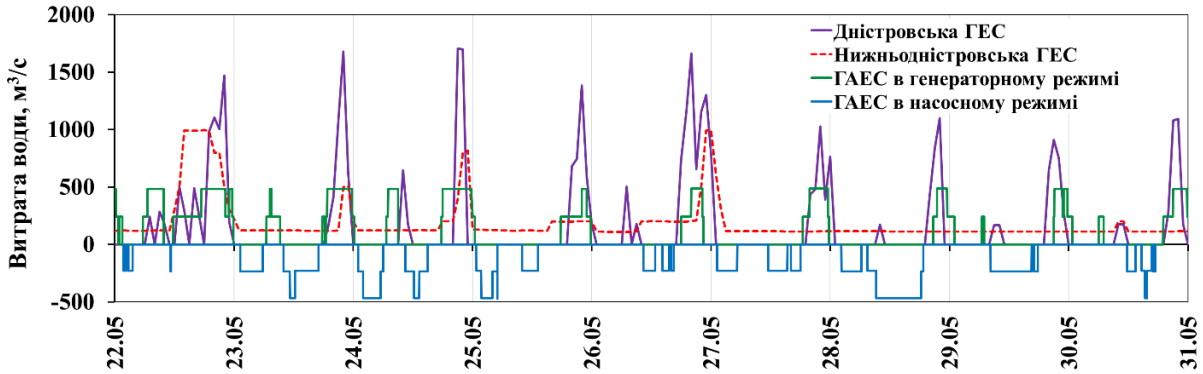


Рисунок 2 – Внутрішньодобові коливання витрат води Дністровських ГЕС і ГАЕС у весняний період (22-31.05.2023 р.)

Окрім стаціонарної роботи ГАЕС (протягом доби 1-2 цикли роботи в насосному і генераторному режимах з одночасним використанням від 1 до 3 гідроагрегатів), у верхній водоймі ГАЕС періодично здійснюються глибокі (на 10 м і більше) та швидкі (протягом 1-2 діб) спрацювання, які значно підвищують рівень буферного водосховища. В такі періоди Нижньодністровська ГЕС збільшує витрати води, що призводить до більш значних (1-2 м) коливань рівня на транскордонній ділянці Дністра.

З метою оцінки часу добігання хвиль попусків і трансформації амплітуди коливання рівнів на транскордонній ділянці Дністра 18–19 серпня 2023 р. були проведені одночасні цілодобові спостереження за рівнями води на трьох різновіддалених від Нижньодністровської ГЕС створах (г/п Нагоряни, г/п Могилів-Подільський, с. Оксанівка). Додатково були використанні погодинні дані спостережень за рівнями на автоматизованих гідрологічних постах Молдови в с. Унгури, м. Сороки і с. Сенетеука за 19-21 серпня 2023 р. Останній пост, який знаходиться уже в молдовській частині Дністра, був використаний для екстраполяції характерних рівнів до кінця транскордонної ділянки.

За отриманими даними побудовано криву трансформації амплітуди коливань рівнів води вздовж транскордонної ділянки Дністра (рис. 3), яка свідчить, що основна трансформація внутрішньодобових коливань рівнів води відбувається переважно у верхній частині ділянки. Посередині ділянки (с. Оксанівка) амплітуда коливань рівнів складає близько 40 % від амплітуди коливань біля Нижньодністровської ГЕС, а в кінці ділянки – лише 14 %.

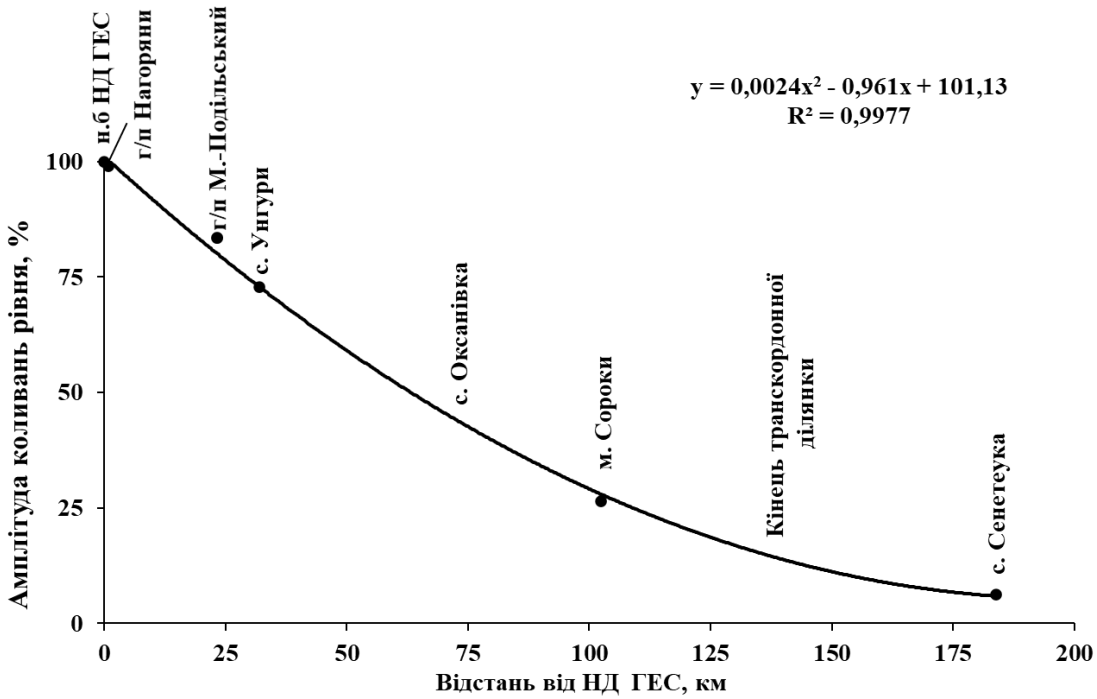


Рисунок 3 – Трансформація амплітуди коливань рівнів води вздовж транскордонної ділянки Дністра

Проведені дослідження дозволили зробити певні узагальнення стосовно впливу різних елементів Дністровського комплексного гідровузла на водний режим транскордонної ділянки Дністра.

Попуски Дністровської ГЕС у взаємозв'язку з роботою Дністровської ГАЕС у генераторному і насосному режимах безпосередньо впливають не на транскордонну ділянку Дністра, а на водний режим буферного водосховища. При цьому основним генератором коливань стоку і рівнів води у буферному водосховищі виступають попуски Дністровської ГЕС. Робота ГАЕС може як збільшувати загальні коливання рівнів у буферному водосховищі, коли попуски Дністровської ГЕС співпадають у часі з роботою ГАЕС в генераторному режимі, так і зменшувати їх, якщо суміщати попуски ГЕС з роботою ГАЕС у насосному режимі. Якщо ж попуски ГЕС і робота ГАЕС розведені в часі, пов'язані з ними коливання рівнів і витрат відбуваються окремо.

Враховуючи зазначені вище особливості роботи Дністровської ГАЕС і, в цілому, Дністровського комплексного гідровузла постає питання, чи достатньо робочої ємкості буферного водосховища для забезпечення рівномірної протягом доби роботи Нижньодністровської ГЕС і недопущення внутрішньодобових коливань рівнів і витрат води на транскордонній ділянці Дністра. Аналіз режиму рівнів буферного водосховища протягом 2018-2023 рр. показав, що середній протягом року рівень води у ньому тримається на відмітках 71,5-72,0 м, причому спостерігається тенденція до його зниження. Якщо у 2018-2019 рр. цей рівень був вище 72,0 м, то у 2022 складав лише 71,4 м. Максимальні добові рівні протягом останніх років не перевищували 76,0 м, а мінімальні сягали 67,0 м. При цьому робочий діапазон рівнів буферного водосховища знаходиться між відмітками 67,60 і 77,1 м БС (РМО і НПР).

Таким чином, регулювання рівнів у буферному водосховищі здійснюється в нижньому діапазоні робочих відміток, що свідчить про певний запас регулюючої ємкості, який цілком достатній для забезпечення рівномірної протягом доби роботи Нижньодністровської ГЕС в сучасних нормальних (за виключенням періодів паводків і аварійних ситуацій в енергосистемі) умовах і може бути використаний після введення в дію наступних агрегатів ГАЕС і збільшення коливань рівнів. Більше того, на наш погляд, доцільно було б підвищити рівень наповнення буферного водосховища, не допускаючи глибоких спрацювань до РМО, оскільки це призводить до обсихання значних площ дна водосховища і може погіршувати екологічну ситуацію як у самій водоймі, так і на транскордонній ділянці Дністра (розмив дна і скаламучування води, загибель гідробіонтів тощо).

Отже, конструктивні особливості і режим роботи Дністровської ГАЕС і буферного водосховища протягом більшої частини року забезпечують можливості вирівнювання добових коливань рівнів і витрат на транскордонній ділянці Дністра за рахунок рівномірної роботи Нижньодністровської ГЕС, що підтверджується проаналізованими даними за 2022-2023 рр. В основному стік відбувається рівномірно, а добові коливання в н/б Нижньодністровської ГЕС не перевищують 0,5 м. Під час значних паводків підвищені коливання рівнів на транскордонній ділянці допускаються, але на такі періоди поширюються обмеження в роботі ГАЕС, передбачені Правилами експлуатації водосховищ Дністровського комплексного гідровузла [1].

Окремо слід розглядати значні коливання рівнів і витрат, які протягом останніх років періодично виникають на транскордонній ділянці Дністра і пов’язані з необхідністю посиленої роботи обох ГЕС і ГАЕС під час руйнування російською федерацією енергетичних об’єктів.

Посилання

1. Правила експлуатації водосховищ Дністровського комплексного гідровузла / Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 27 травня 2022 року № 209.

УДК 626.86:631.623:631.67

ВІДБУДОВА ТА РОЗВИТОК ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА МЕЛІОРАЦІЇ В УКРАЇНІ: ТЕХНОКРАТИЧНИЙ ЧИ/ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ВИМІР

Жовтоног О.І.[1], Яцюк М.В.[2], Матяш Т.В.[2], Поліщук В.В.[2], Салюк А.Ф.[2], Бутенко Я.О.[2], Кун Роест[1], Хенк Мун[1], Маделейн ван Мансвелд[1]

[1]*Міжнародна громадська організація «Прімавера», м. Київ*
[2]*Інститут водних проблем та меліорації НААН, м. Київ*
olgazhovtonog10@gmail.com

Збитки, що завдала війна водному господарству та меліорації земель в Україні, за оцінкою Світового банку у 2024 році досягли 746,3 млн. доларів, а потреби у відбудові становлять понад 10 млрд. доларів. Відбудова та розвиток цього сектору економіки стає нагальною потребою для забезпечення питного водопостачання, сільськогосподарського продовольства та відновлення інших секторів економіки під час повоєнної відбудови України. При плануванні проектів відбудови та розвитку важливим є врахування просторової варіації та особливостей прояву по території країни таких факторів як зміни клімату, погіршення демографічної ситуації та зростання міграції населення, руйнації інфраструктури та негативних впливів на природні екосистеми. У той же час важливо розуміти місцеві стратегії виживання, враховувати наявну гуманітарну та технічну міжнародну допомогу, впровадження державних програм відбудови та відновлення, чисельні приватні ініціативи.

Однак у галузі водного господарства та меліорації існують також і загальнонаціональні проблеми та виклики: спостерігається дефіцит кваліфікованих кадрів, відсутня належна міжвідомча координація, у більшості випадків у проектах відбудови застосовується швидкий секторальний технократичний підхід. При такому підході у процесі відбудови на фоні непрозорого управління та домінування відомчих чи групових бізнес-інтересів у майбутньому можуть виникнути соціальні кризи внаслідок несправедливого розподілу коштів та матеріальних ресурсів. Щоб запобігти цим ризикам під час відбудови галузі, замість суто технократичних підходів, важливо враховувати принципи сталого розвитку та належного управління відповідно до найкращих європейським практик. Відбудова – «краще ніж було», за принципами сталого розвитку, буде вимагати поєднання технічних та соціально-економічних інновацій, що забезпечать перехід до зеленої та циркулярної економіки, адаптованої до зміни клімату, нових моделей інституційного розвитку та фінансово- економічних інструментів організації інвестиційних проектів, заснованих на новому суспільному договорі. Стратегічними орієнтирами на цьому шляху є Директиви ЄС, принципи водного врядування, інтегроване управління водними ресурсами на всіх просторових рівнях та застосування багатодисциплінарних підходів у проведенні досліджень та формуванні проектних пропозицій для залучення інвестицій у відбудову та розвиток галузі

водного господарства та меліорації. На рисунку 1 показано взаємозв'язок технічних та соціально-економічних заходів, які повинні формувати сучасну водну політику та застосовуватися при формуванні інвестиційних проектів відбудови водогосподарської інфраструктури на засадах сталого розвитку.

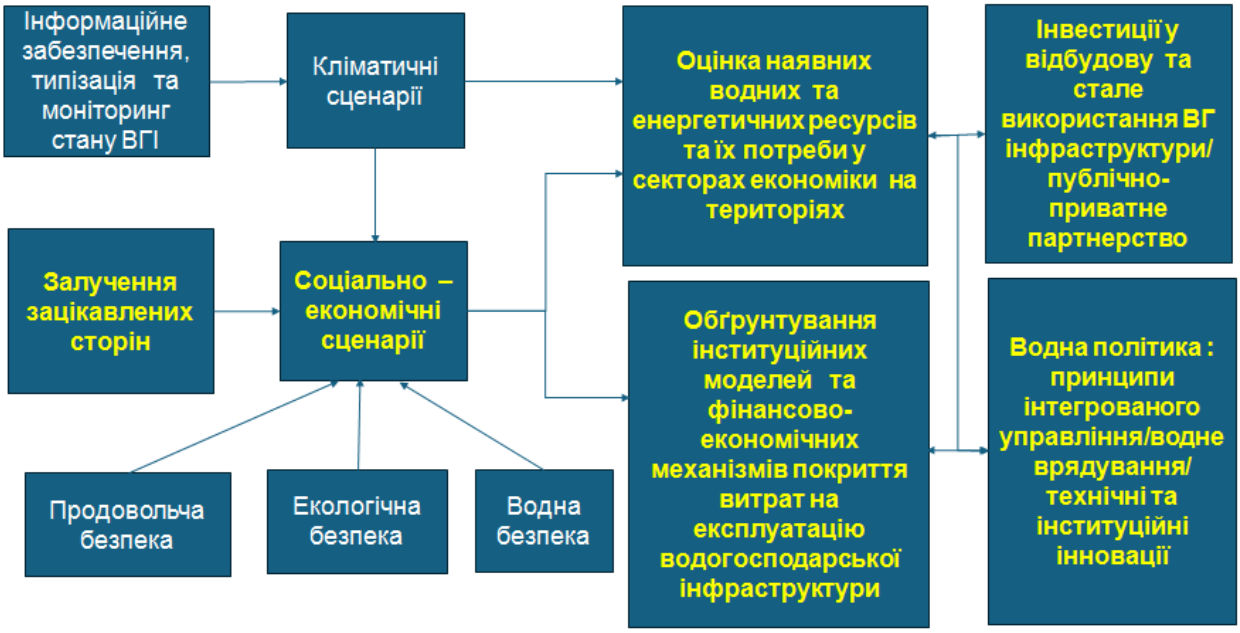


Рисунок 1 – Заходи формування Водної політики та інвестиційних проєктів відбудови водогосподарської інфраструктури на засадах сталого розвитку

Рушійними силами цих процесів є: ініціативи територіальних громад та організацій водокористувачів за підтримки місцевих та регіональних органів влади; міжвідомча координація та координація донорської підтримки; широка практика створення громадських комунікаційних та партнерських платформ; активне залучення науково-освітніх установ, громадських організацій та бізнес-асоціацій. Прикладом такої широкої громадської платформи стала Громадська водна ініціатива України, що була утворена за сумісного сприяння МГО «Прімавера», ІВПіМ НААН та ГО «Жіноче водне партнерство України» для підтримки уряду у розробці політики відбудови водного господарства та меліорації земель.

У таблиці 1 наведено перелік ініціатив та інтегрованих міжнародних проектів МГО «Прімавера» (https://primavera.pp.ua/), що базуються на широкій кооперації заінтересованих сторін та поєднанні технократичних та соціально-економічних підходів при плануванні відбудови та розвитку водного господарства та меліорації земель на національному, регіональному та місцевому рівнях.

Таблиця 1 – Приклади ініціатив та проєктів МГО «Прімавера» з планування відбудови та розвитку водного господарства та меліорації

Назви ініціатив та проєктів, період виконання	Джерело фінансування/ пілотні території	Технічні та соціально-економічні інновації	Партнери проєктів та ініціатив
1	2	3	4
Національний рівень			
Створення Громадської водної ініціативи України (ГВІУ), **2024**	Громадська ініціатива, власні кошти /Україна	***Ініціатива знизу*** для впливу на державну політику Створення багатодисциплінарної платформи зацікавлених сторін (34 організації) для формування пропозицій до державної політки у галузі водного господарства та меліорації	ІВПіМ НААН, ГО «Жіноче водне партнерство»
Проєктний план відновлення та удосконалення системи водопостачання для виробництва продовольства в Україні», **2022**	Голландське Водне Партнерство (NWP)/Україна	***Зонування території України та розробка для обраних зон проєктних ідей*** для розробки інтегрованих планів відновлення та відбудови за участю зацікавлених сторін	Голландське водне партнерство
Оцінка збитків, завданих меліоративній інфраструктурі в зоні зрошувальних та дренажних систем на місцевому рівні та потреб у їх відновленні (RDNA), **2022-2023**	Світовий банк/Україна	***Опитування фермерів та територіальних громад*** та обрахування прямих та непрямих збитків та потреб відбудови меліоративних систем	ІВПіМ НААН, місцеві ТГ та ОВК
Регіональний рівень			
Розвиток потужності для створення ОВК з управління водними ресурсами для сталого аграрного виробництва у Волинському регіоні, **2023**	Посольство Нідерландів в Україні, агенція з розвитку підприємництва (RVO)/Волинська область	***Тестування закону про ОВК та визначення потреб у модернізації багатофункціональних дренажних*** систем за участю регіональних та місцевих зацікавлених сторін на рівні громад	Регіональний офіс водних ресурсів у Волинській області, експерти НУВГП (Рівне), Колодяжненська ТГ
Попереднє техніко-економічне обґрунтування та дорожня карта для планування розвитку сільських територій в суббасейні річки Тиса в Карпатському регіоні, **2024**	Уряд Нідерландів, агенція з розвитку підприємництва (RVO)/ Виноградівська МТГ	***Попереднє техніко-економічне обґрунтування та дорожня карта*** для планування розвитку сільських територій в суббасейні річки Тиса в Карпатському регіоні	Державне агентство водних ресурсів України, Закарпатська ОВДА, Виноградівська МТГ, ІІВПіМ НААН та НУВГП (Рівне)

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Аналіз потреб ринку для відновлення та модернізації внутрішньо-господарських зрошувальних систем в Україні, **2023**	Європейський інвестиційний банк (EIB), EIB-NIRAS Проєкт UAFATA/ Одеська, Полтавська, Черкаська області	***Розробка сценаріїв відновлення та розвитку зрошення*** за участю фахівців ОВК та місцевих громад на засадах використання альтернативних джерел енергії та акумуляції водних ресурсів, формування оптимальних сівозмін для проєктів відновлення та розвитку зрошення	Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм, ІІВПіМ НААН
Місцевий рівень			
Концепція управління комунальними земельними ресурсами територіальної громади, **2023**	Німецько-український Агрополітичний діалог (АПД) BVVG/ Суворовська ТГ, Одеська область	Оцінка спроможностей Суворовської громади для ефективного управління землями (сільськогосподарського призначення) на території громади, зокрема, землями комунальної власності, в ідентифікації проблемних питань і знаходженні рішень для побудови системи управління комунальними землями, а також у розробленні перших ідей щодо проєктів розвитку на місцевому рівні, які можливо реалізувати в рамках інтегрованого землеводокористування	Науково-дослідний інститут землекористування НААН, ОВК «Життя Вода»
Реконструкція систем водопостачання Херсонщини: негайні заходи та сталі рішення. Тренінг для представників громад, **2025**	VNG International/ Херсонська область	***Проведення інтерактивних навчальних семінарів за участю представників громад та аграріїв:*** навчання громад на прикладі експрес-розробки проєктних ідей інтегрованого управління водними ресурсами для надання послуг різним водокористувачам (питне водопостачання, зрошення, рекреаційні потреби)	ІВПіМ НААН

Висновки. Стала відбудова та розвиток водного господарства та меліорації земель в Україні вимагає поєднання технократичних та соціально-економічних підходів як до формування водної політики, так і при формуванні та організації інвестиційних проєктів відбудови водогосподарської інфраструктури. Такий симбіоз наукової та суспільної громадської роботи з залученням широкого кола заінтересованих сторін створює необхідний фундамент для забезпечення сталого розвитку навіть в умовах невизначеності та строкатості природних, технічних та соціальних факторів по території країни.

Широкі альянси, комунікаційні платформи та консорціуми за участі представників науки, освіти, бізнесу, громадськості та органів державної влади

забезпечать прозорість, участь, ефективність, звітність та взаємозв'язок, тобто належне врядування, що дозволить збалансувати інтереси різних груп заінтересованих сторін та забезпечити довіру суспільства та бізнес-середовища до нових інститутів децентралізованого управління, що будуть утворюватися у процесі реформування системи управління у водному господарстві та меліорації.

Досвід створення Громадської водної ініціативи України та виконання проектів МГО «Прімавера» у співпраці з ІВПІМ НААН та іншими організаціями є гарними прикладами поєднання технократичного та соціально-економічних підходів та широкого партнерства заінтересованих сторін, які слід розвивати та зміцнювати.

UDC 556:349

NEW EUROPEAN REGULATIONS IN THE SPHERE OF WATER SECURITY: IMPLICATIONS, CHALLENGES, AND STRATEGIC FRAMEWORKS

Danylenko Iuliia

Universite de Toulouse, Center d'Etudes Spatiales de la Biosphere, Toulosue, France
Kherson State agrarian and economic University, Kropyvnytskyi, Ukraine
Iuliia.danylenko@gmail.com

Water security has become one of the most pressing issues for European countries, driven by both environmental and socio-economic challenges. The European Union (EU) has responded by adopting a series of new regulations aimed at securing freshwater resources, improving water quality, and promoting sustainable water management. These initiatives are designed to address the growing pressures exerted by climate change, over-extraction of water, pollution, and the increasing risk of water scarcity and extreme weather events. In this abstract, we explore the new regulatory frameworks that have emerged within the EU and assess their potential to shape the future of water governance in Europe.

The need to improve European water governance and legislation roots in the current state of Europe's water bodies. The European Environment Agency's (EEA) «State of Europe's Waters 2024» [1] report provides a comprehensive assessment of water quality across the continent and the following conclusions:

- in 2021, only 37 % of Europe's surface water bodies achieved at least 'good' ecological status, with many remaining in poor or bad condition.
- approximately 29 % of surface waters met the 'good' chemical status standard, indicating significant room for improvement in reducing pollutants.
- water stress affects 20 % of Europe's territory and 30 % of its population annually, with these figures expected to rise due to climate change.
- major pollutants include agricultural runoff containing pesticides and fertilizers, as well as emissions from coal-fired power plants, leading to mercury contamination.

Key Legislative Frameworks and Regulatory Changes.

One of the central pillars of the EU's water policy is the *Water Framework Directive (WFD)*, which aims to protect and improve the quality of water resources across Europe. The WFD, introduced in 2000, has undergone significant revisions to adapt to evolving environmental challenges and scientific understanding. The amendments, the most recent of which is the Commission Directive 2014/101/EU [2], focus on addressing emerging threats to water quality, including pharmaceuticals, microplastics, and industrial chemicals. These revisions aim to set stricter pollution limits and introduce new monitoring systems to track pollutants at the regional and national levels.

The updated WFD places greater emphasis on integrated river basin management, encouraging member states to adopt a holistic approach to managing

water resources across administrative boundaries. It calls for more localized and collaborative efforts, incorporating public participation and stakeholder engagement in water management decisions.

In 2019, the EU introduced the *European Green Deal*, a comprehensive roadmap for making Europe the first climate-neutral continent by 2050. Water security is a key component of this broader environmental agenda, with specific measures aimed at improving water efficiency, reducing water consumption, and enhancing the resilience of freshwater ecosystems to climate change. The Green Deal promotes the use of innovative water technologies, including wastewater recycling, desalination, and water-saving agricultural practices.

Additionally, the European Green Deal proposes the establishment of a circular economy for water, encouraging the reuse of water in industrial, agricultural, and urban sectors. This initiative aims to reduce the pressure on natural water sources, mitigate water scarcity, and minimize water pollution, particularly in areas where water resources are increasingly scarce.

Finally, the *Zero Pollution Action Plan*, introduced as part of the EU's biodiversity strategy, focuses on reducing pollution levels across Europe, with a specific focus on water. This ambitious plan seeks to eliminate the discharge of harmful substances into water bodies by 2050, including plastics, chemicals, and nutrients that contribute to eutrophication. The Zero Pollution Action Plan sets out targets for reducing the presence of hazardous substances in rivers, lakes, and coastal waters, while also enhancing the monitoring and reporting systems to track pollution levels across the continent.

This regulation calls for stronger enforcement mechanisms at both the national and EU levels to ensure compliance. The plan further stresses the need for advanced water treatment technologies, improved waste management practices, and better monitoring of industrial discharges.

Implementation Challenges.

While the EU's regulatory approach represents a comprehensive and forward-thinking strategy to address water security, several challenges must be overcome to ensure its success.

At first, one of the most significant challenges in implementing these regulations is the disparity in water availability and management practices across Europe. Southern Europe, for instance, faces increasing water scarcity due to arid conditions, while northern regions benefit from abundant freshwater resources. Implementing uniform regulations across such diverse climatic and hydrological contexts can be difficult. To address this, regulations must be adaptable to local conditions, allowing for tailored approaches that consider the specific needs and challenges of each region.

In addition, the financial resources required for the implementation of new water security regulations are substantial. Many EU member states, especially those with less developed water infrastructure, may struggle to meet the cost demands of improving water management systems, reducing pollution, and investing in green technologies. Projections suggest that approximately €255 billions [1] will be needed over next six years to meet EU water quality standards, underscoring the importance of strategic funding and resource allocation. The EU must therefore ensure that funding

mechanisms, such as the *Cohesion Fund*, are accessible to all regions, particularly those facing financial constraints.

Further, effective water management requires collaboration among multiple stakeholders, including government agencies, private sector entities, and local communities. However, conflicting interests between sectors such as agriculture, industry, and environmental protection can complicate the decision-making process. To overcome this, new regulations must encourage greater coordination among stakeholders at all levels, ensuring that water security is a priority in national and regional development plans.

Public participation is also crucial in promoting water conservation and raising awareness about the importance of water security. While the WFD encourages public involvement, ensuring that citizens are well-informed and actively engaged remains a challenge. Education campaigns, along with the implementation of water-saving incentives, are necessary to foster a culture of sustainable water use.

The growing impacts of climate change – such as droughts, floods, and extreme weather events – pose a significant challenge to water security in Europe. Changes in rainfall patterns, rising temperatures, and increasing frequency of extreme events are likely to exacerbate water scarcity and water quality issues. Therefore, EU regulations must focus not only on pollution control and water use efficiency but also on building resilience within freshwater systems to cope with these emerging threats.

Incorporating climate changes adaptation strategies into water management policies will be essential for ensuring the long-term sustainability of water resources. This may include investing in green infrastructure, such as wetlands and floodplains, to enhance natural water storage and filtration capacities, as well as implementing adaptive water governance frameworks that can respond to evolving environmental conditions.

Potential Outcomes and Future Directions.

The EU's modern regulations on water security have the potential to significantly improve water quality, reduce pollution, and promote sustainable water management across the continent. By fostering innovation in water technologies, enhancing cross-border cooperation, and integrating climate changes adaptation into water policies, the EU can position itself as a global leader in water security.

However, the successful implementation of these regulations will depend on overcoming the challenges outlined above. Ensuring adequate funding, building institutional capacity, and fostering collaboration between different sectors will be key to achieving the desired outcomes. Moreover, public engagement and awareness campaigns will be crucial for encouraging sustainable water use practices and securing the long-term commitment of citizens and stakeholders.

In the future, the EU may need to adopt even more ambitious regulations as emerging threats to water security – such as pollution from emerging contaminants, invasive species, and the global water crisis – become more pronounced. As the EU continues to refine its water governance strategies, it must remain flexible and responsive to new scientific findings, technological innovations, and environmental changes.

As a conclusion, we can state that the modern European regulations in the field of water security mark a significant step forward in addressing the challenges of water

quality, availability, and sustainability across the continent. These regulations provide a comprehensive framework for integrated water management, pollution reduction, and climate resilience. However, achieving water security in Europe will require overcoming regional disparities, ensuring equitable resource distribution, and fostering broad stakeholder cooperation. The EU's regulatory approach is a vital element in securing water resources for future generations, and its success will depend on continued commitment to innovation, collaboration, and public engagement.

References

1. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-state-of-water-
2. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/101/oj/eng.

УДК 631.582

БАЛАНСОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ У СІВОЗМІНАХ З ЛІСОСТЕПОВИМИ КУЛЬТУРАМИ НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ В УМОВАХ ЗМІННИХ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ

Тараріко Ю.О., Писаренко П.В., Сайдак Р.В., Книш В.В., Вдовиченко О.П.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
iwpim27@gmail.com

Анотація. У матеріалах представлено результати досліджень проведених на торфових і дерново-підзолистих ґрунтах у чотирипільній сівозміні (озимі зернові, соя, соняшник, кукурудза) за чотирма системами удобрення: контрольної, органічної, мінеральної ($N_{170}P_{70}K_{190}$ та $N_{80}P_{60}K_{140}$) та органо-мінеральної. Встановлено, що на контрольних ділянках урожайність становила 2,8-10,1 т/га (дерново-підзолистий ґрунт) і 1,5-4,0 т/га (торфовий) за виносу 168-93 кг/га N, 73-48 кг/га P, 169-121 кг/га K. Органо-мінеральна система удобрення підвищила продуктивність до 13,6 і 10,5 т/га відповідно, забезпечивши оптимальний баланс поживних речовин (105-110 %) при коригуванні доз до $N_{170}P_{70}K_{190}$ та $N_{80}P_{60}K_{140}$. Результати підкреслюють необхідність диференційованого підходу до удобрення для підтримання родючості ґрунтів в умовах змінного клімату.

Сучасні кліматичні зміни, що проявляються у нестабільному зволоженні та підвищенні температурного режиму, створюють нові виклики для сільськогосподарського виробництва, зокрема на осушуваних землях Західного Полісся. Зміна гідротермічних умов сприяє розширенню ареалу вирощування лісостепових культур (соняшник, соя, кукурудза, озимі зернові), однак супроводжується ризиками виснаження ґрунтів через інтенсивний винос поживних речовин [1-3]. У контексті забезпечення продовольчої безпеки та збалансованого використання водних ресурсів важливим є оцінка балансу макро- та мікроелементів у сівозмінах за різних систем удобрення. Дослідження проведено у 2021-2024 роках на Сарненській дослідній станції на торфових і дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся з метою оцінити вплив органічних, мінеральних та органо-мінеральних систем удобрення на продуктивність культур і баланс поживних речовин у чотирипільній сівозміні (озимі зернові, соя, соняшник, кукурудза). Торфові ґрунти характеризуються pH 4,0-4,2, середньою забезпеченістю азотом, високою – фосфором, низькою – калієм; дерново-підзолисті – pH 4,4-4,6, 1,1-2,0 % гумусу, низькою забезпеченістю азотом і калієм, високою – фосфором [4-5].

Порівнювалися чотири системи:

1. контроль (без добрив);
2. органічна (6–9 т/га побічної продукції);
3. мінеральна ($N_{35}P_{60}K_{102}$ для торфового, $N_{72}P_{72}K_{72}$ для дерново-підзолистого ґрунту);
4. органо-мінеральна (поєднання органічних і мінеральних добрив).

Врожайність визначали за роками, баланс поживних речовин розраховували за методикою [6], враховуючи виніс урожаєм, надходження з добрив, опадами та біофіксацією. Гідротермічні умови оцінювали за даними метеопосту станції, включаючи гідротермічний коефіцієнт (ГТК) та рівень ґрунтових вод (РГВ).

Гідротермічні умови та їх вплив. За період 2007–2024 рр. відзначено скорочення опадів (середнє значення 330 мм за вегетаційний період проти норми 400 мм) і підвищення температур (середнє 14,8°С, максимум 16,5°С у 2024 р.). ГТК вказує на посушливість у більшість років, однак регулювання РГВ (0,75-1,2 м) забезпечило стабільність врожайності.

Врожайність культур. У таблиці 1 наведено середню врожайність сільськогосподарських культур у 2021-2024 рр. На дерново-підзолистому ґрунті контрольний варіант забезпечив урожайність зернових на рівні 2,8 т/га, кукурудзи – 10,1 т/га, тоді як на торфовому ґрунті ці показники становили 2,0 та 4,0 т/га відповідно. Застосування органо-мінеральної системи удобрення підвищило врожайність до 4,9-13,6 т/га на дерново-підзолистому ґрунті та до 3,9-10,5 т/га на торфовому, що підтверджує високу ефективність комплексного удобрення.

Таблиця 1 – Середня врожайність культур у сівозміні, т/га

Система удобрення	Зернові	Соя	Соняшник	Кукурудза
Дерново-підзолистий ґрунт				
Контроль	2,8	2,6	2,4	10,1
Органічна	3,5	3,2	2,8	11,9
Мінеральна	4,1	3,5	3,1	12,7
Органо-мінеральна	4,9	4	3,9	13,6
Торфовий ґрунт				
Контроль	2	1,5	1,7	4
Органічна	2,6	2	2,1	5,9
Мінеральна	3,3	2,2	2,5	9,2
Органо-мінеральна	3,9	2,6	2,8	10,5

Баланс поживних речовин. На контролі виніс елементів з дерново-підзолистого ґрунту становив 168 кг/га N, 73 кг/га P, 169 кг/га K, з торфового – 93, 48, 121 кг/га (табл. 2). Органо-мінеральна система збільшила виніс на 35-46 %, що пояснюється активізацією використання ґрунтових запасів. Глибина проникнення кореневої системи на контролі сягала 40 см (зернові) до 2 м (кукурудза, соняшник), забезпечуючи базову врожайність за рахунок природної родючості.

Інтенсивність балансу. Без добрив інтенсивність балансу (ІБ) на мінеральному ґрунті становила 34% (N), 3% (P), 7% (K), на торфовому – 47 %, 5 %, 10 %, що вказує на виснаження ґрунтів. Оптимальний ІБ (105-110 %), пунктирна лінія (рис. 1) досягається за органо-мінеральної системи з коригуванням доз: $N_{170}P_{70}K_{190}$ (дерново-підзолистий), $N_{80}P_{60}K_{140}$ (торфовий). Це забезпечує стабільність родючості та продуктивності.

Таблиця 2 – Середній виніс поживних речовин урожаєм, кг/га

Система удобрення	N	P	K	N	P	K
	Дерново-підзолистий			Торфовий		
Контроль	168	73	169	93	48	121
Органічна	199	80	177	132	53	126
Мінеральна	220	89	195	171	68	166
Органо-мінеральна	253	102	225	196	78	188

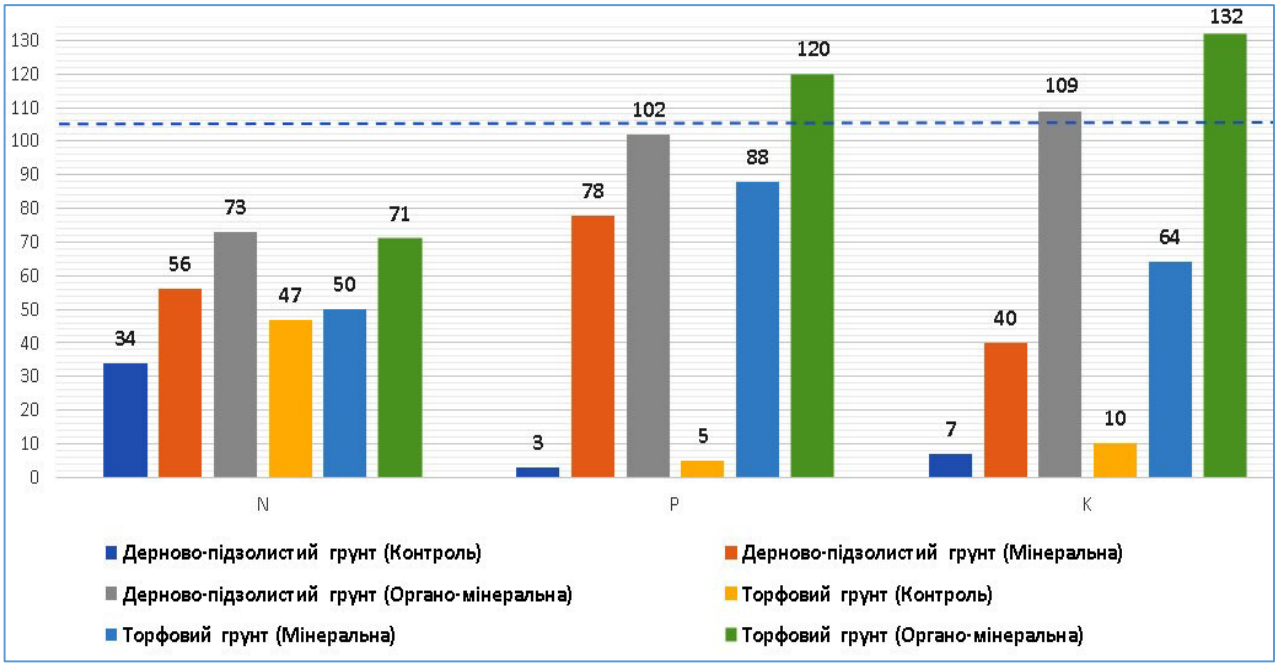


Рисунок 1 – Динаміка інтенсивності балансу N, P, K за системами удобрення на дерново-підзолистих і торфових ґрунтах

Економічна оцінка. За 10 років без добрив дефіцит поживних речовин на дерново-підзолистому ґрунті складе 3,4 тис. у.о./га, на торфовому – 1,9 тис. у.о./га. Органо-мінеральна система знижує ці витрати до 0,7 тис. у.о./га, демонструючи економічну доцільність.

Висновки. Зміна гідротермічних умов на Західному Поліссі сприяє вирощуванню лісостепових культур, однак без належного удобрення призводить до виснаження ґрунтів. Органо-мінеральна система забезпечує найвищу врожайність (до 13,6 т/га) і оптимальний баланс поживних речовин, мінімізуючи дефіцит. Рекомендовані дози добрив ($N_{170}P_{70}K_{190}$ для дерново-підзолистого, $N_{80}P_{60}K_{140}$ для торфового ґрунту) стабілізують родючість і підвищують продуктивність. Результати балансових досліджень слугують методологічним підґрунтям для розроблення стратегій управління ризиками деградації ґрунтів та адаптації агровиробництва в умовах прогресуючих кліматичних змін.

Посилання

1. Heino M. A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems / M. Heino, J. H. A. Guillaume, C. Muller et al. Copernicus Gesellschaft MBH. 2020. Vol. 11, № 1. P. 113-128. DOI: 10.5194/esd-11-113-2020.

2. Anderson W. B. Synchronous crop failures and climate-forced production variability. W. B. Anderson, R. Seager, W. Baethgen et al. Science Advances. 2019. Vol. 5, № 7. Art. eaaw1976. DOI: 10.1126/sciadv.aaw1976.

3. Challinor A. J. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. A.J. Challinor, J. Watson, D. B. Lobell et al. Nature Climate Change. 2014. Vol. 4, № 4. P. 287-291. DOI: 10.1038/NCLIMATE2153.

4. Тимофеєв В. Є. Українське Полісся як індикатор сучасних кліматичних змін. В.Є. Тимофеєв, С.В. Клок, А.О. Корнус, О.Г. Корнус, О.С. Данильченко. Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. м. Ніжин, 10-11 лютого 2022 року. Ніжин: НДУ імені Гоголя, 2022. С. 102–105.

5. Рокочинський А. М. Оцінка сучасного стану кліматичних умов, їх змін та вплив на загальний природно-меліоративний режим осушуваних земель зони Полісся України. А.М. Рокочинський, П.П. Волк, Н.В. Приходько, Н.І. Дерев'ягіна. Вісник НУВГП. Технічні науки: зб. наук. праць. Рівне: НУВГП, 2021. Вип. 1(93). С. 48-64.

6. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства. Київ. 1998. 158 с.

УДК 556:626.81:504.38

АДАПТАЦІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ ДО ЗМІН КЛІМАТУ

Яцюк М., Сидоренко О., Цвєтова О., Тураєва О.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
63059@ukr.net

Аналіз наслідків кліматичних змін для водних ресурсів України є стратегічно важливим завданням водного господарства. За умови збереження сучасних тенденцій зміни клімату прогнозується подальше скорочення природних водних ресурсів, що включає: зниження загальної водності території; зменшення поверхневого стоку; скорочення живлення поверхневих вод; зниження рівнів як напірних, так і ґрунтових вод; збільшення сумарного випаровування; погіршення якісних характеристик води.

Глобальне потепління та нерівномірний розподіл опадів можуть спричинити суттєву трансформацію більшості кліматичних зон України. Важливо зазначити, що найбільш значущим наслідком цих змін є не лише поступове підвищення середньої температури, а й зростання інтенсивності та частоти екстремальних метеорологічних явищ, зокрема: посух, повеней, штормів, ураганів, періодів екстремальної спеки тощо. Таким чином, виникає нагальна потреба у підвищенні адаптаційного потенціалу національної економіки до зміни клімату [1].

Глобальні та регіональні кліматичні зміни безпосередньо впливають на водний режим річок, формуючи як кількісні, так і якісні характеристики річкового стоку. Це, у свою чергу, зумовлює необхідність розробки адаптаційних заходів для всіх секторів економіки, а також для населення та природних екосистем. Взаємозв'язок між кліматичними змінами та екологічним станом водних ресурсів є беззаперечним [2].

Основні загрози, пов'язані зі зміною клімату, є наслідком дії кліматичних чинників, процесів та явищ, а їхня інтенсивність залежить від регіональних кліматичних характеристик. Для території Полісся України ключові кліматичні загрози включають:

- підвищення середньої температури повітря;
- зміни у режимі випадіння атмосферних опадів (зміна частоти, інтенсивності та сезонності);
- зростання частоти та інтенсивності стихійних метеорологічних явищ (повеней, буревіїв, ураганів, злив, пожеж тощо).

Ідентифікація кліматичних загроз повинна здійснюватися із прив'язкою до конкретних соціально-економічних та екологічних систем. Ризики, зумовлені змінами клімату, оцінюються шляхом визначення та аналізу їхніх потенційних наслідків для систем, що піддаються впливу кліматичних загроз та мають різний рівень вразливості та адаптаційної спроможності. Формалізація та

структурування оцінки ризиків та вразливості є критично важливими етапами ухвалення рішень щодо адаптації та пом'якшення кліматичних змін.

До ключових кліматичних ризиків у водному секторі належать: ризик зменшення запасів водних ресурсів; ризик обміління водних об'єктів; ризик виникнення катастрофічних паводків; ризик водної кризи.

Метою оцінювання ризиків і вразливості водних ресурсів до зміни клімату є визначення ступеня можливого впливу кліматичних змін на кількісні та якісні характеристики водних ресурсів, а також оцінка доступності води для питних, господарських та промислових потреб [3].

Індикаторами кліматичних впливів на водні ресурси є параметри, що характеризують поточний стан водних об'єктів та їхню зміну внаслідок кліматичних чинників. Найбільш об'єктивними є кількісні індикатори, що вимірюються за допомогою стандартизованих методик. До основних таких показників належать: витрати води у меженний період; тривалість водопілля; відносний рівень води у водному об'єкті; об'єми скидання стічних вод; середньодобова витрата води у водотоці; площі потенційного затоплення при піднятті рівня води на 0,5–1,0 м; частка розораних площ із крутизною схилів понад 3° у межах водозбірного басейну.

Стратегії адаптації водних ресурсів до змін клімату охоплюють п'ять ключових компонентів:

- спостереження за кліматичними та некліматичними змінними;
- оцінка кліматичних впливів та вразливості водних ресурсів;
- планування заходів з адаптації;
- реалізація адаптаційних стратегій;
- моніторинг та оцінка ефективності адаптаційних заходів.

Кліматичні зміни впливають на весь цикл водопостачання, включаючи підземні води. Зокрема, екстремальні погодні явища можуть спричиняти тривалі періоди посухи, що призводить до виснаження водоносних горизонтів, особливо малих та неглибоких.

Серед ключових підходів до адаптації підземних вод до кліматичних змін можна виділити посилене збереження підземних вод, що є ефективним заходом для забезпечення довготривалої доступності прісної води. У деяких районах Полісся періодичний дефіцит води може бути компенсований накопиченням водних ресурсів у періоди надлишкових опадів для подальшого використання в посушливі періоди.

Серед додаткових адаптаційних заходів можна виокремити:

- підвищення здатності поверхневих водних об'єктів утримувати вологу;
- кероване відведення води з водоносних горизонтів;
- впровадження заліснення та залуження прибережних захисних смуг;
- відновлення водно-болотних угідь, зокрема торфовищ;
- розробку та застосування сучасних методик утримання вологи та поповнення підземних водних запасів.

Для водних ресурсів Полісся України розроблений та рекомендований комплекс адаптаційних заходів до змін клімату (рис. 1).



Рисунок 1 – Комплекс адаптаційних заходів для водних ресурсів Полісся України

З огляду на збільшення частоти та інтенсивності надзвичайних ситуацій на водних об'єктах Полісся, необхідним є оновлення планів реагування на кліматичні ризики. Покращенню стану водних ресурсів сприятиме реалізація природоохоронних заходів на державному та басейновому рівнях, розбудова мережі територій під особливою охороною, збереження та відновлення водно-болотних екосистем. Інтеграція комплексних адаптаційних заходів дозволить підвищити стійкість водного господарства України до майбутніх кліматичних змін.

Посилання

1. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія. За ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеський державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2018. 548 с.

2. Marc Zebisch, Stefan Schneiderbauer, Kathrin Renner (EURAC) Till Below, Michael Brossmann, Waltraud Ederer, Susanne Schwan (GIZ) Suggested citation: GIZ and EURAC 2017: Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk. Bonn: GIZ. Design and editing: Additiv. Visuelle Kommunikation, Berlin. P. 63.

3. Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року. Розпорядження КМ України від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#n17.

УДК 528.88:631.675

МІСЦЕ НОРМАЛІЗОВАНОГО ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ІНДЕКСУ ВОЛОГИ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЗРОШЕННЯМ

Лиховид П.В., Біднина І.О.

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса
pavel.likhovid@gmail.com

На тлі глобальних змін клімату гостро постає питання забезпечення продовольчої безпеки. Стрімке зміщення теплового та водного балансу в агроекосистемах приводить до їх дестабілізації і як наслідок – суттєвого зниження продуктивності. Чи не найбільш гостро постає питання забезпечення сталого виробництва продукції рослинництва в зонах ризикованого землеробства – регіонах планети, де вже зараз рівень випаровуваності в кілька разів перевищує рівень надходження природної вологи з опадами. Враховуючи останні тенденції до наростання посушливості на теренах України, а також відповідні зміни в агроекологічному районуванні орних земель, закономірно постає питання забезпечення сталого виробництва продукції рослинництва в нових кліматичних реаліях. Серед низки ефективних агротехнічних способів пом'якшення негативного тиску глобального потепління на агроекосистеми та їх продуктивність у зонах недостатнього природного зволоження чи не найперше місце посідає зрошення. Втім, враховуючи дефіцит прісноводних ресурсів та відповідне їх дорожчання, логічним є необхідність впровадження інтенсивних ресурсозберігаючих систем і способів зрошення. Крім того, необхідно розробити та впровадити ефективну систему моніторингу використання водних ресурсів у землеробстві, яка б забезпечувала належний рівень контролю за максимальної економічної ефективності. У цьому плані варто звернути увагу на можливості сучасних систем дистанційного зондування Землі, які в поєднанні з геоінформаційними технологіями пропонують високоефективний технологічний тандем для виконання агроекологічного моніторингу [1].

З точки зору раціоналізації використання водних ресурсів у зрошуваному землеробстві, високу зацікавленість викликає нормалізований диференційний індекс вологи або NDMI. Це індекс, який описує рівень водного стресу рослин. Він розраховується як відношення різниці та суми відбитих випромінювань у ближньому інфрачервоному (NIR) та короткохвильовому інфрачервоному (SWIR) діапазонах. NDMI дозволяє ідентифікувати ділянки з високим рівнем водного стресу та ті, що не мають такого стресу. Значення NDMI варіюються від -1 до 1, де негативні значення вказують на водний стрес або надзвичайно зріджений рослинний покрив, а позитивні – на достатній або навіть надмірний рівень зволоження [2].

Крім того, дослідженнями доведено, що NDMI тісно корелює не тільки з рівнем водного стресу кукурудзи, але й з умістом вологи в метровому шарі ґрунту (коефіцієнт детермінації – 0,62). Це дозволило побудувати теоретичні моделі

оцінки вмісту вологи в ґрунті за величиною NDMI, причому величина похибки коливалася в межах 27,9-38,8 % [3].

З практичної точки зору, NDMI пропонує наступні переваги для зрошуваного землеробства:

1) Моніторинг водного стресу: NDMI дозволяє оперативно ідентифікувати ділянки з високим рівнем водного стресу та ті, що не мають такого стресу, в короткий проміжок часу на різних за масштабом територіях. Крім того, забезпечується цілісність аналізу вологозабезпечення, без розриву в часових і просторових показниках, чого часто неможливо досягти шляхом виконання польових вимірювань. Це допомагає фермерам своєчасно виявляти проблемні зони та вживати необхідних заходів для їх усунення.

2) Оптимізація використання водних ресурсів: Використання NDMI сприяє раціоналізації використання водних ресурсів, що особливо важливо в умовах дефіциту прісноводних ресурсів та їх дорожчання, оскільки оцінка водного стресу дозволяє чітко визначити ділянки та поля, на яких варто подавати воду, а на які – ні. Крім того, індекс дозволяє виконувати диференціацію подачі води на поле залежно від рівня водного стресу на різних ділянках.

3) Підвищення економічної ефективності: Завдяки точному моніторингу та управлінню зрошенням, NDMI допомагає знизити витрати на воду та підвищити врожайність, що в свою чергу підвищує екологічну безпечність та економічну ефективність сільськогосподарського виробництва.

4) Інтеграція з геоінформаційними технологіями: NDMI може бути ефективно використаний у поєднанні з сучасними системами дистанційного зондування Землі та геоінформаційними технологіями для виконання агроекологічного моніторингу, оперативного автоматизованого управління зрошенням та водними ресурсами.

Отже, нормалізований диференційний індекс вологи є перспективним інструментом агроекологічного моніторингу за ефективністю використання водних ресурсів у зрошуваному землеробстві, який потенційно здатен істотно поліпшити еколого-економічну ефективність виробництва продукції рослинництва в зонах недостатнього природного зволоження.

Посилання

1. Lykhovyd P. Theoretical bases of crop production on the reclaimed lands in the conditions of climate change. Warsaw: RS Global Sp. z O.O., 2022. 259 pp.

2. Taloor A. K., Manhas D. S., Kothyari G. C. Retrieval of land surface temperature, normalized difference moisture index, normalized difference water index of the Ravi basin using Landsat data. Applied Computing and Geosciences. 2021. Vol. 9. P. 100051.

Lykhovyd P. V., Sharii V. O. Normalised difference moisture index in water stress assessment of maize crops. Agrology. 2024. Vol. 7(1). P. 21-26.

УДК 626.82/83:626.86

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ІНЖЕНЕРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДРЕНАЖНОЇ СИСТЕМИ «МАРИНИНСЬКА» РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Кузьмич С., Воропай Г., Кузьмич Л.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ,
kuzmych_vg17@nuwm.edu.ua

Дренажна система «Маринінська», як і більшість гідромеліоративних систем двосторонньої дії Українського Полісся, потребує підвищення рівня технічної експлуатації, оскільки побудована була понад півстоліття тому.

Дренажна система відноситься до осушувальних комбінованих систем із закритою регулюючою мережею (дренаж гончарний) і відкритою провідною мережею. За способом відводу надлишкової води система відноситься до самопливних. За характером дії на водний режим – система двосторонньої дії.

Меліорований масив являє собою мало горбисту долиноподібну місцевість з добре вираженим мікрорельєфом. Увесь масив має загальний нахил місцевості в сторону р. Случ. Відстань до м. Березне – 34 км. У межах осушувальної системи знаходяться с. Маринин та с. Дерманка (рис. 1).

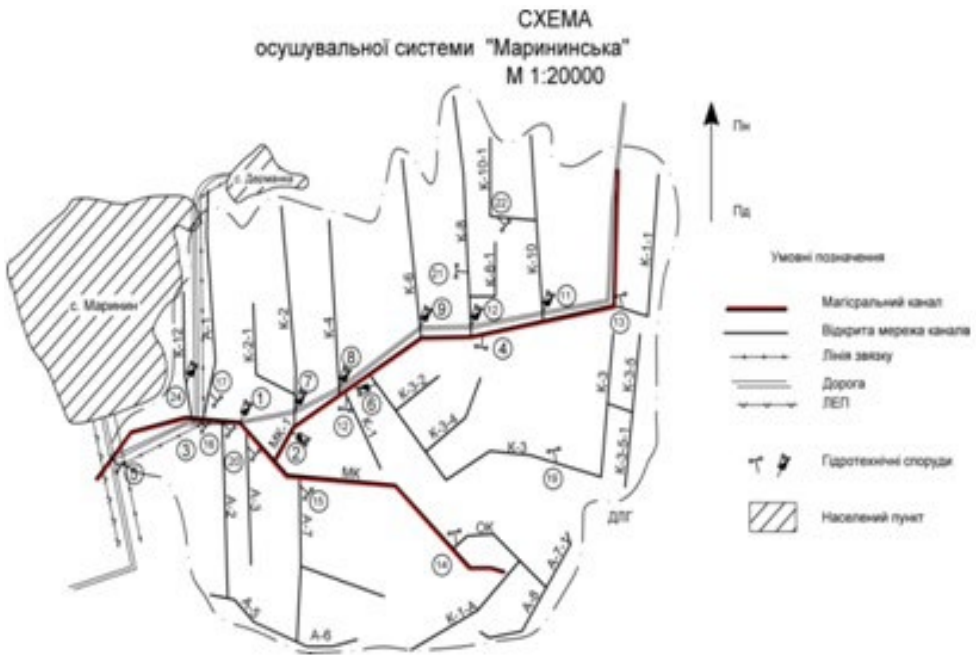


Рисунок 1 – Схема осушувальної системи «Маринінська»

Осушувальна система відноситься до комбінованих із закритою регулюючою мережею (дренаж гончарний) і відкритою провідною мережею. За способом відводу надлишкової води система відноситься до самопливних. За характером дії на водний режим – система двосторонньої дії.

Побудовано гончарного дренажу на площі 900 га, площа осушення з двостороннім регулюванням водного режиму становить 663 га. Протяжність магістральних, міжгосподарських та інших провідних каналів становить 28,9 км, протяжність регулюючої мережі – 571,2 км, дрен – 497,4 км, колекторів – 73,8 км. Система обладнана шлюзами-регуляторами, трубчастими переїздами, дренажними колодязями, гирловими спорудами. Водоприймачем системи служить р. Случ.

Гідромеліоративна система «Маринінська» побудована у 1966 році, тобто вік системи складає 58 років, що свідчить про закінчення строку служби практично всіх конструктивних елементів системи згідно нормативно – правової документації.

Оцінка технічного стану елементів осушувальної системи була проведена на основі якісного та кількісного аналізів надійності елементів системи за допомогою натурних обстежень.



Рисунок 2 – Затоплення мікропонижень та інших ділянок території

Якісний аналіз надійності осушувальної мережі був здійснений на основі методу аналізу діагностичного дерева відмов. Якісний аналіз окремих елементів, зокрема дренажних колодязів, здійснено у вигляді експлуатаційно – функціонального аналізу.

Кількісний аналіз здійснено на основі якісного аналізу з застосуванням натурних досліджень елементів осушувальної системи.

Під час обстеження було виявлено, що значна частина закритого дренажу не виконує покладених на нього функцій, а саме відведення надлишкових вод з прилеглих до нього території, що в період пропуску весняної повені приблизно 53 % всієї оглянутої території, а в літній період це число зменшується приблизно до 15-20 %, і тільки в спекотну літню пору вода на цій території повністю зникає. Доказом цього свідчать фото обстежень (рис. 2-4).



Рисунок 3 – Місця колишнього знаходження оглядових колодязів

Під час проведення обстежень нами також було виявлено місця розкрадання елементів гідротехнічних споруд, зокрема, кілець дренажних колодязів, що слугували для огляду та підтримання в справному стані колекторно-дренажної мережі.

Об’єктами розкрадання також стали:

- плити облицювання каналів;
- гирлові труби;
- затвори та регулятори на шлюзах.

В результаті проведених досліджень встановлено, що канали відкритої мережі А-7 та МК знаходяться в незадовільному стані. По всій протяжності каналів спостерігається їхнє замулення та заростання, що в свою чергу зменшує пропускну здатність каналів. Також на укосах каналу спостерігається заростання деревами, що порушують та змінюють міцнісні характеристики укосів каналу, і також сприяють розмноженню диких тварин та птахів. Також на певних ділянках спостерігається розмив та руйнування укосів каналів (рис. 4).

На двох каналах близько 10,6 % укосів зруйновані механічним шляхом, замуленість каналів спостерігається по всій їхній довжині, товщина мулу становить близько 30-40 см, заростання деревами спостерігається на 35,4 % протяжності каналів, розмив укосів поверхневими водами – 2,2 %, засмічення – 32,7 %.

На двох каналах близько 10,6 % укосів зруйновані механічним шляхом, замуленість каналів спостерігається по всій їхній довжині, товщина мулу становить близько 30-40 см, заростання деревами спостерігається на 35,4 % протяжності каналів, розмив укосів поверхневими водами – 2,2 %, засмічення – 32,7 %.



а)



б)



в)

Рисунок 4 – Види пошкоджень на каналах:
а) ділянки розмивання укосів каналів; б) ділянки каналу, де укоси зруйновані антропогенним навантаженням; в) замулення, засмічення та заростання каналів.

Обстеженнями виявлено, що на всіх переїздах спостерігається проростання трави між плитами, лущення бетону. В більшості випадків – відсутність плит облицювання поблизу споруди і тільки біля однієї вони були виявлені, але в неналежному стані (рис. 5).



Рисунок 5 – Переїзди, в яких спостерігаються перекіс, лущення бетону, замулення, проростання трави та підмив споруди

УДК 626.81

ВОДНІ РЕСУРСИ УГОРЩИНИ: ДОСВІД УПРАВЛІННЯ В КОНТЕКСТІ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

Хільчевський В.К., Петьовка В.Ю.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ
hilchevskiy@ukr.net; petovkavitalin@gmail.com

На кафедрі гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка виконуються дослідження з управління водними ресурсами сусідніх з Україною європейських держав, з якими вона має не лише кордони, але й спільні транскордонні річкові басейни [1-3]. До таких країн належить, зокрема, Угорщина, яка є континентальною державою, що не має виходу до моря.

Угорщина – держава в Центральній Європі, населення становить 9 млн 604 тис., площа – 93 030 км^2. Загальна протяжність кордонів – 2009 км. Межує зі: Словаччиною (679 км) на півночі, Україною (103 км) – на північному сході, Румунією (443 км) – на південному сході, Сербією (151 км) та Хорватією (329 км) – на півдні, Словенією (102 км) – на південному заході та Австрією (366 км) – на заході. Протяжність території країни із півночі на південь становить близько 268 км, зі сходу на захід – 528 км. Столицею та найбільшим містом є Будапешт (1 млн 706 тис. жителів). Територія Угорщини поділена на 19 медьє (областей).

Угорщина є членом Європейського Союзу (2004 р.), членом НАТО (1999 р.). Дипломатичні відносини між Угорщиною та Україною встановлені 1 грудня 1991 р.

Гідрографічні умови Угорщини, переважно, визначаються тим, що вона розташована в центрі Карпатської улоговини, оточеної півкільцем Карпат, без виходу до моря. Всі поверхневі води тяжіють до південного центру, а звідти через р. Дунай ущелиною Залізні Ворота, яка відокремлює Південні Карпати від північно-західних передгір'їв Балканських гір, досягають Чорного моря.

Вся територія країни належить до водозбірного басейну Дунаю – другої за величиною річки Європи після Волги. Угорська ділянка Дунаю має довжину 417 км, з яких 142 км становлять ділянку угорсько-словацького кордону. Тиса – друга за значимістю річка країни, а також найдовша притока Дунаю (977 км, з яких 579 км – на території Угорщини), впадає в Дунай біля м. Новий Сад у Сербії.

Значною правою притокою Дунаю в регіоні є р. Драва (загальна довжина 749 км), яка на тривалому проміжку є лише угорсько-хорватською прикордонною річкою і впадає в Дунай за межами угорського кордону. Ще праві притоки – р. Раба (283 км загальна, 188 км – в Угорщині), р. Лайта (182 км), канал Шіо (121 км), яким надходять води з озера Балатон.

Ліва притока Дунаю – р. Іполі/Іпель (загальна довжина 232 км, довжина угорської ділянки, а точніше ділянки на угорсько-словацькому кордоні – 142 км).

Згідно з гідрографічним районуванням, виконаним за вимогами Водної рамкової директиви ЄС з метою управління водними ресурсами, на території Угорщини виділяється один район річкового басейну – Дунаю, який включає 4 суббасейни: власне Дунай; р. Тиса; р. Драва; оз. Балатон (рис. 1).

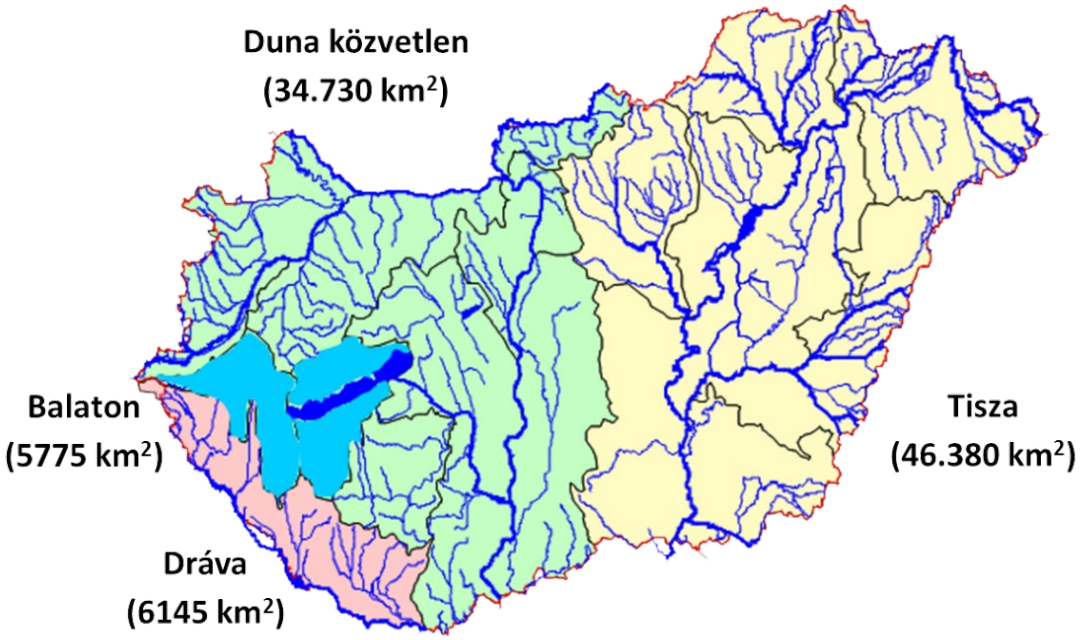


Рисунок 1 – Картосхема гідрографічного районування території Угорщини згідно з положеннями ВРД ЄС. Район басейну Дунаю поділено на 4 суббасейни: безпосередньо Дунай; р. Тиса; р. Драва; оз. Балатон [5]

Водні ресурси. Середньорічний обсяг загальних відновних водних ресурсів становить 104 км^3/рік, з яких 6 % є внутрішніми (місцевими) водними ресурсами (6 км^3/рік), а 94 % – зовнішніми водними ресурсами (98 км^3/рік) [4]. Показник *загальних водних ресурсів на 1 людину* – 10697 м^3/рік, що у порівнянні з пороговими значеннями індикатора водного стресу Фалькенмарк означає стабільні водні ресурси (водні ресурси стабільні > 2500 м^3/рік; водна вразливість –1700-2500; водний стрес < 1700; водний дефіцит < 1000; абсолютний водний дефіцит < 500) Але показник *внутрішніх водних ресурсів на 1 людину* – 642 м^3/рік [4]. Тобто, коефіцієнт зовнішньої залежності водних ресурсів дуже великий – 94 %.

Протягом 1992–2018 рр. відбулося помітне скорочення використання водних ресурсів у країні. Так, загальний забір поверхневих вод скоротився в 1,8 рази – із 7137 млн м^3 в 1992 р. до 4033 млн м^3 в 2018 р. Лідером у використанні поверхневих вод в Угорщині є промисловість – 82,2 % (табл. 1), хоча необхідно звернути увагу, що 95 % води в промисловому секторі водокористування йде на охолодження різних агрегатів в енергетиці.

Варто також зазначити, що в Угорщині підземні води є основним джерелом постачання населення питною водою – 95 % від загальної кількості поданої води [8].

Управління водними ресурсами. В 2010 р. Уряд Угорщини прийняв перший план управління водозбором угорської частини басейну Дунаю [10].

Таблиця 1 – Частка галузей у використанні водних ресурсів в Угорщині за 2017 р. та 2018 р., % [9]

Галузі	2017	2018
Комунальне водопостачання	5,9	6,2
Промисловість	83,4	82,2
Сільське господарство	8,8	9,5
Рекреаційне водокористування	1,7	1,5
Екологічне водокористування	0,2	0,6
Всього	100	100

Від 2014 р. всі питання водних ресурсів, водного господарства та охорони вод знаходяться в компетенції Міністерства внутрішніх справ Угорщини, під егідою якого діє Генеральний директорат водного менеджменту (рис. 2) [6].

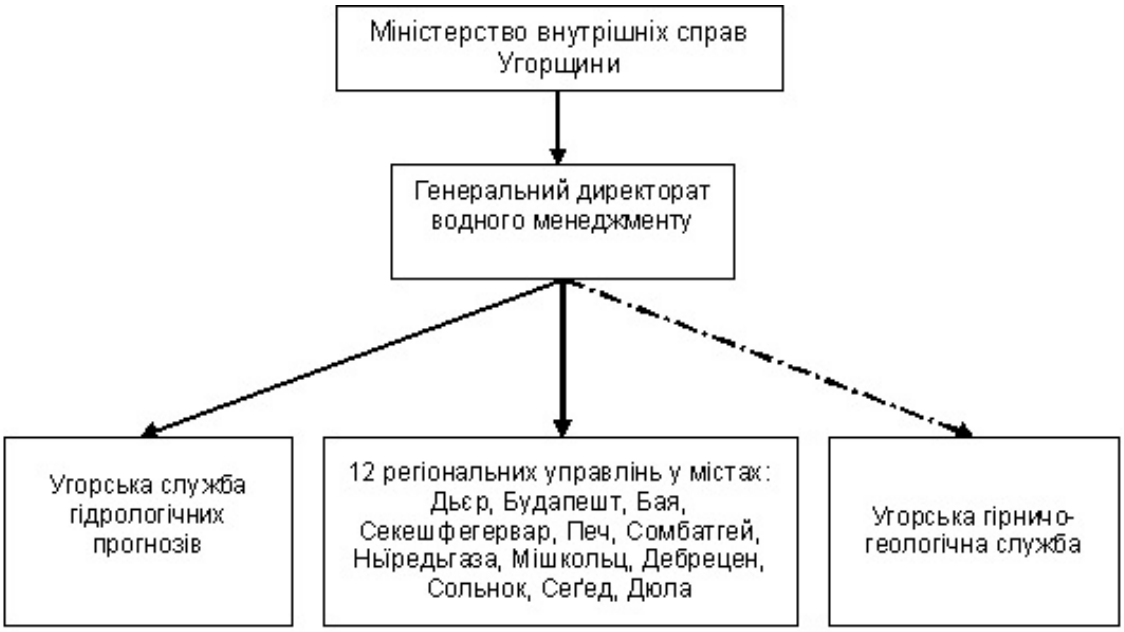


Рисунок 2 – Структура управління водними ресурсами Угорщини

Генеральний директорат водного менеджменту (General Directorate of Water Management) є центральним урядовим органом, який формує національну та регіональну стратегію управління водними ресурсами (в т.ч. опікується планами управління басейнами річок), концепцію боротьби з повенями, виконує завдання міжнародного управління водними ресурсами, контролює діяльність 12 регіональних управлінь.

Угорська служба гідрологічних прогнозів була заснована 1 березня 1892 р. [7]. Від 1929 р. вона діяла в складі Інституту гідрології. Від 1952 р., коли було створено науково-дослідний інститут водних ресурсів (VITUKI), служба діяла в складі VITUKI до його закриття у 2012 р. Від 2012 р. служба діє в складі Генерального директорату водного менеджменту. Основні напрями діяльності: збір, обробка та надання актуальних гідрологічних даних; гідрологічне прогнозування; збір, обробка та надання даних метеорологічних спостережень і прогнозів; збір, обробка та надання даних про сніговий покрив і льодову обстановку на річках.

Угорська гірничо-геологічна служба – центральний офіс, створений у 2017 р. в результаті злиття Угорського геолого-геофізичного інституту та Угорського гірничо-геологічного управління, яким керує міністерство, що відповідає за гірничодобувну діяльність. Служба має національну компетенцію в офіційних питаннях геології, а її дослідницький відділ проводить наукові дослідження в галузі геології, гідрогеології, геофізики та кліматичної політики. Служба здійснює моніторинг підземних вод в координації з Генеральним директоратом водного менеджменту.

Від 2022 р. питання, пов'язані з питною водою та водою для купання, підпадають під компетенцію державного секретаріату з охорони здоров'я, який діє у складі Міністерства внутрішніх справ Угорщини.

Висновки:

- Гідрографічні умови Угорщини зумовлюються тим, що вона розташована в центрі Карпатської улоговини, оточеної півкільцем Карпат, не омивається морем, тому вся територія країни належить до водозбірного басейну Дунаю.
- Згідно з гідрографічним районуванням території Угорщини, виконаним за вимогами Водної рамкової директиви ЄС, виділяється один район річкового басейну – Дунаю, який включає 4 суббасейни: власне Дунай; р. Тиса; р. Драва; оз. Балатон.
- В країні створено сучасну інституційну структуру управління водними ресурсами під егідою Міністерства внутрішніх справ Угорщини. Основною організацією при цьому є Генеральний директорат водного менеджменту.

Посилання

1. Хільчевский В.К. Водні ресурси країн Європи: характеристика на основі бази даних FAO-Aquastat. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2023. № 1(67). С. 6-16.

2. Хільчевський В.К. Гідрографія та водні ресурси Європи: навч. пос. К. ДІА, 2023. 308 с.

3. Хільчевский В.К. Особливості гідрографії Європи: річки, озера, водосховища. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2022. № 4(66). С. 6-16.

4. Aquastat: FAO. Country Profile - Hungary. URL: https://www.fao.org/aquastat/en/countries-and-basins/country-profiles/country/HUN

5. Duna közvetlen részvízgyűjtő. Víz Keretirányelv, vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés. URL: https://www.gwpszotar.hu/kifejezes/1531?kulcsszo=Duna

6. General Directorate of Water Management. URL: https://www.ovf.hu/en/about-us

7. Hungarian Hydrological Forecasting Service. URL: https://www.hydroinfo.hu/en/index.html

8. Honnan „ered" a csapvíz Magyarországon? URL: https://www.maviz.org/fogyasztoi_informaciok/honnan_ered_a_csapviz_magyarorszagon

9. Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási terve – 2021. I. Vitaanyag a tervet. Országos Vízügyi Főigazgatóság. URL: https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/12/VGT_Vitaanyag_1222.pdf

10. VGT1: 2010. május 5-én a Magyar Kormány elfogadta Magyarország első Vízgyűjtő-gazdálkodási Tervét. 2010. URL: https://vizeink.hu/korabbi-vizgyujto-gazdalkodasi-tervek/vizgyujto-gazdalkodasi-terv/

УДК 631:67

ДО ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗРОШЕННЯ У ЗОНІ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ У КОНТЕКСТІ АРИДИЗАЦІЇ КЛІМАТУ

Шатковський А.П., Ромащенко М.І., Довгеля О.М., Щербатюк М.В., Каруна В.В., Любіцький В.В., Диня А.М.

Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ
andriy-1804@ukr.net

Кліматичні зміни, наявність яких ускладнює умови ведення сільськогосподарського виробництва у більшості регіонів земної кулі, для України є особливо значущим чинником негативного впливу на умови природного вологозабезпечення, адже вони характеризуються найстрімкішими для Європи темпами (понад +0,6°С за останні 10 років) зростання середньорічної температури повітря [1], і, відповідно, посушливості клімату, що унеможливлює стале ведення землеробства у більшості регіонів України без застосування зрошення [2].

Як свідчать результати раніше виконаних в Інституті водних проблем і меліорації НААН досліджень [2], уже сьогодні вирощування сільськогосподарських культур на всій території Степової і Лісостепової зон ведеться в умовах значного (від 150 до 450-500 мм і більше) дефіциту кліматичного водного балансу, що зумовлює необхідність суттєвого розширення обсягів застосування зрошення як обов'язкового елемента технологій сталого вирощування більшості сільськогосподарських культур. Більш того, за останнє десятиріччя почастішали посушливі явища і у зоні умовного достатнього зволоження – на Поліссі, а дефіцит вологозабезпечення у критичні фази розвитку овочевих і ягідних культур, картоплі, насіннєвої кукурудзи вже призводить до втрат врожаю.

Вирішення завдання нарощування обсягів зрошення передбачено схваленими Кабінетом Міністрів України «Стратегією зрошення і дренажу в Україні на період до 2030 року» [3] та «Планом заходів із реалізації Стратегії зрошення і дренажу в Україні на період до 2030 р.» [4]. Виконання завдань «Стратегії…» в частині збільшення площ поливу до 2030 року на 1,0-1,2 млн. га буде вимагати залучення значних (не менше 4,0-4,5 млрд.м^3) додаткових обсягів води. Зважаючи на те, що зміна клімату негативно впливає не тільки на умови природного вологозабезпечення, а й на стан забезпечення придатними до використання водними ресурсами [5], раціональне та ефективне використання води за зрошення є важливою умовою нарощування потенціалу зрошення і від рівня його розв'язання значною мірою буде залежати можливість та обсяги вирішення завдання розширення площ поливу.

Мета дослідження – аналіз сучасного стану, перспектив і напрямів розвитку зрошення в зоні Українського Полісся з урахуванням змін клімату.

Застосовано такі методи наукового дослідження: експеримент, аналіз і синтез, порівняння, класифікація та узагальнення.

В умовах нинішніх кліматичних трансформацій, а також, звісно, наявних результатів з моделювання динаміки клімату на перспективу, у межах ґрунтово-кліматичної зони Полісся зрошення стане ключовим фактором інтенсифікації аграрного виробництва. Враховуючи певну обмеженість доступу до достатніх об'ємів водних ресурсів для цілей зрошування, пріоритетними сільськогосподарськими культурами на зрошенні у цій зоні є овочеві і ягідні культури, картопля та насіннєві посіви зернової кукурудзи.

Щодо овочевих культур і картоплі, то варто відзначити їх головну відмінність від інших сільськогосподарських високою вимогливістю до умов вологозабезпечення. Це зумовлено багатьма чинниками, головними з яких є: інтенсивне випаровування (транспірація) овочевими рослинами значної кількості вологи, їхніми біологічними особливостями та характером розміщення кореневої системи. Випаровування овочевими рослинами значної кількості вологи пояснюється анатомічною особливістю функцій продихів, наростанням великої листкової поверхні, перевищенням маси надземних органів над масою кореневої системи, а також тим, що більшість овочевих рослин має листки з нещільною великоклітинною будовою тканин. Наприклад, співвідношення маси коренів і надземної частини рослин в огірка становить 1:25, томата – 1:15, капусти – 1:11. Поверхня листків рослини пшениці майже в 60 разів менша, ніж капусти, тому капуста випаровує вологу значно інтенсивніше, ніж пшениця. У той же час, у більшості овочевих рослин, коренева система має слабку силу всмоктування, тому вони можуть забезпечити себе вологою тільки за достатніх її запасів у ґрунті. Для прикладу: у коренів томата сила всмоктування становить 5,5 атм., цибулі ріпчастої – 2,5, у той час як у пшениці – 12,0, кукурудзи – 21,5 атм. Здатність овочевих рослин вбирати воду з ґрунту залежить і від осмотичного тиску в клітинах. У овочевих рослин він менший, ніж у зернових. Наприклад, у томата осмотичний тиск у клітинах коренів становить 5,5, а у зернових – 15,0 кг/см². Крім цього, багато овочевих рослин (цибуля, часник, редиска, огірок, більшість зеленних культур) мають слаборозвинену кореневу систему, основна маса якої знаходиться у верхніх (0-30 см) шарах ґрунту, які найбільш схильні до різких коливань вологозапасів і частого пересихання. Для порівняння: корені пшениці озимої проникають у ґрунт на глибину до 2 м, кукурудзи – 4, а люцерни – до 15 м [6].

Протягом 2023-2024 рр. Інститутом водних проблем і меліорації НААН проведено наукові дослідження, які направлено на комплексне оцінювання та обґрунтування способів зрошення (краплинного, підґрунтового, імпульсного, дощування) сільськогосподарських культур (кукурудзи, сої, томату розсадного, картоплі, лохини щиткової, суниці садової) в ґрунтово-кліматичних умовах Полісся України (ТОВ «Агрофірма «Київська», Бучанського району, Київської області; ФГ «Агротехлаб» і ТОВ «Віплант», Бориспільського району Київської області). Результатами проведеного дослідження доведено доказову відмінність між періодичними вегетаційними поливами для добової компенсації евапотранспірації рослин (ЕТс) та імпульсним режимом водоподачі. Вона полягає у зміні гравітаційного характеру руху вологи у ґрунті на дифузний та виключення, як наслідок, втрат вологи на інфільтрацію у нижчі горизонти ґрунтового профілю (таблиця 1).

Таблиця 1 – Параметри водного режиму і ґрунту та врожайність с.-г. культур залежно від способу зрошення та режиму водоподачі

Спосіб зрошення	Режим водоподачі	Кількість поливів	Норма зрошування, $м^3/га$	Урожайність, тонн/га
Картопля				
Підґрунтове краплинне зрошення	Імпульсний	186	2230	68,2
	Періодичний	25	2520	64,5
Краплинне зрошення	Імпульсний	215	2420	72,2
	Періодичний	34	2760	68,7
Контроль (без зрошення)	—	—	—	53,7
Кукурудза на зерно				
Підґрунтове краплинне зрошення	Імпульсний	142	2080	15,8
	Періодичний	20	2450	13,4
Краплинне зрошення	Імпульсний	189	2580	17,8
	Періодичний	26	3300	16,1
Контроль (без зрошення)	—	—	—	11,8
Соя				
Підґрунтове краплинне зрошення	Імпульсний	160	1920	3,66
	Періодичний	22	2200	3,22
Краплинне зрошення	Імпульсний	185	2325	4,36
	Періодичний	29	2900	4,01
Контроль (без зрошення)	—	—	—	2,84
Томат розсадний				
Підґрунтове краплинне зрошення	Імпульсний	178	2150	53,4
	Періодичний	26	2400	46,9
Краплинне зрошення	Імпульсний	198	2320	65,0
	Періодичний	32	2900	60,9
Контроль (без зрошення)	—	—	—	34,6

Зрошування ягідних культур у зоні Полісся стимулює прибутковість цього бізнесу. У межах Волинської, Житомирської, Київської та Чернігівської областей на сьогодні реалізовано багато успішних практичних кейсів з вирощування лохини щиткової, суниці садової, малини, смородини, порічок, аґрусу та ін. на основі технологій краплинного зрошення цих насаджень.

Крім цього, за останні 3-5 років у зоні Полісся реалізовано ряд успішних проектів з вирощування насіннєвої зернової кукурудзи із застосуванням дощування та підґрунтового краплинного зрошення.

Опрацюємо технологічні питання, які виходять на перший план у зрошенні овочів, картоплі, ягідних культур та насіннєвої кукурудзи в умовах Полісся на сучасному етапі. Насамперед – це оптимізація витрат поливної води та енергетичних ресурсів на зрошення.

Розглянемо більш детально основні положення енергоефективних і ресурсозберігаючих технологій зрошування:

– зменшення питомих витрат поливної води. За даними ІВПіМ НААН [7] краплинне зрошення забезпечує мінімальні витрати поливної води на формування одиниці врожаю овочів. Наприклад, за даними наших досліджень, на культурі томата розсадного витрати поливної води за краплинного способу

поливу становили 26 м^3/т за врожайності 152 т/га, у той час як за дощування – не менше 50 м^3/т за врожайності 75-80 т/га.

– зменшення енергоємності поливу за рахунок зниження тиску в мережі та зменшення діаметрів трубопроводів (відповідно – матеріалів на їх виготовлення), збільшення площі одночасного поливу (площі поливного модуля), зниження витрат електроенергії шляхом установки енергозберігаючого насосно-силового обладнання;

– впровадження і використання альтернативних джерел енергії для водопостачання систем зрошення: для підйому і подачі води на зрошення використовувати енергію сонця і вітру. Цей напрям є перспективним для зони Степу, де часто переважає вітряна погода і достатньо сонячної енергії. Для впровадження таких проєктів необхідно виконувати детальне техніко-економічне обґрунтування;

– використання поливних трубопроводів багаторічного терміну експлуатації – 10-15 років;

– використання поливних трубопроводів з крапельницями з компенсацією тиску, що завдяки більш рівномірному розподілу поливної води і добрив забезпечують їх економію;

– впровадження систем управління поливами з метою оптимізації водного режиму на основі використання ГІС-технологій, автоматичних датчиків вологості ґрунту, інтернет-метеостанцій. Дані досліджень ІВПіМ НААН [7] свідчать, що з точки зору оптимізації норми зрошення овочевих культур, необхідно підтримувати високий рівень передполивної вологості ґрунту (85-90 % від найменшої вологомісткості (НВ) виключно у критичні фази розвитку рослин, а в інші – дотримуватися більш помірного режиму зволоження (75-80 % від НВ). Існуючі ж сьогодні на практиці норми краплинного зрошення овочів (3500-6000 м^3/га), режим проведення поливів, обумовлюють непродуктивні втрати поливної води на рівні 25-30 %.

– зменшення норм мінеральних добрив за рахунок впровадження системи удобрення на основі дискретного їх внесення з поливною водою;

– застосування пестигації – внесення засобів захисту рослин з поливною водою;

– перехід до «нової філософії» технологій краплинного зрошення, яка полягає у плануванні та отриманні не максимального, а оптимального рівня врожайності з мінімальними питомими витратами і собівартістю продукції.

Стосовно зрошення, окремо необхідно зупинити увагу на різновиді краплинного способу поливу із внутрішньоґрунтовим розміщенням трубопроводів (як правило – на глибині від 15 см), який відомий у світовій практиці як «*subsurface drip irrigation*» (SDI) [8, 9, 10, 11]. На сьогодні в Україні промислове використання цього способу зрошення знаходиться на початковому етапі – реалізовано пілотні проєкти на порівняно не великих площах і на думку фахівців саме він є новим трендом у вітчизняній іригації. Разом із тим, багаторічний зарубіжний досвід свідчить про ефективність використання підґрунтового краплинного зрошення на різних сільськогосподарських культурах, у тому числі – овочевих, баштанних та картоплі. За даними ІВПіМ НААН (дослідження проведено на кукурудзі зерновій, сої, нуті та соняшнику)

підґрунтове краплинне зрошення забезпечує економію поливної води за рахунок мінімізації або повного виключення фізичного випаровування від 10 до 30 %. У цьому аспекті основним моментом є дотримання і реалізація оптимального режиму зрошення: чіткий контроль вологозапасів у ґрунті, точний розрахунок норми поливу і контроль за їх проведенням, а також застосування імпульсного режиму водоподачі. Проте, варто зауважити, що на практиці можливі складнощі з отриманням якісних сходів або приживленні розсади (за відсутності належного капілярного підйому вологи) – необхідний більш тривалий полив з метою зволоження верхніх шарів ґрунту або проведення посіву в терміни, які забезпечать отримання сходів за рахунок природного вологозабезпечення. Відзначимо, що для максимального відновлення ґрунтових капілярів монтаж поливних трубопроводів, як і операції з підготовки ґрунту, необхідно провести в осінній період, в навесні – лише прямий посів у ранні строки.

На жаль, мусимо констатувати і ще один, вимушений, фактор інтенсифікації зрошення у зоні Українського Полісся. Унаслідок повномасштабного вторгнення збройних сил рф та руйнації ними греблі Каховського водосховища, протягом 2022-2023 рр. площі фактичного зрошення земель в Україні катастрофічно скоротились – з 550 тис до 95-100 тис. га. Особливо постраждала у цьому відношенні Херсонщина та Запорізький край, які традиційно є регіонами з найбільшими площами ранніх овочів та картоплі, баштанних культур, які вирощували саме на базі краплинному зрошенні. У зв’язку з цим, відбулась релокація частини агропідприємств у центральний, західний та північний регіони України, де протягом 2022-2023 рр. на 36 % зросли площі зрошення овочевих культур та картоплі.

Глобальна зміна клімату, продовольча криза на фоні зростаючого дефіциту водних ресурсів є передумовами для значного розширення використання зрошення для поливу сільськогосподарських культур, включаючи ґрунтово-кліматичну зону Полісся. Згідно з положеннями «Стратегії…» [3] потенційна потреба України в системах мікрозрошення становить не менше 250 тис. га до 2030 р. Подальше динамічне нарощування обсягів зрошення потребуватиме державної підтримки через механізми компенсації вартості встановлення систем мікрозрошення для поливу сільськогосподарських культур. Одночасно, розвиток технологій та технічних засобів зрошення в контексті водо- та енергозбереження створить передумови для найширшого його використання для вирощування сільськогосподарських культур в умовах прогресуючого погіршення природного вологозабезпечення внаслідок змін клімату.

Посилання

1. Projections of air temperature and relative humidity in ukraine regions to the middle of the 21st century based on regional climate model ensembles / Krakovska S.V. et al. *Heoinformatyka.* 2018. № 3 (67). Pp. 62-77.

2. Ромащенко М.І. Наукові засади розвитку систем землеробства в зоні Степу. *Вісник аграрної науки:* науково-теоретичний журнал НААН. 2015. № 10. С. 5-9.

3. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80 (дата звернення: 12.02.2024).

4. План заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21.10.2020 р. № 1567-р. URL:

https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-z-realizaciyi-strategiyi-zroshennya-ta-drenazhu-s211020 (дата звернення: 12.02.2024).

5. Ромащенко М.І., Шатковський А.П. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 1. С. 5-22.

6. Ромащенко М.І., Шатковський А.П., Рябков С.В. Краплинне зрошення овочевих культур і картоплі в умовах Степу України: наукове видання. Київ: «ДІА», 2012. 248 с.

7. Шатковський А.П., Журавльов О.В. Наукові основи технологій краплинного зрошення сільськогосподарських культур: монографія / Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2021. 440 с.

8. Шатковський А.П., Журавльов О.В., Ретьман М.С., Овчатов І.М., Білоброва А.С., Коваленко І.О., Гуленко О.І., Калілей В.В. Підґрунтове краплинне зрошення: технічні та технологічні аспекти. *Зерно*. 2020. № 12. С. 62-66.

9. Patel, N., Rajput, T.B. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. *Irrigation Science*, 2009. №27, p.88-97 https://doi.org/10.1007/s00271-008-0125-0.

10. Hanson, B., May, D. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. *Agricultural Water Management*. 2004. Volume 68, Issue 1, 15, p. 1-17. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.03.003

11. Kalfountzos, D., Alexiou, I., Kotsopoulos, S. et al. Effect of Subsurface Drip Irrigation on Cotton Plantations. Water Resour Manage. 2007. 21, p. 1341-1351 https://doi.org/10.1007/s11269-006-9085-4.

УДК 628.1:502/504

СЦЕНАРНИЙ АНАЛІЗ І ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ УТИЛІЗАЦІЇ ШАХТНИХ ВОД ЗІ СТАВКІВ-НАКОПИЧУВАЧІВ

Ковальчук В.П., Яцюк М.В., Нечай О.М., Балихіна Г.А.
Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
water_2019@ukr.net

Утилізація шахтних вод Криворізького залізорудного басейну (Кривбасу) є значною загальнодержавною проблемою. Зокрема, особлива увага приділяється утилізації високомінералізованих шахтних вод ставка-накопичувача балки Свистунова, який значно впливає на якість поверхневих вод р. Інгулець. Метою даного дослідження стало проведення комплексного оцінювання різних варіантів утилізації шахтних вод з балки Свистунова для можливого покращення якості водних ресурсів регіону.

Виходячи з сучасних умов функціонування балки Свистунова, екологічного стану якості води р. Інгулець та розпорядження Кабінету Міністрів України № 1802-р від 20 грудня 2021 року «Про затвердження плану заходів з управління шахтними водами Кривбасу» [1] було обґрунтовано і проведено порівняння трьох варіантів:

Варіант I В основу даного варіанту покладено сучасний стан накопичення шахтних вод Південної групи шахт Кривбасу у балці Свистунова, наступне розбавлення вод в р. Інгулець згідно Регламенту [2]; на основі розпорядження Кабінету Міністрів [1] здійснення промивки р. Інгулець та використання водних ресурсів галузями економіки.

Варіант II. Характерною особливістю даного варіанту є розбавлення чистою водою стоків балки Свистунова до гранично допустимих концентрацій. Розбавлення здійснюється на окремій виділеній території шляхом створення спеціалізованого підприємства. По мірі розбавлення чистою водою стоки, що розбавлені до рівня ГДК, направляються в р. Інгулець. Це не вимагає додаткового узгодження утилізації стоків балки Свистунова постановою Кабінету Міністрів, оскільки утилізуються шахтні води розбавлені до концентрації, що вже не вважаються екологічно небезпечними.

Варіант III. Здійснюється проєктний прогноз екологічних, економічних та ресурсних критеріїв, а потім, на основі їх аналізу, проводиться формулювання висновку про можливість утилізації шахтних вод в р. Дніпро біля с. Мар'янське [3].

Розглянемо аналіз ефективності утилізації шахтних вод, згідно з поданими варіантами, за системою критеріїв.

Проведені розрахунки за ***варіантом I*** показали, що після підриву Каховської ГЕС баланс водних ресурсів басейнів є більш напруженим, оскільки додається витрата ресурсів на комунальне господарство та потреби промисловості з водосховища Південне, у яке вода подається з р. Інгулець. Крім того, додаються витрати на потреби комунального господарства м. Миколаїв [4]. Зокрема у даний час балансова модель має вигляд:

$$P=P_1+P_2;\ Q=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_5+Q_6+Q_7,$$

де P – загальне річне надходження водних ресурсів у басейні р. Інгулець; P_1 – водні ресурси р. Інгулець за рахунок природного стоку; P_2 – міжбасейнове перекидання стоку каналом Дніпро-Інгулець з р. Дніпро; Q – загальні річні витрати водних ресурсів; Q_1 – річні витрати водних ресурсів, що подаються на комунальне господарство з Карачунівського водосховища; Q_2 – річні витрати водних ресурсів на комунальне господарство та потреби промисловості з водосховища Південне; Q_3 – витрати водних ресурсів на комунальне господарство м. Миколаїв; Q_4 – витрати води на сільське господарство (зрошення); Q_5 – витрати води на розбавлення мінералізованих шахтних вод з балки Свистунова; Q_6 – витрати води на промивання русла р. Інгулець; Q_7 – витрати води на сумарне випаровування з поверхні водосховищ.

Сумарні обсяги водних ресурсів з р. Інгулець для зрошення та на екологічні потреби (розбавлення стоків і промивання русла річки) (Q) складали біля 280-380 млн.м^3, які покривались з двох джерел: водні ресурси р. Інгулець за рахунок природного стоку P_1=180-240 млн.м^3 (середньорічний стік річки Інгулець біля м. Кривий ріг становить лише до 134 млн.м^3 на рік) та P_2 – міжбасейнове перекидання стоку каналом Дніпро-Інгулець з р. Дніпро (з 2011 року складає 105-136 млн.м^3). Максимальний стік річки на посту спостережень біля м. Кривий Ріг зафіксовано – 800 млн.м^3. Тобто у середньо-вологий і вологі роки потреба у воді може покриватись лише за рахунок природного стоку. У середній за величиною стоку та посушливі роки виникає дефіцит водних ресурсів, який може бути поповнений міжбасейновим перекиданням стоку. Величина додаткових водних ресурсів повинна визначатись оперативною потребою за станом наповнення Карачунівського водосховища.

У відповідності з ***варіантом II*** лімітуючим фактором для його реалізації є саме водні ресурси, потрібні для розбавлення та скиду води в річку, що становить менше рівня гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Скидання високомінералізованих шахтних вод у водні об'єкти допускається тільки після їх розбавлення до ГДК. Забруднення з балки Свистунова (за провідним показником хлоридів) потребують розбавлення в 57 разів. Це означає, що для розбавлення 6-10 млн.м^3 стоків потрібно додатково 340-570 млн. м^3 дніпровської води. Тому даний варіант не будемо оцінювати на основі економічних та екологічних критеріїв, оскільки його реалізація неможлива за ресурсним критерієм внаслідок відсутності необхідних водних ресурсів у басейні р. Інгулець.

На основі наукового аналізу функціонування ставка-накопичувача балки Свистунова, сценарного моделювання процесів розбавлення вод в річці Інгулець, промивки річки відповідно з Регламентами розглядався ***варіант III*** з формування оцінки та прогнозного стану впливу скидання шахтних вод з балки Свистунова на стан водних ресурсів р. Дніпро (рис. 1).

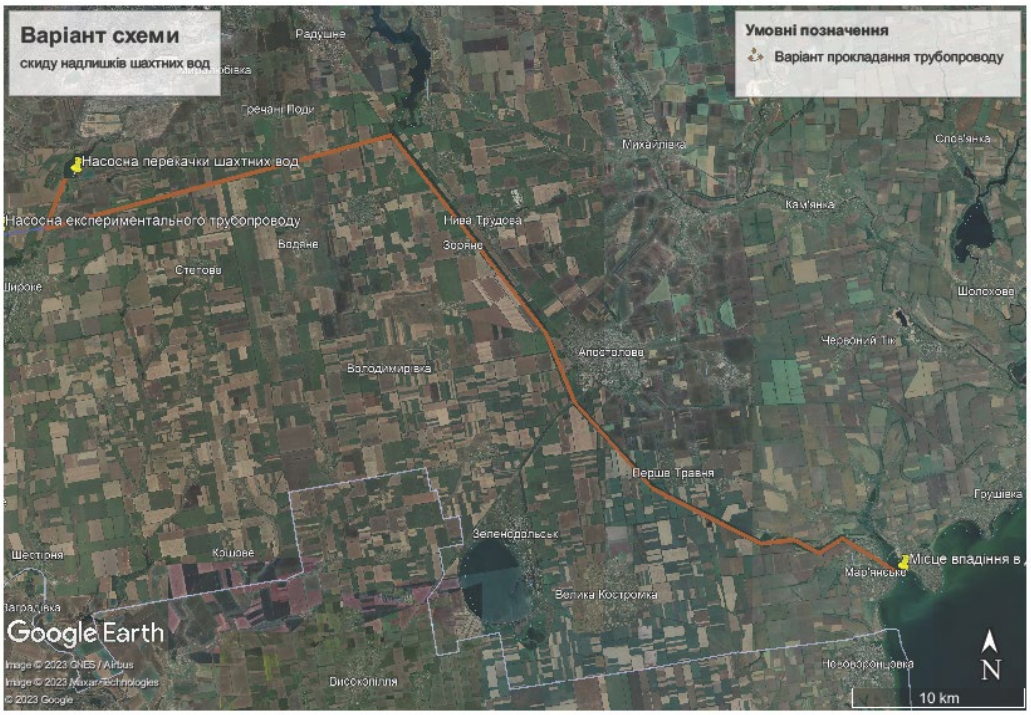


Рисунок 1 – Варіант схеми утилізації високомінералізованих шахтних вод ставка-накопичувача (балки Свистунова) в р. Дніпро (біля с. Мар'янське)

Аналіз чинних нормативно-правових актів показав, що скидання вод з балки Свистунова, використовуючи наявну інфраструктуру питного водопостачання в р. Дніпро, є прямим порушенням цілого ряду законодавчих та нормативно-правових актів України, зокрема, Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про питну воду та питне водопостачання», Водного кодексу України, Водної рамкової директиви ЄС 2000/60/ЕС Європейського Парламенту та Ради тощо.

Після проведених досліджень за екологічними критеріями стає очевидним, що скидання надлишків шахтних вод з балки Свистунова щорічно в об'ємі 6-10 млн м^3 трубопроводом до р. Дніпро біля с. Мар'янське не вирішує проблеми суттєвого екологічного покращення у басейні р. Інгулець. Проте створюються значні екологічні виклики та проблеми в р. Дніпро не тільки в місці скидання мінералізованих вод, але й у найближчих регіонах при використанні води для економіки.

Дійсно, перенаправлення скидання шахтних вод балки Свистунова з річки Інгулець в р. Дніпро не покращує екологічний стан русла р. Інгулець. Це обумовлено тим, що у річку Інгулець поступають високомінералізовані води з притоки – річки Саксагань (точкове джерело забруднень 850-1 500 мг/дм^3 за показником хлоридів), з неконтрольованих дифузних джерел забруднення, у тому числі балки Свистунова з концентраціями 1 500-20 000 мг/дм^3 шляхом фільтрації з ґрунтових і підземних вод. Річка Інгулець буде постійно забруднюватись. Концентрації хлоридів, сульфатів та мінералізації будуть у 5-8 разів перевищувати гранично допустимі значення, що потребуватиме систематичних промивок для послідуючого використання води (з концентрацією менше 3500 мг/дм^3 за хлоридами) в галузях економіки. При цьому витрати на

промивку не будуть компенсуватись підприємствами, оскільки не буде прямої їх участі у скидах забруднених вод.

Скидання великих обсягів забруднених вод з балки Свистунова в р. Дніпро потребуватиме коригування правил експлуатації каскаду дніпровських водосховищ з метою їх розбавлення та мінімізації ризиків для усіх водокористувачів, що використовують водні ресурси Дніпра нижче місця скиду. Це в свою чергу потребуватиме скиду значних обсягів накопичених у каскаді водних ресурсів, що в умовах відсутності Каховського водосховища створить суттєвий дефіцит водних ресурсів для усіх водокористувачів протягом року.

За економічними критеріями та проведеною оцінкою німецьких спеціалістів, які в м. Кривий ріг займались методами визначення утилізації шахтних вод, встановлено, що оціночна вартість прокладання трубопроводу до р. Дніпро складає біля 11 млрд. грн. Прокладання трубопроводу вимагає також відведення землі, що є значно затратним та містить екологічні ризики. При цьому виникають значні капітальні витрати та витрати на експлуатацію подачі забруднених вод трубопроводом.

Скидання шахтних вод з балки Свистунова в р. Дніпро при несформованій морфології русла після руйнування Каховської ГЕС може призвести до вторинного забруднення водних ресурсів Дніпра, накопичення забруднень у відокремлених морфологічних формах нижче місця скиду, формування локальних джерел загроз виникнення епідеміологічних хвороб.

Внаслідок скидання шахтних вод гірничорудних підприємств Кривбасу, накопичених в балці Свистунова, у р. Дніпро відбудеться погіршення якості водних ресурсів, що потребуватиме значних капіталовкладень у реконструкцію об’єктів водопровідно-каналізаційного господарства, станцій доочистки води при її використанні в сільському господарстві та промисловості.

Відомо, що Каховську ГЕС, за рішенням Кабінету Міністрів України (Постанова № 730 від 18 липня 2023 р.) буде відновлено [5]. У результаті скиду шахтних вод виникне величезна «пляма» забруднення. Скидання великих обсягів забруднених вод з балки Свистунова в р. Дніпро після відновлення Каховського водосховища призведе до суттєвого погіршення якості води у цьому водосховищі та створить загрози для існування його флори та фауни. Призведе до унеможливлення безпечного забезпечення якісною питною водою близько 4 млн жителів України (включаючи АР Крим) та використання водних ресурсів Каховського водосховища для зрошення щонайменше 300 тис. га.

У результаті скидання шахтних вод з балки Свистунова в р. Дніпро відбудуться значні екосистемні довгострокові зміни південного регіону України в нижній частині р. Дніпро, розширяться ризики негативного впливу на безпечне водокористування окрім Дніпропетровської, Миколаївської та Херсонської областей (що відзначалось при скиданні цих вод в р. Інгулець), ще й на Запорізьку область та АР Крим.

Таким чином, варіант ІІІ не відповідає діючим нормативно-правовим актам, являється ресурсно-затратним, екологічно неприйнятним та економічно необґрунтованим. Його реалізація у даний час неможлива.

Висновок. Сценарний аналіз і порівняння варіантів утилізації шахтних вод зі ставків-накопичувачів показав доцільність використання *варіанту І* (потрібні

водні ресурси на зрошення, розбавлення і промивання – біля 280-380 млн м^3) з уточненням балансу водних ресурсів в роки різної водної забезпеченості стоку річки Інгулець і подачею води каналом Дніпро-Інгулець. Застосування *варіанту II* допускається тільки після розбавлення шахтних вод до рівня ГДК і потрібує близько 340-570 млн м^3 додаткової води, що стає неможливим за ресурсним критерієм. Аналіз *варіанту III* показав його екологічну недоцільність і порушення ряду законодавчих та нормативно-правових актів України.

Список використаної літератури

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів з управління шахтними водами Кривбасу» від 20 грудня 2021 р. №1802-р. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1802-2021-%D1%80#Text

2. Регламент промивання русла та екологічного оздоровлення р. Інгулець у 2019 році (Альтернативний варіант). Київ: ПрАТ «Укрводпроект», 2019. 55с.

3. НДР за договором №838/1 від 27.11.2023 р. «Наукове обґрунтування доцільності скидання надлишків шахтних вод з балки Свистунова трубопроводом до р. Дніпро біля с. Мар'янське». 2023. Київ, 50 с. Фонди ІВПіМ.

4. Розпорядження КМ «Про виділення коштів з резервного фонду державного бюджету для здійснення заходів, пов'язаних із запобіганням виникненню надзвичайної ситуації техногенного характеру внаслідок порушення сталого забезпечення населення м. Миколаєва питною водою» від 6 червня 2023 р. № 499-р. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/499-2023-%D1%80#Text

5. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про реалізацію експериментального проекту «Будівництво Каховського гідровузла на р. Дніпро. Відбудова після руйнування Каховської ГЕС та забезпечення сталої роботи Дніпровської ГЕС у період відбудови»» від 18 липня 2023 р. № 730. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/730-2023-%D0%BF#Text

УДК 631.67:631.452

ВПЛИВ ТРИВАЛОГО ЗРОШЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНОЮ ВОДОЮ НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ

Біднина І.О.[1, 2], Лиховид П.В.[2], Козирєв В.В.[2], Угрін О.М.[2], Лелявська Л.В.[1], Ясінська Н.О.[3]

[1]*Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ*
[2]*Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса,*
[3]*Національна академія аграрних наук України, м. Київ*
irinabidnina@ukr.net

Південний регіон України характеризуються напівпосушливим кліматом, де зрошення відіграє ключову роль у стабільному вирощуванні сільськогосподарських культур. Водночас значна частина цих земель зрошувалась водою низької якості. Особливо це стосувалось Інгулецької зрошувальної системи (ІЗС), вода якої містила високі концентрації розчинених солей натрію, що створювало ризики деградації ґрунтів та зниження їхньої родючості [1].

З метою здійснення оцінки довгострокового впливу зрошення та сільськогосподарської діяльності на стан ґрунтів Інгулецького зрошуваного масиву (ІЗМ) нами були проведені дослідження упродовж 2003-2018 років шляхом польових ґрунтових обстежень на території Білозерського району Херсонської області, що розташований у зоні з дефіцитом природного водного балансу. Основний тип ґрунтів у регіоні – темно-каштанові середньосуглинкові ґрунти.

Відповідно до національного стандарту ДСТУ 2730:2015 «Якість води для зрошення. Агрономічні критерії», вода ІЗС належала до другого класу – «Обмежено придатна для зрошення». Аналогічно, міжнародні методики оцінки якості води також класифікують її як таку, що має обмеження у використанні для зрошення.

Основні проблеми Інгулецької зрошувальної води включають: високий вміст натрію (10,49-21,63 мекв/л); токсичні іони (11,83-21,97 мекв/л); загальну концентрацію розчинених твердих речовин (1489-2280 мг/л).

Зрошення такою водою поступово погіршує фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, що негативно впливає на ріст, продуктивність та якість урожаю [2]. Тому необхідним було визначення, як довготривале зрошення впливає на найважливіші показники родючості, зокрема вміст гумусу та макроелементів.

Методи дослідження: вміст гумусу визначали за методом Тюріна, вміст азоту – за непрямою методикою, що базувалась на нітрифікаційній активності ґрунту за Кравковим, вміст рухомого фосфору та обмінного калію – за методикою Мачигіна. Аналіз трендів змін умісту гумусу та макроелементів здійснювали за допомогою тесту Манна-Кендалла [3] при рівні значущості

$P < 0,05$. Для виявлення часових закономірностей змін ґрунтових характеристик використовували алгоритм CUSUM (Sabir et al., 2024). Розрахунки проводили за допомогою скрипту на мові Python 3 в середовищі розробки VS Code IDE.

Відомо, що гумус – це складний і динамічний комплекс органічних сполук, що формується внаслідок розкладання та гуміфікації рослинних і тваринних залишків. Він є ключовою складовою органічної речовини ґрунту та відіграє вирішальну роль у підтримці його родючості, впливаючи на збереження вуглецю, буферність, структуру та активність мікробіоти [4]. Зрошення значно впливає на процеси гумусоутворення. Вміст гумусу в ґрунті залежить від зональних особливостей і визначається факторами ґрунтоутворення, такими як тип ґрунту, гранулометричний склад, рослинний покрив та агротехнологічні підходи [2].

Це стосується і темно-каштанових ґрунтів ІЗМ, що підтверджується результатами ґрунтових досліджень. За результатами аналізу CUSUM, який показав виражену тенденцію до дегуміфікації, та тесту Манна-Кендалла (Z-статистика 2,0381), встановлено, що тривале зрошення водами з високим рівнем мінералізації спричинило загальне зменшення вмісту гумусу в ґрунтах, що в середньому становило 0,046 % на рік. Багаторічні дослідження демонструють, що за період з 2003 по 2018 рік концентрація гумусу в темно-каштанових ґрунтах знизилася з 2,43 % до 1,70 %, що відповідає зниженню на 30 %.

В умовах постійного зрошення спостерігається збільшення вмісту доступного азоту, особливо після його різкого зниження до 2013 року. Однак тест Манна-Кендалла не підтвердив статистично значущої тенденції ($Z = 0,6794$). Вміст азоту на 37,0 % площі сільськогосподарських угідь відповідає рівню від помірного до високого (8,1-30,0 мг/кг), тоді як 59,2 % площ характеризуються високою концентрацією азоту.

Фосфор є одним із найважливіших елементів живлення рослин, впливаючи на метаболізм, білковий синтез та ріст [5]. Значна частина доступного фосфору накопичується в органічній речовині ґрунту, і його дефіцит стає проблемою за інтенсивного обробітку, ерозії та нераціонального землекористування [6]. Аналіз трендів не виявив статистично значущих змін у вмісті фосфору під впливом зрошення мінералізованою водою ($Z = 0$), хоча після 2013 року простежується слабка тенденція до зростання.

Високий рівень фосфору (>60,0 мг/кг) виявлено на 40,6 % зрошуваних площ, у межах 46-60 мг/кг – на 15,48 %, а 31-45 мг/кг – на 20,89 % площ. Середньозважений вміст рухомих сполук фосфору в умовах постійного зрошення ІЗС перевищує рівень на незрошуваних землях. Оптимальним способом поповнення рухомого фосфору є внесення фосфорних мінеральних добрив, оскільки вони роблять цей елемент більш доступним для рослин, ніж органічні. Раціональне застосування фосфорних добрив має вирішальне значення для підтримки його балансу в умовах зрошення мінералізованими водами.

Калій відіграє важливу роль у фізіологічних процесах рослин, впливаючи на азотний обмін, синтез амінокислот і енергетичний баланс. Його загальний вміст у ґрунтах півдня України зазвичай вищий, ніж азоту та фосфору. Рівень калію залежить від типу ґрунту: найбільший вміст характерний для глинистих і

суглинистих ґрунтів, тоді як піщані й супіщані ґрунти містять його значно менше [7]. Калійний режим ґрунту визначається його загальним вмістом і рухомими формами (водорозчинний, обмінний та необмінний калій). Основну роль у живленні рослин відіграє обмінний калій, який утримується в адсорбційному комплексі ґрунту [5]. Його концентрація в зрошуваних ґрунтах значною мірою залежить від природно-зональних умов, що визначає доступність цього елемента для сільськогосподарських культур.

Незважаючи на те, що у 2018 році спостерігалося значне збільшення вмісту макроелементів, тест Манна-Кендалла не виявив значущої тенденції у вмісті обмінного калію (Z-статистика дорівнює нулю). На рисунку 4 зображено різке зростання вмісту калію в досліджуваних ґрунтах після 2013 року, як це раніше спостерігалося і для азоту та фосфору. Така динамічна зміна дозволяє зробити висновок, що позитивна подія в меліорації ґрунтів відбулася в 2013 році.

Вміст обмінного калію в ґрунтах, який відповідає градаціям: дуже високий вміст (>400,0 мг/кг) характеризує 68,1 % площі зрошуваних земель; високий вміст калію (301-400 мг/кг)характеризує 23,05 % площі; помірно високий вміст (201-300 мг/кг) – 8,93 % площі відповідно. Загалом, зрошення інгулецькою водою суттєво не вплинуло на вміст обмінного калію в досліджуваних ґрунтах.

У підсумку, слід констатувати, що на темно-каштанових ґрунтах Білозерського району спостерігався значний вплив зрошувальної води ІЗС на вміст гумусу (негативна тенденція дозменшення) та доступного азоту (позитивна тенденція до збільшення). Статистично значущої тенденції щодо вмісту рухомого фосфору та обмінного калію не зафіксовано.

Таким чином, можна зробити висновок, що мінералізована вода має сильний негативний вплив на накопичення органічної речовини в ґрунті, але не має значного впливу на доступність мінеральних макроелементів у ґрунтах. Однак зі збільшенням загального засолення ґрунту, особливо в поєднанні з накопиченням натрію, доступність макроелементів з ґрунту може змінюватися.

Посилання

1. Лиховид, П. (2021). Потреби в зрошенні в Україні відповідно до сучасного рівня посушливості. *Журнал екологічної інженерії*, 22(8), 11-18.doi: 10.12911/22998993/140478

2. Балюк, С., Захарова, М., Воротинцева, Л., Леа, Т., Филипчук, В. (2020). Зміни гумусовогостану чорноземів України та Молдови в умовах зрошення. *Наукові праці. Серія А. Агрономія*, Вип.LXIII(2), 11-17.

3. Хамед, К. Х. (2008). Виявлення трендів у гідрологічних даних: Тест на тренд Манна- Кендалла за гіпотезою масштабування. *Гідрологічний журнал*, 349(3-4), 350-363.doi: 10.1016/j.jhydrol.2007.11.009

4. Герке, Й. (2022). Центральна роль органічної речовини ґрунту у родючості ґрунту та накопиченні вуглецю. *Ґрунтові системи*, 6(2), 33.doi: 10.3390/soilsystems6020033

5. Toor, M. D., Adnan, M., Rehman, F. U., Tahir, R., Saeed, M. S., Khan, A. U., & Pareek, V. (2021). Поживні речовини та їх значення у виробництві сільськогосподарських культур; Огляд. *Індійський журнал теоретичних і прикладних біологічних наук*, 9(1), 1-6.doi: 10.18782/2582- 2845.8527

6. Ель-Аттар, І., Гніні, М., Таха, К. та Аураг, Я. (2022). Доступність фосфору та його стале використання. *Журнал ґрунтознавства та живлення рослин*, 22(4), 5036-5048.doi: 10.1007/s42729-022-00980-z.

7. Бреус, Д., & Скок, С. (2021). Просторове моделювання агроекологічного стану ґрунтів у степовій зоні України. *Indian Journal of Ecology*, 48(3), 627-633.

УДК 626.8

ПЕРСПЕКТИВА ЗРОШЕННЯ В МЕЖИРІЧЧІ ДНІСТРА ТА ДУНАЮ

Мєдвєдєв О.Ю.

ВП «ПРИЧОРНОМОРСЬКИЙ ЦВРГ»
Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю, м. Одеса
oleg-med-oggme@ukr.net

Південно-західна частина Одещини, а саме межиріччя між Дністром і Дунаєм, за кліматичними особливостями знаходиться в зоні ризикового землеробства де відмічаються досить часті посухи, тому розвиток зрошення може гарантувати стійку врожайність. Зрошення земель до другої світової війни на цій території проводилося в незначному обсязі і почало розвиватися після 1945 року. Для вирішення питання боротьби з посухами в 5-ти областях України, в т.ч. і в Ізмаїльській області (межиріччя між Дністром і Дунаєм) за завданням уряду в 1947 р. була складена техніко-економічна доповідь зрошення півдня України на основі якої була прийнята постанова про виконання першої черги робіт на період 1948-1950 р. яка передбачала розробку схеми обводнення і зрошення. На першому етапі вивчалися і будувалися джерела зрошення – водосховища і ставки. До інтенсивного будівництва меліоративних систем приступили в 1966 році.

До початку незалежності України на даній території налічувалося 46 зрошувальних держсистем, 5 рисових систем, 2 осушувальні, 3 території на яких відбувалося освоєння, мале зрошення і супутники. Причому двоє останніх були практично в кожному колгоспі або радгоспі. За офіційними даними площа меліорованих земель складала 197840га. Для зрошення використовувалися води річок Дунай і Дністер, озер Кагул, Ялпуг, Катлабух, Китай, Сасик, водосховищ і ставків, подекуди малих річок. Забезпечували зрошення фахівці шістьох управлінь зрошувальних систем (Татарбунарське, Придунайське (Кілійське), Болградське, Білгород-Дністровське, Суворівське (Ізмаїльське) і Саратське). Вода на зрошення подавалася переважно механічним способом за допомогою насосних станцій. Біля 90 % площ зрошувалося дощуванням, дощувальними машинами «Кубань», «Фрегат», «Дніпро» «Волжанка», ДДА-100М і ДДА-100МА. Незначна кількість земель (сади і виноградники) зрошувалися по борознам; затопленням – посіви рису і супутніх культур рисового сівообігу. Фрагментарно використовувалося крапельне зрошення. Контроль за ефективним використанням зрошуваних земель здійснювався Одеською гідрогеолого-меліоративною експедицією.

Останнє десятиліття XX і початок XXI ст. суттєво змінили підхід до зрошення. Цьому «посприяли» декілька факторів, основними з яких є розпаювання земель і введення платного водокористування. Розпаювання земель призвело до утворення великої кількості землевласників котрі не в змозі на своїх ділянках застосовувати площинні дощувальні машини і взагалі займатися

зрошенням. Частина землевласників здала свої паї фермерам і різноманітним установа та об'єднанням, але й вони практично не використовують дощувальні машини віддаючи перевагу крапельному зрошенню і затопленню. Існуючі ЗС зносилися, морально і фізично застаріли. Проектувалися вони з дощувальною технікою яка потребувала значних витрат енергії і людської праці. Внутрішньогосподарська зрошувальна мережа, в основному, вже непридатна до використання, що приводить до поривів на ділянках які довго не поливалися.

Всі системи в минулому проектувалися на базі колективних господарств з урахуванням типових сівозмін с/г культур яким розраховувався режим зрошення. Сучасні землекористувачі мають суттєву відмінність від попередників за структурою використання землі та водорозподілу. Тому на даному етапі необхідно змінювати підхід до зрошення з урахуванням зміни режимів зрошення і впровадженням нового підходу до сівозмін. Але основним питанням зостається наявність джерел зрошення. Основні джерела зрошення для багатьох ЗС систем зостаються річки Дунай і Дністер, Придунайські озера та деякі водосховища. Аналіз даних за тридцяти річний період свідчить, що вода в озері Кагул придатна для зрошення; в озері Ялпуг і Катлабух обмежено придатна, а в озерах Китай і Сасик – непридатна. Ще гірше положення з окремими водосховищами і ставками в яких значно погіршилася якість води, а більшість взагалі не використовуються і знаходяться в пересохлому стані. Не менш важливим, для оновлення зрошення, є контроль за використанням і станом зрошуваних земель. Проведені структурні оптимізації позбавили постійного моніторингу на зрошуваних землях Одещини з 2018 року.

Для відновлення зрошення необхідно провести детальний аналіз фактичного наявного стану зрошувальних систем і їх можливостей (технічний стан мережі, насосних станцій, силового обладнання тощо), джерел зрошення (аналіз наявності стану водотоку, хімічний стан води, стан ГТС) і сучасного стану земельних ресурсів (кількість індивідуальних, об'єднаних пайщиків і їх готовність до зрошення тощо). Отримавши і проаналізувавши отримані дані розробити нову стратегію зрошення з урахуванням наявності джерел зрошення і якості води, зміни режимів зрошення і впровадженням нового підходу до сівозмін при обов'язковому контролю за гідрогеолого-меліоративним станом зрошуваних земель.

УДК 628.1:004

НОВІТНІ ТЕНДЕНЦІЇ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ

Дідковська Л.І.

ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України», м. Київ
luda_d2005@ukr.net

Основним ресурсом у продовольчому забезпеченні є вода, використання якої є безальтернативною складовою на всіх кроках – від виробництва на полі до всіх етапів ланцюжка створення вартості. Більше того, згідно з оцінками Всесвітнього економічного форуму у найближче десятиліття до найбільш значущих глобальних ризиків належатимуть екстремальні погодні явища та нестача природних ресурсів, де життєво важливі водні ресурси посідають одну з топових позицій. Тож, залучення новітніх технологій та використання штучного інтелекту є важливим кроком для ефективного управління водними ресурсами, що дозволить раціоналізувати водокористування та запобігти виникненню водного дефіциту.

Згідно з оцінками StartUs Insights [1], діджиталізація управління водними ресурсами є найвпливовішою інноваційною тенденцією у сфері водного менеджменту у 2025 р. Крім того, значний вплив мають переробка стічних вод, опріснення, вдосконалення методів фільтрації води, застосування інноваційних матеріалів, водозберігаючих технологій, попередження повеней, а також заходи з децентралізації та розвитку інфраструктури (рис. 1).



Рисунок 1 – Вплив глобальних інноваційних трендів у сфері управління водними ресурсами у 2025 р.

* Джерело: сформовано автором на основі даних [1]

Перш ніж охарактеризувати інновації, слід зазначити, що найбільше поширення таких стартапів відмічається в США та Нідерландах, де активно

досліджуються та впроваджуються сучасні підходи до управління водними ресурсами, в т.ч. за рахунок цифрових технологій.

Цифрове управління водними ресурсами передбачає використання штучного інтелекту (AI), IoT, сучасних лічильників, географічно інформаційних систем, технологій доповненої та віртуальної реальності, хмарних та блокчейн-технологій, що дозволяє забезпечити відповідальне водокористування. Зокрема, німецький стартап PipePredict (із застосуванням датчиків водообліку, цифрових двійників, AI) спрямований на цифрове виявлення витоків у водопровідних мережах та мінімізації водовтрат. Тоді як іспанський стартап SPHERAG забезпечує «розумне» управління водними ресурсами для потреб аграрного сектору. Тут використовується сонячна панель та пристрої ATLAS, які забезпечують бездротове з'єднання на основі 5G, LTE та GPRS, що дозволяє здійснювати моніторинг потреб сільськогосподарських культур у режимі реального часу.

Потенційно привабливими є ініціативи з *переробки стічних вод за допомогою інноваційних рішень* – процесів окислення, адсорбції/біосорбції, біологічних та анаеробних засобів. Зокрема, швейцарський стартап Oxyle спрямований на очищення стічних вод від забруднювачів до повного їх розкладання за допомогою реактора з нанокаталізатором та стійкого миючого матеріалу. Тут унікальною є здатність нанокаталізатора поглинати енергію навколишніх водяних бульбашок і вібрацій для стимулювання процесу дезінфекції. В італійському стартапі Algaesys з очищення стічних вод від азоту, мікропластику та важких металів задіяні водорості. Водночас біомаса з водоростей є гідною альтернативою добривам, тож очищені стічні води можуть повторно використовуватися для потреб зрошення та аквакультури.

Наукові дослідження дозволили вдосконалити методи *фільтрації води,* серед яких доволі креативними є біологічне очищення[1] та фільтрація високофільтраційними нанокомпозитними мембранами, що дозволяє позбутися навіть від важковловлюваних мікрозабруднювачів. Так, індійський стартап Warranium для ефективної ультра- та мікрофільтрації та дезінфекції використовує мембранний біореактор. А залучення процесів зворотного осмосу дозволяє значно поліпшити якість води, яку рекомендовано використовувати не лише для поливу, але й для споживання. Австралійський стартап NematiQ займається розробкою технології очищення води за допомогою графенових мембран [1]. Варто зазначити, що місцеві вчені CSIRO давно займаються розробкою плівки Graphair, що містить мікроскопічні наноканали, які затримують забруднюючі речовини. Їм вдалося удосконалити опріснення та фільтрацію води за допомогою графенових мембран, скоротивши кількість етапів до одного (що знизило як час, так і вартість очистки води). Ба більше, висока вартість зазначеної технології об'єднала наукові пошуки навколо заміни джерела для росту графену на недорогий та безпечний аналог – соєве масло. В результаті вченим вдалося отримати придатну для пиття воду, шляхом одноразової очистки через графеновий фільтр солоної води з Сіднейської бухти.

[1] Для біологічної фільтрації води використовуються бактерії, а утворена енергія окислення трансформується в електрику.

Варто зазначити, що серед переваг графену є тривалий час користування зі збереженням якості фільтрації води, можливість очищення великих обсягів води, в т.ч. опріснення води [2]. В Україні також досліджуються технології очищення води. Зокрема вітчизняним винаходом є унікальний багаторазовий мембранний фільтр природного походження, що дозволяє очищати воду від бруду, хімічних речовин, вірусів та бактерій. До переваг фільтру належать багаторазовість (експлуатаційний термін – до 5 років) та невисока ціна (близько 3 дол. США за 1 керамічну мембрану) [3]. Цей винахід може бути надзвичайно важливим для регіонів, що постраждали від військової агресії, особливо там, де доступ до чистої питної води є критично обмеженим.

Через кліматичні зміни зростає ризик виникнення екстремальних посух і повеней. Тому увага науковців прикута до моніторингу, прогнозування, моделювання та попередження стихійних лих. Французький стартап vorteX.io пропонує систему *моніторингу повеней* шляхом вимірювання глибини та швидкості води за допомогою дронів та світлодіодних датчиків LiDAR. Варто зазначити, що мікростанції оснащені 3G/4G та IoT, а завдяки платформі MAELSTROM здійснюється збір даних та сповіщення населення у разі загроз. Американська компанія ZoJacks розробляє систему миттєвої ідентифікації та сповіщення про повені – бездротовий адресний детектор повеней, який захищає комерційні об'єкти від пошкодження водою. Крім того, налагоджено виробництво датчиків, що фіксують витоки води, та дистанційно керовані клапани її перекриття (WaterStop).

Все більшої популярності набувають *водозберігаючі технології*. Американський стартап LeapFrog популяризує модульні системи повторного використання води для будинків і садів (як приклад, використання очищеної води після прання на полив), використовуючи очищувальні властивості вулканічних ґрунтів і технологію моніторингу в режимі реального часу. Водночас індійський стартап Samhitha пропонує платформу точного землеробства, де дрони та датчики забезпечують моніторинг і аналіз кількості та якості зрошувальної води, а також вологості ґрунту.

Децентралізована інфраструктура убезпечує віддалені регіони від перебоїв із водопостачанням. Remote Waters – чилійський стартап, що пропонує мобільні системи очищення (з використанням мембран зворотного осмосу) для автономного водопостачання із залученням AI, відновлюваної енергії та дистанційного керування. Індійський стартап AirOWater будує компактні генератори атмосферної води, що здатні будь-де продукувати воду за рахунок конденсації очищеного повітря.

Нові можливості у водогосподарському секторі відкриваються з прогресом у матеріалознавстві та відкриттям *інноваційних матеріалів* (модульних адсорбентів, реакторів на основі електродів, фотокаталізаторів та наночасток). Німецький стартап Levapor пропонує біологічне очищення стічних вод з використанням сітчастої піни PU в поєднанні з активованим вугіллям. Американський стартап WaHa базується на використанні сонячних панелей та металоорганічних каркасів (MOF) для отримання води з повітря навіть у дуже посушливих регіонах.

У країнах із значним дефіцитом води поширені *технології опріснення*, проте сучасні розробки спрямовані на скорочення витрат та зменшення викидів вуглецю, притаманних традиційним аналогам. Зокрема, німецький стартап Grino розробляє автономну систему опріснення води на основі зворотного осмосу, яка працює без сонячних батарей, автоматично адаптуючись до доступної сонячної енергії. В основі норвежського стартапу Ocen Oasis лежить винахід з використання енергії хвиль для опріснення води [1].

Впровадження описаних вище рішень сприятиме зниженню ризику стихійних лих, раціональному використанню природних ресурсів та створенню стійкої системи водопостачання, адаптованої до сучасних викликів та потреб країни.

Отже, залучення інноваційних технологій у сферу управління водними ресурсами відкриває значні можливості для підвищення ефективності водокористування, що особливо актуально для України в умовах зростаючих кліматичних загроз та військових викликів. Цифровізація водного сектору, впровадження систем моніторингу та контролю за допомогою IoT, штучного інтелекту та сучасних датчиків сприятиме своєчасному виявленню втрат води, оптимізації зрошення та зменшенню екологічних ризиків. Окрім того, використання інноваційних матеріалів, таких як мембранні чи біофільтри, може забезпечити якісне очищення води навіть у віддалених регіонах, постраждалих від бойових дій, де доступ до чистої води залишається критичною проблемою.

Посилання

1. StartUs Insights (2024). Top 8 Water Management Trends & Innovations in 2025. URL: https://www.startus-insights.com/innovators-guide/water-management-trends/

2. Seo, D.H., Pineda, S., Woo, Y.C. et al. Anti-fouling graphene-based membranes for effective water desalination. Nat Commun 9, 683 (2018). https://doi.org/10.1038/s41467-018-02871-3

3. Рибальська А. (2023). Фільтрує бруд та вбиває тиф: у КПІ винайшли унікальну технологію очищення води. URL: https://suspilne.media/kyiv/534153-filtrue-brud-ta-vbivae-tif-u-kpi-vinajsli-unikalnu-tehnologiu-ocisenna-vodi/

УДК 628.1

ТЕХНОЛОГІЧНІ І КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ І РАДІОНУКЛІДІВ У ВОДІ

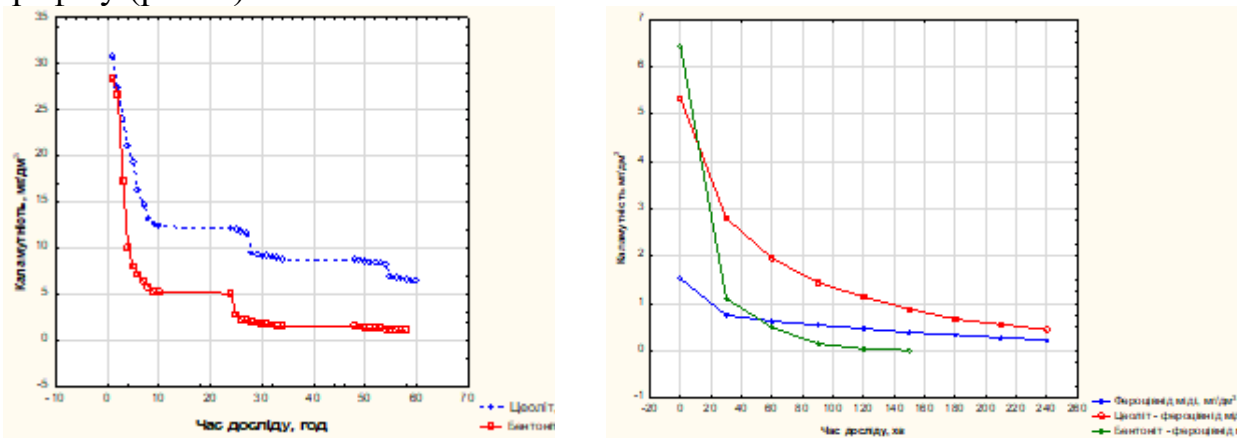
Марисик С.В., Мацелюк Є.М., Чарний Д.В., Одинченко Р.Д.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
sergsi.marisik@gmail.com

Сучасне забруднення природних вод стічними та трапними водами з високим вмістом іонів важких металів і радіонуклідів є серйозною екологічною проблемою. Відсутність надійних технологій очищення та повернення води до природного колообігу на Землі зумовлює необхідність розробки нових методів водопідготовки. Одним із найбільш перспективних напрямів є сорбційні технології, що дозволяють перевести забруднювачі з розчинного стану в тверді форми.

Для досягнення цієї мети необхідна споруда, яка поєднуватиме функції адсорбера та відстійника, яка забезпечить ефективну роботу з різними сорбційними матеріалами, як у твердому, так і в рідкому стані. Нашими дослідженнями встановлено, що одним із найбільш ефективних сорбентів є фероціанід міді ($(Cu_2[Fe(CN_6)])$), який утворюється в процесі реакції жовтої кров'яної солі ($K_4[Fe(CN)_6]$) та сульфату міді ($CuSO_4$) у водному середовищі.

Гідродинамічні дослідження сорбентів. Однією з головних задач дослідження є вивчення гідродинамічних характеристик сорбентів, зокрема таких, як фероціанід міді в поєднанні з бентонітовою глиною. Особливістю цього процесу є утворення конгломератів твердих часток сорбенту, що осідають з часом. Отримані нами результати досліджень осадження сорбентів представлені на графіку (рис. 1).



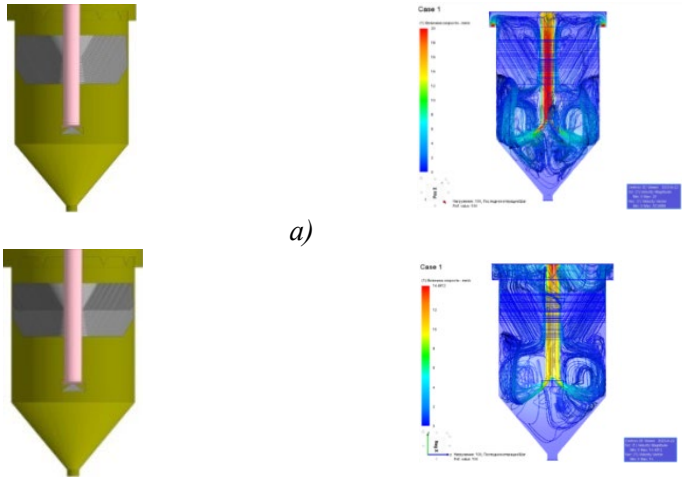
а) б)

Рисунок 1 – Графік залежностей

а) гідравлічної крупності бентоніту з тривалістю експерименту 56 години та суміші бентоніту і цеоліту з тривалістю 54 години; б) гідравлічної крупності суміші бентоніту і фероціаніду міді з тривалістю експерименту 2 години 20 хвилин та суміші бентоніту, цеоліту і фероціаніду міді з тривалістю експерименту 3 години 30 хвилин

Для моделювання процесу осадження була використана технологія Computational Fluid Dynamics (CFD). Це дозволило розрахувати оптимальні параметри освітлювача-адсорбера, що поєднує функції відстійника та адсорбера. Використовуючи структуровану сітку моделі з 400 тис. елементами, було змодельовано епюри швидкостей потоків у споруді (рис. 2).

Конструктивні рішення. Аналіз результатів показав, що у класичній моделі освітлювача за швидкості потоку 0,014 м/с виникають зони турбулентності, які перешкоджають ефективній седиментації часток сорбенту. Це призводить до нерівномірного розподілу сорбенту по об'єму відстійника та засмоктування часток у вихідний канал. Натомість у модернізованій моделі з використанням тонкошарового модуля вдалося досягти рівномірного розподілу сорбенту та підвищити ефективність осадження.



а)

б)

Рисунок 2 – Трасування векторів та розподіл полів потоку розчину сорбенту та низькоактивних РРВ зі швидкістю подачі рідини 0,014 м/с у ОА безперервної дії: *а*)модель ОА з відбивачем та тонкошаровим модулем; *в*) модель ОА з відбивачем та модернізованим тонкошаровим модулем

В таблиці 1 наведено порівняння результатів осадження в класичній та модернізованій моделях. Найкращий результат отримано при використанні фероціаніду міді з бентонітом у пропорції 2/0,5 г/дм³. Це дозволило досягти 99,8 % видалення завислих часток і повного знебарвлення очищеної води.

Таблиця 1 – Гідравлічна крупність та коефіцієнт завислих речовин

№	Назва	Час відстою-вання	Гідравлічна крупність сорбенту, мм/с	Коефіцієнт пропорцій-ності	Концентрації випадіння завислих часток, %
1.	Фероціанід міді	4 год. 30 хв	1,44	0,54	87,9
2.	Бентоніт	56 год.	0,12	1,39	98,26
3.	Цеоліт	60 год.	0,07	4,15	78
4.	Цеоліт + Фероціанід міді	3 год 30 хв	4,99	0,43	98,7
5.	Бентоніт + Фероціанід міді	2 год. 20хв	6,185	0,29	99,8
6.	Бентоніт + Цеоліт	37 год	0,44	1,23	96,5

Висновки. Запропонована конструкція освітлювача-адсорбера, яка реалізує сорбційні технології водопідготовки, забезпечує ефективний процес очищення води завдяки рівномірному розподілу потоків та оптимальному контакту сорбенту з водою. Це дозволяє поєднати процеси адсорбції та седиментації в одній споруді, що значно скорочує кількість етапів очищення води.

УДК 665.37:631.6

БІОЕНЕРГЕТИЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ СТРУКТУРНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗРОШУВАНИХ АГРОЕКОСИСТЕМ

Тараріко Ю.О., Книш В.В.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
iwpim27@gmail.com

Кліматичні зміни та наростаючий дефіцит вологи є одними з ключових викликів сучасного аграрного виробництва, особливо у зрошуваних регіонах півдня України. Ці фактори впливають на стабільність врожайності сільськогосподарських культур, що підтверджується багаторічними спостереженнями. Дані звіту ДП «ДГ Андріївське» (2010-2021 рр.) вказують на нестабільність врожайності пшениці озимої (28 ц/га) та соняшнику (12 ц/га) через зниження продуктивної здатності ґрунтів [1]. У дослідженні представлено результати наукового пошуку з оцінки біоенергетичного потенціалу рослинних решток і соапстоку для виробництва біопалива, оптимізуючи виробничу структуру й забезпечуючи сталість [2-4].

Біодизель (БД) – альтернативне паливо, що складається з метилових або етилових естерів вищих жирних кислот та становить перспективну заміну традиційному нафтовому дизельному паливу (ДП). Глобальне виробництво БД наразі сягає рівня 10 млн тонн на рік із стійкою тенденцією до зростання. Згідно з аналітичними прогнозами, до 2030 року світові обсяги виробництва біопалива мають досягти 150 млн тонн.

Проблема розвитку сектору біопалива набуває особливого значення для України, яка характеризується обмеженими нафтовими ресурсами та значним потенціалом у вирощуванні олійних культур, зокрема ріпаку та соняшнику. Промислове виробництво біодизелю базується на процесі переестерифікації рослинних олій та тваринних жирів із використанням метанолу в присутності гомогенних або гетерогенних каталізаторів [5-6]. На світовому ринку біодизельного палива провідні позиції займає Німеччина, тоді як Україна наразі посідає місце визнаного виробника сировини – олійних культур, без суттєвої переробки їх у кінцевий продукт.

Оцінка біоенергетичного потенціалу рослинних решток.

За даними звіту «ДГ Андріївське», середня врожайність за період 2010-2021 рр. пшениці озимої становить 28 ц/га, соняшнику – 12 ц/га. Використовуючи коефіцієнти співвідношення (солома/зерно для зернових – 1,0-1,5; стебла/насіння для соняшнику – 2,0-2,5), розраховано обсяги решток: 28-42 ц/га соломи пшениці та 24-30 ц/га стебел соняшнику. Це формує значний потенціал біомаси для біоенергетичних цілей базового господарства (табл. 1).

Однак біоенергетичні можливості агроекосистем не обмежуються лише рослинними рештками. Важливим джерелом альтернативної сировини є побічні продукти аграрного виробництва, зокрема соапсток, який утворюється в процесі переробки соняшнику на олію [7]. Використання таких відходів відкриває

додаткові перспективи для створення замкнених циклів і підвищення ресурсоефективності.

Таблиця 1 – Біоенергетичний потенціал рослинних решток основних сільськогосподарських культур: розрахункова оцінка

Культура	Врожайність, ц/га	Коефіцієнт співвідношення решток	Обсяг решток ц/га	Вплив біоенергетики	
Пшениця озима	28,0	1,0-1,5	28-42 соломи	+20-30 % дохід	-50-70 % CO_2
Соняшник	12,0	2,0-2,5	24-30 стебел	+20-30 % дохід	-50-70 % CO_2

Оцінка біоенергетичного потенціалу соапстоку. Показовим прикладом є технологія отримання бутилових ефірів (альтернативного біодизеля) шляхом [4] етерифікації жирних кислот соапстоку – побічного продукту олієжирового виробництва (рис. 1).



Рисунок 1 – Спрощена схема дослідження біоенергетичного потенціалу соапстоку на прикладі ДП ДГ «Андріївське»

Методологія дослідження включала:

– комплексний аналіз відходу нейтралізації соняшникової олії як альтернативної сировини для біопаливного виробництва;
– оптимізацію параметрів процесу етерифікації жирних кислот бутанолом;
– вивчення впливу каталізатора (наприклад, алкілбензолсульфокислоти R-$C_6H_4SO_3H$) на кінетику та ефективність реакції.

У проведених дослідженнях експериментально обґрунтовано раціональні параметри процесу, що забезпечують:

– зниження кислотного числа реакційної суміші;
– підвищення виходу бутилових ефірів;

– формування передумов створення альтернативного біодизельного палива.

Таблиця 2 – Біоенергетичний потенціал соапстоку базового господарства для виробництва бутилових ефірів

Показник	Одиниця виміру	Обсяг (ДП «ДГ Андріївське»)	Вихід ефірів з соапстоку	Вплив біоенергетики
Обсяг соапстоку	т/рік	~500-1000	200-300 кг/т	+15-25 % доходу* -40-60 % CO_2**
Кислотне число суміші	мг KOH/г	50-150 → 5-10	—	Зниження на 90-95 % ***
Викиди парникових газів	т CO_2-екв./т	0,8–1,2	—	Зниження на 40-60 % ****

Примітки. * Оцінка додаткового економічного ефекту від переробки соапстоку в бутилові ефіри, які використовуються як біодизельне паливо залежно від обсягу сировини, вартості біодизеля та витрат на переробку.
** Екологічний ефект від утилізації соапстоку для зменшення техногенного навантаження. Скорочення викидів від складування/спалювання соапстоку (0,8-1,2 т CO_2-екв./т, оцінка для органічних відходів).Заміщення викопного дизеля, який має вищі викиди (близько 2,7-3,0 кг CO_2/л), біодизелем із нижчим вуглецевим слідом (1,0-1,5 кг CO_2/л для біоетерів).
*** Зниження кислотного числа соапстоку з 50-150 мг KOH/г до 5-10 мг KOH/г на 90-95 % забезпечує високу якість бутилових ефірів як основи біодизеля, зменшуючи корозійний вплив.
**** У процесі етерифікації жирних кислот соапстоку бутанолом із використанням каталізатора (алкілбензолсульфокислота) вільні жирні кислоти реагують із бутанолом, утворюючи бутилові ефіри. Це значно знижує кількість вільних жирних кислот у реакційній суміші, що зменшує кислотне число [5-6].

Дослідження біоенергетичного потенціалу рослинних решток пшениці (28-42 ц/га соломи) і соняшнику (24-30 ц/га стебел) та соапстоку (~500-1000 т/рік) ДП «ДГ Андріївське» демонструє значні можливості для виробництва біопалива в зрошуваних умовах півдня Одеської області. Попередні розрахунки, базовані на аналізі діяльності господарства (звіт, 2010-2021 рр.), вказують на підвищення економічної ефективності на 15-30% (залежно від ресурсу), скорочення викидів CO_2 на 40-70 % і забезпечення енергії для зрошення відповідно до потреб конкретного господарства, що особливо актуально в умовах загальної нестачі водних ресурсів регіону. Вироблене біопаливо – як біомаса з рослинних решток, так і бутилові ефіри з соапстоку – може використовуватися для живлення двигунів насосних станцій, які подають воду на зрошувані поля. Це дозволяє частково або повністю замінити викопне паливо, знижуючи енергетичну залежність господарства від зовнішніх джерел і забезпечуючи стабільне водопостачання в умовах дефіциту вологи. Технологія переробки рослинних решток у біомасу та соапстоку в бутилові ефіри шляхом етерифікації жирних кислот бутанолом із каталізатором (алкілбензолсульфокислота) створює замкнені цикли, підвищуючи сталість агроекосистем. Кислотне число соапстоку знижується на 90-95 % (з 50-150 до 5-10 мг KOH/г), забезпечуючи якість біодизеля.

Представлені результати дослідження слід розглядати як попередні, оскільки вони ґрунтуються на узагальнених даних звіту [1]. Напрацювання створюють основу для проведення подальших досліджень і розширення

масштабів застосування в регіоні, що узгоджується зі стратегічними пріоритетами розвитку біоекономіки України [8-9].

Отримані результати підтверджують перспективність впровадження замкнених циклів переробки агровідходів як одного з ключових напрямів біоенергетичної трансформації аграрних підприємств [10-11]. Використання біоенергетичних рішень у структурній модернізації зрошуваних агроекосистем сприятиме не лише ефективній утилізації вторинної сировини олієжирової галузі, а й створенню додаткової економічної цінності через виробництво біопалива, що, у свою чергу, підвищить сталість та ресурсоефективність агровиробництва.

Посилання

1. Тараріко Ю.О., Сорока Ю.В., Сайдак Р.В., Книш В.В. Оцінка агроресурсного потенціалу та розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності виробничої діяльності державного підприємства «Дослідне господарство «Андріївське». Звіт. Київ. 2022 р.

2. Дідковська Л.І. Особливості формування біоенергетичних зрошуваних агроекосистем як чинника різногалузевої спеціалізації аграрного сектора України. Економіка та держава. 2021. № 3. С. 99-103. DOI: 10.32702/2306-6806.2021.3.99.

3. Тараріко Ю.О. Біоенергетичні зрошувані агроекосистеми. (Степ південний). Київ: ДІА, 2010.

Тараріко Ю.О., Величко В.А., Сайдак Р.В., Книш В.В. Сучасна практика та перспективи розвитку аграрного виробництва в Одеському регіоні. Вісник аграрної науки. 2020. Т. 98, вип. 3. С. 61-70.

4. Мельник Ю.Р. Розробка біоенергетичних технологій переробки відходів олійножирової промисловості: автореф. дис.. канд. техн. наук: 05.14.06/ Ю.Р.Мельник; Нац. ун-т «Львів. політехніка». Львів, 2021. https://lpnu.ua/sites/default/files/2021/dissertation/17588/arefmelnykyur.pdf (дата звернення: 05.03.2025).

5. Садік М.Ш. Удосконалення технології біопалива з використанням вторинних продуктів олійножирової промисловості : автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.14.06. М.Ш. Садік; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків, 2013. 20 с.

6. Sytnik N., Kunitsia E., Mazaeva V., Kalyna V., Chernukha A., Vazhynskyi S., Yashchenko O., Maliarov M., Bogatov O., Bolibrukh B. Rational conditions of fatty acids obtaining by soapstock treatment with sulfuric acid. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Т. 4, № 6 (112). С. 6-13. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.236984

7. Регіональна Програма розвитку агропромислового комплексу Одеської області на 2019-2023 роки «Аграрна Одещина» у новій редакції [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://agro.od.gov.ua/wp-content/uploads/2021/06/programa-agrarna-odeshhyna-na-sajt.pdf

8. В Міністерстві аграрної політики провели стратегічну сесію, присвячену біоекономіці та біоенергетиці [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://minagro.gov.ua/news/v-minahropolityky-provely-stratehichnu-sesiiu-prysviachenu-bioekonomitsi-ta-bioenerhetytsi?v=67c6e08bb4a66 (дата звернення: 05.03.2025).

9. Концепція Стратегії української біоекономіки до 2030 року [Електронний ресурс]. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Режим доступу: https://nubip.edu.ua/node/72005 (дата звернення: 05.03.2025).

10. Європейські знання для сталої біоекономіки в Україні [Електронний ресурс]. Київ: КНУТД, 2024. 140 с. Режим доступу: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/26220/1/EZSBU_NP_2024.pdf (дата звернення: 05.03.2025).

УДК 556:502.6:379.8

ПОКРАЩЕННЯ ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ ТА РОЗВИТОК РЕКРЕАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КАСКАДУ СОВСЬКИХ СТАВКІВ У ГОЛОСІЇВСЬКОМУ РАЙОНІ М. КИЄВА

Яцюк М., Сидоренко О., Войтович І., Шевченко А., Тураєва О., Козицький О.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
63059 @ukr.net

Річка Совка, відповідно до класифікації Водної рамкової директиви ЄС 2000/60/ЄС, є істотно зміненим водним об'єктом, що зазнав значного антропогенного впливу. Зарегулювання стоку, колекторний скид та техногенне навантаження спричинили хімічне та бактеріологічне забруднення, а також підвищення температури води, що негативно впливає на екосистему.

У верхній і середній частинах річки стан русла задовільний, проте спостерігається часткове засмічення. Нижня течія зазнала значної деградації та потребує відновлення. Совські ставки характеризуються замуленням, заростанням водною рослинністю, високим рівнем забруднення та незадовільним станом гідротехнічних споруд.

Площа водозбору річки становить 10,42 км^2, довжина русла – 5,93 км. Гідрологічний режим річки характеризується швидким стоком, що спричиняє різкі коливання рівня води та збільшує ймовірність паводків. Під час інтенсивних опадів максимальні витрати води можуть у 2,5 рази перевищувати показники весняної повені.

Гідрохімічні дослідження 2023-2024 років засвідчили, що якість води в Совських ставках не відповідає санітарним нормам. Основними забруднювачами є амонійний азот, нітрити, залізо, важкі метали (мідь, ртуть, марганець) та органічні речовини (феноли). У воді також зафіксовано високий вміст кишкової палички, що унеможливлює використання водойм у рекреаційних чи господарських цілях.

Основні джерела забруднення:

- неорганізовані скиди побутових та дощових стоків із приватної забудови;
- витоки недостатньо очищених стічних вод;
- стихійні сміттєзвалища;
- висока концентрація важких металів у донних відкладах.

Підземні води в районі Совських ставків залягають близько до поверхні та зазнають антропогенного впливу, що сприяє підтопленню територій. Дренажна вода та зливові стоки є додатковими джерелами забруднення.

Основними заходами з покращення гідрологічного режиму та відновлення екосистеми Совських ставків є:

- *Функціональне зонування території* (розподіл території на рекреаційні, природоохоронні та технічні зони; впровадження безбар'єрного дизайну для доступності усіх груп населення).

- *Моніторинг та очистка води* (запровадження систематичного контролю гідрохімічних показників; встановлення локальних очисних споруд і біоплато для очищення стоків).
- *Благоустрій території* (очищення русла річки та чаш ставків від мулу та надмірної рослинності; укріплення берегів та висадження зелених насаджень; облаштування пішохідних доріжок, зон відпочинку та малих архітектурних форм).
- *Реконструкція гідротехнічних споруд* (капітальний ремонт дамб та переливних гребель; забезпечення регулювання рівня води у ставках; впровадження системи контролю паводкових ризиків).
- *Оптимізація водного балансу* (ліквідація правобережних ставків, які потребують штучного наповнення; реорганізація системи зливової каналізації для запобігання забрудненню водойм).
- *Реабілітація екосистеми* (відновлення природного водного режиму через організацію екопарку; висадження дерев і кущів для поліпшення мікроклімату та зменшення ерозії).
- *Модернізація інженерних систем* (реконструкція системи відведення стічних вод; впровадження живих екранів та фільтраційних систем для покращення повітря та зниження шумового забруднення).

Комплексний підхід до відновлення каскаду Совських ставків передбачає реалізацію гідротехнічних, природоохоронних та рекреаційних заходів, спрямованих на відновлення водного балансу та покращення екологічного стану території. Створення екопарку дозволить інтегрувати природоохоронні та архітектурні рішення, створивши комфортний простір для відпочинку населення при збереженні природного середовища.

УДК 631.67:631.452

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТІВ У СУХОСТЕПОВІЙ ЗОНІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ҐРУНТОВИХ ПРОЦЕСІВ

Вожегова Р.А.[1], **Грановська Л.М.**[1], **Біднина І.О.**[2, 1], **Козирєв В.В.**[1], **Томницький А.В.**[1], **Угрін О.М.**[1]

[1]*Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса*
[2]*Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ*
irinabidnina@ukr.net

Сухостепова зона Півдня України є регіоном, що зазнає суттєвих кліматичних змін, зокрема внаслідок зменшення кількості атмосферних опадів та підвищення середньорічної температури повітря. Ці чинники спричинили трансформацію території у зону ризикованого землеробства. За умов такої кліматичної нестабільності забезпечення стабільного та ефективного агровиробництва можливе лише за широкого впровадження зрошення, яке відіграє визначальну роль у збереженні родючості ґрунтів.

У регіоні застосовуються різні технології поливу, зокрема дощування та затоплення. Останній метод є домінуючим для вирощування рису, переважно в Херсонській та Одеській областях [1, 2]. Водночас, тривале застосування зрошення, особливо на фоні недостатньої адаптації агротехнічних заходів, спричиняє низку негативних змін у ґрунтовому середовищі: переущільнення, вторинне засолення, осолонцювання, зниження біологічної активності ґрунтів. Ці деградаційні процеси істотно знижують їхню продуктивність. Причинами виступають як хімічні характеристики зрошувальної води, так і підняття рівня підґрунтових вод, порушення агротехнічного режиму, недотримання сівозмін [3].

Вирощування рису методом затоплення створює специфічні умови функціонування ґрунтів. Постійне перебування у водонасиченому стані суттєво змінює їх фізико-хімічні, хімічні та біологічні властивості, внаслідок чого формуються так звані «рисові» ґрунти (акваземи). Вони мають характерні водно-повітряні режими, сольовий режим і вимагають спеціалізованих підходів до агротехніки [4].

Метою цього дослідження є узагальнення й систематизація емпіричних даних щодо закономірностей розвитку ґрунтових процесів у різних типах ґрунтів Сухостепової зони України з подальшим створенням моделей оптимального використання ґрунтових ресурсів у контексті меліоративних умов. Такий підхід сприятиме не лише підвищенню ефективності агровиробництва, а й забезпечить збереження родючості ґрунтів як передумови сталого землекористування.

Об’єктом дослідження є південні важкосуглинкові чорноземи з проявами слабкого та залишкового солонцювання, які, незважаючи на високу природну родючість і сприятливі фізико-хімічні властивості, потребують застосування

комплексних агротехнічних заходів для збереження стабільної продуктивності в умовах зрошення. Методологічно дослідження базується на поєднанні польових, лабораторних та математично-статистичних методів аналізу, що забезпечує комплексну оцінку стану ґрунтів, ефекту різних методів зрошення на їхні властивості, та формування науково обґрунтованих агротехнологічних рекомендацій.

Дослідні роботи проводилися упродовж 2022-2024 рр. на базі СВК «Маяк» Ізмаїльського району Одеської області в умовах рисової сівозміни та на зрошуваних полях з використанням дощування й краплинного зрошення. Методика досліджень – загальноприйнята. Досліджувалися зміни агрохімічних показників у ґрунтах під культурами озимої пшениці, озимого ячменю (при дощуванні), кукурудзи, соняшнику та цибулі (за краплинного зрошення).

Аналіз складу поливної води згідно з ДСТУ 2730:2015 засвідчив, що вона належить до I класу за небезпекою підлуження, II класу – за ризиком іригаційного засолення, та II-III класу – за потенційною фітотоксичністю при дощуванні. За результатами досліджень встановлено, що в умовах дощування пшениці озимої упродовж початкового періоду вегетації спостерігається стабілізація кислотності ґрунтів у межах оптимальних значень (pH 6,58-6,73 на глибинах 0–20 і 20-40 см). У випадку краплинного зрошення ці показники є вищими (pH 7,57-7,79), що вказує на більшу варіабельність умов, зокрема для кукурудзи та цибулі.

Максимальний вміст гумусу (4,51 %) виявлено у шарі 20-40 см під озимою пшеницею при дощуванні. У системі краплинного зрошення гумус виявляє тенденцію до зменшення з глибиною: від 3,97 % до 1,72 % у ґрунтах під кукурудзою та від 4,11 % до 1,19 % – під цибулею.

Нітратний азот (NO_3^-) має максимальні концентрації у шарі 20-40 см при вирощуванні пшениці, тоді як при краплинному зрошенні його акумуляція переважно відбувається у верхньому шарі (0-20 см). Аналогічна ситуація спостерігається щодо рухомого фосфору (P_2O_5), який концентрується у шарі 20-40 см під пшеницею, тоді як під іншими культурами – у верхньому горизонті. Забезпеченість калієм (K_2O) на усіх ділянках залишається на належному рівні (140-162 мг/кг у шарі 0-20 см).

Іони натрію (Na^+) здебільшого накопичуються в шарі 20-40 см, однак на завершальних етапах вегетації спостерігається їх підвищення в усіх горизонтах при дощуванні. У системі краплинного зрошення їх концентрація є вищою у верхньому шарі.

На ділянках без зрошення простежується зменшення вмісту гумусу з глибиною, стабільність pH та поверхнева акумуляція NO_3^-. У культурі соняшника нітратний азот вищий у шарі 20-40 см. Рівень рухомого фосфору та калію поступово знижується з глибиною. У завершальній фазі вегетації найбільша кількість гумусу фіксується в шарі 0-20 см (3,19-4,58 %).

У рисовій сівозміні порівняльний аналіз ґрунтів під люцерною другого року та рисом свідчить про позитивний вплив сівозміни та водного режиму на нормалізацію pH. Зокрема, ґрунти під рисом характеризуються нижчим вмістом натрію (0,6-0,9 %) та вищим умістом гумусу (4,40 %) і нітратного азоту на

початку вегетації порівняно з ділянками без використання у сільському господарстві.

Наприкінці вегетаційного періоду найвищий вміст гумусу зафіксовано на ділянках, де вирощувалася люцерна: у верхньому горизонті (0-20 см) його концентрація сягала 5,58 %, що свідчить про значну біологічну активність ґрунтів під бобовими культурами. У той же час на рисових полях найбільша кількість гумусу виявлена у нижньому горизонті (40-60 см), де його вміст становив 4,51 %. Такий розподіл гумусу з глибиною є наслідком специфіки водного режиму рисових чеків, де тривале затоплення сприяє вертикальній міграції органічних сполук у ґрунтовому профілі.

Однак, попри відносно високий вміст гумусу, спостерігається загальне зниження концентрації мінерального азоту на рисових ділянках у межах орного шару. Це може бути пов’язано з процесами денітрифікації в анаеробному середовищі, характерному для затоплених ґрунтів, а також з виносом азотних сполук за межі кореневмісного шару внаслідок тривалого водонасичення.

Висновки. Результати дослідження ефективності різних методів зрошення засвідчують, що дощування сприяє стабілізації кислотності ґрунтів у межах орного шару, створюючи сприятливі умови для росту й розвитку сільськогосподарських культур. У свою чергу, краплинне зрошення не забезпечує аналогічного вирівнювання pH, що негативно відображається на фізико-хімічних параметрах ґрунту та його родючості.

Загалом, зрошення, за умови поєднання з оптимальними агротехнічними заходами, позитивно впливає на агроекологічний стан ґрунтів: підвищується вміст гумусу, нормалізується кислотність, зберігається стабільний рівень родючості. Водночас довготривале вирощування рису методом затоплення створює ризики деградації ґрунтів, що зумовлює необхідність впровадження науково обґрунтованих сівозмін, адаптованих до особливостей аквазему, з метою підтримання екологічної рівноваги ґрунтового середовища.

Посилання

1. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України. За науковою ред. С. А. Балюка, М. І. Ромащенка, В. А. Сташука. Київ: Аграрна наука, 2009. 624 с.
2. Національна програма охорони ґрунтів України. За наук. ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, М. М. Мірошниченка. Харків: Смугаста типографія, 2015. 58 с.
3. Рис в Україні: монографія. В.А. Сташук, А.М. Рокочинський, Л.М. Грановська. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 976 с.
4. Edwards, J., Santos-Medellín, C., Nguyen, B., Kilmer, J., Liechty, Z., Veliz, E., Ni, J., Phillips, G., Sundaresan, V. Soil domestication by rice cultivation results in plant-soil feedback through shifts in soil microbiota. Genome Biol. 2019, 20, P. 221. doi.: 10.1186/s13059-019-1825-x.

УДК 504.53:628.35

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ҐРУНТОВОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ

Турченюк В.О., Козішкурт С.М.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна
v.o.turchenuk@nuwm.edu.ua

Анотація. У роботі розглянуто ефективність очищення стічних вод методом ґрунтової фільтрації. Проаналізовано зміну основних показників якості води: біохімічного і хімічного споживання кисню, вмісту азотних сполук, мінералізації та зважених речовин. Встановлено, що ґрунтова фільтрація забезпечує високий ступінь видалення органічних забруднень і сприяє процесам нітрифікації та денітрифікації. Отримані результати підтверджують доцільність застосування ґрунтової фільтрації для очищення стічних вод.

Проблема забруднення водних ресурсів стічними водами набуває дедалі більшої актуальності в умовах урбанізації та промислового розвитку. Недостатньо очищені або взагалі неочищені стічні води, потрапляючи у відкриті водойми, становлять значну екологічну небезпеку.

Скидання забруднених стічних вод у природні водойми спричиняє низку негативних наслідків:

– високий вміст органічних речовин спричиняє активне споживання кисню мікроорганізмами ($БПК_5$), що призводить до дефіциту кисню у водоймі та загибелі водних організмів;

– вміст значної кількісті розчинених мінеральних солей у стічних водах може спричиняти підвищену мінералізацію водойми;

– надмірне надходження біогенних елементів призводить до інтенсивного розвитку водоростей, замулювання дна, погіршення якості води та зниження її самоочисної здатності.

У зв’язку з цим актуальним є пошук ефективних та екологічно безпечних методів очищення стічних вод. Одним із таких методів є ґрунтова фільтрація.

Мета дослідження – оцінка ефективності очищення стічних вод методом ґрунтової фільтрації.

Ефективне очищення стічних вод є ключовим фактором у збереженні екологічної рівноваги водних ресурсів. Розробка та впровадження технологій водоочищення вимагає комплексного підходу, який охоплює низку таких важливих аспектів.

1. Технологія очищення повинна відповідати специфічним характеристикам стічних вод, що варіюються залежно від джерела забруднення (комунальні, промислові, сільськогосподарські). Важливими параметрами є обсяг стічних вод, а також концентрація органічних сполук, біогенних елементів, важких металів та інших забруднюючих речовин.

2. Очисні споруди мають забезпечувати якість води, що відповідає чинним екологічним стандартам для скидання у водойми або повторного використання. Основними показниками оцінки ефективності очищення є біохімічне споживання кисню ($БПК_5$), хімічне споживання кисню (ХПК), вміст зважених речовин, азоту, фосфору та інших забруднень.

3. Очищення стічних вод повинно включати стадію знезараження, спрямовану на знищення патогенних мікроорганізмів. Вибір методів знезараження залежить від призначення очищеної води (зрошення, технічне використання).

4. При проєктуванні технології очищення необхідно враховувати рівень ґрунтових вод, типи ґрунтів, наявність водоносних горизонтів та загальні меліоративні умови території (дренаж, зрошення, ризик засолення ґрунтів). Також слід враховувати особливості ландшафту та близькість водойм.

Врахування цих вимог є необхідною умовою для розробки ефективної та екологічно безпечної технології очищення стічних вод.

Для оцінки ефективності очищення стічних вод ґрунтовою фільтрацією було проведено експериментальне дослідження на ділянці в Херсонській області. Стічні води проходили очищення на очисній установці «Еліон».

Дослідження проводилися з використанням лізиметрів, які дозволяли контролювати умови фільтрації та відбирати проби фільтрату з різних глибин (рис. 1).

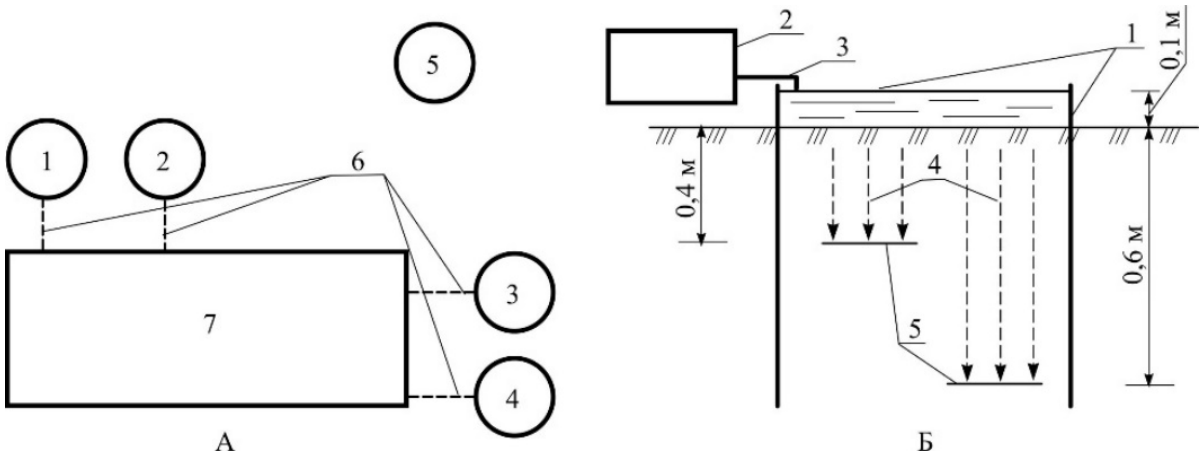


Рисунок 1 – Схема розміщення дослідної ділянки з лізиметрами:
А. Загальна схема: 1, 2, 3, 4 – лізиметри, що періодично поливалися стічною водою; 5 – лізиметр із постійним шаром стічної води; 6 – шлях фільтрату до шурфу; 7 – шурф. Б. Принципова схема лізиметра: 1 – лізиметр, 2 – резервуар стічної води, 3 – подача стічної води, 4 – шлях фільтрату, 5 – воронка для відбору фільтрату.

Дослідження проводилися у двох режимах: із постійним затопленням ґрунту та з періодичною подачею. Це дозволило оцінити вплив режиму зволоження ґрунту на ефективність очищення. Проби фільтрату відбиралися на початку та в кінці теплого періоду для оцінки сезонних змін в ефективності очищення та з двох різних глибин (40 та 60 см) для оцінки динаміки очищення по глибині ґрунтового профілю.

Отримані результати хімічного аналізу ґрунтового фільтрату і стічної води

наведені в таблиці 1. Вміст токсичних і нетоксичних солей у фільтраті і стічній воді наведені в таблиці 2. Результати біохімічного аналізу фільтрату та стічної води наведені в таблиці 3.

Таблиця 1 – Результати хімічного аналізу фільтрату, $\frac{\text{мг–екв/л}}{\text{мг/л}}$

Період відбору фільтрату	Горизонт, см	Показники							
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Початок теплого періоду	40	—	7,7 / 472,4	21,6 / 771,4	9,4 / 458,5	15,0 / 300,0	5,3 / 63,1	14,5 / 337,2	3,9 / 156,0
	60	—	7,4 / 450,9	21,5 / 767,8	11,6 / 565,8	14,1 / 282,6	7,63 / 90,5	15,3 / 355,8	3,4 / 134,4
Кінець теплого періоду	40	0,65 / 39,2	6,3 / 386,5	12,3 / 439,3	5,68 / 277,1	5,0 / 100,0	5,13 / 61,1	13,8 / 320,9	1,0 / 40,0
	60	0,73 / 43,9	6,5 / 398,7	12,9 / 460,7	5,66 / 276,1	6,5 / 130,0	2,67 / 31,8	14,9 / 346,5	1,72 / 68,8
Стічна вода	—	0,23 / 140,0	6,57 / 403,1	13,9 / 496,4	4,1 / 199,0	5,51 / 110,2	6,0 / 71,4	12,9 / 300,0	0,37 / 14,8

Таблиця 2 – Вміст токсичних і нетоксичних солей у фільтраті і стічній воді

Період відбору фільтрату	Горизонт, см	Токсичні солі		Нетоксичні солі	
		мг-екв/л	%	мг-екв/л	%
Початок теплого періоду	40	27,4	47,7	30,0	52,3
	60	52,6	65,07	28,26	34,9
Кінець теплого періоду	40	34,9	79,9	10,0	20,1
	60	38,6	74,8	13,0	25,2
Стічна вода	—	35,5	77,8	11,02	22,2

Таблиця 3 – Результати біохімічного аналізу фільтрату та стічної води

Вид води		Показники							
		$БПК_5$, $мгO_2/л$	ХПК, $мгO_2/л$	лужність мг-екв/л	зважені речовини, мг/л	$F_{заг}$, мг/л	NH_4, мг/л	NO_2, мг/л	NO_3, мг/л
Фільтрат	40 см	3,0	7,04	3,5	21	0,19	0,64	0,04	4,0
	60 см	4,1	7,7	3,8	28	—	1,8	—	—
Стічна вода		320,2	688,0	2,6	340	0,24	40,0	0,6	0,5

Аналіз результатів показав, що загальна мінералізація фільтрату на початку теплого періоду була на 60-80 % вищою, ніж у неочищеній стічній воді. Однак, до кінця теплого періоду мінералізація фільтрату майже зрівнялася з

мінералізацією вхідної стічної води, досягнувши 1,74 г/л. Це свідчить про встановлення відносного балансу між мінеральними елементами, що надходять, та виносяться під час фільтрації.

Спостереження виявили підвищений вміст токсичних солей у фільтраті, особливо в кінці теплого періоду та в горизонті 60 см. Це пояснюється появою карбонатів (соди), що, ймовірно, обумовлено наявністю іонів CO_3^{2-}. Вплив карбонатів буде залежати від якість води водоприймача.

Значення $БПК_5$ для стічної води становило 320-560 мг O_2/н. Після фільтрації $БПК_5$ знизилося до 3,0-4,1 мг O_2/л, що дозволяє скидати очищену воду у відкриті водойми. Аналогічна тенденція спостерігалася для ХПК, яке знизилося з 688-792 мг O_2/л до 7,1-7,7 мг O_2/л.

Стічна вода характеризувалася високим вмістом аміаку (до 40 мг/л) та низьким вмістом нітратів (до 0,9 мг/л), що свідчить про значне органічне забруднення. Після фільтрації вміст аміаку знизився до 0,64-1,8 мг/л, а вміст нітратів збільшився до 4 мг/л, що вказує на процес нітрифікації.

Вміст сухого залишку як у неочищеній (0,34 г/л), так і в очищеній (0,21-0,28 г/л) воді відповідав вимогам для скидання у відкриті водойми. Вміст зважених речовин знизився з 120-340 мг/л до 21-28 мг/л, що також відповідає нормативним вимогам.

Лужність фільтрату збільшилася з 1,8-2,6 до 3,5-3,8 мг-екв/л, що може бути пов’язано з появою карбонатів.

Результати досліджень підтверджують, що під час фільтрації стічних вод через ґрунт відбуваються процеси нітрифікації та денітрифікації, що важливо для очищення стічних вод від органічних забруднень та азотних сполук.

Результати експериментальних досліджень показали, що ґрунтова фільтрація є ефективним методом очищення стічних вод.

Значення $БПК_5$ та ХПК значно знизилися після фільтрації, що свідчить про ефективне видалення органічних речовин.

Зниження вмісту аміаку та збільшення вмісту нітратів підтверджує процес нітрифікації, що є важливим для видалення азотних забруднень.

На початку теплого періоду спостерігалося підвищення мінералізації, до кінця періоду встановився баланс, і мінералізація фільтрату відповідала вимогам.

Вміст сухого залишку та зважених речовин знизився до допустимих рівнів.

Результати досліджень показали, що після ґрунтової фільтрації стічні води відповідають вимогам для скидання у відкриті водойми. Однак, необхідно враховувати особливості конкретної водойми та місцеві нормативні вимоги.

Під час фільтрації спостерігалося підвищення лужності та вмісту токсичних солей (карбонатів) у фільтраті. Для усунення цих негативних наслідків необхідно використовувати ґрунтозахисні заходи, такі як полив у нічний період, що зменшує випаровування та концентрацію солей; застосовувати хімічні реагенти, такі як гіпс, сірчана кислота або сірчанокисле залізо, для нейтралізації лужності; контролювати показники води на виході з фільтраційних полів.

Отже, результати проведених експериментальних досліджень підтвердили ефективність ґрунтової фільтрації як методу очищення стічних вод. Було встановлено, що під час фільтрації відбувається значне зниження вмісту

органічних забруднень, азотних сполук та твердих речовин. Процеси нітрифікації та денітрифікації, що відбуваються в ґрунтовому профілі, сприяють видаленню азотних забруднень. Хоча спостерігалося підвищення лужності та вмісту токсичних солей, ці негативні наслідки можна усунути за допомогою відповідних ґрунтозахисних заходів.

Ґрунтова фільтрація має значний потенціал для використання в різних умовах, особливо для невеликих населених пунктів, сільських територій та екологічно чутливих зон. очищені стічні води можуть бути використані для зрошення сільськогосподарських культур, що сприяє збереженню водних ресурсів.

УДК 633.17:631.8:631.67

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПІДЖИВЛЕННЯ КАС ТА УМОВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Василенко Р.М., Заєць С.О., Когут І.М., Шабля О.С.

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, м. Одеса
ruslan-18a@ukr.net

В Україні спостерігається певна тенденція до збільшення площі, що характеризується недостатньою кількістю опадів у період вегетації сільськогосподарських культур. Клімат в країні стає все більш посушливим та охоплює всі її зони, а посухи останнім часом трапляються там де раніше їх не було. У контексті зростання посушливості клімату південного Степу України та нестабільності виробництва рослинницької продукції в різні роки, одним із ключових напрямків підвищення ефективності використання орних земель є вирощування культур, стійких до посухи, а також вдосконалення агротехнологій, що сприяють формуванню високопродуктивних агроценозів. Однією з культур, що має високу стійкість до високих температур і тривалих посух є сорго цукрове.

Але дана культура добре відкликається на зрошення та здатна забезпечити високу врожайність, що робить її особливою культурою, яка може використовуватися для різноманітних цілей. Сорго цукрове, завдяки своїм біологічним характеристикам, здатне швидко сформувати велику надземну масу, що може бути сировиною для виробництва продукції, як для кормових цілей, так і на технічні потреби.

Основними факторами, що забезпечують стабільне вирощування сільськогосподарських культур в умовах південного Степу України є зрошення та ефективна система живлення. У зв’язку з цим, дослідження з установлення оптимальних строків внесення азотного добрива для зменшення виробничих витрат при вирощуванні сорго цукрового на неполивних і зрошуваних землях є актуальними.

Тому метою даної роботи є узагальнення експериментальних даних щодо обґрунтування продуктивності сорго на кормову масу, а також визначення виходу цукрів з одиниці площі залежно від термінів внесення азотного добрива КАС на зрошуваних і неполивних землях.

Польові дослідження проводились в Інституті зрошуваного землеробства (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства) НААН упродовж 2014-2016 рр. Спосіб сівби культури – широкорядний із міжряддями 70 см. Висівали сорго сорту Силосний 42 і гібриду Довіста в третій декаді квітня як за неполивних умов, так і на зрошенні. На варіантах зі строками внесення добрив використовували мінеральне добриво КАС (карбамід-аміачна суміш) дозою N_{40}, яку вносили у фазу: 4-5 листків; 8-10 листків і 15 листків відповідно до схеми досліду. Повторність у дослідах чотириразова. На зрошуваних ділянках проводились вегетаційні поливи зрошуваною нормою 1800-2000 м^3/га. Дослід

закладався методом розщеплених ділянок. Загальна посівна площа облікової ділянки складала 20 м^2.

Варто зауважити, що разом із підвищенням середньодобової температури повітря в південному Степу в останні роки також зменшилася кількість атмосферних опадів, які випадали під час вегетаційного періоду сорго. Аналіз зміни кількості опадів у вегетаційний період сорго за 2011-2020 роки свідчить, що в порівнянні із середніми багаторічними даними за 1945-2010 роки їх обсяг був значно нижчим, варіюючи від 17,2 до 78,5 мм залежно від року.

Останніми роками кількість посух в Україні значно зросла. Так, у період XI-XIV століть посухи траплялися лише 8 разів, у XVII-XVIII століттях – 17 разів, а в XIX столітті – 20 разів. Однак у XX столітті їх кількість збільшилася до 30. Це значне збільшення кількості посух призвело до суттєвих змін у водних ресурсах степової зони України, де є значний дефіцит води. Так, для Херсонської області в період 2018-2020 років дефіцит вологозабезпеченості сільськогосподарських культур склав 783,9-811,5 мм проти 487,4 мм у середньому за 65 років (1945-2010 рр.) (табл. 1).

Таблиця 1 – Кліматичні умови упродовж вегетаційного періоду (квітень–вересень) у південному Степу України (за даними метеорологічної станції м. Херсон)

Роки	Опади, мм	Випаровуваність, мм	Дефіцит вологозабезпе-чення, мм	Коефіцієнт зволоження
1945-2010	232,6	722,0	487,4	0,32
2012	186,6	944,0	757,4	0,20
2013	154,2	854,9	700,7	0,18
2014	218,5	901,6	683,1	0,24
2015	315,2	754,4	439,1	0,42
2016	277,7	764,5	486,8	0,36
2017	169,1	859,1	690,0	0,20
2018	194,1	1005,6	811,5	0,19
2019	304,3	823,3	519,0	0,37
2020	163,9	947,5	783,9	0,17

Визначення впливу мінерального підживлення за фазами розвитку рослин сорго на рівень продуктивності силосної маси встановлено, що в середньому за роки досліджень у неполивних умовах найвищу врожайність 47,9 т/га сформував гібрид Довіста за підживлення N_{40} під час настання більш ранньої фази 4-5 листків. На цьому варіанті було зібрано найбільшу кількість сухої речовини – 14,8 т/га з виходом 11,6 т/га кормових одиниць та 0,46 т/га перетравного протеїну (табл. 2).

Варто відмітити, що в неполивних умовах сорт Силосний 42 мав нижчу врожайність порівняно з гібридом Довіста, яка була меншою на 16,2-41,1 %. Найкращі результати отримано за підживлення азотним добривом у фазу 4–5 листків.

Таблиця 2 – Продуктивність сорго цукрового залежно від умов вологозабезпечення та живлення КАС (середнє за три роки)

Сорт/гібрид (В)	Азотне живлення (С)	Урожай-ність силосної маси, т/га	Збір сухої речовин, т/га	Вихід п.п., т/га	Вихід к.о., т/га
Без зрошення (А)					
Силосний 42	Без живлення	25,3	7,3	0,18	5,8
	N_{40} (у ф. 4-5 л.)	39,8	12,4	0,37	10,3
	N_{40} (у ф. 8-10 л.)	33,4	10,1	0,31	8,3
	N_{40} (у ф. 15 л.)	30,4	9,0	0,26	7,5
Довіста (F1)	Без живлення	35,7	10,5	0,28	8,3
	N_{40} (у ф. 4-5 л.)	47,9	14,8	0,46	11,6
	N_{40} (у ф. 8-10 л.)	42,3	13,0	0,39	10,0
	N_{40} (у ф. 15 л.)	38,8	11,4	0,32	8,7
На зрошенні (А)					
Силосний 42	Без живлення	40,3	9,1	0,32	7,0
	N_{40} (у ф. 4-5 л.)	59,4	14,5	0,52	11,6
	N_{40} (у ф. 8-10 л.)	52,8	12,6	0,43	10,1
	N_{40} (у ф. 15 л.)	47,2	11,1	0,38	8,8
Довіста (F1)	Без живлення	60,3	14,8	0,43	11,5
	N_{40} (у ф. 4-5 л.)	84,0	22,9	0,74	18,5
	N_{40} (у ф. 8-10 л.)	77,1	19,3	0,60	15,0
	N_{40} (у ф. 15 л.)	68,1	16,6	0,52	12,3
$НІР_{05}$	А	0,55	0,14		
	В	0,82	0,19		
	С	1,06	0,16		

На зрошуваних землях проведення вегетаційних поливів дозволило збільшити врожай силосної маси гібрида Довіста в середньому в 1,7 рази, а сорту Силосний 42 – в 1,5 рази. При зрощенні гібрид Довіста демонстрував вищу продуктивність, досягаючи врожайності 60,3-84,0 т/га, що на 22,4-33,2 % перевищувало показники Силосний 42. За результатами досліджень на варіантах з різними строками внесення азотного добрива, найбільш ефективним виявилося підживлення культури на стадії 4-5 листків. За таких умов гібрид Довіста формує найвищу врожайність сухої речовини силосної маси 22,9 т/га, що дає 18,5 т/га кормових одиниць і 0,74 т/га перетравного протеїну.

У середньому за три роки досліджень застосування N_{40} у фазу 4-5 листків забезпечувало зростання врожаю силосної маси проти контролю (без підживлення) у сорту Силосний 42 в неполивних умовах на 57,3 %, а при зрошенні – на 47,4 %, а в гібрида Довіста – на 34,2 і 39,3 %, відповідно. При підживленні азотним добривом у пізніші фази вегетації рослин сорго спостерігалося поступове зменшення продуктивності силосної маси.

Стебло цукрового сорго є основною частиною рослини, в тканинах якого накопичується цукор. Від маси стебел та їхнього цукрового вмісту залежить кількість отриманої продукції з одиниці площі. Дослідження показали, що рівень цукрів у рослинах є важливою ознакою культури (табл. 3).

Таблиця 3 – Господарсько цінні ознаки сорго цукрового залежно від умов вологозабезпечення та підживлення КАС (середнє за три роки)

Сорт/ гібрид (В)	Азотне живлення (С)	Вміст цукрів в стеблах, %	Стебел в структурі врожаю, %	Вага стебел з 1 га, т	Вихід цукрів з 1 га, т
Без зрошення (А)					
Силосний 42	Без живлення	9,6	81,2	20,6	2,0
	N_{40} (у ф. 4-5 л.)	12,8	75,4	30,0	3,8
	N_{40} (у ф. 8-10 л.)	12,3	77,7	26,0	3,2
	N_{40} (у ф. 15 л.)	10,4	79,3	24,1	2,5
Довіста (F1)	Без живлення	9,6	80,3	28,6	2,7
	N_{40} (у ф. 4-5 л.)	10,6	73,9	35,4	3,7
	N_{40} (у ф. 8-10 л.)	10,2	75,0	31,8	3,2
	N_{40} (у ф. 15 л.)	9,8	77,5	30,1	2,9
На зрошенні (А)					
Силосний 42	Без живлення	11,6	84,4	34,0	3,9
	N_{40} (у ф. 4-5 л.)	14,4	78,7	46,8	6,7
	N_{40} (у ф. 8-10 л.)	13,9	81,1	42,8	6,0
	N_{40} (у ф. 15 л.)	11,9	82,6	39,0	4,6
Довіста (F1)	Без живлення	12,6	83,0	50,1	6,3
	N_{40} (у ф. 4-5 л.)	15,6	76,1	63,9	10,0
	N_{40} (у ф. 8-10 л.)	14,9	78,3	60,4	9,0
	N_{40} (у ф. 15 л.)	14,1	80,2	54,6	7,7
V, %		16,5	3,8	34,1	50,0

Виявлено, що за неполивних умов у сорта Силосний 42 накопичується найбільше цукрів (9,6-12,8 %) при підживленні КАС дозою N_{40} у фазу 4-5 листків. Проте помітно знижується вміст цукрів при підживленні азотним добривом на пізніших етапах розвитку рослин, як у сорта Силосний 42, так і гібрида Довіста.

Аналогічна залежність за підживленням сорго відмічалася й на зрошенні. Проте гібрид Довіста продемонстрував найвищу чутливість до зрошення, що сприяло максимальному накопиченню цукрів – від 12,6 до 15,6 %. З огляду на це, гібрид Довіста на зрошуванні забезпечив найвищу врожайність стебел – до 63,9 т/га, а вихід цукру з одного гектара складав 10 т. Сорт Силосний 42 поступався за врожайністю стебел, вмістом цукрів і виходом цукру, величини який відповідно становили 46,8 т/га, 11,6-14,4 % і 3,9-6,7 т/га.

Висновки. Таким чином, сорго цукрове має значний потенціал як для вирощування в умовах без зрошення, так і при зрошенні. Найвищу продуктивність зеленого корму на силос демонструє гібрид Довіста. За умов зрощення вихід кормових одиниць досягає 18,5 т/га, а без зрощення – 11,6 т/га, якщо рослини підживлюються рідким мінеральним добривом КАС з нормою внесення N_{40} у фазу 4-5 листків. Зрощення сприяє збільшенню вмісту цукрів у стеблах сорго, досягнувши 15,6 % у гібрида Довіста, тоді як за природного зволоження цей показник у сорту Силосний 42 становив лише 12,8 %. На зрошуванні гібрид Довіста виявився найбільш продуктивним як за показниками кормової продуктивності, так і за рівнем збором цукрів з одиниці площі.

УДК 624.03:626:626.8

МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУДАХ З ҐРУНТОВИМИ ОСНОВАМИ

Онанко Ю.А.[1], **Кузьмич Л.В.**[1], **Онанко А.П.**[2]

[1]*Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ*
[2]*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ*
yaonanko1@gmail.com

Гідротехнічні споруди відіграють значну роль у водному господарстві річки. До найпопулярніших з них відносяться греблі, шлюзи, загородження, пороги. Ці об'єкти виконують багато різних функцій, серед яких перегородження води на річці, регулювання течії, збільшення утримання, полегшення використання річкового транспорту та забезпечення безпеки прилеглих територій, захищаючи їх від повеней. Греблі також використовуються при будівництві гідроелектростанцій, для яких вони є ефективним бар'єром проти забруднень, що стікають річкою з водозбірної території. Ця проблема особливо помітна в гірській місцевості, де є сильні потоки бруду та каміння, які можуть пошкодити гідромеханічне обладнання [1-3].

Контроль за технічним станом гідротехнічних споруд має вирішальне значення для забезпечення їх безпечної експлуатації. Цей процес зазвичай включає відстеження змінних навколишнього середовища (наприклад, рівні бетонної дамби, температури, показання п'єзометрів), а також геометричних і фізичних змінних (деформація, розтріскування, фільтрація, поровий тиск тощо), довгострокові тенденції яких надають цінну інформацію для менеджерів об'єктів. Дослідження методів аналізу даних геодезичного моніторингу (ручного та автоматичного) та даних датчиків є життєво необхідними для оцінки технічного стану та безпеки об'єктів, особливо при застосуванні нових технологій вимірювання [4-6].

Найбільш приховані й некеровані зміни в процесі будівництва та експлуатації споруд відбуваються з ґрунтами основи. При оцінці стійкості споруд важливе значення набувають процеси, що призводять до погіршення властивостей ґрунтів, зменшення міцності й збільшення деформативності, що веде до зростання абсолютних та відносних деформацій, а інколи й руйнування ґрунтових основ і споруд. Під дією дотичних напружень у ґрунтовій основі виникають місцеві зони руйнування, які при підвищенні тиску від споруди збільшуються в розмірах і формують поверхню ковзання [7]. Рівномірне осідання всієї споруди не викликає додаткових напруг у конструкціях, але різниця осідань окремих частин ґрунтової основи особливо впливає на міцність фундаментів і надфундаментних будівель. Досвід показує, що різниця осідань збільшується при зростанні величини абсолютних осідань.

Деформації залежать як від змін об'єму (у результаті ущільнення, набухання, тощо), так і від деформування окремих фаз, що складають ґрунти (повзучість скелету, стискання порової води, а також включень парів і газів) [8-

10]. Важливим фактором, вплив якого необхідно враховувати, є різниця механічних властивостей ґрунту за різними напрямами, або так звана механічна анізотропія (наприклад, деформаційна анізотропія, анізотропія міцності, анізотропія набухання), а іноді різниця фільтраційних властивостей, або фільтраційна анізотропія. Анізотропію механічних властивостей ґрунтів пояснюють їх упорядкованою структурою з пріоритетною паралельною орієнтацією часток за якимось напрямом [11]. Тому виникала потреба в розробці пристрою, що може бути використаний при дослідженні відносної статичної та змінної деформації $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$, пластичності, повзучості $\dot{\varepsilon} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$ зразків з різних елементів інженерних конструкцій, матеріалів, елементів, вузлів у гідротехніці, будівництві, промисловості.

Метою розробки пристрою є підвищення чутливості та надійності вимірювання відносної статичної та змінної деформації $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$, пластичності, повзучості $\dot{\varepsilon} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$ зразків досліджуваних матеріалів та можливості дослідження цих процесів у різних елементах інженерних конструкцій безпосередньо при їх експлуатації після обстрілу ракетами, снарядами, дронами; розширення класу інженерних конструкцій, що випробовуються після деформацій ε одержаних внаслідок воєнних дій.

Поставлена мета досягається тим, що в запропонованому пристрої є тензоелемент – пружно вигнута смужка (2), яка приклеюється (приварюється) до елемента інженерної конструкції (1) із закріпленим на цій пружно вигнутій смужці тензодатчиком (3), пов'язаним із системою реєстрації та запису електричного сигналу (4).

Схема конструкції та роботи пристрою пояснюється кресленням на рисунку 1. Пристрій складається з пружної зігнутої смужки (2), яка приклеюється (приварюється) до елемента інженерної конструкції (1) із закріпленим на цій пружно вигнутій смужці тензодатчиком (3), пов'язаним із системою реєстрації та запису електричного сигналу (4).

Пристрій працює наступним чином. До елемента інженерної конструкції (1) приклеюють (приварюють) пружну зігнуту смужку (2) із закріпленим на ній тензодатчиком (3). До елемента інженерної конструкції (1) прикладається змінна $\sigma(t)$ або постійна σ_0 напруга, яка призводить до зміни довжини Δl елемента інженерної конструкції (1), а, отже, стріли прогину λ_n пружної зігнутої смужки (2). Величина цього прогину λ_n за допомогою тензодатчика (3) перетворюється на електричний сигнал, який реєструється вимірювальним приладом графобудівником (4).

Зв'язок між відносною статичною деформацією $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ елемента інженерної конструкції (1) та стрілою прогину λ_n пружної зігнутої смужки (2) описується формулою Чебишева для ланцюгової лінії, що стягує [12-14]:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{8}{3} \cdot \frac{\lambda_0^2 - \lambda_n^2}{l_0^2}, \quad (1)$$

де l_0 - початкова довжина елемента інженерної конструкції (1), Δl – зміна довжини елемента інженерної конструкції (1), λ_0 – початкова довжина стріли прогину пружної зігнутої смужки (2), λ_n – стріла прогину пружної зігнутої смужки (2) при зміненій довжині елемента інженерної конструкції (1).

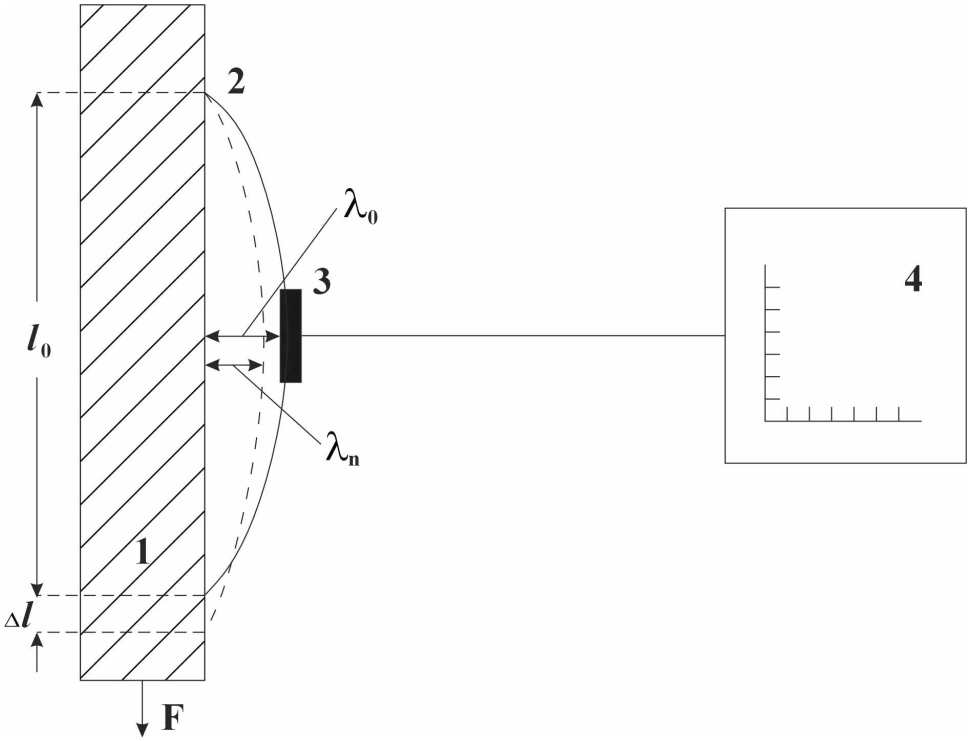


Рисунок 1 – Креслення пристрою для вимірювання деформації елементів інженерних конструкцій: 1 – елемент інженерної конструкції, 2 – пружна зігнута смужка, 3 – тензодатчик, 4 – система реєстрації та запису електричного сигналу

Таким чином, запропонована сукупність ознак дозволить, використовуючи зв'язок у вигляді квадратичної залежності $\Delta l \sim \lambda_n^2$ між відносною зміною довжини елемента інженерної конструкції (1) Δl і стріли прогину λ_n приклеєної (привареної) до елемента інженерної конструкції пружної зігнутої смужки (2) з урахуванням фіксації цієї стріли прогину λ_n тензодатчиком (3), приклеєним до цієї пружної зігнутої смужки, вимірювати як пластичні, так і пружні деформації ε з точністю $\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} \approx 10^{-7}$. Найбільш висока чутливість пристрою досягається за малих стріл прогину пружної смужки $\frac{\lambda_0}{l_0} = 10^{-2} \div 10^{-3}$.

Виконано завдання зі створення пристрою вимірювання деформації ε елементів інженерних конструкцій. Техніко-економічні переваги пристрою над аналогічними, що відносяться до найбільш прогресивних технічних рішень, полягають у спрощенні конструкції та зменшенні вартості пристроїв, що реалізують запропонований спосіб. У можливості періодичного автоматичного, а не неперервного контролю деформації ε елемента інженерної конструкції. У підвищенні точності вимірювань деформації ε елемента інженерної конструкції на два порядки (пружні деформації ε з точністю $\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} \approx 10^{-7}$). У розширенні класу випробуваних елементів інженерних конструкцій, включаючи немагнітні.

Посилання

1. Bestyński, Z., Sieinski, E., & Śliwiński, P. (2022). Geophysical investigation and the use of their results in the evaluation of the stability of slopes of artificial water reservoirs in the flysch Carpathians. *Archives of Civil Engineering*, *68*(No 3), 71-85. https://doi.org/10.24425/ace.2022.141874

2. Hämmerling, M., Kocięcka, J., & Zaborowski, S. (2021). AHP as a Useful Tool in the Assessment of the Technical Condition of Hydrotechnical Constructions. *Sustainability*, *13*(3), 1304. https://doi.org/10.3390/su13031304

3. Issakhov, A., & Imanberdiyeva, M. (2020). Numerical Simulation of the Water Surface Movement with Macroscopic Particles of Dam Break Flow for Various Obstacles. *Water Resources Management*, *34*(9), 2625-2640. https://doi.org/10.1007/s11269-019-02382-w

4. Rokochinskiy, A., Kuzmych, L., & Volk, P. (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. Koperska, W., Stachowiak, M., Jachnik, B., Stefaniak, P., Bursa, B., & Stefanek, P. (2021). Machine Learning Methods in the Inclinometers Readings Anomaly Detection Issue on the Example of Tailings Storage Facility. In E. Mercier-Laurent, M. Ö. Kayalica, & M. L. Owoc (Eds.), *Artificial Intelligence for Knowledge Management* (pp. 235-249). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80847-1_15

6. Prykhodko, N., Koptyuk, R., Kuzmych, L., & Kuzmych, A. (2023). Formation and Predictive Assessment of Drained Lands Water Regime of Ukraine Polesie Zone. In A. Rokochinskiy, L. Kuzmych, & P. Volk (Eds.), Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone, 51-74. IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8248-3.ch004

7. Kowalska, M., Zaczek-Peplinska, J., & Piasta, Ł. (2024). Determining the trend of geometrical changes of a hydrotechnical object based on data in the form of LiDAR point clouds. *Archives of Civil Engineering*, *70*(No 1), 305-323. https://doi.org/10.24425/ace.2024.148913

8. Zaczek-Peplinska, J., & Saloni, L. (2024). Modernising the control network for determining displacements in hydraulic structures using automatic measurement techniques. *Journal of Water and Land Development*, *59*, 66-75. https://doi.org/10.24425/jwld.2023.147230

9. Onanko, Y., Kuzmych, L., Onanko, A., Dmytrenko, O., Pinchuk-Rugal, T., Usatyi, S., Il'in, P., & Kuzmych, S. (2025). Influence of irradiation on indicatory surface of anelastic-elastic body of AgZn alloy. Materials Research Express, 12(1), 016516. https://doi.org/10.1088/2053-1591/adabbc

10. Łydżba, D., Różański, A., Sobótka, M., & Stefanek, P. (2022). Optimization of technological measures increasing the safety of the Żelazny Most tailings pond dams with the combined use of monitoring results and advanced computational models. *Archives of Civil Engineering*, *68*(No 1), 503-518. https://doi.org/10.24425/ace.2022.140182

11. Onanko, A., Kuzmych, L., Onanko, Y., & Kuzmych, A. (2023). Indicatory surface of anelastic-elastic properties of Ti alloys. Materials Research Express, 10(10), 106511. https://doi.org/10.1088/2053-1591/acfecc

12. Mazur, R., Stefanek, P., & Orlikowski, J. (2022). Corrosion monitoring as a factor increasing the safety of hydrotechnical infrastructure. *Archives of Civil Engineering*, *68*(No 2), 197-209. https://doi.org/10.24425/ace.2022.140637

13. Onanko, Y., Kuzmych, L., Onanko, A., Il'in, P., & Kuzmych, A. (2024). Anelastic internal friction and mechanical spectroscopy of SiO2/Si wafers. ECS Journal of Solid State Science and Technology, 13(4), 045001. https://doi.org/10.1149/2162-8777/ad36e0

14. Ospanov, N. S., & Krivchenko, A. A. (2021). Description of a 2-Year, High-Resolution Geodetic Monitoring of the Khoko Landslide, Enguri Reservoir, Georgia. In F. L. Bonali, F. Pasquaré Mariotto, & N. Tsereteli (Eds.), *Building Knowledge for Geohazard Assessment and Management in the Caucasus and other Orogenic Regions* (pp. 301-316). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-024-2046-3_16

UDC 504.064:556.18(477)

INTEGRATION OF WATER MONITORING STANDARDS OF UKRAINE WITH EUROPEAN PRACTICES: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR SUSTAINABLE WATER RESOURCE MANAGEMENT

Sydiakina O.V.

Kherson State Agrarian and Economic University, Kropyvnytskyi, Ukraine
sydiakina_o@ksaeu.kherson.ua

Ensuring quality and sustainable management of water resources is an important direction of environmental policy in Ukraine and the European Union (EU). In the context of Ukraine's Euro-integration aspirations, the harmonization of national water monitoring standards with EU norms and guidelines is of primary importance. Such integration will not only contribute to more effective control over the state of the water environment but will also create conditions for attracting international technical and financial support. At the same time, this process is accompanied by a number of challenges that require strategic planning and cooperation among stakeholders.

The integrated approach to assessing the state of water resources in the EU is based on the Water Framework Directive 2000/60/EC (hereinafter – WFD) [1]. This document introduces the concept of river basin management, according to which each river basin should be considered as a single ecosystem.

According to the WFD, management is carried out at the level of river basins, regardless of administrative borders of states. This allows for a comprehensive consideration of all factors affecting water quality: from anthropogenic load to natural fluctuations in the water balance [2].

The WFD establishes a unified methodology for determining the ecological and chemical status of water bodies, which includes biological (phytoplankton, phytobenthos, zoobenthos, fish, etc.), physicochemical (temperature, oxygen regime, pH level, content of nutrients and other pollutants), and hydromorphological (hydrological regime, channel morphology, physical characteristics of banks) indicators.

In Ukraine, the provisions of the Law of Ukraine «On Environmental Protection» and the Water Code are in effect; however, the water monitoring system remains fragmented. In 2019, the «Procedure for State Water Monitoring» [3] was adopted, which provides for:

- the creation of monitoring networks based on the basin principle;
- the determination of monitoring parameters, including biological, hydromorphological, and physicochemical indicators;
- the application of harmonized methods for sampling and analyzing water;
- the formation of a unified information system for monitoring water resources.

These measures reflect a gradual movement towards adapting to the requirements of the WFD; however, questions regarding the effectiveness of implementation and ensuring adequate funding remain open.

The challenges of integration with European practices include technical and financial support, institutional coordination, regulatory adaptation, environmental awareness, and public participation (Fig. 1).



Figure 1 – Challenges of integration with European practices

Updating laboratory equipment, training personnel, and implementing automated monitoring systems require significant capital investments. Given the limited state resources, it is necessary to attract international financial instruments, including EU grant programs (LIFE, Horizon Europe, etc.) [4].

Water resource management in Ukraine is distributed among several agencies, which can complicate coordination and data exchange. Basin management of water resources plays an important role in implementing the basin principle; however, it requires clear mechanisms for cooperation with regional and local authorities [5].

For full harmonization with EU directives, it is necessary not only to adopt the appropriate legislative framework but also to ensure the actual implementation of new norms into everyday practice, which requires strengthening law enforcement, forming a system of state and public control, and establishing proper legal protection practices [6].

A serious challenge remains the insufficient level of ecological awareness in society. Public participation in management processes and water monitoring is often formal or limited. Without active support from communities and businesses, the integration of European standards loses a significant portion of its effectiveness [7].

The opportunities and prospects for integration with European practices are demonstrated in Figure 2. The integration of monitoring standards can stimulate the attraction of international environmental funds. Within regional projects (for example, the «Cross-Border Cooperation Program»), the joint implementation of measures will allow for positive synergistic effects and the introduction of best European practices [8].



Figure 2 – Opportunities and prospects for integration with European practices

The use of digital platforms for data collection and processing, remote sensing methods, and artificial intelligence technologies will contribute to more timely detection and analysis of pollution. This will enhance the accuracy of monitoring and the speed of response to crisis situations (floods, emergency discharges of pollutants, etc.) [9].

The participation of Ukrainian research institutions and universities in the Horizon Europe program opens additional opportunities for experience exchange, internships for Ukrainian specialists in European laboratories, and the development of joint projects for water monitoring and improving the ecological state of river basins [10].

Open data on water quality and monitoring results will promote transparency in decision-making and increase citizens' trust in the state’s environmental policy. Such practices align with the principles of the Aarhus Convention and strengthen the connection between society and environmental protection activities [11].

The integration of Ukraine's water monitoring standards with European practices is a complex yet extremely necessary process on the path to achieving sustainable water resource management. The foundation for successful adaptation should include:

- an effective regulatory framework aligned with the requirements of the Water Framework Directive (WFD) and other EU directives;
- strengthening institutional capacity, particularly improving financing mechanisms and distribution of powers;
- involvement of the public, active collaboration with the scientific community and international partners;
- transition to modern digital technologies that will enhance the accuracy and timeliness of monitoring;
- successful integration will contribute to fulfilling Ukraine’s international obligations, particularly in the process of aligning with the EU, as well as ensuring the preservation of water resources for current and future generations.

Reference

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. URL: https://www.eea.europa.eu/policy-documents/directive-2000-60-ec-of.

2. European Environment Agency (2021). Towards sustainable water management in Europe. URL: https://www.eea.europa.eu.

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод». URL: https://davr.gov.ua/postanova-kabinetu-ministriv-ukraini-vid-19092018--758-pro-zatverdzhennya-poryadku-zdijsnennya-derzhavnogo-monitoringu-vod.

4. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine (2022). National Strategy for Water Management until 2030. URL: https://mepr.gov.ua.

5. Вавілін О. І. Інституційна модель басейнового управління водними ресурсами в Україні: проблеми та перспективи. *Екологічний вісник*. 2019. № 4. С. 5-12.

6. Державне агентство водних ресурсів України. Оцінка стану гармонізації українського законодавства з актами ЄС у сфері управління водними ресурсами. URL: https://www.davr.gov.ua/.

7. Moroz O., Kuzichkin A. Public Engagement in Water Policy Implementation: Ukrainian Realities and European Experience. *Environmental Policy and Law*. 2021. Vol. 51(5). P. 210–219.

8. European Commission (2020). Cross-border cooperation in the framework of sustainable water management. URL: https://ec.europa.eu.

УДК 631.95:528.88

ОЦІНЮВАННЯ СУЧАСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ БУЧАНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗА СУПУТНИКОВИМИ ДАНИМИ

Власова О.В., Шевченко І.А., Козицький О.М.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
elena_vl2001@ukr.net

Зміни внутрішньорічного розподілу опадів упродовж року, нарощування біомаси та активізація біохімічних процесів у поверхневих водах значною мірою погіршує їх екологічний стан. До цього слід додати забруднення водойм неочищеними та недостатньо очищеними зворотними водами через незадовільний технічний стан очисних споруд. Тому сьогодні гостро стоїть питання щодо оцінювання сучасного екологічного стану поверхневих вод швидкими і надійними методами з застосуванням супутникових даних. Прикладом оцінювання екологічного стану за супутниковими даними є Бучанське водосховище. Характер регулювання водосховища – сезонне.

Дослідження проводилися у серпні 2024 року за розробленим науковим підходом, який передбачає використання знімків супутника Sentinel-2 L2A та проведення завірювальних наземних спостережень. Водосховище розташоване на р. Буча, яка є лівою притокою Ірпеня, площа водного дзеркала за НПР становить 80 га, корисний об'єм – 2,17 млн.м^3. Водосховище перебуває в державній власності. Використання Бучанського водосховища для рибогосподарської діяльності не передбачено. В основному використовується для цілей зрошення, регулювання водних ресурсів, зволоження заплавних земель, а також обводнення 740 га торфовищ в заплаві річки Буча, де в літній період часто виникають осередки пожеж.

Було обрано два створи: 1 створ з точками спостережень 1-2-3 ближче до греблі; 2 створ з точками 4-5-6 у середині акваторії; окремо взято точку 7 біля самої греблі (рис. 1).



Рисунок 1 – Карти-схеми проведення досліджень: а – карта для розрахунку площі водного дзеркала; б – схема розміщення створів і точок спостережень

Для розрахунку площі водного дзеркала використано метод накладання шарів інформації. В програмі SAS.Планета виконано накладання шарів інформації: супутниковий знімок та 3D – модель рельєфу місцевості. Таким чином було визначено гідроморфологічний показник – площу водойми. Установлено, що площа Бучанського водосховища з використанням спеціальної програми становить 77,0 га, що на 3 га менше ніж зазначено в офіційних джерелах.

У відкритому програмному продукті Land Viewer визначали біологічні та фізико-хімічні показники Бучанського водосховища, а саме – було розраховано спектральні індекси: Індекс зеленого хлорофілу (GCI – Green Chlorophyll Index), Нормалізований диференційний водний індекс (NDWI – Normalized Difference Water Index), Нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index). За результатами розрахунків отримано карти цих індексів (рис. 2).



а **б** **в**

Рисунок 2 – Карти розрахункових індексів Бучанського водосховища:
а – NDVI: б – GCI; в – NDWI

На карті класичного NDVI розрізняється прибережна рослинність – очерет в інтервалі 0,20-0,30 мкм. Карта GCI не є інформативною, оскільки стосується лише рослинності, а на поверхні водосховища вона відсутня і дає лише чіткі контури самої водойми. Карта NDWI отримана за розрахунком, у якому задіяні ближній інфрачервоний канал NIR з діапазоном довжини хвилі 0,78-0,90 мкм та середній інфрачервоний канал SWIR з діапазоном хвилі 1,56-1,66 мкм, що дає найбільше інформації про трофічний стан водосховища. За значення NDWI: 0,2-0,3 розрізняється відкрита водойма; від 0,1-0,2 наявність рослинності. Ці порогові значення можуть змінюватися залежно від конкретного середовища та повинні бути відкалібровані відповідно до місцевих умов. Тому під час проведення досліджень було отримано більше інформації про прозорість, що дало можливість побудувати результуючу карту сучасного екологічного стану Бучанського водосховища (рис. 3) за наземними та супутниковими даними.

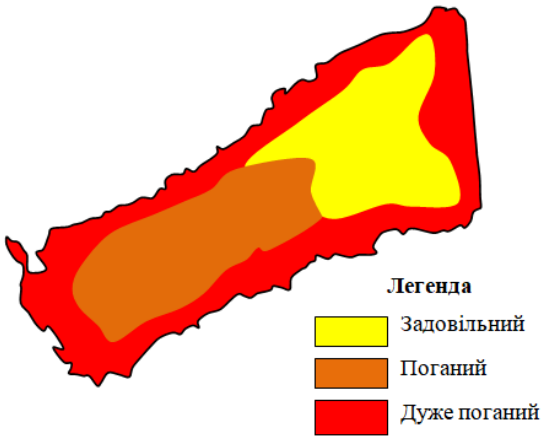


Рисунок 3 – Результуюча карта сучасного екологічного стану Бучанського водосховища за наземними та супутниковими даними

На побудованій результуючій карті відповідно до існуючої методики жовтий колір відповідає «задовільному» стану води за значень NDWI 0,3 і прозорості 0,22 м, коричневий колір – «поганому» стану при NDWI 0,2 і прозорості 0,19 м, червоний колір – «дуже поганому» стану за NDWI 0,0-0,2 і прозорості 0,10-0,20 м. відповідно до затвердженої методики Держводагентства («Про затвердження Методики віднесення масиву поверхневих вод, а також істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучно або істотно зміненого масиву поверхневих вод. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text).

За результатами досліджень встановлено гідроморфологічний, біологічні та фізико-хімічні показники.

Для визначення гідроморфологічного показника – площа водойми, застосовано відкриту програму SAS.Планета.

Для визначення біологічних та фізико-хімічних показників доцільно у відкритому програмному продукті Land Viewer розраховувати спектральні індекси і отримувати тематичні карти цих індексів.

Сумісне використання розрахункових тематичних карт NDWI та інформації про прозорість води, що визначалася при наземному дослідженні, дає змогу будувати результуючу карту сучасного екологічного стану водного об’єкта.

УДК 631.67

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ГОЛОВНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПРИСТРОЮ ПЛАВНОГО ПУСКУ

Волошин М.М.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький
voloshyn_m@ksaeu.kherson.ua

Актуальність теми. Підвищення цін на електроенергію та воду, викликає все більший інтерес до енергозберігаючих технологій. Також на це спрямовує Закон України «Про енергозбереження», в якому наведено що, «енергоефективні продукція, технологія, обладнання – продукція або метод, засіб її виробництва, що забезпечують раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів порівняно з іншими варіантами використання або виробництва продукції однакового споживчого рівня чи з аналогічними техніко-економічними показниками».

Проблема енергозбереження є дуже актуальною для будь-якої насосної станції, тому що витрати на оплату електричної енергії складають значну частину сумарних витрат.

Одним з варіантів заощадження електроенергії є режим роботи насосної станції, при якому основний об'єм поливної води буде подаватися вночі – за «нічним» тарифом, який є набагато меншим. Але він має суттєвий недолік: частий пуск та зупинка насосів, що виводить з ладу електродвигуни.

Основна частина. Для запобігання передчасного виходу з ладу силового обладнання в наш час широко використовується установка плавного пуску.

Пристрій плавного пуску призначений для пуску синхронних та асинхронних електродвигунів, потужністю 200..8000 кВт, турбомеханізмів (струмом 2-3 $I_н$) таких, що запускаються вхолосту (струмом 1-1,5 $I_н$) від трьохфазної мережі, напругою 6000/10000 В.

В основу пристрою плавного пуску покладено принцип параметричного обмеження пускового струму двигуна та його стабілізації на заданому рівні до повного розгону двигуна до номінальних обертів. Синусоїдна форма напруги зберігається на протязі всього розгону.

Переваги запуску через прилад плавного пуску порівняно з прямим пуском:

- зменшення загального об'ємів використання електроенергії;
- подовження строку служби електродвигунів;
- подовження строку служби механічної та технологічної частини обладнання;
- зменшення нагрівання двигуна пусковим током, обумовленого синусоїдністю напруги і струму;
- подовження строку служби високовольтного захисно-комутаційного і трансформаторного електричного обладнання і електричних мереж;

– різке зменшення посадок напруги мережі живлення;
– можливість пуску високовольтних електродвигунів від мережі потужністю, недостатньою для прямого чи від автономних генераторів без підвищення їх потужності з урахуванням пускового режиму;
– покращення режиму роботи інших споживачів.

Порівняння пускового струму при плавному та прямому пусках електродвигуна зображено схематично на рисунку 1.

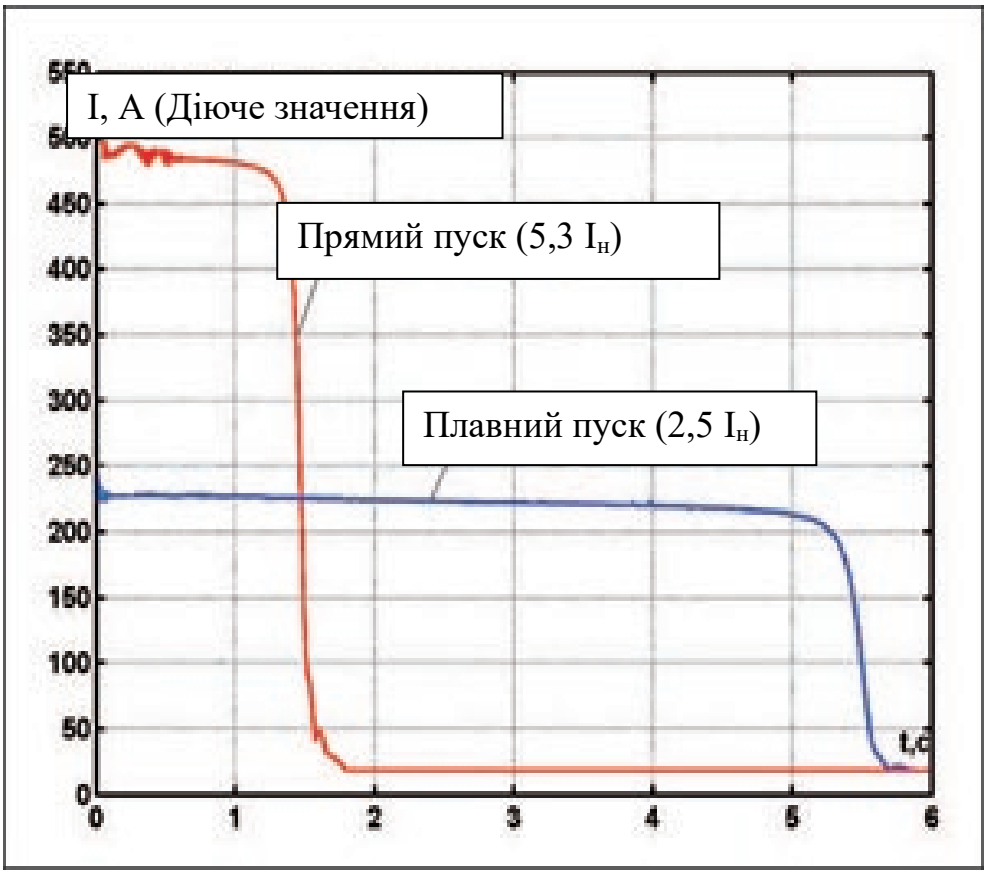


Рисунок 1 – Графік пускового струму двигуна, потужністю 800 кВт, при прямому пуску та пуску через ППП

Як видно з графіка, при прямому пуску пусковий струм перевищує номінальний в 10 разів, що призводить до зменшення експлуатаційного терміну електродвигуна, так як обмотка електродвигуна під час такого пуску розігрівається. Застосування плавного пуску дало можливість знизити пусковий струм в 2 рази. Завдяки цьому експлуатаційний термін служби електродвигуна значно подовжується.

Розглянемо залежність тиску в камері насосу при прямому та плавному пусках (рис. 2).

Завдяки плавному пуску, тиск в камері насоса, а, відповідно, і в напірному трубопроводі зростає поступово і без динамічних перепадів, які можуть пошкодити запірну арматуру та напірний трубопровід.

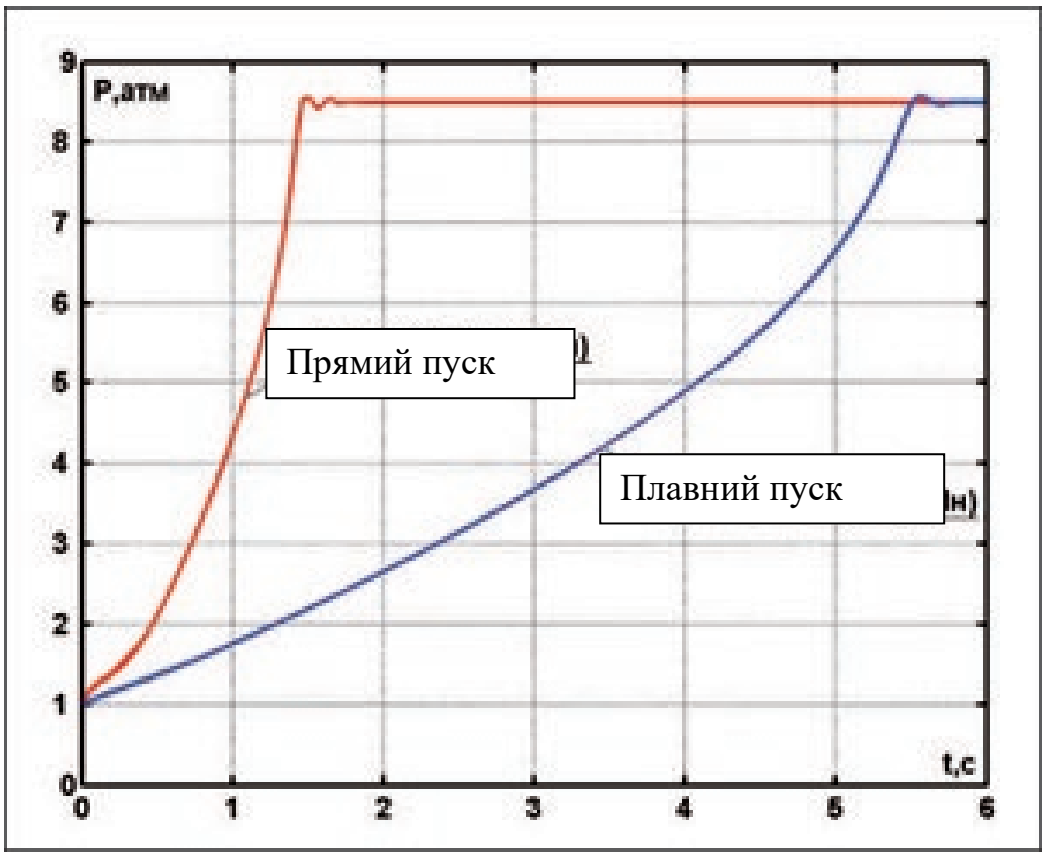


Рисунок 2 – Графік тиску в камері насоса, потужністю 800 кВт при прямому та плавному пусках

Висновки.

1. При підвищенні ціни на електроенергію необхідно впроваджувати енергозберігаючі технології, а саме використання на Головній насосній станції Інгулецької зрошувальної системи – пристрою плавного пуску.

2. Впровадження пристрою плавного пуску дозволить щорічно економити приблизно від 5 до 10 % електроенергії і відповідно коштів.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про енергозбереження» (3260-IV (3260-15) від 22.12.2005).

2. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных установках. М., 1998.

3. Землі Інгулецької зрошувальної системи: стан та ефективне їх використання: Монографія. За ред. В.Л. Нікішенка. Київ: Вид-во УААН. 2009. 375 с.

4. Энергосбережение при работе насосных станций оросительных и осуши-тельных систем Украины. Пособие. Київ: Світ, 1999. 144 с.

УДК 626.81

УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ СЛОВАЧЧИНИ В КОНТЕКСТІ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

Хільчевський В.К., Кара М.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ
mariakarochka@gmail.com

На кафедрі гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка виконуються дослідження з управління водними ресурсами сусідніх з Україною держав, з якими вона має не лише кордони, але й спільні транскордонні річкові басейни [1-3]. До таких країн належить, зокрема, Словаччина, яка є континентальною державою, що не має виходу до моря.

Словаччина – держава в Центральній Європі, офіційна назва – Словацька Республіка. Населення становить 5 млн 443 тис., площа – 48 845 км^2. Словаччина стала незалежною державою 1 січня 1993 р. після мирного розпаду Чехословаччини. Загальна протяжність кордонів – 1474 км. Межує з державами: Австрією протягом 91 км, Чехією – 197 км, Угорщиною – 676 км, Польщею – 420 км, Україною – 90 км. Протяжність території країни із півночі на південь становить близько 210 км, зі сходу на захід – 430 км. Столицею та найбільшим містом є Братислава (416 тис. жителів). Територія Словаччини поділена на 8 країв.

Словаччина є членом Європейського Союзу (2004 р.), членом НАТО (2004 р.). Дипломатичні відносини між Словаччиною та Україною встановлені 1 січня 1993 р.

Головний європейський вододіл проходить через Словаччину, тому 96 % її території належить до басейну Чорного моря, а 4 % – до Балтійського моря (північна частина країни). Басейн Чорного моря на території країни поділяється на два основні річкові басейни – Дунаю і Тиси, яка є лівою притокою Дунаю. Кордон між притоками Дунаю і Тиси є головним вододілом всередині країни [6].

Головний європейський вододіл і головний словацький вододіл поділяють територію Словаччини на три основні басейни: 1) водозбірну територію приток Дунаю (річки Морава, Ваг, Нітра, Грон, Іпель); 2) водозбірну територію Тиси із системою р. Бодрог (річки Латориця, Лаборець, Уж, Ондава, Тепла) та р. Слана (річки Бодва, Горнад, Ториса); 3) невеликий басейн р. Дунаєць (з притокою р. Попрад), який впадає у р. Вісла на території Польщі.

Згідно з гідрографічним районуванням території Словаччини, виконаним за вимогами Водної рамкової директиви ЄС з метою управління водними ресурсами, виділяється 2 райони річкових басейнів (РРБ) – Дунаю та Вісли (рис. 1):

- РРБ Дунаю включає 9 суббасейнів річок: власне Дунай (на кордоні з Угорщиною); Морава; Ваг; Грон; Іпель; Слана; Бодва; Горнад; Бодрог (з Тисою).

– РРБ Вісли включає один суббасейн – р. Дунаєць і р. Попрад.

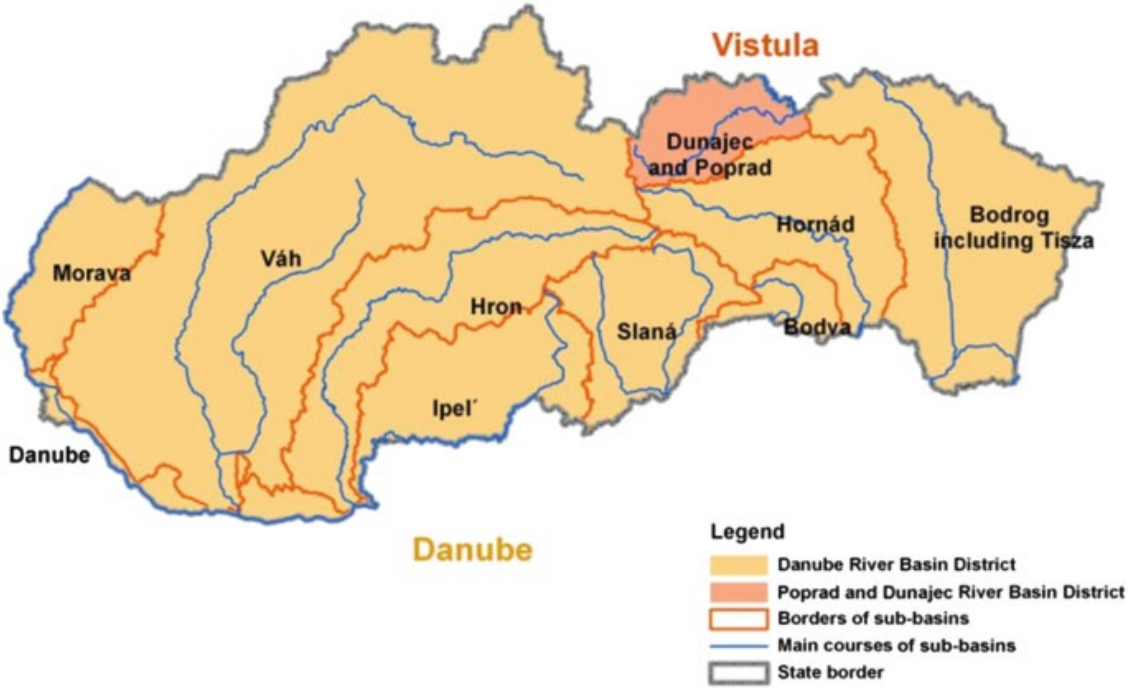


Рисунок 1 – Картосхема гідрографічного районування території Словаччини згідно з положеннями ВРД ЄС, яке виділяє два райони річкових басейнів – Дунаю та Вісли [9]

Водні ресурси. Середньорічний обсяг загальних відновних водних ресурсів Словаччини становить 50,1 км^3/рік [4]. *Загальні водні ресурси на 1 людину* в країні становлять 9196 м^3/рік, що у порівнянні з пороговими значеннями індикатора водного стресу Фалькенмарк означає стабільні водні ресурси (водні ресурси стабільні > 2500 м^3/рік; водна вразливість – 1700-2500; водний стрес < 1700; водний дефіцит < 1000; абсолютний водний дефіцит < 500). Але *внутрішні водні ресурси на 1 людину* становлять 2299 м^3/рік. Це означає, що країна має високий коефіцієнт зовнішньої залежності водних ресурсів ($К_З$), який сягає 75 %.

Згідно з довідником по водному господарству, опублікованому Міністерством довкілля Словацької Республіки в 2022 р., протягом 1995-2021 рр. відбулося значне скорочення використання водних ресурсів у країні [8]. Так, загальний забір поверхневих вод скоротився у 3,3 рази – з 781,1 млн м^3 (1995 р.) до 240,3 млн м^3 (2021 р.). Скорочення водокористування за галузями відбулося наступним чином: у сільському господарстві – в 4,5 рази; у промисловості – в 3,7 рази; у комунальному водопостачанні – в 1,4 рази.

Також відчутно змінилася структура водокористування між галузями (табл. 1). Якщо частка комунального водопостачання в 1995 р. становила 8,3 % від загального водокористування, то в 2021 р. вона зросла до 19,9 %. Відповідно зменшилися частки промисловості (з 84,1 % до 74,7 %), сільського господарства (з 7,6 % до 5,4 %).

У Словаччині підземні води є важливим джерелом постачання населення питною водою – 74 % від загальної кількості поданої води, 26 % – поверхневі води [5].

Таблиця 1 – Частка галузей у використанні водних ресурсів у Словаччині в 1995 р. та 2021 р., % (укладено за [8])

Галузі	1995	2021
Комунальне водопостачання	8,3	19,9
Промисловість	84,1	74,7
Сільське господарство	7,6	5,4
Всього	100	100

Управління водними ресурсами. Міністерство довкілля Словацької Республіки є центральною державною установою, відповідальною за розвиток та охорону довкілля, включаючи управління водними ресурсами, забезпечення стабільних якісних та кількісних характеристик водних ресурсів та їх раціональне використання, протипаводкові заходи та рибальство (рис. 2).



Рисунок 2 – Структура управління водними ресурсами Словаччини

Розроблено Водний план Словаччини, який складається з з планів управління водозбірних територій:

а) басейну Дунаю, який містить окремі плани управління для суббасейнів річок Морава, Дунай, Ваг, Грон, Іпель, Слана, Бодва, Горнад, Бодрог;

б) басейну Вісли, який містить план управління для суббасейнів річок Дунаєць і Попрад.

Окрім національних планів управління басейнами річок, Словаччина бере участь у створенні міжнародних планів, які координуються Міжнародною комісією з охорони річки Дунай (ICDPR), а саме:

– план управління міжнародним басейном Дунаю;

– план управління міжнародним суббасейном Тиси.

Словацька водогосподарська компанія (Slovenský vodohospodársky podnik – SVP) під егідою Міністерства довкілля здійснює управління водними ресурсами країни на басейновій основі. Вона належить до стратегічно важливих державних

підприємств, оскільки управляє винятковою власністю держави. Компанія забезпечує догляд за водними шляхами та побудованими на них спорудами, піклується про кількість та якість поверхневих та підземних вод, відповідає за захист від повеней та створення умов судноплавства [7].

У сфері управління водними ресурсами країни також задіяні інші установи: науково-дослідний інститут водного господарства, Словацький гідрометеорологічний інститут, геологічний інститут Діоніза Штура. Моніторинг питної води та вод, призначених для купання, знаходиться у віданні Міністерства охорони здоров'я Словацької Республіки та здійснюється Управлінням охорони громадського здоров'я.

Висновки. Словаччина є континентальною державою, яка не має виходу до моря. Через те, що Головний європейський вододіл проходить через Словаччину, 96 % її території належить до басейну Чорного моря, а 4 % – до Балтійського моря (північна частина країни).

Згідно з гідрографічним районуванням території Словаччини, виконаним за вимогами Водної рамкової директиви ЄС, виділяється 2 райони річкових басейнів (РРБ) – Дунаю та Вісли. РРБ Дунаю поділяється на 9 суббасейнів. Розроблені і затверджені плани управління річковими басейнами.

В країні створено сучасну інституційну структуру управління водними ресурсами під егідою Міністерства довкілля Словацької Республіки. Основною організацією при цьому є Словацька водогосподарська компанія.

Посилання

1. Хільчевский В.К. Водні ресурси країн Європи: характеристика на основі бази даних FAO-Aquastat. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2023. № 1(67). С. 6-16.

2. Хільчевський В.К. Гідрографія та водні ресурси Європи: навч. пос. К. ДІА, 2023. 308 с.

3. Хільчевский В.К. Особливості гідрографії Європи: річки, озера, водосховища. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2022. № 4(66). С. 6-16.

4. Aquastat FAO. Country Profile - Slovakia. URL: https://www.fao.org/aquastat/en/countries-and-basins/country-profiles/country/SVK

5. Drinking water sources in Slovak Republic. URL: https://pitnavoda.enviroportal.sk/uploads/tmp/Letak-EN.pdf

6. Holko L., Pekárová P., Szolgay J., Miklánek P., & Babiaková G. History of hydrological research in Slovakia and its links to water management. Hydrological Sciences Journal. 2024. Special is.: History of hydrology. DOI: https://doi.org/10.1080/02626667.2024.2422532

7. Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik. Web site. URL: https://www.svp.sk/sk/uvodna-stranka/odstepne-zavody/

8. Vodné hospodárstvo v Slovenskej republike v roku 2021. Bratislava, 2022. 42 s. URL: https://www.vuvh.sk/wp-content/uploads/2023/10/VH_za-rok-2021.pdf

9. Zeleňáková M., Fendeková M. Key Facts About Water Resources in Slovakia. In: Negm, A., Zeleňáková, M. (eds). Water Resources in Slovakia: Part I. The Handbook of Environmental Chemistry, vol 69. Springer, Cham. 2018. https://doi.org/10.1007/698_2017_200

УДК 556.5

АКТУАЛІЗАЦІЯ СТАТУСУ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК У РАЙОНАХ ІНТЕНСИВНОГО ПРОЯВУ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ

Яцюк М.В., Шевченко А.М., Козицький О.М., Розлач З.В., Боженко Р.П.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
monitoring_protect@ukr.net

Території прилеглі або які знаходяться в безпосередній близькості до водних об'єктів мають особливий статус і відносяться до земель водного фонду. Обмеження щодо здійснення господарської діяльності на них залежать від типу (категорії) самого водного об'єкта. Динамічний розвиток поверхневих водних об'єктів, зокрема річкових систем, інколи призводить до значних морфологічних перетворень, які кардинально змінюють гідрологічні характеристики, параметри та ознаки самого об'єкта. У свою чергу, це безпосередньо позначається на суміжних територіях, і може ставити під сумнів актуальність статусу, категорії та цільового призначення земельних ділянок.

Яскравим прикладом такої ситуації може слугувати територія поблизу с. Зелений Гай Чернівецького району Чернівецької області, розташована на березі р. Прут. Ще наприкінці 70-х років минулого століття русло р. Прут у районі вказаного населеного пункту протікало у двох практично рівнозначних рукавах, формуючи острів площею близько 1,7 км^2, що був розділений з'єднувальною протокою на дві частини (рис. 1а). У наступні роки лівобережний рукав поступово заносився наносами, за рахунок прибережних відкладень наносів зменшувалася його ширина і вже на початку нинішнього століття основним руслом річки залишилося правостороннє русло (рис. 1б). Потік у лівосторонньому руслі формувався головним чином тільки в період весняної повені і високих дощових паводків, основні об'єми річкового стоку транспортувалися правобережним рукавом. Станом на 2006 рік ширина лівостороннього рукава зменшилася до 25-40 м, тоді як ширина правого рукава перевищила 120 м. Рукав формувався за типом незавершеного меандрування, утворюючи дві меандри. Поряд з тим, на ділянці безпосередньо вище місця біфуркації, потоком було сформовано три великих алювіальних боковики, які надалі стали причиною різкої зміни русла на ділянці досліджень.

Боковики були відносно стабільними протягом тривалого часу, проте ситуація різко змінилася після проходження максимального паводку в липні 2008 року, під час якого відбулося сповзання одного з боковиків в сторону ввігнутого берега. Через різке зменшення живого перерізу між боковиками дещо вище за течією, відбулась їх часткова ерозія, а також розмив правого берега русла на ділянці перед місцем роздвоєння потоку.

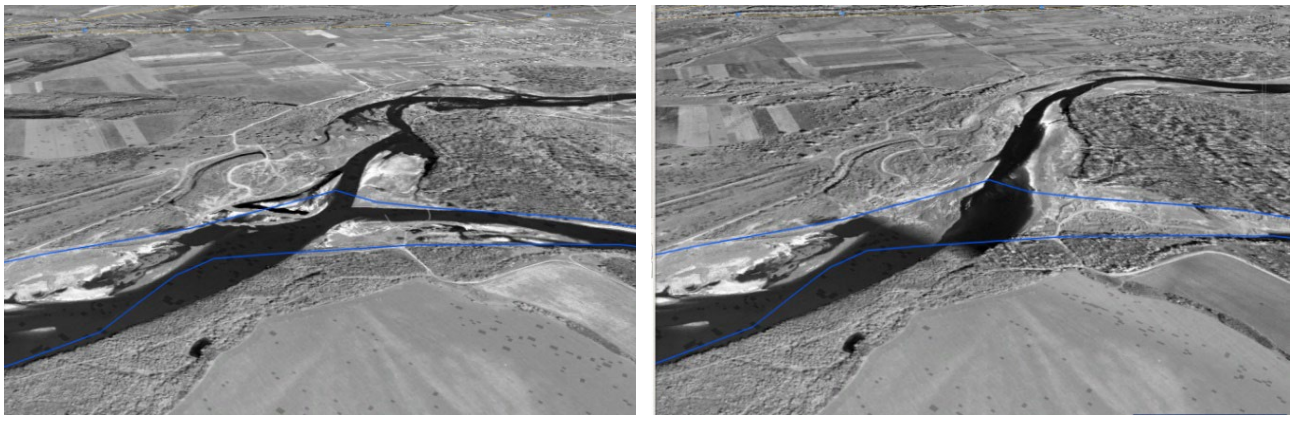


а) б)

Рисунок 1 – Русло р. Прут на ділянці досліджень: а) 1978 р. б) 2006 р.

Поряд з деформаціями берега і алювіальних форм відбувся розмив боковика і його сповзання вниз по правосторонньому руслу. У результаті цього значна частина руслових відкладів перемістилася у правостороннє русло, що обумовило значне занесення його верхньої ділянки та зменшення її ширини із 120 м до 55 м. Часткове занесення наносами правого русла спричинило перенаправлення основного об'єму паводкового потоку в лівостороннє русло, його інтенсивний розмив і збільшення живого перерізу. Таким чином, у результаті проходження паводку 2008 року відбулося відновлення русла лівостороннього рукава, який за своїми морфологічними параметрами став співрозмірним з правостороннім рукавом.

Подальші значні планові руслові деформації, які визначили сучасний обрис русло-заплавного комплексу на даній ділянці, відбулись у період проходження максимального паводку в липні 2010 року. Аналіз динаміки берегової лінії за період паводку свідчить, що правий ввігнутий берег перед місцем роздвоєння потоку продовжив розмиватися, а розмиті наноси відклалися у верхів'ї правостороннього рукава, що призвело до його повного занесення і перенаправлення усього руслового потоку в лівосторонній рукав (рис. 2).



а) б)

Рисунок 2 – Суміщені панорамні космічні знімки ділянки біфуркації потоку р. Прут: а) після проходження паводку 2008 р.; б) після проходження паводку 2010 р. Синім кольором показана берегова лінія річки та правостороннього рукава до паводку 2008 р.

У наступні роки відбувся подальший розмив ввігнутого правого берега русла і намив випуклого лівого та повне занесення і заростання верхньої ділянки правого рукава русла. Руслові акумулятивні форми у верхів'ї лівого рукава були повністю розмиті потоком унаслідок чого значно зросла площа живого перерізу лівого рукава. Все це обумовило повний перерозподіл потоку в лівий рукав, який перетворився на основне і єдине русло річки на даній ділянці. Уся верхня ділянка правого русла до самих брівок заповнилась русловими відкладами, заросла чагарниками і лозою.

Виконаний аналіз динаміки руслових процесів на ділянці біфуркації потоку р. Прут засвідчує, що в результаті руслових деформацій, які відбулися в руслі, головним чином у максимальні паводки 2008 і 2010 років, стався повний перерозподіл потоку з правого рукава у лівий. Верхня ділянка правого рукава повністю занесена наносами, русло перетворилося в старицю, відмежовану від основного русла. Русло стариці сильно зарослe чагарником, верболозом та очеретом. Воно наповнюється водою на короткий період тільки під час високих паводків, коли потік затоплює заплаву. Під час таких паводків течія в старицi невелика через високу шорсткість русла внаслідок суцільного її заростання рослинністю. Через невисоку швидкість потоку наноси, що надходять у русло в період паводків не транспортуються вниз за течією, а у основній масі відкладаються на верхній ділянці, поступово заповнюючи усе русло стариці.

У ході натурних досліджень на ділянці в 2024 році виявлено, що зі сторони основного русла колишній витік правого рукава повністю занесений русловими наносами, а його русло не простежується зовсім. У результаті розвитку звивини в місці роздвоєння потоку основного русла берег набув увігнутої форми. Сліди старого рукава відсутні повністю, а його верхів'я на місцевості простежується лише через відсутність на поверхні деревної рослинності та за залишками занесеного паводковим потоком сміття. Увесь потік річки перемістився в лівосторонній рукав, який став основним руслом.

Таким чином, у результаті зазначених деформацій острів, що раніше існував між двома функціонуючими рукавами річки Прут, на сьогодні перетворився на частину правосторонньої заплави річки (рис. 3).

Згідно зі статтею 4 Водного кодексу України, землі, зайняті островами, належать до земель водного фонду. Відповідно, уся територія між зазначеними рукавами Прута, включаючи територію дослідження, раніше де-юре належала до земель водного фонду, на які розповсюджувалися вимоги щодо обмеження господарської діяльності, визначені статтею 89 Водного кодексу України. Після проходження катастрофічних паводків на р. Прут у 2008 та 2010 роках острів перестав існувати, а землі по факту перестали належати до категорії земель водного фонду за винятком прибережної захисної смуги (ПЗС) шириною 50 м від урізу меженного рівня річки.

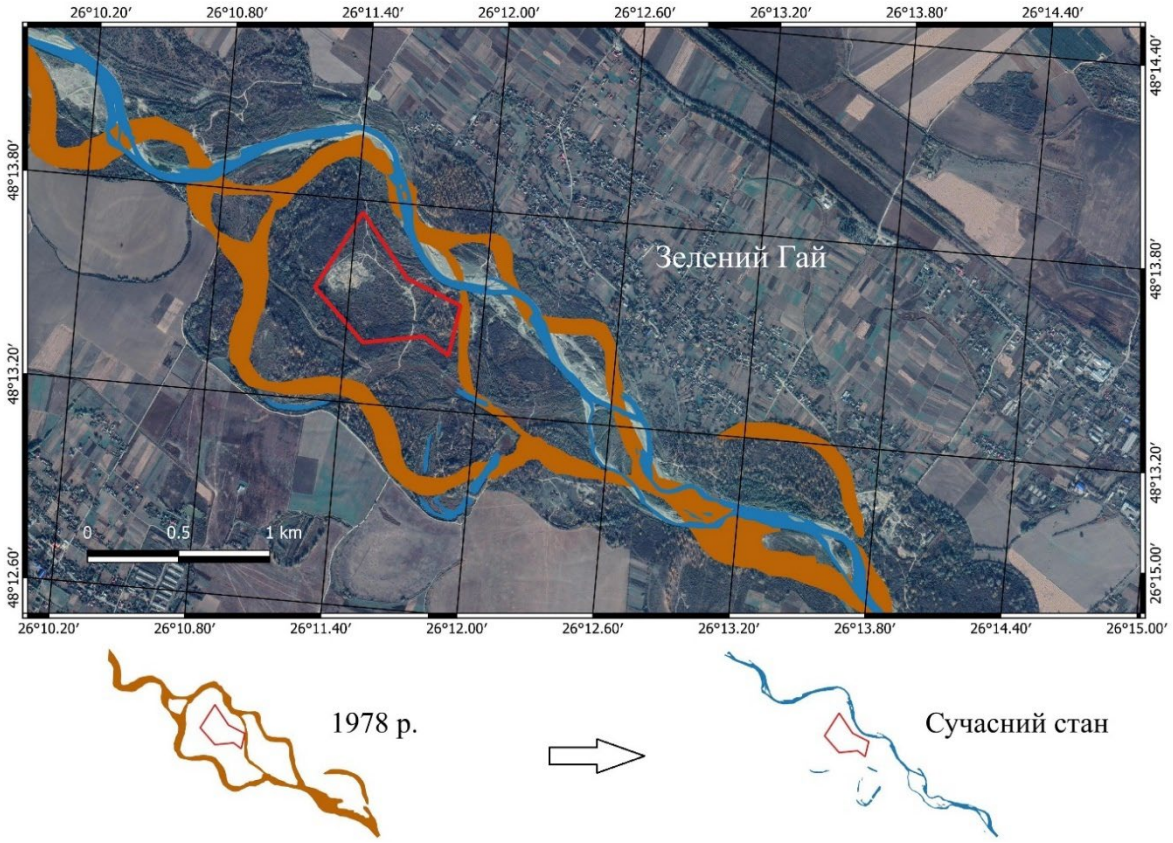


Рисунок 3 – Втрата статусу острова території розташування ділянки поблизу с. Зелений Гай в Чернівецькому районі Чернівецької області унаслідок руслових деформацій русла річки Прут. Червоним кольором зображено ділянку досліджень

Для здійснення будь-якої подальшої діяльності необхідно змінити цільове призначення земельної ділянки відповідно з конкретним напрямом її подальшого використання. При зміні цільового призначення земельних ділянок здійснюється зміна категорії земель та/або виду цільового призначення, проте правовий порядок щодо переведення земель водного фонду в іншу категорію земель в Україні відсутній. Тому актуальним і необхідним є знаходження механізмів та вирішення питання переведення земель водного фонду в інший статус на законодавчому рівні. Віднесення земельних ділянок до певних категорії та виду цільового призначення має відповідати Класифікатору видів цільового призначення земельних ділянок. Зміна цільового призначення земель повинна виконуватися відповідно до вимог статті 20 Земельного кодексу України.

UDC 502.131.1:556.166(4+477)

USING NATURE-BASED SOLUTIONS TO REDUCE FLOOD RISKS: EUROPE'S EXPERIENCE AND PROSPECTS FOR UKRAINE

Baklanova T.V.

Kherson State Agrarian and Economic University, Kropyvnytskyi
baklanova_t@ksaeu.kherson.ua

Floods are natural phenomena that, amid global climate change and the increasing anthropogenic impact on the environment, are occurring more and more frequently, causing significant economic, social, and environmental harm. Traditionally, flood control measures have involved artificial structures: dams, channels, spillways. While these solutions often address the problem at a local level, they do not always provide sustainable results in the long run. Instead, an approach based on Nature-Based Solutions is gaining popularity—restoring natural ecosystems, preserving floodplains, renaturing rivers, and creating «green» plantings. These measures, by combining environmental and economic benefits, increase the resilience of areas to flooding while also improving the condition of aquatic and terrestrial ecosystems [1, 2].

Nature-based solutions (Fig. 1) aim at the restoration and conservation of natural processes that typically act as a «buffer» during heavy precipitation and floods [3].

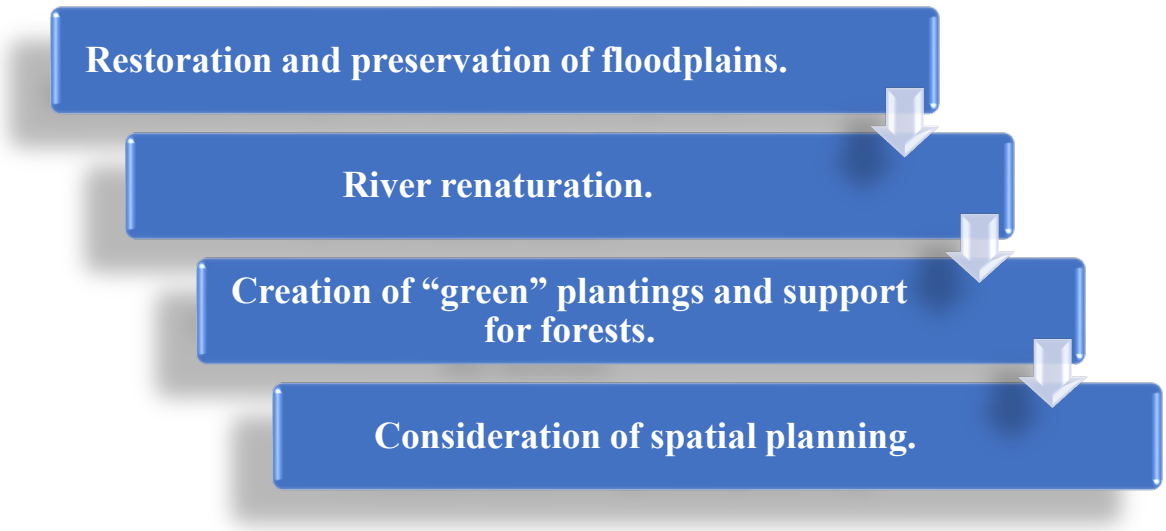


Figure 1 – Main Directions of Nature-Based Solutions

Floodplains play a key role in regulating the water regime, as they allow excess water to spread naturally and gradually seep into the soil or return to the river channel. By restoring floodplains, communities not only reduce the risk of flooding but also enhance opportunities for biodiversity and recreation.

Straight, regulated river channels promote rapid water runoff and can intensify the destructive power of floods. Renaturation involves restoring the natural meanders

of the channel, creating spawning grounds, and establishing habitats for aquatic organisms. This approach helps «slow down» the water and therefore reduce flood flow volumes [4].

Fields and forests act like natural sponges, absorbing rainwater and gradually returning it to the atmosphere or to groundwater. Expanding forested areas in river basins significantly lowers the risk of soil erosion and reduces the speed and magnitude of flood surges.

Development in water protection zones and along shoreline areas without accounting for ecological conditions introduces additional threats. Proper planning of construction zones and fuel-energy facilities, creating green corridors, and preserving natural landscapes helps avoid the buildup of excess water in high-risk areas.

In European countries, the implementation of nature-based solutions has been proving its effectiveness for decades.

«Room for the River» Program (the Netherlands) [5]. In this country, which constantly faces flood risks, government and public initiatives focus on "returning" rivers to their natural channels and expanding floodplain areas. This reduces the risk of major floods and allows citizens to reclaim recreational spaces for leisure and tourism.

Elbe River Floodplain Regeneration (Germany). Some German states have carried out projects to restore former floodplains, significantly increasing these areas' capacity to hold floodwaters. At the same time, natural landscapes have been restored, ecotourism opportunities have expanded, and habitats have been established for many species of birds and fish [6].

Green Infrastructure (United Kingdom). Cities are actively developing green roofs, parks, and constructed wetlands to collect and slowly channel away stormwater. Such measures not only reduce the strain on urban drainage systems but also make urban spaces more attractive and beneficial for residents' health.

These concepts successfully demonstrate the advantages of an integrated approach, in which economic benefits (reducing flood damage) are combined with environmental and social benefits (improving water quality, developing the recreational sector, and preserving biodiversity).

The flood issue is most acute in mountainous and foothill regions, particularly in the Carpathians. The previously extensive forest cover in these areas helped hold back flash floods, but deforestation and global climate change have heightened the risks [1]. In Ukraine's lowland regions, floods can also be triggered by heavy rainfall and poor infrastructure in canals and drainage systems.

Ukraine has a vast network of water resources and significant natural potential for applying nature-based solutions. However, there are several factors that must be taken into account when implementing these measures (Fig. 2).

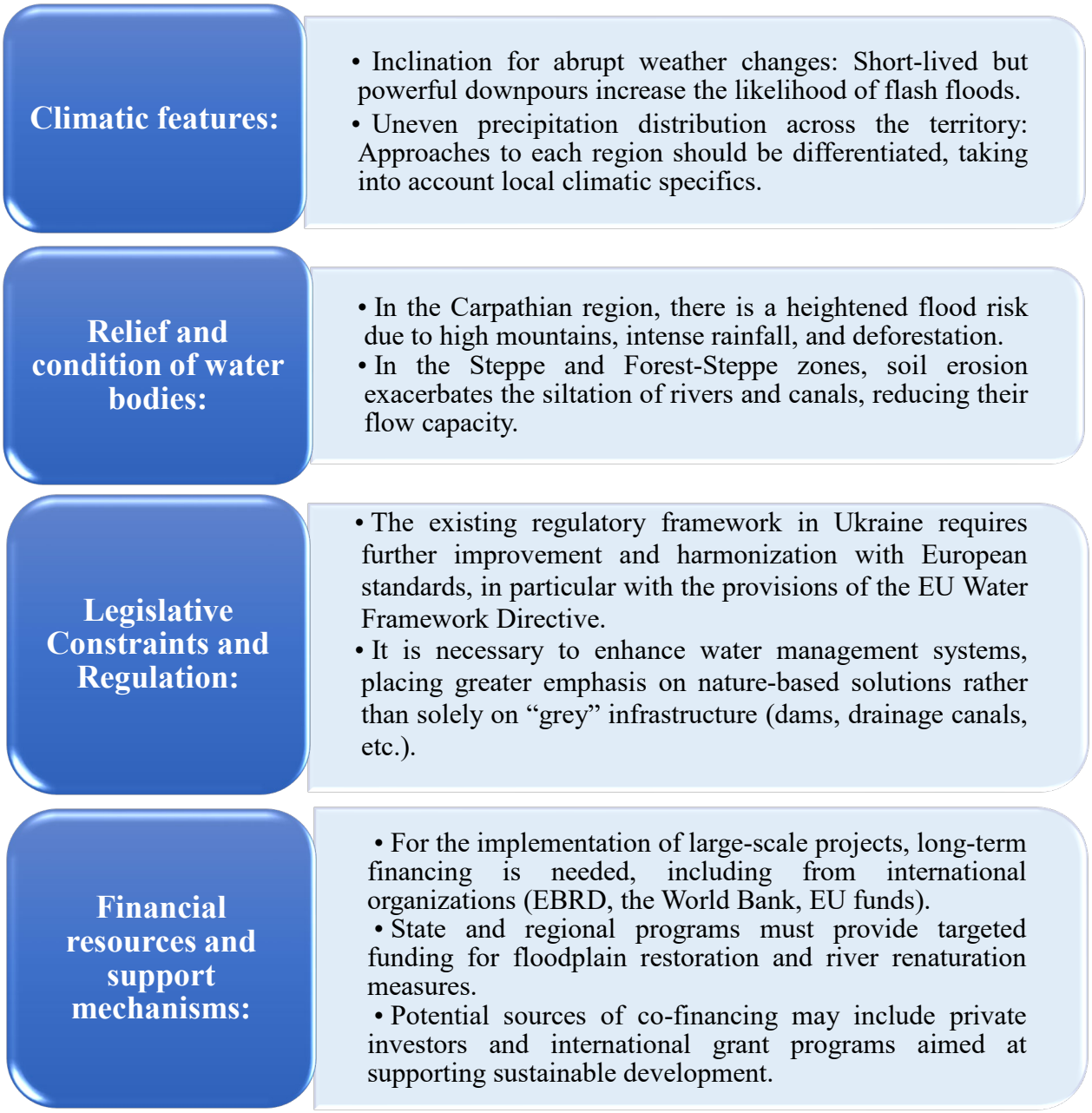


Figure 2 – Factors to consider when implementing nature-based solutions

Nature-based solutions have proven effective in reducing flood risks in various European countries. Their implementation in Ukraine is a promising path toward creating infrastructure that is more resilient to natural disasters. For these measures to be successfully carried out, it is necessary to:

- Adapt European experience, taking into account local natural-climatic and socio-economic specificities.
- Align legislation with EU regulations and directives, stimulating a favorable environment for NBS.
- Ensure adequate funding for projects through state and international programs, as well as private investments.
- Involve the public in planning and implementation, bearing in mind that people living in a particular area are most interested in effective flood protection.

Nature-based solutions for reducing flood risks are becoming ever more relevant, especially against the backdrop of global climate change. European experience has

shown that it is advisable to combine «green» and «gray» infrastructure approaches: even the best dams and reservoirs sometimes cannot replace the natural buffers formed by floodplains, forests, and wetlands.

Ukraine has a broad scope for implementing these approaches – from the Carpathian region, with its high flood risks, to the steppe zones and coastal areas. Prospects depend on improving the legislative framework, developing comprehensive water management programs, attracting financing from international funds, and ensuring active public participation. It is precisely the synergy among government bodies, scientists, businesses, and local residents that can provide a solid foundation for the long-term reduction of flood risks, improvement of water resources, and the development of sustainable ecosystems in Ukraine.

Reference

1. Bosch M., Revelli R. Ecosystem-based approaches for flood risk management: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 754. P. 2021143205. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143205

2. Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C. Maginnis S. (Eds.) Nature-Based Solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN. 2016. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en

3. Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (Eds.). Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas – linkages between science, policy and practice. Springer. 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5

4. Raymond C. M., Frantzeskaki N., Kabisch N., et al. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science Policy*, 77. 2017. P. 15-24. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008

5. EEA. Green Infrastructure and Flood Management: Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions. *European Environment Agency Technical Report*. 2017. https://doi.org/10.2800/913019

6. European Environment Agency. Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction. EEA Report No 01/2021. 2021. https://doi.org/10.2800/919315

УДК 631.67:556.3:631.81

ФОРМУВАННЯ СОЛЬОВОГО БАЛАНСУ РИСОВИХ КАРТ-ЧЕКІВ З ДРЕНАЖЕМ РІЗНИХ ПАРАМЕТРІВ В УМОВАХ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ ДРЕНАЖНО-СКИДНИХ ВОД НА ПРИДУНАЙСЬКИХ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Турченюк В.О., Кропивко С.М.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
v.o.turchenuk@nuwm.edu.ua

Однією з найгостріших проблем, яку потрібно сьогодні вирішувати експлуатаційним організаціям є питання використання дренажно-скидних вод (ДСВ) рисових зрошувальних систем (РЗС) [1, 2]. На вирощування 1 га рису використовується 18-30 тис.м^3 води, близько 50% якої витрачається на фільтрацію та технологічні скиди [3-5]. Щорічний водозабір з Дунаю на рисові системи складав від 250 млн.м^3 на початку 70-х років минулого століття і до 60 млн. м^3 у сучасних умовах. Відведення дренажних скидів у водні об'єкти призводить до часткової зміни їх мінералізації, забруднення засобами хімізації. Як показує досвід експлуатації більшості рисових систем як в Україні, так і за кордоном, величина скидів складає 30-70 % від об'єму водозабору, що подається на зрошення. Мінералізація такої води, як правило, невисока і знаходиться в межах від 0,5 до 3-5 г/л.

Особливістю Придунайських РЗС є те, що вони знаходяться на обвалованих територіях і на них, як подача води на зрошення з річки Дунай, так і відведення ДСВ за межі кожної з рисових систем у Дунай здійснюється насосними станціями. Тому, як для подачі води на зрошення, так і для відведення ДСВ щорічно витрачаються значні енергоресурси.

Виходячи з викладеного, використання дренажно-скидних вод Придунайських рисових систем на зрошення культур рисових сівозмін дозволяє одночасно вирішувати дві проблеми: по-перше-зменшити забруднення річки Дунай та акваторії Чорного моря, а по-друге суттєво економити енергоресурси, які необхідно витрачати на перекачування дренажно-скидних вод в річку насосними станціями.

З метою вивчення доцільності повторного використання дренажно-скидних вод Придунайських РЗС для поливу рису, нами впродовж 5 років проводились дослідження сольового балансу рисових поливних карт-чеків з дренажем з різними міждренними відстанями (200, 250 та 500 м).

Найбільш достовірне і повне уявлення про напрям сольових процесів в ґрунтах і ґрунтових водах рисової карти, а значить і об'єктивна оцінка роботи дренажно-скидної мережі на ній може бути отримана при складанні сольового балансу, який враховував би зміну запасів солей в ґрунтах, ґрунтових водах, надходження солей зі зрошувальної водою і винесення їх з дренажно-скидною водою, інші складові як прибуткової, так і витратної частини такого балансу.

Дослідження проводилися відповідно до типових методик [2, 3]. Сольовий баланс складався для 3-х метрового шару ґрунтів і ґрунтових вод кожної з карт в період вирощування рису на них і базувався на даних водного балансу. Середньозважені запаси солей в ґрунтах і ґрунтових водах визначалися на дослідних картах і в ті роки, коли на них вирощувались супутні рису культури. З метою отримання порівнюваних даних, потужність зони аерації приймалася рівною 1,2 м, а потужність товщі ґрунтових вод в балансовому шарі – 1,8 м.

Наші дослідження показали, що при створенні підпорів води в картових зрошувачах та господарських скидах мінералізація ДСВ знаходилась в межах 1,0-1,7 г/л. Нами була проведена оцінка придатності для зрошення поливної води, при змішуванні ДСВ та прісної річкової води за методиками Буданова, Антипова-Каратаєва й Кадера, Можейко-Воротніка, Департаменту сільського господарства США (за натрієво-адсорбційним відношенням SAR) [2]. Розглядались варіанти розбавлення в таких співвідношеннях: а) 1:2; б) 1:1; в) 2:1. Оцінка поливної води за вказаними вище методиками показала, що за мінералізації ДСВ в 1,35 г/л і мінералізації дунайської води 0,29 г/л, найбільш придатною для зрошення є поливна вода, яка утворюється в результаті змішування ДСВ та прісної води у співвідношенні від 1:1 до 1:2.

В ході п’ятирічних досліджень на картах-чеках дослідних ділянок при вирощуванні рису витримувався вкорочений режим зрошення, при якому з середини фази кущіння до початку фази дозрівання рису (впродовж більш ніж 50 діб) для поливу рису подавалась суміш слабомінералізованої дренажно-скидної та прісної річкової води в співвідношенні 1:2. Мінералізація змішаної води знаходилась в межах 0,6-1,0 г/л (рис. 1).

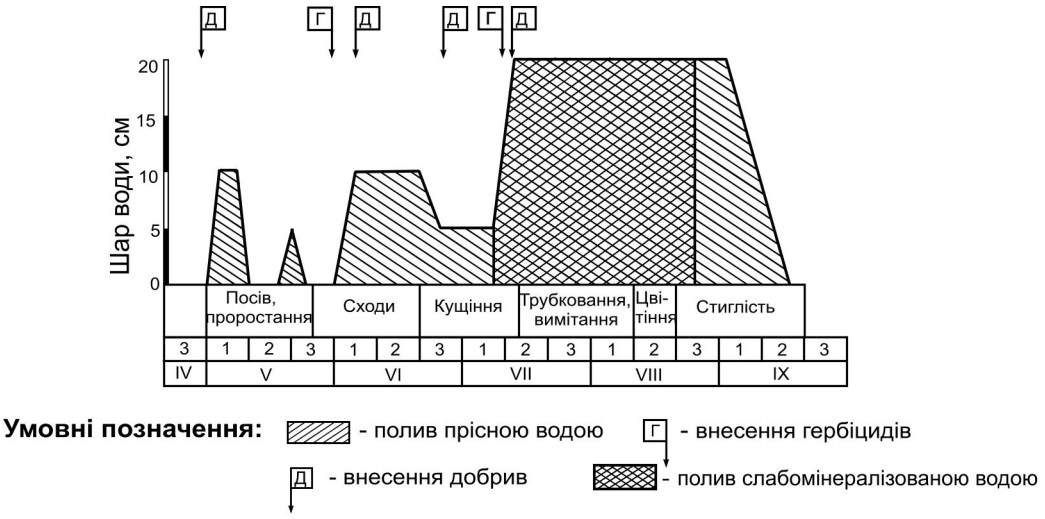


Рисунок 1 – Водний режим рису при поливі слабкомінералізованими водами

Дослідження проводилися на трьох експериментальних ділянках. Перша ділянка складалася з двох карт-чеків з дренажем (КЧД) зі зрошувачем-скидом одностороннього командування, середня глибина якого складала 0,7 та з міждренною відстанню 200 м. Друга ділянка складалася також з двох карт-чеків з дренажем з міждренною відстанню 250 м. Третя ділянка складалася з двох карт-чеків з дренажем зі зрошувачами-скидами одностороннього командування, але міждренна відстань для першої карти становила 250 м, а для другої – 500 м.

Схеми карт-чеків з дренажем (КЧД), що складають дослідні ділянки приведені на рисунку 2.

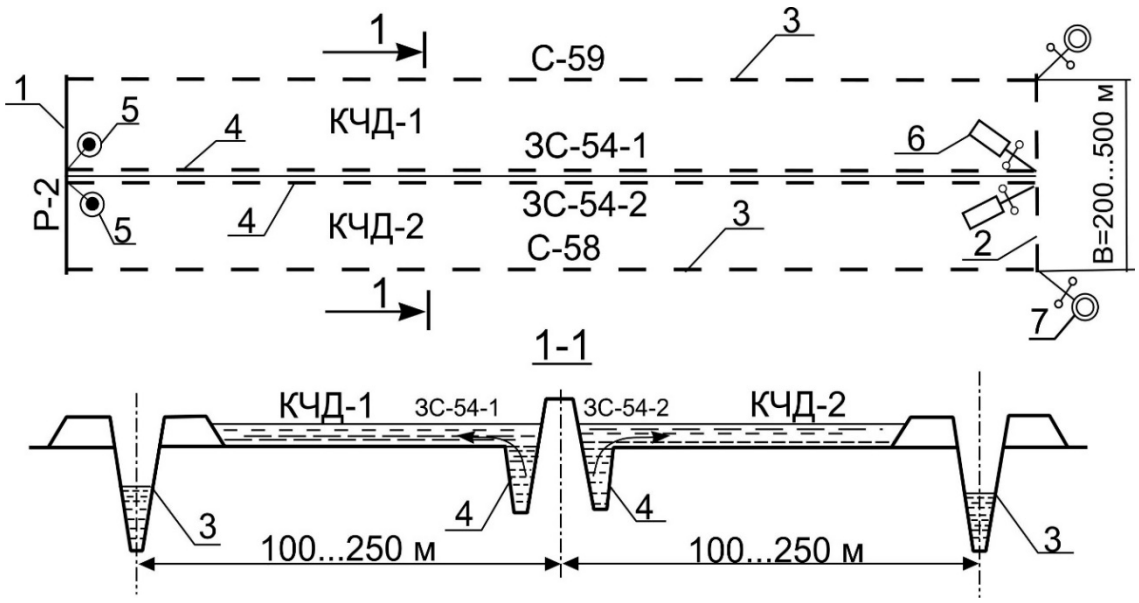


Рисунок 2 – Схеми дослідних карт-чеків з дренажем (КЧД) Придунайських рисових систем: 1 – розподільний канал; 2 – господарський скидний канал; 3 – картова дрена; 4 – зрошувач-скид одностороннього командування; 5 – водовипуск з розподільчого каналу в зрошувач-скид; 6 – водовипуск зі зрошувача-скиду в скидний канал; 7 – водовипуск з картової дрени в скидний канал

На підставі щорічних сольових балансів нами були складені усереднені сольові баланси для КЧД різних параметрів (табл. 1). Аналіз сольових балансів проведено з врахуванням структури і динаміки основних складових. Порівняння сольових балансів карт-чеків з різними параметрами дослідних ділянок показав наступне. Зіставлення інтенсивності зниження запасів солей в 1,2 м шарі ґрунтів на картах-чеках з міждреннями 200, 250 і 500 м можна провести тільки в відносних показниках, тому що запаси солей в т/га на цих ділянках суттєво відрізнялися. Як видно з таблиці 1, в середньому за сезон при вирощуванні рису затопленням запаси солей в активному шарі ґрунту знижувалися на 7-9 % незалежно від величини міждренних відстаней. Проте на КЧД з міждренням 500 м розсолення по площі відбувалось нерівномірно. Інтенсивне розсолення відбувалось вздовж картового зрошувача-скиду та вздовж картової дрени, а в центральній частині карти розсолення практично не відбувалось.

Порівняння інтенсивності зниження солезапасів в ґрунтових водах для карт-чеків з різними міждреннями показує, що при міждреннях 250 і 250 м вона практично не відрізнялася і становила 19,08-24,81 % від вихідних солезапасів і в 2 рази перевищувала цей показник на КЧД з міждренням 500 м, де він в середньому становив лише 11,41 % від вихідних солезапасів. З огляду на такі низькі темпи розсолення ґрунтових вод на КЧД з міждренням 500 м, а також на той факт, що на кінець досліджень запас солей в ґрунтових водах цієї карти залишався значним, можна зробити висновок, що домогтися бажаного розсолення ґрунтових вод на цій карті неможливо.

Таблиця 1 – Сольовий баланс карт-чеків з дренажем різних параметрів при поливі слабомінералізованими водами (в середньому за п'ятирічний період досліджень)

Елементи сольового балансу	КЧД, В=200 м		КЧД, В=250 м		КЧД, В=500 м	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Запаси солей в ґрунті в квітні в шарі 1,2 м	31,60	32,16	41,49	41,22	98,86	38,55
Запаси солей в ґрунтових водах в квітні в шарі 1,8 м	55,53	56,51	48,58	48,28	147,54	57,54
Надходження солей із зрошувальними водами	9,63	9,80	9,09	9,04	8,55	3,33
Надходження солей з добривами	1,50	1,53	1,46	1,46	1,50	0,58
Всього солей в балансовому шарі (3 м) в квітні	98,26	100,0	100,62	100,0	256,45	100,0
Запаси солей в листопаді в шарі 1,2 м	24,36	24,80	32,33	32,13	79,02	30,81
Запаси солей в ґрунтових водах в листопаді в шарі 1,8 м	40,25	40,96	34,82	34,60	127,90	49,87
Винесення солей з дренажними водами	34,07	34,67	27,76	27,59	41,16	16,05
Винесення солей зі скидними водами	1,83	1,86	1,77	1,76	2,14	0,83
Винесення солей з урожаєм	1,24	1,26	1,25	1,25	0,88	0,35
Солеобмін з нижніми горизонтами	-3,49	-3,55	2,69	2,67	5,35	2,09
Всього солей в балансовому шарі (3 м) в листопаді	98,26	100,0	100,62	100,0	256,45	100,0

Висновки.

1. При використанні для зрошення рису впродовж частини вегетаційного періоду (понад 50 діб) дренажно-скидних вод, змішаних з прісною водою р. Дунай в співвідношенні 1:2 на КЧД з міждреннями 200, 250 і навіть 500 м відбувалось розсолення ґрунтів і ґрунтових вод у всі роки спостережень. Найбільш інтенсивне зниження вмісту солей характерне для найменшого міждрення, а найменш інтенсивне – для найбільшого.

2. Інтенсивність розсолення на КЧД з міждреннями 200 і 250 м відрізняються несуттєво; при міждреннях 500 м не можна домогтися високих темпів розсолення ґрунтів і ґрунтових вод по всій площі карти, тому такі карти необхідно переобладнати в КЧД з міждренням 250 м.

3. Завдяки використанню ДСВ на зрошення рису, по-перше зменшується забруднення джерел зрошення біогенними елементами та залишками гербіцидів й інсектицидів, що повністю не розклались; по-друге, відпадає необхідність у перекачуванні значної кількості прісної води з Дунаю для поливів рису та дренажно-скидних вод в Дунай, завдяки чому досягається економія прісної води та електроенергії.

Посилання

1. Рис в Україні: монографія. В.А. Сташук, А.М. Рокочинський, Л.М. Грановська. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 976 с.

2. Рис Придунав'я: [колективна монографія]. За ред. В.А. Сташука, А.М. Рокочинського, П.І. Мендуся, В.О. Турченюка. Херсон: Грінь Д.С., 2016. 620 с.

3. Kropyvko S.M., Turcheniuk V.O. Formation of the water regime and salt balance of the rice check card under the influence of the discharge irrigator. Scientific bulletin of NLTU of Ukraine, vol. 28, No. 1. 2018. P. 95-98.

4. Umirzakov S.I. (2009). Problems of the rational use of water resources and wastewater recycling. *Journal of Agricultural Science, 12*, 31-34.

5. Mathias Marcos, Hussain Sharifi, Stephen R. Grattan Bruce A. Linquist. Spatio-temporal salinity dynamics and yield response of rice in water-seeded rice fields. Agricultural Water Management, Volume 195, 1 January 2018, Pages 37-46.

УДК 330:504.06

ЕКОСИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ НА МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЛЯХ

Левковська Л.В., Мандзик В.М., Рижова К.І.

Інститут демографії та проблем якості життя НАН України, м. Київ
mandzykv@gmail.com

Характерним трендом останніх десятиліть у сфері управління водними ресурсами, особливо в розвинених країнах, які вже використали ті чи інші екстенсивні методи подолання вододефіциту і подальше їх застосування є недоцільним з економічного погляду у зв'язку із втратою у такому випадку низки незамінних послуг та благ природного середовища, є екосистемні методи управління водними ресурсами.

У загальному розумінні екосистема – це природний комплекс, створений живими організмами, з умовами їх існування, пов'язаними між собою обміном речовин і енергії, які утворюють систему взаємозумовлених біотичних та абіотичних явищ і процесів.

Екосистеми виробляють більшу частину відновлювальних ресурсів, а також відповідних послуг, на основі яких базується загальний добробут суспільства. Можливість використання цих ресурсів та послуг безпосередньо залежить від існування та належного функціонування цих екосистем. Поверхневі води суші можна розглядати як певну сукупність специфічних та різноманітних екосистем, а отже кількість та якість придатної для споживання води в межах певного водного об'єкта значною мірою залежить від стану відповідної екосистеми. Пригнічення, деградація або загибель прісноводної екосистеми неминуче призводить до погіршення якості, а інколи й наявної кількості прісної води. Стало функціонуюча екосистема знаходиться в стані рівноваги з навколишнім середовищем, потоки речовини в ній збалансовані. Стан відхилення від рівноваги, якщо він не перевищує саморегулюючі можливості екосистеми, досить швидко усувається. Надмірний антропогенний вплив на екосистему, що перевершує ці можливості, пригнічує її та ініціює деградаційні явища.

Ураховуючи це, можна стверджувати, що продуктивність водних джерел залежить як від комплексу опосередкованих факторів – збереження лісових екосистем, відтворення підземних вод, способу ведення сільського господарства на території басейну річки, так і прямих – обсягу забору води, стану верхових боліт, що живлять річкову систему, кількості скинутих стічних вод тощо. Таким чином, необхідною умовою вирішення проблеми вододефіциту є збереження та відновлення природних екосистем шляхом підтримки їх біологічного різноманіття, дотримання оптимальних норм лісистості, проведення екологічно обґрунтованих агромеліоративних заходів, збереження водно-болотних угідь тощо. Характерною особливістю таких заходів є те, що їх своєчасне проведення

дає змогу суттєво знизити майбутні фінансові затрати, пов'язані із налагодженням систем водозабезпечення.

Запровадження екосистемного підходу дасть змогу забезпечити збереження та стале відтворення агроеколандшафтів, а також розвиток соціально-культурного і біологічного різноманіття зон зрошення.

Екосистемний підхід пов'язаний із тим, яким чином використання людиною екосистем зачіпає їх функціонування і продуктивність. При екосистемному підході екосистеми розглядаються комплексно. Нині управління екосистемами пов'язано, як правило, з їх використанням для отримання одного домінуючого екосистемного товару або послуги. При екосистемному підході розглядається весь спектр можливих товарів і послуг й робиться спроба оптимізувати безліч благ, наданих цією екосистемою, а також іншими екосистемами. Мета екосистемного підходу полягає у тому, щоб домогтися ефективного і невиснажливого (сталого) функціонування екосистем.

Необхідно використовувати адаптивне управління, основними цілями якого мають стати збереження структури та функціонування екосистем, уміння керувати процесами, що відбуваються в них. При прийнятті рішень необхідно серед іншого враховувати економічну ситуацію на даній території, вплив на інші екосистеми та розуміти, що зміни є неминучими. Рішення мають бути максимально децентралізованими, довгостроковими, прорахованими у відповідних просторово-часових масштабах незалежно від можливих меж юрисдикції та мають бути спрямовані на збільшення поділу вигод.

Адаптивне управління системою зрошуваного землеробства має враховувати як комплексну і динамічну природу екосистем, так і відсутність повного розуміння механізмів їх функціонування. Процеси в екосистемах часто не мають лінійного характеру, а їх результати нерідко бувають відстроченими, у результаті чого відсутність суворих закономірностей може створювати певну неясність або приводити до несподіваних результатів. Управління системами має бути достатньо гнучким, щоб вчасно реагувати на виникаючі труднощі і використовувати у своїй тактиці елементи «навчання в процесі роботи» [1]. У низці ситуацій деякі заходи можуть проводитися навіть тоді, коли остаточний зв'язок причини і наслідків ще науково не встановлено.

До основних принципів екосистемного управління водними ресурсами на меліорованих землях можна віднести [2]:

1. Управління екосистемою зони зрошення має бути децентралізованим до найнижчого відповідного рівня.

Децентралізовані системи можуть призвести до більшої ефективності, результативності та справедливості. Нова адаптивна система управління іригаційним землеробством України має бути максимально децентралізованою, особливо на локальному рівні для забезпечення стійкого росту продуктивності, ефективності і справедливості розподілу та присвоєння ресурсів.

Інноваційне управління має охоплювати всі зацікавлені сторони та збалансовувати інтереси місцевих громад із більш масштабними інтересами суспільства. Новостворені асоціації водокористувачів та недержавні організації постачальників водогосподарських послуг, їх об'єднання повинні забезпечити нарощування обсягів корисного використання місцевих ресурсів, знань і

практичного досвіду. Розміщення новостворених органів управління безпосередньо в середині самої екосистеми дасть змогу підняти рівень відповідальності й оптимізувати підзвітність.

2. Пріоритетною метою екосистемного підходу є збереження структури та функцій екосистеми для підтримки екосистемних послуг.

Функціонування екосистеми та її стійкість в іригаційному землеробстві мають визначатися якістю внутрішніх та зовнішніх зв'язків між біологічними видами, всередині них та між ними, а також неживим їх оточенням, фізичною і хімічною взаємодією з навколишнім середовищем. Збереження, а подекуди й відновлення присвоювачами ресурсів цих взаємозв'язків в умовах іригації має набагато вагоміше значення для стійкості природного середовища та його біорізноманіття, ніж проста охорона ґрунтів, води і окремих видів.

3. Управління екосистемами має здійснюватися у межах їх функціонування.

Під час оцінки управління екосистемою зони зрошення особливу увагу слід приділяти тим факторам навколишнього середовища, які обмежують її природну продуктивність (родючість ґрунту, якість поливної води), структуру, функціонування та різноманітність. Природні та штучні екосистеми повинні підтримуватися в межах існуючого законодавства та механізмів контролю за станом довкілля. Також необхідно адекватно враховувати, що стійкість екосистеми різною мірою піддається впливам тимчасових, непередбачених або штучно створених факторів. Такі виклики, як обмеженість водних ресурсів, зміна клімату, недотримання вимог (принципів) «доброї сільськогосподарської практики», виводять управління екологічною системою за межі її проектного функціонування.

Посилання

1. Нечипоренко О.М. Роль екосистемного підходу в управлінні зрошуваним землеробством [Електонний ресурс]. О.М. Нечипоренко. Вісник ОНУ імені І.І. Мечникова. 2017. Вип. 8(61). Т.22. С. 33-39.

2. Report of the fifth meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice [Електроннийресурс]. Режим доступу: https://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-05/official/cop-05-03-ru.doc.

УДК 517:502.5:504.05:556

МОДЕЛЮВАННЯ ДИФУЗНОГО ЗАБРУДНЕННЯ СУББАСЕЙНУ РІЧКИ РОСЬ В УКРАЇНІ

Яцюк М., Сидоренко О., Войтович О., Тураєва О.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
63059 @ukr.net

Зростання чисельності населення загострює проблему дефіциту продовольства, що зумовлює широке застосування мінеральних добрив у сільському господарстві. Водночас їх незбалансоване використання спричиняє втрати у навколишнє середовище: в умовах достатнього зволоження втрати азотних добрив із водним стоком сягають 15 %, фосфорних – 1 %.

Надходження біогенних елементів (сполук азоту і фосфору) у водні об'єкти є основним чинником евтрофікації, що порушує екологічну рівновагу, погіршує якість води та перешкоджає досягненню водними екосистемами «доброго» екологічного стану. У той час як раніше основним джерелом такого забруднення вважалися точкові скиди, нині домінуючу роль відіграють дифузні джерела, зокрема сільськогосподарські угіддя, які охоплюють близько 70 % території України.

Дане дослідження спрямоване на оцінку та картографування основних дифузних забруднювачів (азоту (N) і фосфору (P)) у суббасейні річки Рось із використанням геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування (ДЗЗ).

Водозбірна площа річки Рось простягається із заходу на схід та становить 12 717 км^2. Довжина річки – 205 км, ширина варіює від 38 км до 70 км. Значна частина басейну розташована в межах Українського кристалічного щита, що зумовлює особливості геоморфологічної будови та водного режиму. Річка та її притоки використовуються для водопостачання населення та промисловості. Середньорічний водозабір у басейні становить 115-120 млн м^3, з яких 90 % припадає на поверхневі джерела. Найбільше стічних вод скидається водоканалом м. Біла Церква (13,92 млн м^3 у 2014 році).

Складено оновлену карту використання земель суббасейну у 2024 році. Результати аналізу землекористування в суббасейні р. Рось показали, що найбільшу площу в межах водозбору займають сільськогосподарські угіддя – майже 69,52 %, як показано на рисунку 1. Лісистість водозбору становить близько 6,45 %. Серед найбільших приток р. Рось найменша лісистість спостерігається в басейні р. Кам'янка. Досить значну площу в межах басейну Росі займають також населені пункти, промислові об'єкти, автомобільні дороги – 19,75%. Місто Біла Церква є найбільшим за чисельністю населення на цій території . Серед інших компонентів, які займають значну площу в межах річкового басейну, варто відзначити луки та пасовища (4,28 %). Останнім часом площі лук і пасовищ значно скоротилися, зокрема, за рахунок сільської забудови.

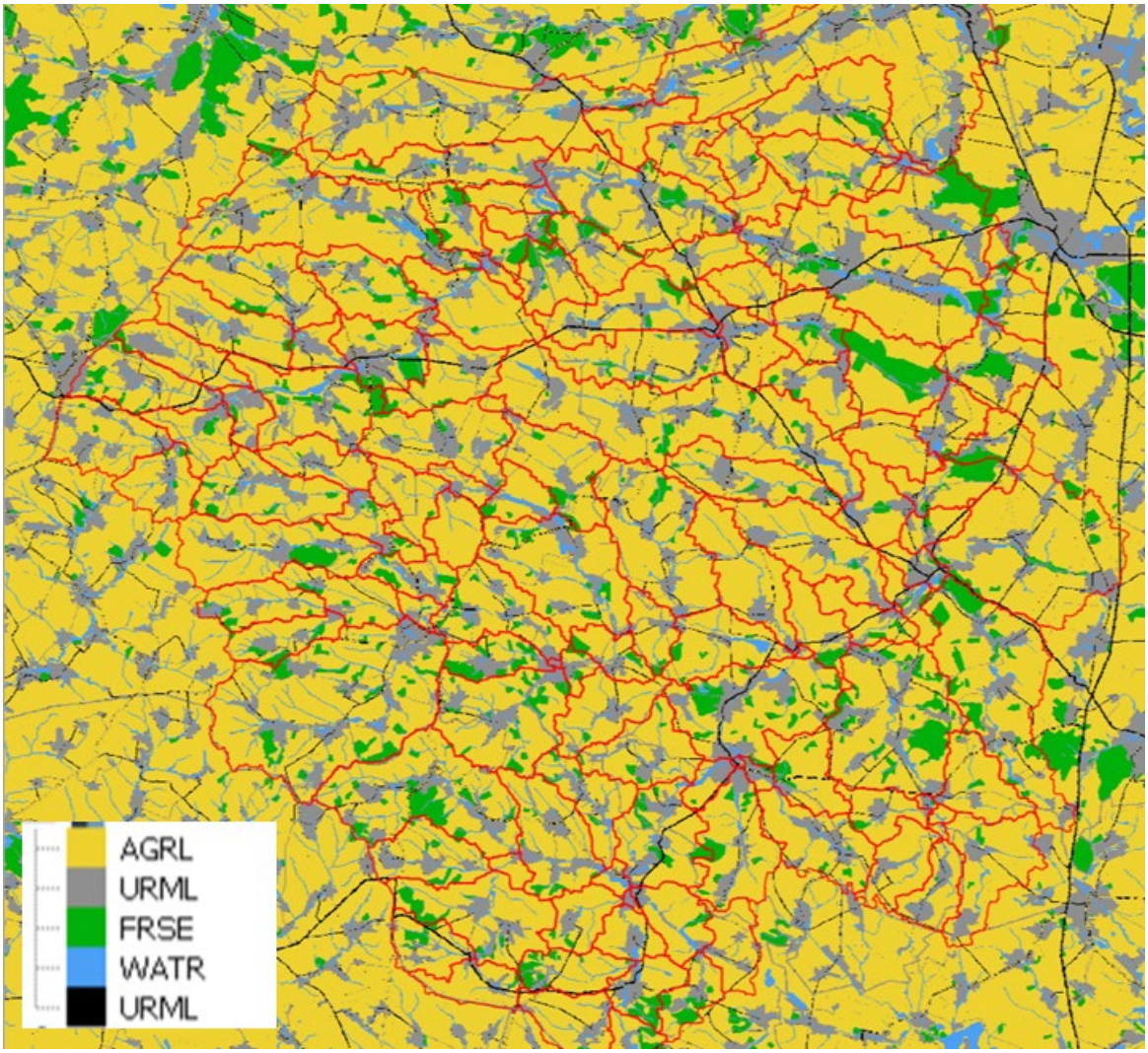


Рисунок 1 – Карта землекористування 2024 року

Основними джерелами дифузного забруднення є:

- сільськогосподарська діяльність (69,52 % території використовується під ріллю, див. рис. 1);
- населені пункти та інфраструктура (19,75 % площі);
- водні об’єкти та природні екосистеми (6,45 % – лісові масиви, 4,28 % – луки та пасовища).

Лабораторні аналізи ґрунтів показали, що вміст мінерального азоту у більшості проб є високим, а в 55 % проб виявлено перевищення концентрацій рухомого фосфору.

Дослідження води у річці Рось виявило суттєві коливання кількості мікроорганізмів та біопланктону (2,0-7,9 млн клітин/мл). Виявлено фекальне забруднення: концентрація кишкової палички коливалася від 13 000 до 520 000 клітин/мл. За бактеріальним індексом вода класифікується як «слабо забруднена» або, у певні періоди, «помірно забруднена». Відзначено перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) за хлоридами, сульфатами, амонієм, залізом, показниками біохімічного (БПК) та хімічного (ХПК) споживання кисню. Загальний екологічний індекс стану басейну становить 2,3, що свідчить про розбалансованість екосистеми.

За допомогою SWAT-моделювання виконано розрахунки середньорічного стоку азоту (у формі нітратів) і фосфору. Результати моделювання показали, що у повноводну фазу $N\text{-}NO_3^-$ у загальному стоку досягає 40 %, у маловодну – 41 % (при зниженні середньої концентрації на 74 %). Винос азоту максимальний у період паводку та після внесення добрив (квітень–липень), а винос фосфору зростає під час сильних дощів, пов'язаних з ерозійними процесами. Фосфор переважно накопичується в ґрунтах у сорбованій формі, а його винос активізується внаслідок ерозії та дифузійних процесів. Вміст розчинних форм фосфору у воді залишається відносно низьким. Оцінка критеріїв якості калібрування показала добрі результати, а валідація – задовільні.

Отримані результати свідчать про значний вплив сільськогосподарської діяльності на дифузне забруднення водних ресурсів суббасейну р. Рось. Для зниження рівня забруднення необхідно оптимізувати застосування мінеральних добрив, впровадити ефективні ґрунтозахисні заходи та удосконалити систему моніторингу якості води та ґрунтів.

У контексті євроінтеграції та оновленого Водного кодексу України актуальним є впровадження сучасних методів оцінки стану водних екосистем, ідентифікація зон, вразливих до нітратного забруднення, та впровадження екологічно безпечних практик ведення сільського господарства.

Для вирішення цих завдань застосовуються фізико-математичні моделі з розподіленими параметрами, що базуються на цифрових та космічних технологіях. Використання таких моделей дозволяє визначити рівень біогенного забруднення вод і формує основу для подальшого розвитку методології моніторингу водних ресурсів.

Результати дослідження сприятимуть виконанню вимог Нітратної директиви ЄС (91/676/ЄЕС) та забезпеченню ефективного управління підземними й поверхневими водами в Україні.

УДК 628.16:622.013.6

ФІЛЬТРАЦІЙНІ БАР'ЄРИ ЯК МЕТОД ЗАПОБІГАННЯ ЗАБРУДНЕННЮ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД (НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ)

Коваленко Р.Ю.

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

Присвячено пам'яті видатного українського вченого,
доктора технічних наук, професора
Ковальчука Павла Івановича

Актуальність проблеми. Водні ресурси басейну річки Інгулець мають стратегічне значення для розвитку аграрного сектору та промисловості південного регіону України. Однак інтенсивна діяльність підприємств гірничодобувної промисловості Криворізького залізорудного басейну (Кривбасу) суттєво погіршує якість поверхневих вод через постійні неконтрольовані скиди високомінералізованих шахтних вод [1]. Окрім цього, значним фактором, що додатково погіршує екологічний стан річки, є фільтрація забруднених вод з кар'єрів (рис. 1), що розташовані в безпосередній близькості до русла Інгульця [2]. Регулярні заходи щодо промивання річки з Карачунівського водосховища дають лише тимчасовий позитивний результат, оскільки концентрація шкідливих речовин знову швидко зростає, особливо у вегетаційний період [2]. Тому надзвичайно актуальним є пошук нових ефективних і водночас економічно обґрунтованих способів довготривалого покращення екологічного стану поверхневих вод басейну Інгульця.



Рисунок 1 – Кар'єри поблизу річки Інгулець (джерело: Google Карти)

Мета дослідження – обґрунтування можливості застосування протифільтраційних бар'єрів як ефективного методу боротьби з фільтрацією забруднених вод із кар'єрів у річку Інгулець.

Результати дослідження. В світовій практиці широко застосовуються різноманітні протифільтраційні бар'єри для запобігання міграції забруднених водних потоків, які створюються навколо промислових об'єктів, кар'єрів та шахтних полів [4]. Серед цих методів найбільш відомими та економічно доцільними для застосування в Україні є:

1. **Глиняний екран** – створення вертикального бар'єру шляхом викопування траншеї вздовж берегової лінії, з подальшим заповненням її щільною, малопроникною глиною (рис. 2). Досвід європейських країн (Німеччина, Польща) свідчить про значне зниження фільтрації небезпечних компонентів (важкі метали, сульфати, хлориди) у водні об'єкти після встановлення глиняних екранів [4].



Рисунок 2 – Облаштування глиняного екрану вздовж річки (згенеровано за допомогою штучного інтелекту)

2. **Бентонітовий бар'єр** – використання природних властивостей бентонітової глини, яка при контакті з водою розбухає і формує водонепроникну, герметичну перепону (рис. 3). Застосування цього методу широко поширене в Канаді та Австралії, де доведено, що бентонітові бар'єри є високоефективними для захисту водних ресурсів від інфільтрації забруднених шахтних вод, особливо в районах з інтенсивним видобутком корисних копалин [4].

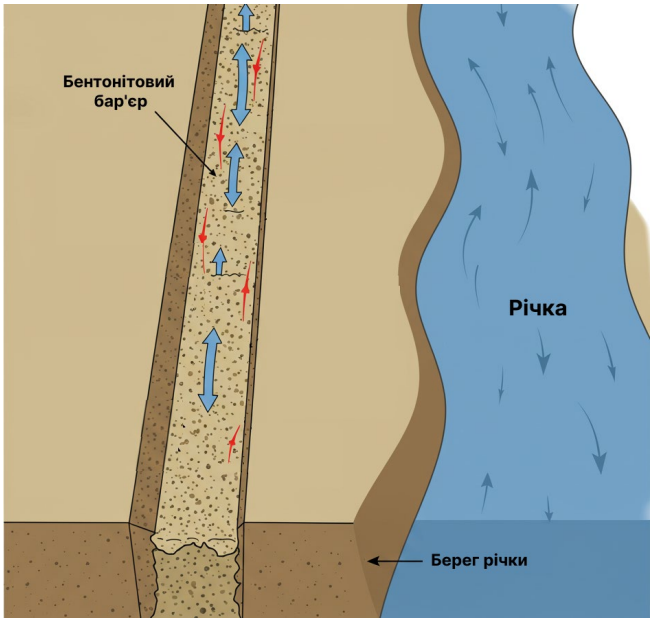


Рисунок 3 – Приклад влаштування Бентонітового бар’єру вздовж річки (згенеровано за допомогою штучного інтелекту)

3. **Полімерні геомембрани** – сучасний технологічний метод, що передбачає укладання спеціальних геосинтетичних мембран у траншеї, створені між кар’єрами і водоймами (рис. 4). Практичний досвід США та Канади підтверджує високу ефективність таких мембран для повного блокування вертикального і горизонтального проникнення забруднених вод [3].

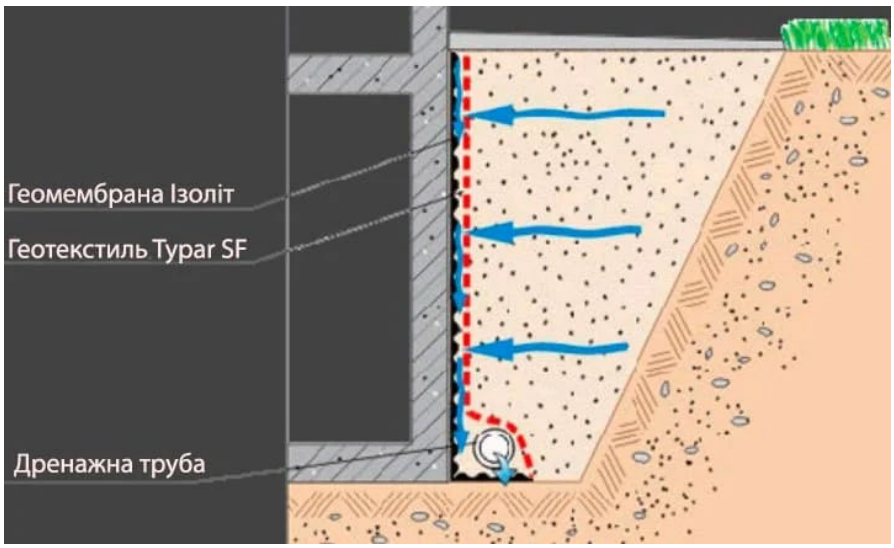


Рисунок 4 – Приклад схеми влаштування полімерних геомембран (джерело: pobuduj.com.ua)

Проведений аналіз зарубіжного досвіду свідчить, що застосування протифільтраційних бар’єрів може ефективно знизити потрапляння забруднюючих речовин у поверхневі води, покращуючи їх якість на тривалий період [3].

Висновки. З огляду на вище наведене, використання протифільтраційних бар'єрів уздовж берегової лінії річки Інгулець може суттєво підвищити ефективність заходів із покращення якості поверхневих вод. В умовах обмеженості фінансових ресурсів оптимальним рішенням є застосування глиняних і бентонітових бар'єрів, як економічно доступних та ефективних методів. Впровадження таких заходів забезпечить стабільне покращення екологічного стану річки Інгулець та збереже екосистеми прилеглих територій у довгостроковій перспективі.

Посилання

1. Екологічні проблеми басейну р. Інгулець в межах Криворізького залізорудного басейну [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/2668

2. Водна проблема України на прикладі річки Інгулець [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/7114

3. Koerner R. M., Daniel D. E. Final covers for solid waste landfills and abandoned dumps. – ASCE Press, Reston, Virginia, 1997. 256 p.

4. Технологія будівництва гідротехнічних водогосподарських та природоохоронних споруд: навчальний посібник. За заг. ред. В. А. Сташука. Рівне: НУВГП, 2019. 420 с.

УДК 633.333.631.61

МІСКАНТУС ГІГАНТСЬКИЙ НА ОСУШУВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ГРУНТАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Опанасенко О., Перець С.

Панфильська дослідна станція
ННЦ «Інститут землеробства НААН»
sonko.supiy@ukr.net

Використання меліорованих земель останнім часом набуває важливої актуальності в першу чергу із-за кліматичних змін. Сучасні тенденції кліматичних змін, їхній вплив на водозабезпеченість меліорованих територій гумідної зони призводять до зменшення річкового стоку, який є основним джерелом водних ресурсів. З іншого боку загальна зношеність елементів інженерної інфраструктури меліоративних систем у процесі їх довготривалої експлуатації досить значна. Водний режим майже на 50 % площ осушуваних земель не регулюється і не відповідає агротехнічним вимогам вирощування, як сільськогосподарських так і більшості енергетичних культур [1].

На площі де проводились наші дослідження осушувана мережа дослідної станції влаштована відкритими каналами завглибшки 1,6-1,7 м через 400-600 м, які доповнюються періодичним проведенням кротового дренажу в поєднанні зі шлюзуванням, за допомогою яких і здійснюється регулювання рівнів ґрунтових вод. Це дає можливість підтримувати вологість ґрунту на протязі вегетації рослин в межах близьких до оптимальних показників (55-78 % від ПВ). Загалом, меліоративна система з регульованим водним режимом ґрунту (двосторонньої дії) забезпечує регулювання водно – повітряного режиму активного шару ґрунту впродовж періоду вегетації культур, що дає можливість на цих площах розробляти ефективні та екологічно безпечні технології вирощування кормових, а останнім часом і енергетичних культур [2].

Для розвитку біоенергетичної галузі в даних умовах є те, що традиційно у гумідній зоні на 80 % від загальної площі осушуваних земель вирощувались кормові культури, а у зв’язку зі значним скороченням тваринництва останніми роками потреба в кормах різко зменшилась. Тому з метою ефективного використання осушуваних земель, доцільно вирощувати на них енергетичні культури для отримання твердого, рідкого чи газоподібного біопалива.

Актуальність досліджень полягає в тому, що енергетичні культури вирощують вперше на осушуваних торфових ґрунтах, які мають унікальні можливості для одержання максимальних урожаїв вегетативної маси – гарантоване вологозабезпечення, а також достатнє забезпечення основним економічно-лімітуючим елементом живлення – азотом [3].

Попередніми пошуковими дослідженнями встановлено, що міскантус гігантський в даних умовах дає найвищий серед багаторічних трав’янистих культур урожай 25-28 т/га сухої біомаси [4]. Тому на дослідній станції в 2018-2023 рр. були проведені дослідження по розробці технології вирощування

міскантусу гігантського *(Miscantus giganteus*), як сировини для виробництва твердого біопалива. Дослід з вирощування міскантусу гігантського для перероблення на тверде паливо закладено у стаціонарному досліді в зоні Лісостепу на глибокому (1,8-2,0 м) осушуваному староорному карбонатному торфовищі рогозо-осокового походження з високим ступенем розкладу, виведеному з інтенсивного обробітку в заплаві р. Супій (Панфильська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», Бориспільського району, Київської області). Базова материнська порода – оглеєні алювіальні легкі суглинки. Валовий вміст азоту у торфовому ґрунті становить 1,9 %, фосфору – 0,45, калію – 0,17, кальцію – 26-30 %, зольність складає 40-45 %, pH сольового розчину складає 7,2-7,4. Ґрунт добре забезпечений рухомими формами азоту, має середню забезпеченість фосфором (за рахунок вівіанітових прошарків) і має дуже обмежений вміст калію.

В результаті виконання завдання обґрунтовано і рекомендовано для умов осушуваних торфовищ технологію яка включає: фрезування дернини (середина серпня) багаторічних сінокісно-пасовищних угідь довготривалого користування на глибину 10-12 см, з послідуючою оранкою на 22-25 см. Для покращення ефективності використання пласта багаторічних трав, як попередника міскантусу проводиться посів гірчиці білої на сидерат. Весняний обробіток передбачає дворазове дискування площі на 10-12 см, з внесенням перед останнім дискуванням $К_{60}$. Серед агротехнічних і організаційно-господарських заходів під час вирощування міскантусу найважливішу роль відіграє передпосадкова підготовка садивного матеріалу і сам процес садіння. Підготовка до садіння садивного матеріалу міскантусу починається з викопування маточних кореневищ, як правило дворічні рослини, навесні перед садінням. Викопування маточних кореневищ здійснюється картоплезбиральним комбайном типу КПК – 2-0,1. Розділення кореневищ на ризоми проводять вручну. Головною вимогою до садивного матеріалу є наявність і кількість потенціальних бруньок, які можуть проростати. Їх кількість має бути не менше 3-5шт на одній ризомі [5].

Садіння ризомів проводиться коли ґрунт прогріється на глибині 10-12 см до 6-8^{o}С за схемою посадки 0,7×1,4 (10 тис/га) оптимальна вага ризомів (50-70 г) глибина посадки (10-12 см). Для механізованого садіння ризомів міскантусу може використовуватись картоплесаджалка. До і після садіння ризомів міскантусу проводиться коткування площі.

При розміщенні міскантусу гігантського після багаторічних злакових трав застосовували розроблений для даних умов агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб боротьби з дротяником, який включає: посів проміжної культури гірчиці білої з наступним подрібненням і заорюванням її посівів, у фазу цвітіння та початку формування зерна проводиться глибока оранка ґрунту на глибину 30-35 см, з утворенням гребенів висотою 14-18 см, за переходу середньодобової температури через 0^{o}С [6].

Спосіб боротьби з бур’янами – агротехнічний, до сходове боронування і в подальшому дворазовий міжрядний обробіток сходів міскантусу, останній з підгортанням рослин ґрунтом у рядку.

Дана технологія забезпечує вихід зеленої маси на рівні – 75,7 т/га; сухої біомаси – 27,67 т/га; теплової енергії 470,4 ГДж/га; з рівнем рентабельності – 157,2 %; собівартістю продукції 320,2 грн/га і $К_{ее}$ – 14,7.

Збір біомаси слід проводити кормозбиральним комбайном у період максимального накопичення сухої речовини, що на осушуваних ґрунтах припадає на другу декаду вересня, але косить міскантус на тверде біопаливо можна до нового року і пізніше, оскільки він стійкий до вилягання і мало втрачає сухих речовин.

Таким чином, на осушуваних органогенних ґрунтах, де в належному стані знаходяться гідромеліоративні споруди і можливе регулювання вологості ґрунту в межах оптимальних показників (55-78 % від ПВ) необхідно вирощувати, крім традиційно кормових, і енергетичні культури, в першу чергу, таку високоврожайну культуру, як міскантус, що доведено нашими дослідженнями.

Посилання

1. Балюк С.А., Ромащенко М.І., Трусковецький Р.С. Охорона грунтів і розвиток меліорації в Україні. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Агрохімія і грунтознавство». Харьків 2018. Вип. 87. с. 5-10.

2. Вірьовка В.М., Опанасенко О.Г., Довгорук Ю.О. Перспективні енергетичні культури на осушуваних торфовищах Лісостепу та їх водоспоживання в умовах зміни клімату. Вісник аграрної науки, 2023 р. № 1(838). С. 68-76.

3. Слюсар І.Т., Ткачов О.І., Опанасенко О.Г. Природоохоронне та ефективне використання осушуваних органогенних ґрунтів гумідної зони. ННЦ «Інститут землеробства НААН. Київ. 2014 р. 25 с.

4. Кургак В.Г, Вірьовка В.М, Опанасенко О.Г. Технології вирощування багаторічних і однорічних енергетичних трав'янистих культур для виготовлення твердих видів палива (паспорт технологій). ННЦ «Інститут землеробства НААН». Чабани, 2018 р. 21 с.

5. Вірьовка В.М., Опанасенко О.Г., Перець С.В. Технологія вирощування міскантусу гігантського на енергетичні цілі в умовах осушуваних торфовищ Лівобережного Лісостепу. Збірник наукових праць «Агробіологія» 2022. № 1. С. 6-14. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-6-14.

6. Патент на корисну модель 127596. Україна. МПК A01B 79/02 (2006.01). Агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб боротьби з дротяником. Заявник і власник патенту – Панфильська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН».

УДК 556+504.4+631.6

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ЗА БАСЕЙНОВИМ ПРИНЦИПОМ

Шумигай І.В., Душко П.М.

Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ
innashum27@gmail.com

Водні ресурси є національним капіталом, яким користується сучасне й буде користуватися майбутнє покоління. За ступенем водозабезпечення Україна посідає одне з останніх місць серед країн Європи. Невеликі запаси прісних вод у нашій країні, що значною мірою формуються за її межами, створюють суттєві труднощі у водозабезпеченні ними населення та галузей економіки як за кількісними, так і за якісними показниками. Останніми роками водні об'єкти України дедалі більше зазнають інтенсивної дії антропогенного чиннику та його негативного впливу на якість води. Наразі найбільшою сучасною загрозою цивілізації є їх втрата. Якщо цей процес не зупинити, уникнути катастрофи неможливо. Тому це вимагає відповідного ставлення до їх використання, охорони і відтворення.

Сучасні підходи до управління водними ресурсами потребують постійного удосконалення. Так, необхідність заміни централізованої системи управління водними ресурсами на більш гнучку, демократичну та відкриту (прозору) децентралізовану систему управління за басейновим принципом зумовлена екологічною кризою, зокрема у водокористуванні.

Екологічна криза у водокористуванні в розвинутих країнах світу склалася на межі 50-60-х рр. минулого століття. Для подолання кризи ці країни перейшли на екосистемне управління водним господарством через басейнові органи управління на основі платного водокористування.

Ще у 1984 р. ЮНЕП рекомендувала басейновий принцип управління водними ресурсами. В 1989 р. у річних звітах країн-членів ЄС цей підхід було визнано як найбільш ефективний з економічної та екологічної точки зору. Водна рамкова директива (ВРД) ЄС, прийнята в 2000 р., визначила басейновий принцип управління водними ресурсами як стратегічний напрямок сучасної водної політики, який повинен забезпечити перехід водокористування на принципи збалансованого (сталого) розвитку.

У зв'язку з переходом України на нові форми економічного розвитку і ринкові відносини, діюча система управління водогосподарським комплексом та водними ресурсами потребує реформування, тобто переведення системи управління водними ресурсами на басейновий принцип та створення інститутів колективного управління водокористування.

Україна визнала та прийняла принципи, що викладені у ВРД і розпочала процес їх впровадження. Створено 10 Басейнових управлінь водних ресурсів та Басейнових Рад, що реалізують водну політику держави.

На рисунку 1 зафіксована структура управління водними ресурсами.



Рисунок 1 – Структура управління водними ресурсами

Слід зазначити, що за адміністративно-територіального підходу до управління водними ресурсами (*A*), щорічно якість води погіршувалась, розвиток індустрії зростав, а попит на водопостачання збільшувався в декілька разів. Такий принцип управління не відповідав сучасним вимогам високоефективного водокористування та європейським стандартам, що вимагало суттєвих змін.

Останні насамперед зумовили до створення нової системи управління водними ресурсами з використанням басейнового підходу (*B*), де основною одиницею управління є річковий басейн, із екологічними, соціальними та економічними зв'язками. Відповідно в структурі державного агентства водних ресурсів України було створено водогосподарські організації та басейнові ради, що сприяють залученню всіх водокористувачів у процес розробки, впровадження, моніторингу та реалізації принципів управління водними ресурсами.

Також з 2014 р. уряд України поступово почав переходити до імплементації європейських стандартів до національного законодавства України (*C*), що було наступною причиною. Національне законодавство України з управління водними ресурсами суттєво почало вдосконалюватися щодо збалансованого природокористування. За ініціативи Європейського Союзу, на прикладі транскордонних річок Дніпровського басейну впроваджувався проєкт EUWI+, що сприяв реформуванню політики водних ресурсів. Це зумовило останніми роками поступове запровадження басейнового принципу управління водними ресурсами в інших басейнових управліннях (Дністровсько-Прутське, Південно-Бузьке, Сіверсько-Донецьке, Кримське, Західно-Бузьке).

Окрім цього, в Україні впродовж 2014 р. почала діяти реформа децентралізації територіального устрою країни (*D*), що сприяла зупиненню деградації сільської місцевості, покращенню якості надання послуг, а також підвищенню ефективності управлінських рішень.

На перший погляд, басейновий принцип управління в Україні вже діє, однак насправді ще на півдорозі: так звана реформа системи управління водними ресурсами захищає відомчі інтереси, має пристосуванський характер, здійснюється без докорінних інституціональних змін тощо.

Недосконалою є системою фінансування річок: кошти, отримані від водокористувачів та забруднювачів на місцях, акумулюються в центрі, а назад до басейнових управлінь повертаються мізерні суми, що зменшує їх фінансові можливості. Тому виникає необхідність удосконалення басейного принципу, а потім – упровадження системи інтегрованого управління водними ресурсами (ІУВР) за басейновим принципом. Відповідно до «Водної стратегії України …» основними стратегічними завданнями вдосконалення системи управління у сфері використання та охорони водних ресурсів є перехід до інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом та розроблення басейнових і територіальних планів інтегрованого управління водними ресурсами в цілому та річковими басейнами зокрема.

Підхід ІУВР на національному рівні не конфліктує з підходом ІУВР на басейновому рівні і фактично вони доповнюють один одного. Всебічна національна структура для ІУВР має важливе значення і для управління басейном, розташованим у національних межах, і для управління транскордонним басейном.

Структура інтегрованого управління водними ресурсами характеризується трьома складовими, що зазвичай формуються на національному рівні, зокрема сприятливі умови, організації та управління. Однак не завжди всі елементи даної структури присутні. Для впровадження ІУВР у басейні важливо чітко визначитися зі структурою управління водними ресурсами, яка дає можливість приймати рішення щодо водних ресурсів – національна структура управління водними ресурсами у країні та міждержавна структура управління водними ресурсами у басейні, що охоплює території кількох місцевостей.

Існує безліч угод щодо водних ресурсів, у т.ч. такі, що перебувають під юрисдикцією. Найвідомішими міжнародними юридичними структурами в галузі інтегрованого управління водними ресурсами є Конвенція щодо захисту та використання транскордонних річок та озер, а також Конвенція ООН з несудноплавного використання прісних вод, відповідно яких співпрацюють 56 та 35 держав.

Спираючись на викладене вище, можна стверджувати, що в Україні законодавчо встановлене і навіть вже діє управління водними ресурсами за басейновим принципом, але ще не може розглядатись як ефективне і потребує суттєвого методологічного і нормативного вдосконалення. Завдяки ефективному запровадженню басейнового управління водними ресурсами, з’явиться можливість спочатку стабілізувати, а згодом покращити екологічний стан водних об’єктів та зменшити їх забруднення, що сприятиме відновленню природно-екологічного стану водних екосистем, які є основою питного водопостачання для 75 % громадян України. Тому доцільно мати лише одну структуру, яка впроваджуватиме європейські підходи щодо вирішення водних проблем, реалізовуючи басейнове регулювання. Зберегти якість природних вод можливість єдиного розпорядника водних ресурсів, інтегрованого управління

басейнових технологій та впровадження чистих технологій на виробництвах. Також упровадження інтегрованого управління водними ресурсами загалом і басейнового підходу зокрема відповідає міжнародній практиці запобігання виснаження водних ресурсів та збереження доброї якості води. Щодо перспектив подальших досліджень – визначення можливостей національної адаптації засад інтегрованого управління водними ресурсами та формування необхідного інструментарію даного процесу.

УДК 626.86

ФОРМУВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ОСУШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Воропай Г., Поляков В., Харламов О., Котикович І., Молеща Н., Стьожка Д.

Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ
voropaig@ukr.net

Ураховуючи сучасні зміни природного вологозабезпечення, важливим лімітуючим фактором ефективного ведення агровиробництва є вологозапаси в активному шарі ґрунту, необхідна кількість яких не забезпечується впродовж всього вегетаційного періоду. Сучасні кліматичні зміни перешкоджають сталому веденню сільськогосподарського виробництва в зоні осушувальних меліорацій, що обумовлює необхідність ефективного використання наявного потенціалу дренажних систем та їх водорегулюючої здатності, невикористаний потенціал яких є додатковим ресурсом підвищення продуктивності агровиробництва на осушуваних землях.

Дослідження з питань формування водного режиму ґрунту проведено на меліорованих землях осушувально-зволожувальної системи (ОЗС) «Ромен» (ДП ДГ Агрофірма «Надія» ІСГПС НААН та ТОВ «Агрофірма «Лан», Сумська обл.). Згідно методики досліджень проведено спостереження за метеорологічними параметрами, динамікою рівня ґрунтових вод (РҐВ) та вологістю в активному шарі ґрунту, визначення врожайності вирощуваних культур (соя, багаторічні трави).

За результатами досліджень визначено показники зволоженості (гідротермічний коефіцієнт (ГТК)) території ОЗС «Ромен» у період 2000-2024 рр. (рис. 1).



Рисунок 1 – Гідротермічний коефіцієнт у період 2000-2024 рр., ОЗС «Ромен»

У вегетаційний період 2024 р. середній показник зволоженості території становить ГТК=0,6, що відповідає умовам недостатнього зволоження (ГТК<0,7 – дуже посушлива зона).

Регулювання водного режиму ґрунту на дослідних ділянках здійснювали за допомогою шлюзування, додатково передбачена подача води на зволоження ґрунту з наявних водних джерел (акумулююча ємкість, Карабутівське водосховище).

Проведено дослідження динаміки РҐВ та вологості активного шару ґрунту упродовж вегетаційного періоду.

В умовах вегетаційного періоду 2024 р. на дослідній ділянці №1 (мінеральні ґрунти) фактичний РҐВ знаходився в межах: у березні ¬ -5-45 см; квітні – 40-78 см; травні – 50-135 см; червні – 55-175 см; липні – 135-170 см; серпні – 170-200 см; вересні – 190-200 см від поверхні ґрунту. Винятком є мікропониження без проведення меліоративних заходів, яке було затоплено до кінця червня, що унеможливило проведення сільськогосподарських робіт на цій ділянці (рис. 2).

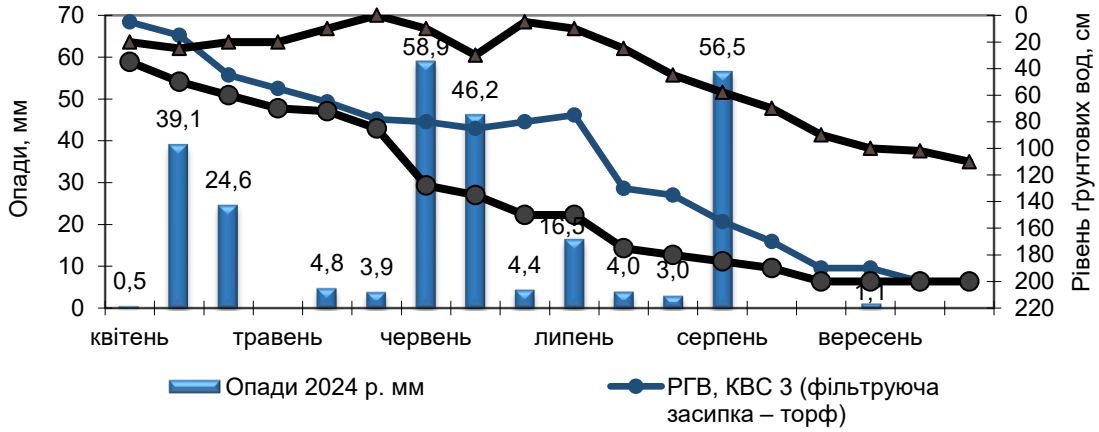


Рисунок 2 – Динаміка РҐВ та атмосферні опади, мінеральні ґрунти, 2024 р.

На мінеральних ґрунтах РҐВ у весняний період знаходився на глибині 50-100 см, влітку – 100-170 см з пониженням восени до 170-200 м, а формування вологості та, відповідно, вологозапасів ґрунту залежало від кількості атмосферних опадів.

На торфових ґрунтах фактичний РҐВ знаходився в межах: у квітні – 13-45 см; у травні – 48-55 см; червні – 49-60 см; липні – 71-87 см; серпні – 97 см; вересні – 100-102 см від поверхні ґрунту (рис. 3).

Для проведення зволожувальних заходів на системі влаштована водоакумулююча ємкість. Заповнення ємкості здійснюється шляхом підпору води русловим шлюзом на р. Ромен, а її подача для зволоження осушуваних земель відбувається самопливом. Станом на 14.03.2024 р. наповнення Карабутівського водосховища становило 96% від корисного об’єму. У вегетаційний період 2024 року не було необхідності у проведенні зволожувальних заходів.

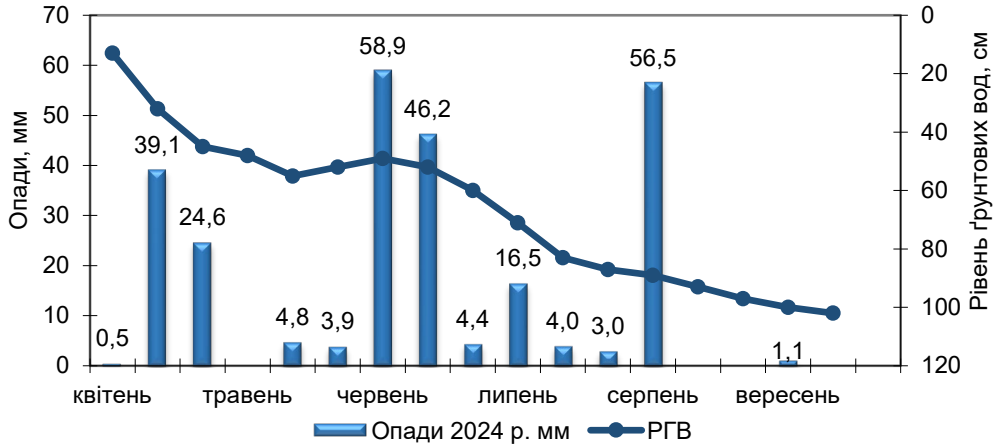


Рисунок 3 – Динаміка РҐВ та атмосферні опади, торфові ґрунти, 2024 р.

Рівень та об’єм води в акумулюючій ємкості у вегетаційний період 2024 р. наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Рівень та об’єм води в акумулюючій ємкості у вегетаційний період 2024 р., ОЗС «Ромен»

Місяць	Рівень води, м	Об’єм води, тис. м^3
Квітень	3,4	37,4
Травень	3,3	36,3
Червень	3,2	35,2
Липень	3,0	33,0
Серпень	2,0	22,0
Вересень	1,8	19,8

Динаміка вологості ґрунту (% від ПВ) за вирощування сої на ділянці ТОВ «Агрофірма «Лан» у межах функціонування контурно-водоакумулюючої системи № 3 (фільтруюча засипка – торф) наведена на рисунку 4.

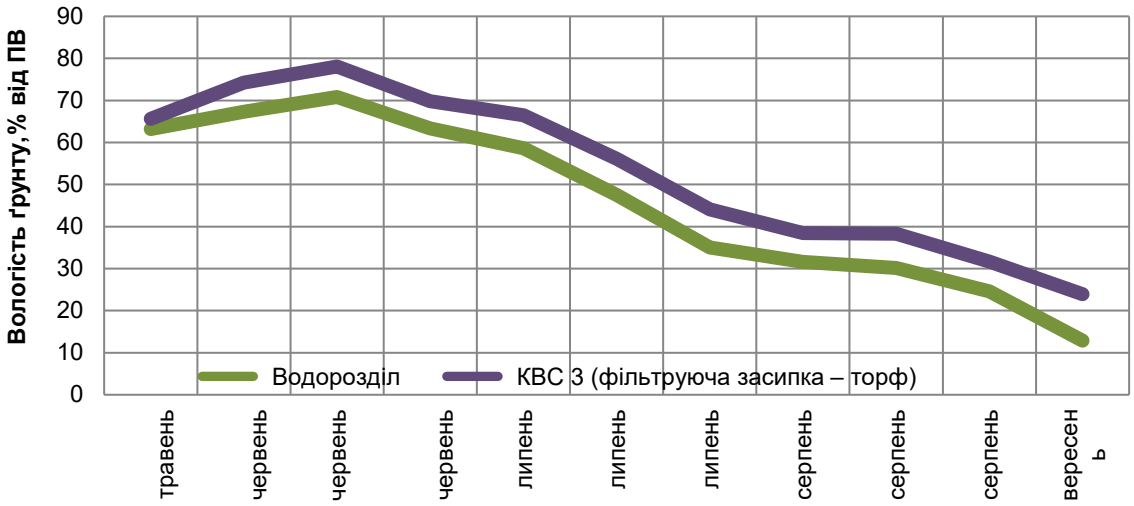


Рисунок 4 – Динаміка вологості в шарі ґрунту 0-50 см (% від ПВ) за вирощування сої, КВС № 3

Вологозапаси ґрунту за вирощування сої у межах функціонування КВС № 3 знаходилися у межах: у горизонті ґрунту 0-10 см – 7,98-72,77 мм; 10-20 см – 9,78-75,18 мм; 20-30 см – 12,05-73,34 мм; 30-40 см – 13,71-84,39 мм; 40-50 см – 14,62-89,47 мм. Загалом у шарі ґрунту 0-50 см становили 58,14-395,15 мм.

На ділянці водорозділу вологозапаси ґрунту становили: у горизонті ґрунту 0-10 см – 5,61-42,83 мм; 10-20 см – 7,42-49,60 мм; 20-30 см – 4,53-56,72 мм; 30-40 см –7,54-59,29 мм; 40-50 см –6,27-71,01мм. Загалом у шарі ґрунту 0-50 см становили 31,37-279,45 мм.

Результати досліджень вологості та вологозапасів ґрунту у вегетаційний період 2024 року свідчать, що необхідності у проведенні зволожувальних заходів не було.

Урожайність сої за варіантами досліду (контурно-водоакумулюючі системи з різними засипками: солома, торф, фашини) становила в середньому 2,6 т/га, у той час як на ділянках з мікропониженнями без проведених меліорації посіви сої вимокли (табл. 2).

Таблиця 2 – Урожайність сої, ОЗС «Ромен», 2024 р.

№ п/п	Варіант досліду	Урожайність, т/га			Середнє, т/га
		Повторюваність			
		I	II	III	
1	КВС 1 (фільтруюча засипка – солома)	2,4	2,5	2,2	2,4
2	КВС 2 (фільтруюча засипка – солома)	2,3	2,7	2,8	2,6
3	КВС 3 (фільтруюча засипка – торф)	2,8	2,5	2,9	2,7
4	КВС 4 (фільтруюча засипка – фашини)	2,3	2,5	2,7	2,5
5	Мікропониження без меліорації	0	0	0	0,0
6	Водорозділ	2,6	2,5	2,8	2,6

Проведено облік урожайності багаторічних трав 1-го (10.06.2024) та 2-го (02.08.2024) укосів на осушуваних землях ДП ДГ «Надія». Середня урожайність багаторічних трав 1-го та 2-го укосів становить відповідно 0,293 т/га та 0,124 т/га.

Таким чином, установлено, що формування водного режиму в активному шарі ґрунту в умовах вегетаційного періоду 2024 року відбувалося за рахунок достатньо рівномірного розподілу атмосферних опадів, що забезпечило сприятливі умови для вирощування досліджуваних культур. При цьому середньорічний показник ГТК відповідав умовам недостатнього зволоження.

УДК 631.67:004

НАПРЯМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ ПРИ ЗРОШЕННІ

Поліщук В., Усатий С., Матяш Т., Салюк А., Коваленко І.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
vitaliypolishchuk@ukr.net

Ефективність та конкурентоспроможність аграрного виробництва істотно залежить від використання інновацій, які є результатами сучасних світових та вітчизняних досягнень науки і техніки [1]. Впровадження інновацій відкриває нові можливості для ефективного розвитку сільськогосподарських підприємств. У період загальної нестабільності та глобальних викликів (зміна клімату, економічна криза, війна та потреба в післявоєнній відбудові) інноваційний розвиток особливо необхідний. У той же час існуючі традиційні підходи, технічні засоби та технології вже не в змозі забезпечити ефективність аграрного виробництва та його стале функціонування, що зумовлює особливу потребу впровадження інновацій у зрошуваному землеробстві. Тобто в умовах сучасних ринкових відносин та непередбачених викликів зможуть бути конкурентоспроможними лише ті господарства, їх об'єднання, організації водокористувачів, які застосовують чи планують впроваджувати інноваційні технічні, технологічні, організаційно-економічні рішення та підходи. Це в свою чергу потребує постійної поінформованості керівників господарств щодо сучасних інноваційних продуктів, виконання аналізу можливості їх впровадження, оцінки ефективності та доцільності тривалого застосування.

Важливим є також прийняття стратегічних рішень на основі аналізу різних варіантів інвестування в інноваційний розвиток. Для досягнення ефективного ведення зрошуваного землеробства необхідним є організація інвестиційно-інноваційної діяльності щодо впровадження інновацій за наступними напрямами: технічні засоби (зрошувальна інфраструктура, засоби та технології поливу); засоби наземного та дистанційного моніторингу; інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень; системи точного та низьковуглецевого землеробства, мінімального на нульового обробітку ґрунту; заходи зі створення потужностей для забезпечення координації та управління процесом; навчання фахівців, тощо [2-9].

Впровадження інновацій при веденні зрошуваного землеробства на основі лише експертного оцінювання та за довідковими даними з розрізнених джерел інформації не забезпечує необхідну обізнаність при прийнятті управлінських рішень щодо їх впровадження, так як не дозволяє врахувати різноманіття впливів (як позитивних, так і негативних), особливо у контексті адаптації до конкретних умов ведення аграрного виробництва на зрошуваних землях (технічний стан зрошувальної інфраструктури; наявність та стан земельних та водних ресурсів; тип управління; кадровий потенціал та ін.), а також потребують оцінки щодо можливих економічних та управлінських переваг. Для підвищення ефективності прийняття рішень, зменшення ризиків втрати ресурсів та коштів необхідно розробити методичний

документ та базу знань для акумуляції різносторонньої інформації щодо існуючих інновацій в зрошуваному землеробстві, в якому буде представлено аналіз позитивних та слабких сторін, перелік необхідних ресурсів для впровадження, а також методику оцінки їх ефективності та сталого використання. Методика повинна передбачати наступну послідовність дій: огляд сучасних технологій у сфері зрошуваного землеробства (створення бази знань), оцінка відповідності інновацій конкретним умовам господарства, визначення потреб господарства, розрахунок інвестиційних витрат, прогнозування можливих доходів та управлінських переваг, розрахунок економічних показників (ефективність, чистий приведений дохід, період окупності інвестицій, внутрішня норма прибутковості), розробка стратегії інвестування (з застосуванням сценарних підходів).

Наявність такого методичного документу буде виступати важливою складовою при прийнятті стратегічних рішень у господарствах, які використовують зрошення, щодо інвестування в інноваційний розвиток. Це дозволить розглядати різні варіанти впровадження інновацій та проводити комплексний всебічний аналіз ефективності різних сценаріїв ведення аграрного виробництва при використанні зрошення. При розробці методичного документу потрібно виконати наступні завдання:

✓ Аналіз існуючих та перспективних інновацій при веденні зрошуваного землеробства за наступними напрямами:

– технічні засоби (зрошувальна інфраструктура та технології поливу);

– засоби наземного та дистанційного моніторингу та технології їх застосування; інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень; системи точного та низьковуглецевого землеробства; різні типи обробітку ґрунту, тощо;

– заходи щодо створення потужностей для забезпечення координації та управління процесом ведення зрошення, навчання фахівців, тощо.

✓ створення бази знань щодо існуючих інноваційних рішень у зрошенні та зрошуваному землеробстві, постачальників послуг та орієнтовної (еквівалентної) вартості робіт та обладнання.

✓ аналіз позитивних та негативних впливів інноваційних рішень залежно від специфічних умов господарювання, оцінка можливості їх поєднання.

✓ оцінка сценаріїв інноваційного розвитку залежно від специфічних умов ведення зрошуваного землеробства у господарствах.

✓ розробка методики з обґрунтування напрямів впровадження інновацій та оцінки економічної їх ефективності при зрошенні.

При проведенні досліджень в якості об’єкту досліджень розглядається система зрошуваного землеробства загалом та окремі її складові: спеціалізація і структура виробництва, технічне забезпечення, ресурсний потенціал, економічні й екологічні чинники використання земельних і водних ресурсів в умовах зрошення з урахуванням особливостей агропромислового виробництва в частині можливості впровадження інновацій та інвестування в інноваційний розвиток. Предметом досліджень є сукупність методичних і прикладних аспектів формування та впровадження інноваційної стратегії сталого ведення господарської діяльності на зрошуваних землях в умовах зміни клімату, військової агресії рф та післявоєнної відбудови, обґрунтування економічної доцільності їх впровадження при веденні

зрошуваного землеробства. Методика досліджень передбачає використання теоретичних, методологічних, методичних та результатів прикладних досліджень вітчизняних і зарубіжних учених з питань розробки та впровадження інновацій при веденні зрошення.

В результаті досліджень буде розроблено методику оцінки можливості впровадження інновацій та економічна оцінка їх доцільності при зрошенні, яка буде дієвим інструментом та дозволить сільськогосподарським підприємствам чи ОВК об'єктивно оцінювати потенціал інновацій, визначати економічну їх доцільність, а також розробляти стратегії інвестування з застосуванням сценарних підходів.

Впровадження запропонованих підходів сприятиме підвищенню ефективності прийняття рішень щодо існуючих інновацій в зрошуваному землеробстві, при цьому розрахунковий економічний ефект від впровадження дозволить підвищити врожайність сільськогосподарських культур до 25 % (за рахунок впровадження систем моніторингу, систем точного землеробства), зменшити використання поливної води до 20 % та електроенергії на її подачу до 30 % (за рахунок впровадження інформаційних систем оперативного планування та управління зрошенням, заміни насосно-силового обладнання), сприятиме збереженню навколишнього природного середовища, мінімізації непродуктивних витрат води, засобів захисту рослин, добрив тощо (за рахунок впровадження інформаційних систем, систем точного землеробства, моніторингу тощо).

Посилання

1. Agricultural Innovation Systems. The World Bank, 2012. URL: https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8684-2 (date of access: 03.01.2025).

2. Developing capacities for agricultural innovation systems. Agrinatura and FAO, 2020. URL: https://doi.org/10.4060/cb1251en (date of access: 20.12.2024).

3. Innovation in Agricultural Robotics for Precision Agriculture. Ed. by A. Bechar. Cham: Springer International Publishing, 2021. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77036-5 (date of access: 22.12.2024).

4. Innovative design for agriculture in the move towards sustainability: scientific challenges. L. Prost et al. Research in Engineering Design. 2016. Vol. 28, no. 1. P. 119-129. URL: https://doi.org/10.1007/s00163-016-0233-4 (date of access: 11.01.2025).

5. Scaling up agricultural interventions: Case studies of climate-smart agriculture. O. Westermann et al. Agricultural systems. 2018. No. 169. P. 243-293. URL: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.007 (date of access: 15.01.2025).

6. Goyal M. R., Tripathi V. K., Chavan V. K. Innovations in Micro Irrigation Technology. Apple Academic Press, Incorporated, 2016. 410 p.

7. Polishchuk V., Zhovtonog O., Saliuk, A., Butenko, Y., & Chorna, K. Model Complex of Information System «GIS Poliv» and Remote Sensing Data use to Adjust Model Parameters. In 2021 IEEE 3rd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT) (pp. 211-214). IEEE. ISBN 978-166543845-2. DOI 10.1109/ATIT54053.2021.9678578

8. Serhii Usatyi, Mykhailo Romashchenko, Vitalii Polishchuk, Liudmyla Usata. The Methodology of Technical and Economic Justification for the Construction of Irrigation Systems to Prevent and Reduce Risks in Agriculture. Book chapter in book «Sustainable Soil and Water Management Practices for Agricultural Security». 2024. IGI Global. Chapter 11. p. 277-214.

9. Tetiana Matiash, Vitalii Polishchuk, Olga Zhovtonog, Yaryna Butenko, Alla Saliuk, Nataliya Soroka. Increasing the Economic Efficiency of Irrigation Restoration Investment Projects in the Face of Climate Change. Book chapter in book «Sustainable Soil and Water Management Practices for Agricultural Security». 2024. IGI Global. 315-343. DOI: 10.4018/979-8-3693-8307-0.ch012.

UDC 631.6:631.674:631.6.03

RESEARCH ON THE MECHANISM OF THE IMPACT OF IRRIGATION WATER QUALITY IN THE «IRRIGATION SOURCE-IRRIGATION SYSTEM-SOIL-PLANT» CHAIN

Usatyi S., Usata L., Polishchuk V., Kovalenko I.

Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS, Kyiv
s_usatiy @ukr.net

Modern research in the area of irrigation, focused on implementing precision agriculture, innovative technologies, and digital solutions, aims at optimizing water use, improving soil resource management, and increasing irrigated crop yields. Applying remote sensing, geographic information systems and various applications accelerates monitoring irrigated landscapes, allowing timely decision-making for the rational use of water and soil resources. The prioritization of preserving water and soil quality is recognized as the foundation for irrigation development, where irrigation water remains the most extensively studied scientific object, exhibiting both significant positive and negative impacts and is a crucial aspect of environmental safety in irrigated agriculture (FAO Strategic Framework 2022–31, 2021; ICID, 2023; COP28, 2023; EU Mission, 2021–2024; Horizon Europe, 2024; EU Soil Strategy for 2030; COP29, 2024, etc.).

As a key predictive variable in assessing irrigation-related impacts, irrigation water quality is determined by its composition, which forms at the irrigation source and changes during transportation to the water delivery points, affecting the performance of irrigation systems, soil properties, crop yield, and product quality. Accordingly, the composition of irrigation water is the primary factor in forecasting changes in the «irrigation source-irrigation system-soil-plant» chain.

To gain some additional knowledge about the processes of water quality formation in this chain, obtain reliable data for impact forecasting, and promptly eliminate potential adverse effects, we focused on studying water quality and its impacts on operational irrigation systems of various designs. The research was conducted from 2021 to 2024, covering the research areas from 30.0 to 172.1 hectares in Transcarpathia, Chernihiv, Cherkasy, and Kyiv regions. The developed methodological approaches were the basis for developing an assessment and forecasting methodology for irrigation water impact in the «irrigation source-irrigation system-soil-plant» chain. The methodology will be based on applying irrigation water quality data to improve water management practices within irrigated landscapes.

The research involved measuring and analyzing water quality, the performance of drip irrigation systems, soil parameters, crop growth dynamics, crop yield, and product quality. The composition of irrigation water was a determining factor at every stage of the irrigation technological process, from water intake to water treatment and distribution. At the water intake stage, water composition was the same as in the water source (rivers, reservoirs, or wells) if the intake was located within or near the water source. Then, it changed during transportation. The changes in water composition were

the most significant when irrigation water moved through open canals of complex configurations with depths less than 1.5 meters and low flow velocity.

Research results indicated that the most significant fluctuations in irrigation water composition were observed by pH, cation-anion composition, and content of iron, nitrogen, phosphorus, and suspended particles. Suspended particles, consisting of organic components, including hydrobionts, had a strong quadratic and polynomial dependence on the content of nitrogen, phosphorus, and iron in water, which, in turn, negatively affected irrigation systems.

The identified mechanism of water quality impact on flow-pressure characteristics, operation efficiency, and performance of drip irrigation systems indicates that when the content of suspended particles and iron increases in water by 1.5-2.0 times, the performance of irrigation pipelines (ULTRA LIN, Metzerplas, Israel) logarithmically decreases. That leads to increasing discharge variability of emitters (from 5 % to 8-23 %) and decreasing irrigation uniformity (from 95 % to 63-81 %).

Reducing the nitrogen and phosphorus content in water helped decrease the amount of suspended organic (biological) particles and improve irrigation system efficiency by 20-30 %. Using gravel-sand and disc filters with automatic flushing in the water treatment system reduced the content of suspended particles by 60-70 %, improving irrigation uniformity and increasing crop yields.

In turn, uniform water distribution ensured consistent crop growth and development conditions, which varied among study sites depending on the ecological and ameliorative condition of soil cover, soil properties, soil buffering capacity, and resistance to water impact. The studied soils, ranging from sod-weakly podzolized sandy loam and light gray podzolized medium loam to deep low-humus chernozems and regressive heavy loam chernozems, responded differently to water quality but maintained their ecological functions within their classification types, subtypes, and kinds. That confirms the necessity of scientifically justified selection of water treatment technologies considering water composition, soil genetic characteristics, soil buffering capacity, agro-climatic conditions, and the type of irrigated crops.

Irrigation water quality determines the physiological state and yield of crops. The research showed that the quality of irrigation water treatment affects vegetable crop yield and quality. As in the case of Holubivka village, Vinnytsia region, the study examined the impact of II class water treatment when using two water treatment technologies: intensive treatment with gravel-sand and disc filters and minimal treatment with mesh filters and automatic flushing. Water after intensive treatment contained less salt (by 0.09 g/dm^3), alkaline cations (by 3.49 %), and suspended particles (by 20.4 g/dm^3). Improving water composition increased the yield of vegetable crops. The intensive system provided a higher yield of sweet pepper by 41.2 t/ha (+2.6 t/ha compared to minimal treatment), eggplant by 45.0 t/ha (+1.5 t/ha), and onion by 50.0 t/ha (+1.8 t/ha). However, the agricultural produce grown with minimal water treatment was nutritionally superior. It contained more potassium (by 22.0 mg/100 g for pepper, and by 98.0 mg/100 g for eggplant), sugar (by 1.2 times more for pepper), and vitamin C (by 2.3 mg/100 g for pepper and by 1.6 mg/100 g for eggplant). The minimal water treatment improved product quality but reduced yield, whereas intensive treatment increased yield but decreased its quality.

In general, the obtained research results indicate temporal and spatial changes in water composition during its transportation and its differentiated impact on the performance of drip irrigation systems, soils (pH, water-soluble salt content), crop yield, and product quality (fig. 1).

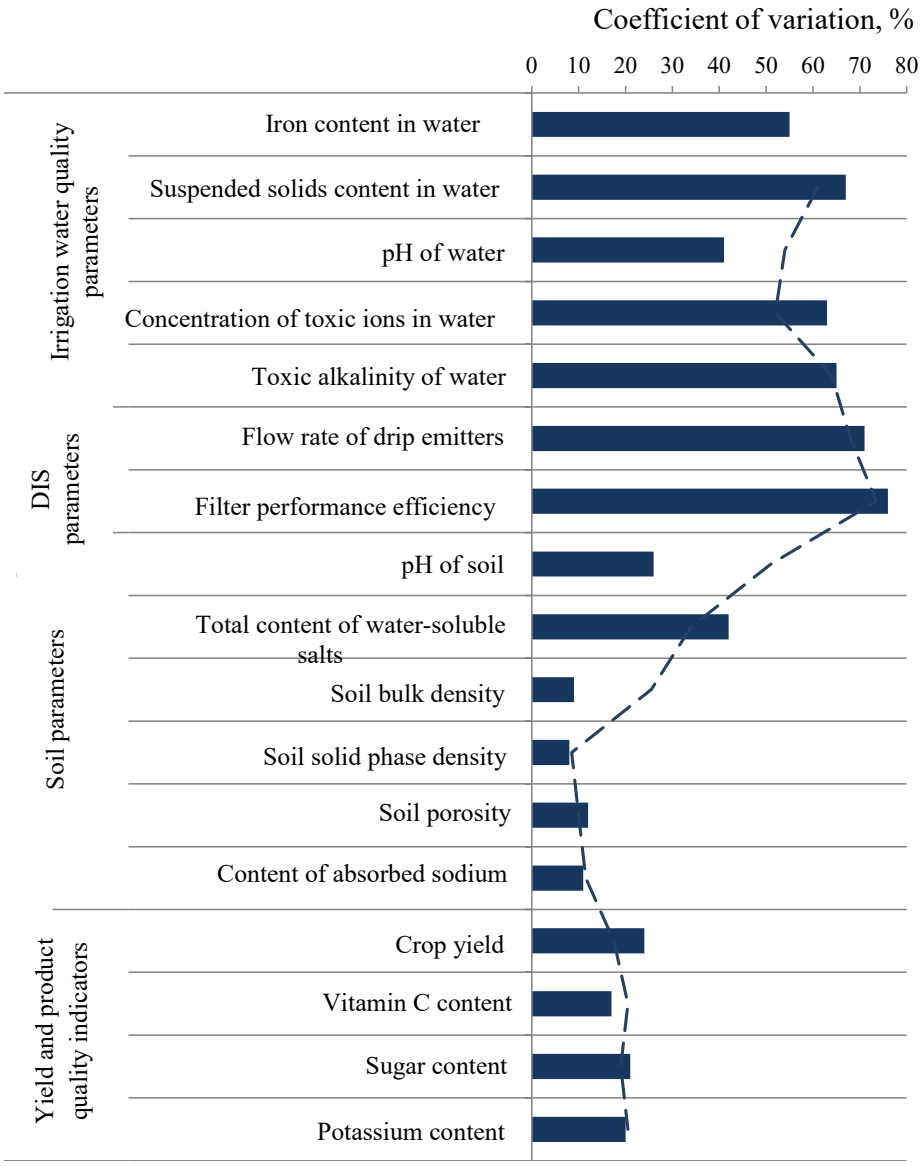


Figure 1 – Variability of the studied parameters affected by irrigation water quality (summarized results)

The conducted dispersion analysis of the results showed soil bulk density, solid phase density, and porosity were the least affected soil parameters by water quality during the irrigation period. Soil moisture degree mainly determined these parameters. None of the measured parameters exceeded the critical crop growth and development threshold. Temporal and spatial changes in water composition negatively affected mostly the discharge-pressure characteristics of drip emitters.

The specified mechanism highlights the necessity of regular irrigation water quality monitoring, the implementation of pre-treatment measures, the selection of optimal irrigation regimes, and continuous observation of soil and plant conditions to prevent adverse effects.

УДК 631.415.2

РОЛЬ ВАПНУВАННЯ У ПІДВИЩЕННІ УРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В ЗОНІ ПОЛІССЯ

Зосимчук М.Д., Зосимчук О.А., Данилицький О.А.

Сарненська дослідна станція ІВПіМ НААН, м. Сарни
zosimchykm@gmail.com

Одним із стримуючих чинників, що обмежує вирощування багатьох сільськогосподарських культур в зоні Полісся є підвищена кислотність ґрунту, яка у багатьох випадках становить pH < 4,5, а іноді навіть < 4,0. За таких умов різко знижується не лише урожайність сільськогосподарських культур, а й ефективність внесених мінеральних добрив. При такому рівні кислотності з внесених мінеральних добрив засвоюється лише 30 % азоту, 23 % фосфору та 30-35 % калію (табл. 1). Тому плануючи вирощування таких чутливих до кислотності ґрунту сільськогосподарських культур, як соняшник, кукурудза, соя на площах де є підвищена кислотність, слід провести вапнування в рекомендованих нормах, ефективність якого триває 4-5 років.

Таблиця 1 – Вплив параметрів pH ґрунту на врожай культур у відсотковому співвідношенні до можливого врожаю

Культура	pH				
	4,7	5,0	5,7	6,8	7,5
Кукурудза	34	73	83	100	85
Пшениця	68	78	89	100	99
Соя	65	79	80	100	93
Ячмінь	0	23	80	95	100
Соняшник	38	76	88	100	92
Озимий ріпак	32	64	82	100	80

Дослідними даними встановлено, що на дерново-підзолистих ґрунтах з pH 4,0-4,4 вирощувати соняшник, кукурудзу та сою не варто, оскільки загальне зниження урожайності може становити понад 60-70 %. За pH 4,4-4,7 можливі втрати врожаю можуть бути в межах 30-50 %. Допустимою величиною кислотності за якої можна вирощувати соняшник, сою та кукурудзу є pH 4,7-5,0 можливі втрати врожаю при цьому становлять – 10-30 %. Найкраще вирощувати соняшник, сою та кукурудзу на ґрунтах з кислотністю pH > 5,0, однак в зоні Полісся грунтів з таким рівнем кислотності обмаль. Разом з тим, якщо порівняти соняшник з такими культурами, як озимий ріпак та соя, то для нього критичні значення кислотності ґрунту є нижчими. Тому, можна зробити висновок, що соняшник є найкращим вибором за наявності кислих ґрунтів для використання в сівозмінах з озимими зерновими культурами – пшеницею, тритікале або озимим житом оскільки критичні значення pH для нього менші, ніж у згаданих вище сільськогосподарських культур.

З метою зниження негативної дії кислотності на таких ґрунтах слід проводити вапнування, яке є одним з найефективніших агромеліоративних заходів. Вапно діє досить повільно, зазвичай через кілька місяців, тому, щоб отримати бажаний ефект від застосування вапна, потрібно вносити у ґрунт завчасно – оптимально під зяблеву оранку. Рівень кислотності ґрунту має вже бути прийнятним на момент посіву, щоб отримати дружні сходи, оскільки продуктивність рослин соняшнику закладаються на початкових стадіях розвитку рослин. Орієнтовні норми внесення вапна наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Кислотність дерново-підзолистих ґрунтів і їхня потреба у вапнуванні

Грануло-метричний склад	pH сол													
	3,8 - 3,9	4,0 - 4,1	4,2 - 4,3	4,4 - 4,5	4,6 - 4,7	4,8 - 4,9	5,0 - 5,1	5,2 - 5,3	5.4 - 5,5	5,6 - 5,7	5,8 - 5,9	6,0 - 6,1	6,2 - 6,3	6,4 - 6,5
Піщаний	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0	—	—	—	—
Супіщаний	9,0	7,5	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	—	—	—	—
Легкосуглинковий	10,5	9,0	8,0	7,0	6,5	8,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	—	—	—
Середньо суглинковий	11,5	10,5	9,0	8,5	7,5	7,0	6,5	6,0	5,9	4,5	4,0	—	—	—
Важко суглинковий	14,0	13,0	11,0	10,0	9,0	8,0	7,0	6,5	6,0	5,0	4,5	4,0	3,0	—
Глинистий	18,0	14,0	13,0	11,0	9,5	8,5	8,0	7,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	

Багаторічними дослідженнями Сарненської дослідної станції встановлено, що розрахунок норм внесення вапна на торфових ґрунтах істотно відрізняється від дерново-підзолистих ґрунтів, що обумовлено їх специфічними водно-фізичними та фізико-хімічними властивостями. Щоб встановити потребу ґрунту у вапнуванні, слід визначити тип та підтип торфового ґрунту, що потребує проведення складних аналізів. Також, не слід брати за основу дані кислотності за якою встановлюють норми вапна, як це прийнято для мінеральних ґрунтів. Внесення вапна за гідролітичною кислотністю на торфових ґрунтах призводить до непотрібного збільшення її норми та підвищення собівартості сільськогосподарської продукції. Спираючись на результати досліджень Сарненської дослідної станції встановлено, що оптимальна кислотність для сільськогосподарських культур на торфових ґрунтах значно нижча, ніж на мінеральних. Такий висновок цілком узгоджується з твердженням Польських та Німецьких вчених, які також вказують на те, що норми внесення вапна на торфовищах істотно нижчі ніж на ґрунтах мінерального походження (табл. 3).

Таблиця 3 – Потреба торфово-болотних ґрунтів у вапнуванні

Показник	Потреба у вапнуванні			
	Сильна	Середня	Слабка	Вапнування не потребують
Кислотність pH	<3,5	3,5-4,2	4,2-4,8	>4,8
Насиченість основами, %	<35	35-55	55-65	>65

Це пояснює той факт, що такі культури, як соняшник і кукурудза добре ростуть і розвиваються при pH 4,4-4,6 при вирощуванні на торфових ґрунтах, в той час як на дерново-підзолистих ґрунтах вирощування за такого рівня кислотності призводить до суттєвих втрат урожаю. Якщо для визначення потреби у вапнуванні на дерново-підзолистих ґрунтах використовують величини pH і гідролітичну кислотність, то на торфових ґрунтах ще слід орієнтуватись на величину ступеня насичення основами (табл. 4).

Таблиця 4 – Кислотність торфоболотних ґрунтів і їхня потреба у вапнуванні

pH	Гідролітична кислотність (мг. екв. на 100 г ґрунту)	Ступінь насичення основами, %	Норма $CaCO_3$ (т/га) при масі 20 см шару ґрунту	
			до 500 т/га	більше 500 т/га
< 3,9	>100	< 25	10-12	12-16
3,9-4,3	100-60	25-50	4-6	6-8
4,3-4,7	60-40	50-65	2,5-4,0	3,5-5,0
4,7-5,0	40-30	65-75	1-2	2-3
> 5,0	< 30	> 75	—	—

З метою встановлення ефективності вапнування на дерново-підзолистих та торфових ґрунтах, які мають кислу реакцію ґрунту на дослідних ділянках соняшнику було введено варіант проведення вапнування в нормі 5 т/га $CaCO_3$ (табл. 5).

Дослідженнями станції, проведеними у 2024 році, встановлено, що соняшник добре реагує на вапнування ґрунту. В цілому, підвищення його урожайності на дерново-підзолистих ґрунтах становило – 5,2 ц/га або 22,1 % до контролю, а на торфових ґрунтах – 5,8 ц/га, або 31,2 % до контролю. Отже, проведення вапнування є одним з дієвих заходів підвищення урожайності сільськогосподарських культур в зоні Полісся. Тому питання ефективності вапнування потребує подальшого на інших сільськогосподарських культурах, особливо таких нових для зони Полісся, як кукурудза, соя, озимий ріпак та ін.

Таблиця 5 – Вплив систем удобрення на урожайність соняшнику гібриду P62LL129 на осушуваних землях Сарненської дослідної станції ІВПіМ НААН, 2024 р.

Система удобрення	Варіант удобрення та біопрепарати	Урожайність, ц/га	± до контролю	
			ц/га	%
Дерново-підзолисті ґрунти				
Контроль	$N_{30}P_{30}K_{30}$ (контроль)	22,5	—	—
Органічна система удобрення	РРР (Біосил + Стімпо + Регоплант)	26,0	3,5	14,9
	Фосформобілізуючий препарат Райс Пі	27,0	4,5	19,1
Вапнування	5 т/га $CaCO_3$	27,7	5,2	22,1
Мінеральна система удобрення (стандарт)	$N_{90}P_{90}K_{90}$ (стандарт)	28,7	6,2	26,4
Органо-мінеральна система удобрення	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + РРР (Біосил + Стімпо + Регоплант)	34,9	12,4	52,8
	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Фосформобілізуючий препарат Райс Пі	36,4	13,9	59,1
Нір $_{0,5}$ ц/га			1,35	
Торфові ґрунти				
Контроль	Без добрив (контроль)	17,6	—	—
Органічна система удобрення	РРР (Біосил + Стімпо + Регоплант)	21,8	4,2	22,6
	Фосформобілізуючий препарат Райс Пі	22,5	4,9	27,8
Вапнування	5 т/га $CaCO_3$	23,4	5,8	31,2
Мінеральна система удобрення (стадарт)	$N_{35}P_{60}K_{120}$ (стандарт)	24,3	6,7	36,0
Органо-мінеральна система удобрення	$N_{35}P_{60}K_{120}$ + РРР (Біосил + Біолан + Регоплант)	30,0	12,4	66,7
	$N_{35}P_{60}K_{120}$ + Фосформобілізуючий препарат Райс Пі	31,7	14,1	75,8
Нір $_{0,5}$ ц/га			0,67	

УДК 504.45

ВОДНІ ВИКЛИКИ ТА ВОДНІ ЗАГРОЗИ ПЛАНАМ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ

Ромащенко М.І.[1], **Яцюк М.В.**[1], **Сайдак Р.В.**[1], **Шевченко А.М.**[1], **Коломієць С.С.**[1], **Пантелеєв В.П.**[2]

[1]*Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ*
[2]*Київський аграрний університет НААН, м. Київ*
mi.romashchenko@gmail.com

Однією з важливих передумов формування та реалізації планів повоєнної відбудови України є наявність достатньої кількості водних ресурсів для їх реалізації. За цього саме забезпеченість водними ресурсами, на наше переконання, має розглядатись як базова (визначальна) умова можливості розроблення та реалізації таких планів. Така категоричність щодо відведення питанню з забезпеченості водними ресурсами ролі визначального індикатора можливості та доцільності постановки питання про розроблення планів повоєнної відбудови за будь-якими напрямами відродження України, випливає з цілого ряду водних викликів та водних загроз, якими характеризується стан забезпечення країни водними ресурсами.

До числа основних водних викликів ми відносимо:

- низьку забезпеченість місцевими водними ресурсами (природний дефіцит);
- низьку якість води у природних водних об’єктах;
- нераціональне водокористування;
- незадовільний екологічний стан річкових басейнів;
- недосконаліть системи управління водними ресурсами.

Водні виклики доповнюються водними загрозами, до переліку яких належать:

– погіршення водозабезпеченості внаслідок зміни клімату;

– погіршення якості водних ресурсів через недосконаліть, а в багатьох випадках і просто відсутність систем очищення скидів;

– збільшення витрат води через зношеність водопровідних мереж;

– висока водоємність валового національного продукту через відсутність дієвих економічних механізмів стимулювання водозбереження.

Окремо в ряду і викликів і загроз стоїть військова агресія рф, яка значно посилює і водні виклики і водні загрози одночасно. Зрозуміло, що просто перелік водних викликів та водних загроз не дає повного уявлення щодо їх впливу на стан забезпечення планів повоєнної відбудови України доступними до використання якісними водними ресурсами. Тому коротко про сутність деяких з них і про бачення шляхів їх подолання або хоча б мінімізації негативного їх впливу.

Отже, низька забезпеченість місцевими водними ресурсами, а це менше 1,7 тис.м^3/рік на одного жителя, що за класифікацією ЮНЕСКО відносить країни з таким показником до числа маловодозабезпечених. Якщо ж врахувати що для всіх південних та південно-східних регіонів України цей показник є нижчим за 500

$м^3$/рік на людину, то ці регіони автоматично відносяться до катастрофічно водонезабезпечених місцевими водними ресурсами, а отже без подачі води в них з інших, краще забезпечених водними ресурсами регіонів, вони є малопридатними і для проживання, і тим більше для життєдіяльності населення. На жаль, низька забезпеченість поверхневими водними ресурсами не компенсується, особливо в тих же південних та південно-східних регіонах та територіях поширення кристалічних порід, запасами доступних для використання підземних вод. Саме тому акумуляція річкового стоку з подальшим його перекиданням у маловодні регіони України була і залишається на перспективу найбільш дієвим засобом подолання проблеми низької забезпеченості місцевими водними ресурсами.

Водний виклик щодо низької забезпеченості місцевими водними ресурсами посилюється іншим, а саме низькою якістю води у природних водних об'єктах, особливо знову в тих же південних та південно-східних регіонах. Загалом же процес погіршення якості води спостерігається на всій території України і характеризується зростанням мінералізації за схемою метаморфізації хімічного складу води і внаслідок антропогенної діяльності і внаслідок змін клімату. За цього вплив антропогенної діяльності є більш значущим насамперед через скидання у водні об'єкти та водні джерела неочищених та недостатньо очищених стоків, а також дифузне забруднення з сільськогосподарських угідь. Зрозуміло, що єдиним радикальним засобом боротьби зі зменшенням обсягів скидання стоків є перехід на замкнені та водооборотні системи водопостачання, хоча це буде вимагати значних інвестицій, але іншого шляху, на жаль, не існує. Щодо зменшення негативного впливу на якість природних вод сільськогосподарської діяльності то тут стратегічним напрямом є перехід на засади європейського «зеленого» курсу та використання рішень «зеленої» інфраструктури. Дієвим заходом також має стати запровадження в практику управління водними ресурсами принципу «забруднювач платить».

Що стосується погіршення якості води через військову агресію рф, то найбільш радикальним і єдиним засобом мінімізації негативного впливу цього фактора є завершення війни, причому лише нашою перемогою.

Водний виклик через нераціональне водокористування є одночасно і похідною від недосконалості системи управління водними ресурсами. Тому якнайшвидше завершення реформи системи управління водними ресурсами та повний перехід на засади інтегрованого управління за басейновим принципом, в тому числі і шляхом безумовного виконання затверджених у 2024 році КМ України Планів управління річковими басейнами (ПУРБ) та запровадження в практику управління принципу «вода платить за воду» на наше переконання здатні забезпечити мінімізацію цих викликів.

Стосовно водних загроз, які безпосередньо і вкрай негативно впливають на стан забезпечення України, а відповідно і планів повоєнної відбудови, водними ресурсами є зміна клімату. Як відомо зміна клімату в Україні характеризується найвищими (понад 0,45°С/10 років) темпами зростання середньорічної температури за практично незмінної, а в останнє десятиріччя і дещо меншої, середньорічної кількості опадів. Це обумовило значне зростання сумарного випаровування і, як наслідок, появу та прогресуючий розвиток процесу зневоднення території України, внаслідок якого йде постійне поступове зменшення річкового стоку та

інфільтраційного живлення підземних вод, а отже і доступних для використання поверхневих і підземних вод. Загалом за результатами виконаних нами досліджень можна констатувати, що внаслідок зростання сумарного випаровування з території України щорічно вилучається на 20-40 км^3 води більше порівняно з періодом 1961-1990 років, а до 2050 року ця величина подвоїться. Річковий стік уже зменшився на 15-20 % і буде зменшуватись і надалі, якщо темпи зростання середньорічної температури повітря збережуться. Враховуючи, що величина стоку, особливо меженного, всіх річок України (окрім р. Дунай) є вкрай незначною, вирішення питання забезпечення водою потреб маловодних регіонів або великих місцевих водоспоживачів, як уже зазначалось, можливе лише шляхом акумуляції стоку.

Вкрай негативно на стан забезпечення водними ресурсами України впливає військова агресія рф, особливо цілеспрямовані дії на руйнацію водних об'єктів та водної інфраструктури. Внаслідок цього Україна втратила понад 20 км^3 об'єму акумуляції водних ресурсів і, відповідно, скільки ж доступних для використання водних ресурсів.

Вагомий вплив на забезпеченість водними ресурсами через великі їх втрати на шляху транспортування від джерела води до водоспоживачів має значна зношеність водопровідних мереж. На багатьох системах водопостачання ці втрати досягають 50 % від обсягу водозабору, що безумовно формує одну із найбільших складових нераціонального водокористування. Реконструкція мереж та запровадження в практику управління водокористуванням дієвих економічних механізмів стимулювання водозбереження – одні з основних заходів мінімізації цього виду водних загроз.

Підсумовуючи короткий аналіз наявності та впливу водних викликів та водних загроз планам повоєнної відбудови необхідно констатувати відсутність в Україні достатньої кількості доступних до використання якісних водних ресурсів. Тому першочерговим завданням всіх планів повоєнної відбудови мають стати заходи з відновлення та підвищення водозабезпеченості України.

Стосовно планів відновлення порушеного військовими діями рф рівня водозабезпечення мова має йти про відбудову Каховського, Печенізького, Курахівського та інших водосховищ і водойм. Першим етапом цих робіт має стати розроблення ТЕО та самих проектів відновлення на новітніх техніко-технологічних засадах. Паралельно необхідно нарешті розпочати розроблення передбачених «Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» та Планом заходів з її виконання ТЕО та проектів з підвищення водозабезпеченості. До їх числа ми насамперед відносимо проект залучення водних ресурсів р. Дунай для підвищення водозабезпеченості південних (Одеська, Миколаївська та Херсонська області) регіонів України та проект відновлення водорегулюючої і водоакумулюючої здатності Полісся. Останній має реалізовуватись шляхом розроблення та реалізації проектів реконструкції дренажних систем в системи подвійної дії – осушувально-зволожувальні або осушувально-зрошувальні та проектів з ренатуралізації боліт і ревіталізації річок. Виконання цих проектів має здійснюватися випереджаючими темпами, інакше реалізація планів повоєнної відбудови України опиниться під загрозою відсутності води на їх виконання.

УДК 502.51(477)(063):504.453(477)

ТРАНСФОРМАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВОДОЗБІРНОГО БАСЕЙНУ РІЧКИ РУДКА ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЙОГО ЛАНДШАФТНА РЕКОНСТРУКЦІЯ

Косяк Д.С., Самуйлик Л.І.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
l.i.samujlyk@nuwm.edu.ua

У басейнах річок формується сьогодні понад 60 % водних ресурсів України. У більшості з них спостерігається незадовільний стан. Малі річки забезпечують водою населення, промисловість, комунальне і сільське господарство, сприяють соціальному розвитку окремих регіонів.

Проблема трансформації параметрів водозбірних басейнів річок та їх ландшафтна реконструкція сьогодні відіграє важливу роль у майбутньому Українського Полісся, так як їх площі та об'єми забруднення впливають на життя людей, які проживають у даному регіоні та областях.

До написання даної роботи спонукало те, що з кінця 1990-х років XX століття і до сьогоднішніх днів відбулися зміни параметрів водозбірних басейнів річок України, зокрема і басейну річки Рудка Українського Полісся. До цієї трансформації призвело те, що змінювалися площі природних та антропогенних параметрів водозбору річки. Одні площі параметрів зростали, інші скорочувалися за рахунок інших. До природних параметрів можна віднести ліси, луки, болота тощо. До антропогенних – площі сільськогосподарських земель, забудову басейну річки, а також площі еродованих та деградованих земель тощо. Тому для безпечного санітарного та екологічного стану річок Українського Полісся, сьогодні необхідна комплексна розробка природоохоронних заходів щодо покращення природних параметрів у басейнах річок.

Метою роботи є оцінка трансформації параметрів водозбірного басейну річки Рудка Українського Полісся та його ландшафтна реконструкція, аналіз та висновки щодо результатів оцінки та реконструкції.

Методика наших досліджень полягала у порівнянні даних зміни параметрів водозбірного басейну річки Рудка Волинської області кінця 90-х років XX століття з тими ж параметрами на 2021-2022 рік, а також в ландшафтній реконструкції басейну, в аналізі та висновках.

Окреслені нами питання все частіше розглядаються у розрізі наукових досліджень науковців, в оцінках антропогенного впливу на водні об'єкти, а також в різноманітних природоохоронних звітах та доповідях.

Річка Рудка належить до басейну річки Стир і являється її правою притокою першого порядку. Басейн річки розміщений в межах лісової зони. Протікає річка по території Волинської області. Довжина річки 25,5 км, площа

водозбору 187 км^2, залісненість басейну становить 35 %, заболоченість – 5,8 %, розораність – 30,7 %.

Поширення у Західному Поліссі і на сході лівобережної частини Українського Полісся карбонатних порід (крейда, мергель) зумовили збільшенню загальної мінералізації і твердості (жорсткості) поверхневих і підземних вод. Плоский, без значних перепадів відміток поверхні рельєф, переважання атмосферних опадів над випаровуванням зумовило застійний характер поверхневих вод, розвиток боліт та торфо-болотних, лучно-болотних кислих з низькою природною родючістю ґрунтів.

Наявність органогенних ґрунтів, торфових боліт, значна лісистість території зумовлює наявність у воді поліських річок великої кількості органічних речовин, в тому числі органічних кислот.

Вздовж течії річки у її долині було виділено п’ять типологічних ділянок, на яких проведено дослідження: витоки річки, враховуючи населений пункт Домашів; верхів’я річки з населеними пунктами Миково та Журавичі; середня течія річки з населеними пунктами Макаревичі та Мар’яновка; пониззя річки з населеним пунктом Калиновка; річка у межах урболандшафту м. Колки.

Основними чинниками формування ПТК є зональні й азональні чинники. Зональними чинниками є кліматичні особливості території, зокрема кількість сонячної радіації, співвідношення тепла й вологи. Азональними чинниками є тектонічна неоднорідність земної кори та різноманітність рельєфу.

В басейні річки Рудка зустрічаються такі типи ландшафтів: схил, западина, заплава, річкова долина, днища балок та ярів, пагорби, плоскі дещо понижені ділянки, хвилясті ділянки, заплави низькі, плоскі, які складаються з низинних торфовищ, надзаплавна тераса, вирівняна, водозбірні пониження, яри, улоговини, вододільні та плакорні ПТК, берегових терас, заплавні ландшафти, заплавні ліси, мокра злакова лука.

Дослідженнями встановлено, що терміново необхідно проводити та розробляти для басейну комплекс природоохоронних заходів, що будуть обов’язково включати комплекс робіт по відновленню ландшафтної реконструкції басейну річки.

Для покращення ландшафтної реконструкції басейну річки Рудка необхідно було проаналізувати та визначити ПТК її басейну (природні та антропогенні компоненти) кінця 90-х років та на 2021-2022 рік. Це було зроблено за допомогою комп’ютерної програми Google Планета Земля (2021 року), а також фондових матеріалів кафедри геології та гідрології. На базі цієї програми була побудована відповідна карта ПТК басейну річки Рудка станом на 2021 рік (рис. 1). Результати аналізу зведено у таблицю 1.

Дані дослідження показують, що необхідний комплексний підхід щодо управління сільськогосподарськими землями у басейні річки, особливо необхідне їх кількісне та якісне покращення.

Одним із таких підходів може бути підхід, який досліджувався у роботі Косяк Д.С., це зміна співвідношення площ природних фільтрів (лісів, луків, боліт). Він впроваджувався для покращення (оптимізації) екологічного стану водоохоронних зон річок та їх прибережних захисних смуг. За цим підходом, у зв’язку з тим, що структуру водоохоронних зон змінювати за рахунок зміни площі боліт економічно не вигідно, то для поліпшення водоохоронних зон змінювалися співвідношення

площ лісів і луків при незмінній їх сумарній площі. Визначалася така площа лісів і співвідношення між площами лісів і луків, щоб відбувалося 100 % поглинання фосфору всіма природними фільтрами.

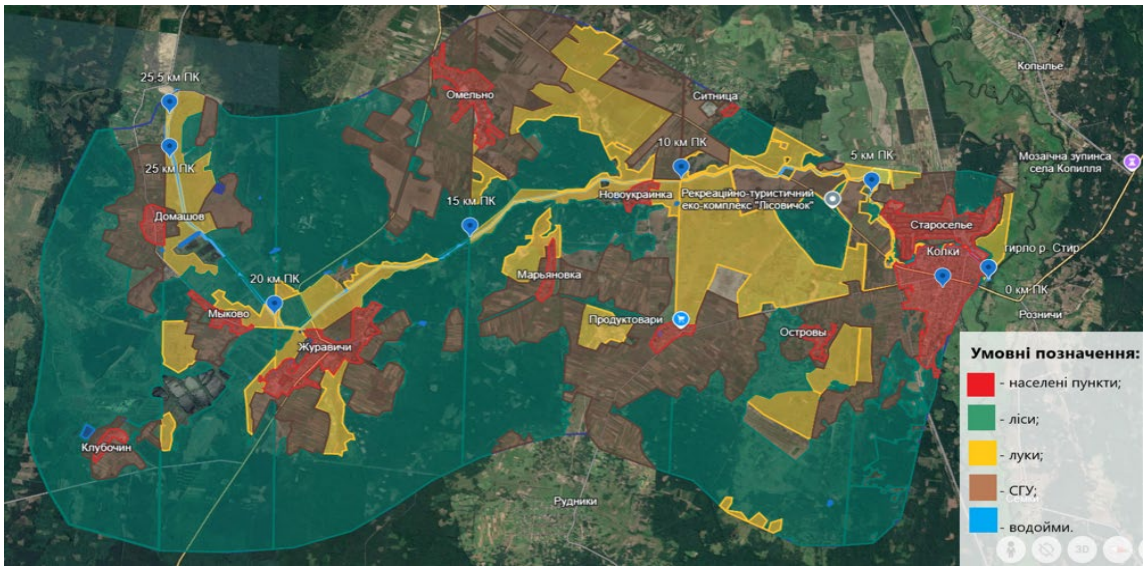


Рисунок 1 – ПТК басейну річки Рудка станом на 2021 рік

Таблиця 1 – Трансформація ПТК басейну річки Рудка

Площа лісів, тис. га	Площа луків, тис. га	Площа боліт, тис. га	Площа еродованих та деградованих земель, тис. га	Площа забудови басейну, тис. га	Площа сільськогос-подарських земель
1	2	3	4	5	6
Кінець 90-х років					
6,545	4,518	1,085	0,034	1,253	10,3
2021-2022 рік					
9,260	2,713	1,077	0,136	0,935	9,771

У природній лісовій зоні Українського Полісся виділяються підзони мішаних лісів, широколистяних лісів. Згідно Методики упорядкування водоохоронних зон річок України рекомендовано варіанти рослинності для різних типів ландшафтів водозбірного басейну річки Рудка (табл. 2).

Для покращення всіх вище згаданих показників у роботі було проведено реконструкцію ландшафтних комплексів (ПТК), використовуючи програми Google Планета Земля та середовища QGIS. Ландшафтну реконструкцію ПТК Виконано окремо для правої та лівої частини басейну річки Рудка (рис. 2).

Особливості рельєфу та специфіка природокористування обумовила ландшафтну структуру та характер антропогенного освоєння водозборів у басейні річки Рудка.

У роботі Самуйлик Л.І. на 2023 рік визначено витрати на покращення інженерно-біотехнічного упорядкування ПТК водозбору річки та створення захисних лісових насаджень вздовж берегів річки Рудка. Площа таких водоохоронних смуг лісів складає 3,83 км^2, а капітальні вкладення на посадку та створення таких захисних водоохоронних смуг лісів вздовж берегів річки складає 19,75 тис. грн.

Таблиця 2

Умовні позначення типу ландшафту (геологічний вік та індекс породи)	Тип ландшафту	Грунти	Тип рослинності
1	*2*	*3*	*4*
Протерозойський PR_3	Широколистяно-лісові річкові заплави, що складаються з пісковиків та базальтів	Аргіліти, базальти, пісковики, алевроліти	D_4, A_1
Нижньокембрійський $Є_1$	Коритоподібні ерозійні балки та яри	Пісковики, аргіліти, мергелі, алевроліти, конгломерат	D_4, C_3, A_1
Силурійський S_{1-2}	Коритоподібні ерозійні балки та яри	Аргіліти, вапняки, мергелі, алевроліти	D_4, B_2, A_1
Верхньокрейдяний K_2	Понижені надзаплавні тераси, днища балок та ярів з піщаними грунтами	Мергель, крейда, вапняки, пісок, пісковики	D_4, A_1, B_2
Нижньо-середньочетвертинний алювіальний a_{I-II}	Заплава низинна, утворена пісками та суглинками	Піски середні та дрібні, супіски та суглинки з прошарками піску	D_4, B_2, A_1
Середньочетвертинний водно-льодовиковий дніпровський $f_{II}d_n$	Водноль одовикові днища долин, плоскі, утворені супісками та суглинками	Піски пилуваті, дрібні та середні, супіски і суглинки з галькою кремнію	D_4, Луки, «жива огорожа»
Середньочетвертинний алювіальний a_{III}	Тераси низинні складені пісками та суглинками	Піски дрібні та середні, суглинки	B_2, лісосмуга, смуга-сад, «жива огорожа»
Сучасний болотний b_{IV}	Заплави низькі, болотні, плоскі, що складаються з низинних торфів	Торф, суглинки заторфовані	D_4, C_3

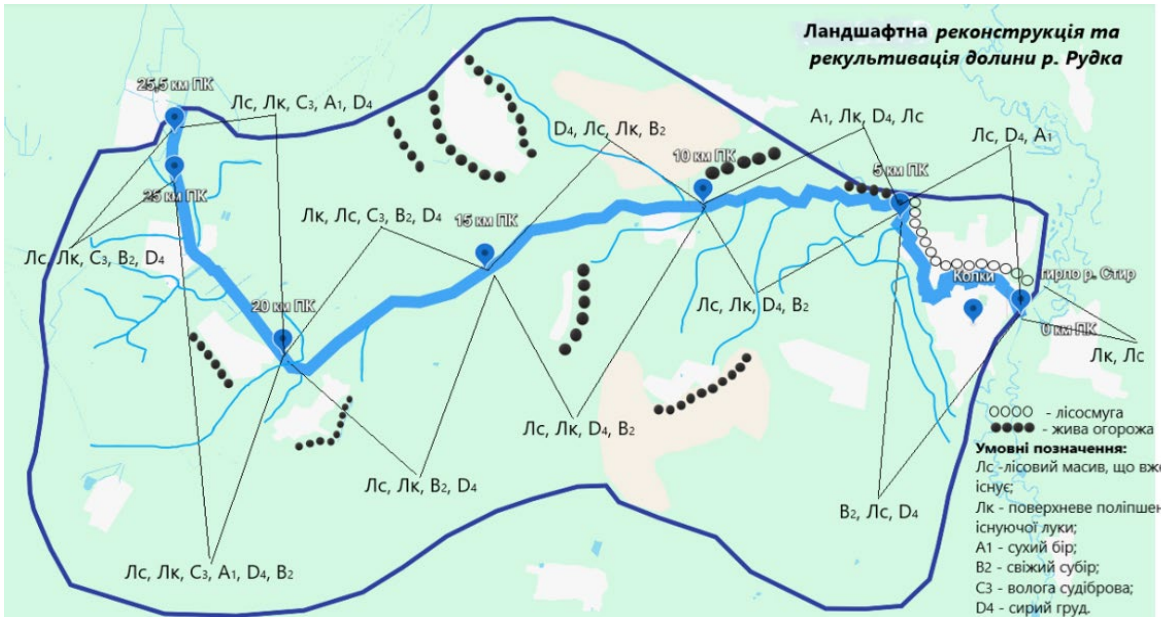


Рисунок 2 – Ландшафтна реконструкція та рекультивація долини р. Рудка

Проведений аналіз ПТК басейну річки говорить про те, що площі природних та антропогенних комплексів трансформувалися за роки, а саме: ліси збільшилися з 6,545 тис. га до 9,260 тис. га за рахунок скорочення площ луків, площа боліт майже не змінилася у басейні річки. Площа еродованих та деградованих земель збільшилася з 0,034 тис. га до 0,136 тис. га за рахунок зменшення площ сільськогосподарських земель з 10,3 тис. га до 9,771 тис. га, а площа забудови теж майже не змінилася. З даного аналізу можна зробити висновок, що саме площі сільськогосподарських земель піддаються досить високому антропогенному впливу у басейні річки, переходячи у деградовані та еродовані землі.

Висновок. Водозбори річок Українського Полісся сьогодні характеризуються надмірним антропогенним впливом на природні комплекси, площа антропогенно трансформованих ландшафтів становить 80-90 %. Найбільш трансформованими є нижні та середні ділянки річкових басейнів.

Дослідженнями встановлено, що площі природних параметрів зменшувалися за рахунок збільшення площ забудови території водозбору та збільшення земель сільськогосподарського призначення. Також з кінця 90-х років збільшилася площа еродованих та деградованих земель. Це говорить про те, що нераціонально та неефективно запроваджувалися природоохоронні заходи щодо поліпшення якості земельних ресурсів та виведення їх з такої категорії земель як деградовані. Також велику роль відіграє і зміна клімату на водозбірні площі річок Українського Полісся, тому що збільшення температури повітря призвела до пониження рівня ґрунтових вод, а зливові атмосферні опади не ведуть до покращення якісного стану басейнів річок та його поповнення, хоча і кількісні характеристики їх зростають. Тому потрібно більш, комплексно та окремо для кожного басейну річки розробляти та застосовувати першочергові природоохоронні заходи, які будуть покращувати природну та ландшафтну структуру басейнів річок Українського Полісся, залучати відповідних фахівців з вищих навчальних закладів, які працюють над такими дослідженнями. Для таких заходів необхідно також зменшити забори чистої води, а створювати замкнутий цикл водопостачання на підприємствах, контролювати більш жорсткіше об’єми скидів забруднюючих стічних вод на них.

УДК 551:583: 551.588

РЕЖИМ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ НА ТОРФОБОЛОТНИХ МАСИВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Зосимчук М.Д., Стецюк М.Г., Зосимчук О.А., Данилицький О.А., Ходневич В.І.

Сарненська дослідна станція ІВПіМ НААН, м. Сарни
zosimchykm@gmail.com

Українське Полісся, як зона достатнього зволоження і помірних температур, зазнає впливу потепління клімату швидше, ніж південь України. За даними кліматологів, межа кліматичних зон в Україні змістилася як мінімум на 200 кілометрів, а дехто з вчених говорить і про всі 400. Крім того, найбільших кліматичних змін зазнає саме зона Полісся.

Згідно з дослідженнями фахівців Інституту водних проблем і меліорації НААН, якщо порівняти кліматичний водний баланс в якості показника за 1991 і 2024 роки то площі сухої і дуже сухої зони в Україні зросли на 7 %, площа вологої і перезволоженої зони скоротилась на 10 %. Внаслідок кліматичних змін на Поліссі зникли умови перезволоження земель. Залишилися вони лише у Карпатському регіоні.

Глобальне потепління, яке розпочалось близько 100 років тому найбільш інтенсивно протікає в останні десятиліття. Воно істотно впливає на усі складові клімату, в першу чергу на кількість атмосферних опадів та їх внутрішній перерозподіл. В зоні Західного Полісся воно проявляється тенденцією до зменшення річних сум опадів, відсутністю протягом зимового періоду снігового покриву та досить інтенсивним зменшенням сум місячних опадів при значній амплітуді їх коливання. Все це призводить до дефіциту вологи в ґрунтах протягом окремих періодів вегетації.

При веденні сільськогосподарського виробництва на осушуваних землях значну роль відіграє кількість опадів, як річних, так і за вегетаційний період. Спираючись на багаторічні дані метеопосту Сарненської дослідної станції ІВПіМ НААН, який розташований безпосередньо на осушуваному торфоболотного масиві «Чемерне», що у Рівненській області, наведено основні тенденції зміни кількості опадів, як в річному діапазоні, так і за вегетаційний період (рис. 1).

Як показують дані рисунку 1, з 1980 по 2024 рр. відмічається чітка тенденція до зниження кількості опадів, як в цілому за рік, так і за вегетаційний період. Так, якщо на початку 80-х років XX століття середні суми річних опадів були близькі до норми і до лінії тренду, 550-600 мм, при амплітудах 100-150 мм і мінімальних значеннях більше 500 мм, то на початку XXI ст. середні суми понизились до 400 мм, а амплітуда коливань збільшилась до 350 мм, при мінімальних значеннях біля 300 мм. На достовірність лінії тренду вказує те, що на ній або близько від неї розташовується більше 50 % точок спостережень. Такі значні за тривалістю засушливими періоди з дуже низькими річними сумами

атмосферних опадів, ймовірність появи яких, судячи з тренду, може збільшуватись є не тільки несприятливі, але й навіть катастрофічні для рослинного покриву.

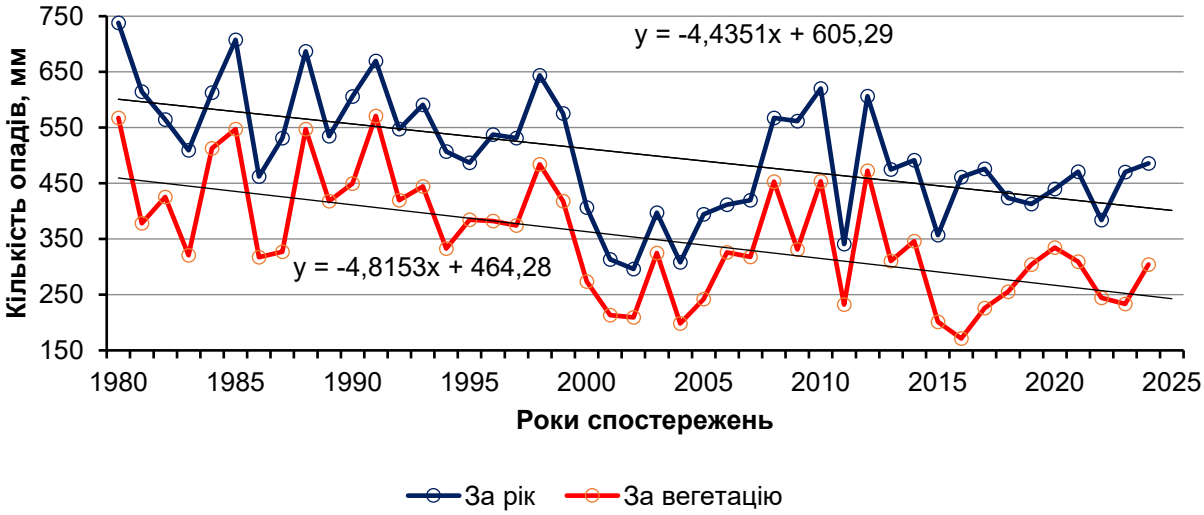


Рисунок 1 – Динаміка кількості опадів за рік та вегетаційний період (метеопост Сарненська ДС, 1980-2024 рр.)

Щодо кількості опадів за вегетаційний період (квітень-вересень) то починаючи з 2000 року у 10 роках кількість опадів становила менше 250 мм при стандартній кліматичній нормі – 400 мм. Тобто, фактично кожного другого року формувались недостатні умови зволоження коли випадало лише 63% опадів від норми.

Істотне зменшення кількості опадів відмічено також і протягом вегетаційного періоду. Так починаючи з 2015 року у 6-ти роках кількість опадів за вегетаційний період становила менше 260 мм, і лише в 3-х – більше 300 мм, при стандартній кліматичній нормі – 400 мм.

Аналіз одержаних лінійних трендів вказує, що зменшення кількості опадів, як річної кількості так і за вегетаційний період, відбувається доволі стрімко. Так, якщо на початку 80 років XX ст. кількість річних опадів була близько 600 мм, а за вегетаційний період більшою за 400 мм, то зараз кількість річних опадів становить близько 400 мм, а за вегетаційний період – 300 мм. Крім того, починаючи з 2015 року спостерігається систематична нестача опадів протягом березня-квітня, що призводить до нестачі вологи у посівний період.

Аналіз динаміки опадів у зимовий період показує, що їхня кількість в період з 2000 року і по даний час майже не змінилась (рис. 2). Разом з тим, відмічено чітку тенденцію до стрімкого підвищення значень середньодобових температур повітря у зимовий період (рис. 3-4). Відмічено також значні коливання середньодобових температур протягом зимового періоду, коли протягом добри чергуються плюсові та мінусові температури. Внаслідок цього значна частина опадів випадає у вигляді дощу, що призводить до відсутності стійкого снігового покриву в зимовий період. За даними синоптиків, січень 2025 року був самим теплим за увесь період метеоспостережень не лише в Україні, а й у Світі загалом, що не може не викликати занепокоєння.



Рисунок 2 — Динаміка атмосферних опадів за зимовий період, метеопост Сарненська ДС, 1980-2024 рр.

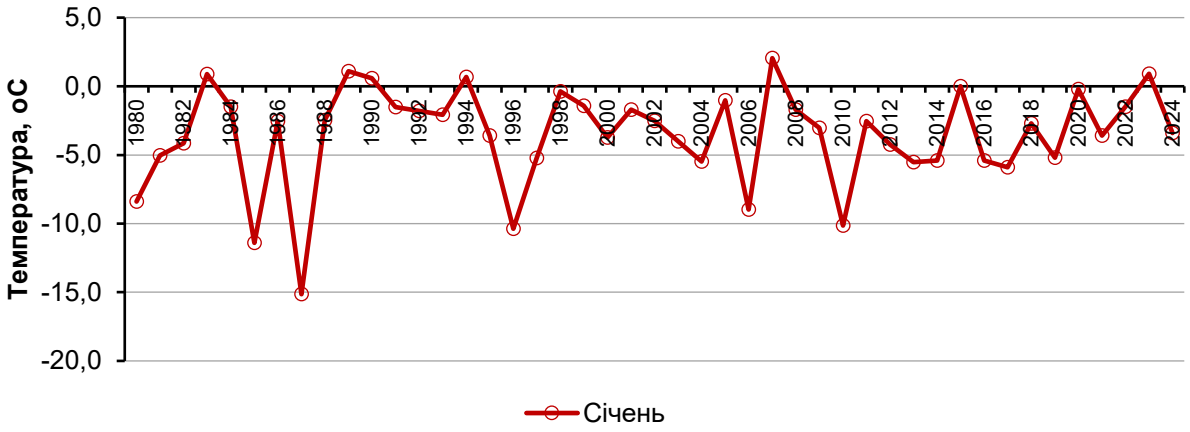


Рисунок 3 – Динаміка середньомісячної температури повітря за січень, (метеопост Сарненська ДС,1980-2024 рр.)

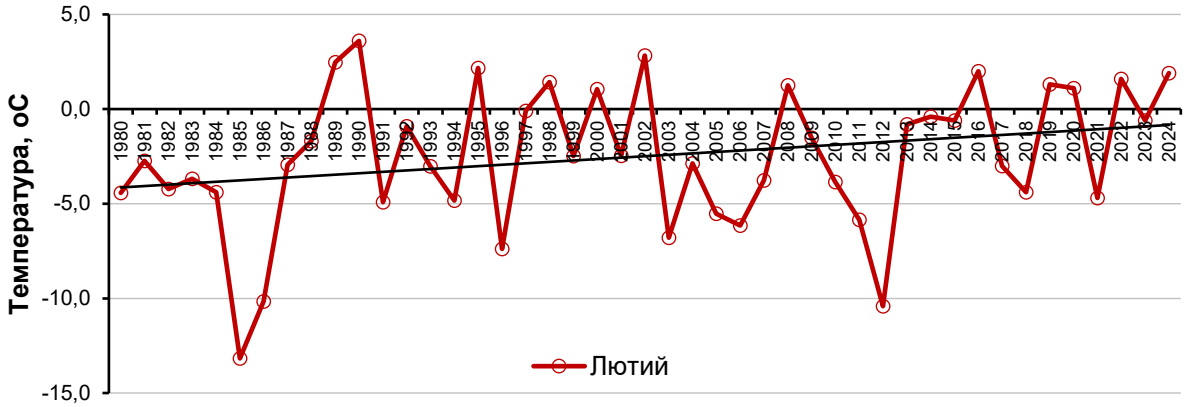


Рисунок 4 – Динаміка середньомісячної температури повітря за лютий, (метеопост Сарненська ДС, 1980-2024 рр.)

Випадання опадів протягом зимового періоду у вигляді дощу, та відсутність стійкого снігового покриву несе в собі досить серйозні загрози для ведення сільськогосподарського виробництва, оскільки значна частина

меліоративних систем в зоні Полісся через в даний час працює в промивному режимі і забезпечує лише скид води. Опади, що випали протягом зимового періоду у вигляді дощу, поступово скидаються з меліоративних систем у водоприймач, а їхнє накопичення у вигляді снігового покриву майже відсутнє. Тому в сучасних умовах, вкрай важливим є забезпечення можливості накопичення та акумуляції зимових вологозапасів шляхом шлюзування з метою попередження нераціонального скиду вологи протягом зимового та ранньовесняного періоду.

В сільському господарстві особливо важливе значення має кількість опадів за весняні місяці, особливо за березень-квітень. Вони відіграють важливу роль у формуванні необхідних запасів вологи в ґрунті. Зважаючи на це, значний інтерес представляє динаміка кількості атмосферних опадів за березень-квітень (рис. 5).

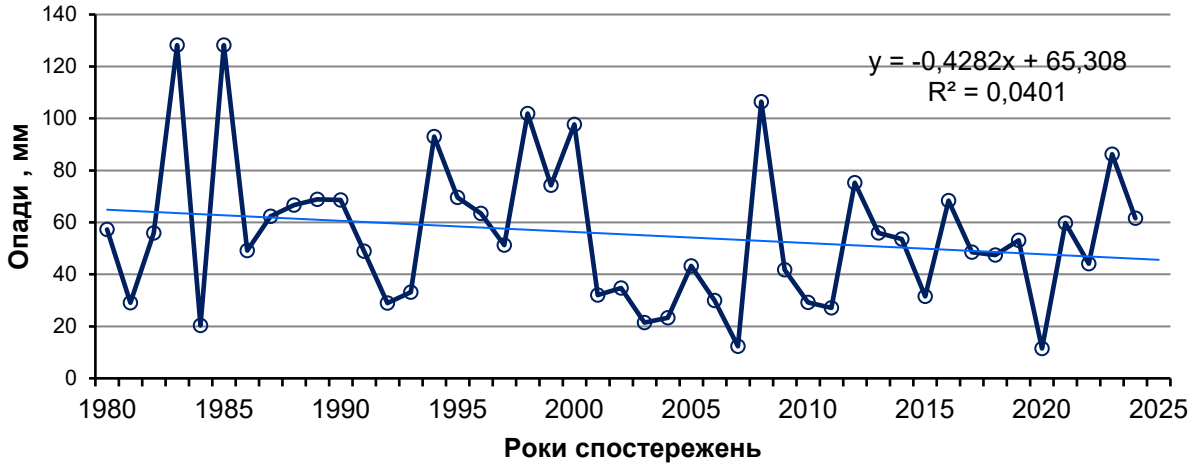


Рисунок 5 — Динаміка атмосферних опадів за березень-квітень (метеопост Сарненська ДС, 1980-2024 рр.)

Що стосується динаміки опадів за березень-квітень, то за останні десятиріччя вони відрізняються наступними особливостями: виражений тренд до їхнього суттєвого зменшення; висока амплітуда коливань в багаторічному розрізі, до 60 мм. Роки з дуже низькими сумами опадів за березень співпадають з роками, коли сніговий покрив не зберігається до весни. Такі роки вкрай несприятливі для живлення підземних вод, створення необхідних запасів вологи в ґрунтах, не формується весняне повіддя, що необхідно для оптимального екологічного стану. В окремі роки дефіцит атмосферних опадів за березень може частково компенсуватись за рахунок квітня, що може сприяти створенню необхідних запасів вологи в ґрунтах.

Одержаний тренд показує, що загальна сума опадів за березень-квітень має тенденцію до істотного її зменшення в багаторічному розрізі, в середньому від 80 мм, на початку періоду спостережень, до 40-45 мм, в кінці. При цьому зберігаються досить високі амплітуди коливання, які на початку періоду спостережень досягають 110 мм, в кінці – 80 мм. Характерно, що кількість років із сумами значно меншими за норму складають більше 50 %, а основна їх кількість приходиться на останнє десятиліття. Тобто вимальовується тенденція до збільшення їх кількості із зменшенням їх місячних сум, що слід віднести до

негативного впливу глобального потепління на внутрішньорічний розподіл атмосферних опадів. В цілому в останні десятиліття спостерігається тенденція зменшення опадів у посівний період (березень-квітень), що в свою чергу призводить до нестачі вологи у період сходів ярих культур.

В цілому, зменшення суми опадів у ранньовесняний період, високі температури повітря у денну пору, сильні вітри та низька відносна вологість повітря сприяють появі суховійних явищ, внаслідок яких спостерігається швидке випаровування вологи з верхніх шарів ґрунту. В зоні Полісся вище ці фактори мають особливо негативний вплив, оскільки переважна більшість ґрунтів є легкого механічного складу, тому вони швидко втрачають вологу і пересихають.

Вище зазначені чинники вказують на необхідність коригування строків посіву ярих культур до більш ранніх з метою максимального використання зимових запасів вологи.

UDC 628.35

INFLUENCE OF NATURAL AND TECHNOGENIC FACTORS ON EFFICIENCY OF NITROGEN REMOVAL (NITRIFICATION) IN BIOREACTORS WITH BIOFILMS

Telyma S., Diatel O.

Institute of Hydromechanics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv
sertelyma@gmail.com

For the effective operation of bioreactors at the treatment of waste waters of various origins it is necessary to take into account a number of factors that significantly affect their performance. The main factor is the oxygen regime since the removal of contaminants in biofilms occurs under aerobic conditions when oxygen is in sufficient quantities. At the same time for the growth and vital activity of microorganisms an uninterrupted supply of oxygen and control of its consumption is necessary which ensures the kinetics of reactions with a high rate of utilization of organic substances and nitrogen compounds under given conditions of the aerobic process. In the general case that to assess and analysis the oxygen regime in bioreactors it is necessary to build complex mathematical models for its implementation [1-3]. Based on the conducted studies and their analysis the recommendations have been developed that allow to justify the parameters of the oxygen regime and other factors in practical calculations and thus to regulate the efficiency of nitrification processes and the purification of the waste waters in bioreactors in whole. In application of kinetic reactions for the practical calculations we can use the most extended case when the extraction of nitrogen and oxidation are occurred according to a zero-order kinetic reaction [1, 3]. Thus, in this case for the reaction we have the following equations:

$$R_N = w_N = \frac{\mu_{\max N} X_N}{Y_N}, \quad (1)$$

$$R_C = \alpha_1 R_N + \alpha_2 b_C X_N \ . \quad (2)$$

At solution of the equation regarding the oxygen concentration in the biofilm C [3, 4]:

$$D_C \frac{d^2 C}{dz^2} - R_C = 0 \quad (3)$$

under boundary conditions

$$-D_C \frac{dC}{dz} = K_C (C_e - C_\delta) = I_C \quad \text{at} \quad z=0, \quad 4)$$

$$\frac{dC}{dz} = 0 \ \text{at} \quad z=\delta,$$

we obtain the following equation for determination of the concentration C_δ at a zero-order reaction in biofilm:

$$C_\delta = C_e - \frac{w_c \delta}{K_C}, \quad (5)$$

and for flow I_C according to equation (4) we have:

$$I_C = w_c \delta, \tag{6}$$

where $w_c = \alpha_1 R_N + \alpha_2 b_c X_N$.

In this case the oxygen consumption for the utilization (self-oxidation) of the dying biocenosis in the biofilm is taken into account by the parameter $\alpha_2 b_c X_N$.

In general, the value of oxygen flux entering the biofilm is determined by equation (4). However, at a zero-order reaction when the processes determined by parameter b_c are not taken into account i.e. when b_c=0 the flux I_C can be determined using the relation [1, 2]:

$$\frac{I_N}{\gamma_N} = \frac{I_C}{\gamma_C} \tag{7}$$

that is for determination the flow I_C we have:

$$I_C = \frac{\gamma_C}{\gamma_N} I_N, \quad I_N = \frac{\gamma_N}{\gamma_C} I_C, \tag{8}$$

where the stoichiometric coefficients for oxygen γ_C and nitrogen γ_N will be:

$$\gamma_C = \frac{4{,}57 - Y_N}{Y_N}, \quad \gamma_N = \frac{1}{Y_N}, \quad Y_N \approx 0{,}22, \tag{9}$$

and for defining the flows I_C and I_N we have:

$$I_C = (4{,}57 - Y_N) I_N, \quad I_N = \frac{I_C}{4{,}57 - Y_N}, \tag{10}$$

that is at $b_c \approx 0$ the value of α_1 will be:

$$\alpha_1 = (\alpha_N - Y_N), \quad \alpha_N = 4{,}57 \frac{\partial O_2}{\partial N} \tag{11}$$

Since the extraction of substrates in bioreactors with biofilms is limited by mass transfer the substrate flux and the depth of penetration into the biofilm are a function of the substrate concentration on the biofilm surface, the reaction rate inside the biofilm, and diffusion mass transfer. Table 1 gives the values of the fluxes I and the penetration depths $(\beta_N \delta)$ for ammonium and oxygen under the condition of zero reaction kinetics of nitrogen extraction and a partially permeable biofilm. The table shows that at most ammonium concentrations its extraction is limited by oxygen. In addition, the penetration of oxygen into the biofilm is only a few hundred microns. Therefore, it may be concluded that biofilms with increasing thickness are generally unsuitable for aerobic processes in them.

The most reasonable solution which of the substrates is limiting can be determined on the base of building the curves of ratio changes in the concentrations of *N* and *C* in the biofilm and the depths of their penetration into one.

Table 1 – Penetration depths and substrate flux determined using zero-order kinetic equations

C_δ, g/m^3	*penetration depth,* $\beta_C \delta$, *мк т*	I_{C,O_2}, $g/m^2\ day$	N_δ, g/m^3	*penetration depth,* $\beta_N \delta$, *мк т*	I_{N,NH_4}, $gN/m^2\ day$
1	42	7,9	1	79	3,4
3	73	13,8	5	177	7,7
5	95	17,8	15	307	13,3
8	120	22,5	70	664	28,7

This allows us to specify in which section of the biofilm thickness and which of the substrates can limit the process of nitrogen extraction. The change in the concentration of C in the biofilm can be obtained as a result of solving equation (3) under boundary conditions (4). In whole the results of the conducted studies allow to obtain the next conclusions:

a) for assess the influence of oxygen which controls the process of ammonium oxidation to nitrite a ratio of $O_2/N\text{-}NH_4$ is reasonably proposed and this parameter allows more better control the nitrification process in the reactor compared to data on oxygen concentration;

b) oxygen is the main parameter that controls and limits the nitrification process in the biofilm and its amount depends on the ammonium flow entering the biofilm. If the value of this ratio at different points is from 0.05 to 0.1 then about 80% of the incoming ammonium is converted to nitrite;

c) it was found that the results of theoretical studies coincide with experimental data in a wide range. The obtained research results can be used in the development of engineering calculation methods.

The processes and mechanisms of wastewater treatment by the fixed biocenosis are also significantly affected by temperature, pH (alkalinity) and the presence of other substances. In the above models of kinetics, the influence of these factors is taken into account by the corresponding correction factors f_θ, f_{ph}, f_{in} and the values of kinetic reactions are recommended to be taken according to the equation:

$$R = R_v \cdot f_\theta \cdot f_{ph} \cdot f_{iC} . \quad (12)$$

For practical purposes the effect of temperature is taken into account by adjusting the individual constants and coefficients using the temperature factor:

$$P_T = P_{20}\theta^{T-20^0 C} , \quad (13)$$

where P_T the parameter at a temperature of TºC, P_{20} – is the value of the parameter at a temperature of 20°C and the following dependencies are proposed to determine the coefficients:

$$f_{\theta_L} = \theta_L^{T-20^0 C}, \quad f_{\theta_N} = \theta^{T-20^0 C} \quad (14)$$

It is recommended to take the parameter θ_L in the interval $\theta_L = 1{,}05 - 1{,}08$. The adjustment of mass transfer and diffusion parameters which occurs according to (12) gives the following values $\theta_L = 1{,}02; \theta_L = 1{,}047$ respectively. Also, that to take into account the influence of temperature on the values of some constants and coefficients it is recommended to use the generalized Van Hoff equation [1, 2]:

$$P_T = P_{20} \cdot \exp\left(\lambda_T \left(T - 20^o C\right)\right) \quad (15)$$

where λ_T is the temperature constant which is taken within 0.05-1.0 deg^{-1}.

Studies of the effect of temperature on the rate of nitrification reactions in fixed biofilms have shown that temperature affects not only the kinetics of nitrification but also on other parameters (substrate diffusion, transfer coefficients and oxygen concentration). At the same time the effect of temperature on the rate of nitrification in biofilms is much more complex than in suspended biocenoses (activated sludge) and the results of this effect can differ significantly [2, 3]. Below in Table 2 the results of studies of the effect of temperature and recommendations for determining the

parameter for the case of joint removal of organic pollutants and nitrogen compounds by different fixed biocenoses are presented.

Table 2 – Assessment of the effect of temperature on the extraction process with 1 hour of aeration and 2 hours of its absence during studies over 9 hours (mean values and standard deviation) [1]:

Parameters	I option download		II option download	
	10^0C	30^0C	10^0C	30^0C
COD(L) concentration at the outlet (mg/l)	$14,34 \pm 2,4$	$7,25 \pm 2,41$	$12,27 \pm 3,38$	$7,65 \pm 2,31$
COD removal efficiency (OD)%	94,36	97,10	95,09	96,94
$NH_4 - N$ outlet concentration (mg/l)	$9,73 \pm 0,41$	0	$12,6 \pm 0,51$	$2,8 \pm 0,14$
Extraction efficiency N (%)	52,1	84,2	47,30	76,9
BOD(L) concentration at the outlet (mg/l)	3,5	3,5	4,0	3,5
Total suspended solids concentration TSS (BB) at the outlet (mg/l)	$21,2 \pm 5,6$	$28,36 \pm 0,46$	$20,36 \pm 3,26$	$15,6 \pm 4,52$
pH at the outlet	$6,63 \pm 0,09$	$6,3 \pm 0,05$	$6,99 \pm 0,03$	$6,34 \pm 0,05$

Based on the performed research it is recommended to use the following dependence to determine the parameter f_{θ_L}:

$$f_{\theta_N} = \eta_\theta f_{\theta_N}(20^0 C), \tag{16}$$

where η_θ – temperature correction factor which is taken: at $T = 27^0 C$ $\eta_\theta = 1,08$; at $T = 20^0 C$ $\eta_\theta = 1,0$; at $T = 14^0 C$ $\eta_\theta = 0,985$; at $T = 8^0 C$ $\eta_\theta = 0,90$.

Alkalinity also has a significant impact on the purification processes which is especially evident in the nitrification ones during its first stage. In the general case its influence can be taken into account in the given kinetic equations by additionally introducing a term in the form $f_{PH_N} = \frac{S_A}{K_{vA} + S_A}$. Then the general kinetic equation for the removal of nitrogen $N(NH_4^+)$ will have the following form:

$$R_{VN_{PH}} = \nu_N \mu_{mN} \frac{N}{K_N + N} \frac{C}{K_C + C} \frac{S_A}{K_{NA} + S_A} X_N, \tag{17}$$

Nitrification is accompanied by a decrease in the alkalinity of the medium and unlike nitrification processes with activated sludge manifests itself and can lead to almost complete inhibition of the process at pH <6.0. To determine the correction factor for alkalinity f_{pHN} the following relationships are proposed [1, 2]:

$$f_{pHN} = 0 \quad \text{at} \quad pH<6 \tag{18}$$

$$f_{pHN} = 1 - 0.833(7.2 - pH) \quad \text{at} \quad 6<\text{pH}<7.2 \tag{19}$$

$$f_{pHN} = 1 \quad \text{at} \quad \text{pH}>7.2 \tag{20}$$

where $pH = 5,5 + 2\frac{A_N}{K_{NA} + A_N}$, A_N –alkalinity (mg $CaCO_3/l$), $K_{NA} = 40$ – transformation of alkalinity into pH (mg $CaCO_3/l$).

In the presence of toxic and other substances in wastewater the reaction rate can be significantly reduced due to the inhibitory effect which can be competitive, non-competitive and intermediate. With reverse competitive inhibition the saturation constant increases:

$$K'_m = K_m \frac{K_i + I}{K_i}, \tag{21}$$

and with reverse noncompetitive inhibition the optimal specific growth rate decreases which is taken into account by the coefficient f_i:

$$\mu = \mu_{\max} \cdot f_i, \quad f_i = \frac{K_i}{K_i + I} \tag{22}$$

where K'_m – saturation constant for inhibition, K_m – saturation constant without inhibition, K_i – inhibition constant, I – inhibitor concentration.

Specific data that allow us to assess the inhibitory effect of various metals and other substances on nitrification processes are given for example in [1,4]. If microorganisms are simultaneously exposed to several inhibitors the effect of each of them obviously enhances the process of influence as a whole.

In general, the proposed methodology for assessing the influence of various factors on the efficiency of removing contaminants of various origins in bioreactors can be used in practice and allows reduce the number of input parameters at forecasting calculations. In the future it is planned to conduct further studies of biofilms taking into account the influence of oxygen O_2 and other factors based on more complex kinetic reactions closer to the description of real conditions for removing contaminants by biofilms.

References

1. Henze M. M, van Loodstrecht M., Ekama G. A., Brdjanovic. (2008). *Biological Wastewater Treatment.* IWA Publishing. 511 p.

2. Lewandowski Z., Beynal H. (2014). *Fundamentals of biofilm research.* CRC Press. 157 p.

3. Oliynyk O. Telyma S. Kalugin Yu. & Oliynyk E. (2022) *Modeling and calculations of parameters of joint treatment of organic contaminations (OC) and nitrogen (N) compounds in bioreactors with using of the fixed biocenosis (biofilm).* Ecological safety and natural resources. 3. P. 82-96 (in Ukrainian).

4. Bhattucharya K., Mazumder D. (2021). *Simultaneous nitrification and denitrification in moving bed reactor and other biological systems. Critical review.* Bioprocess and Biosystems, vol.44.P.635-652.

УДК 628.16:504

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА ПЕРЕСУВНОГО ГІДРОДИНАМІЧНОГО КАВІТАЦІЙНОГО РЕАКТОРА КР-300 ЗГІДНО ТУ У 28.9-33360135-003:2017 НА СТАДІЇ ОСВОЄННЯ ВИРОБНИЦТВА

Зудіков А.О.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро
zudikov0012@gmail.com

Вступ. Гідродинамічний кавітаційний реактор КР-300 є інноваційним пристроєм, розробленим дослідниками Зудіковим А.О. та Зудіковим О.Б. та призначеним для обробки рідин і емульсій. Він використовує явище кавітації для досягнення високої ефективності в різних технологічних процесах [1].

Основні завдання реактора включають приготування емульсій, зниження часу купажування, знезараження та стерилізацію рідин, а також обробку середовищ для припинення процесів бродіння.

Технічні характеристики: *Габарити:* Довжина – 1200 мм, ширина – 950 мм, висота – 1000 мм. Ці розміри дозволяють легко інтегрувати реактор у різні виробничі лінії [1]. *Вага:* 650 кг. Вага реактора забезпечує його стабільність під час роботи. *Електричні параметри:* Напруга – 380 В, частота – 50 Гц, потужність приводу – 37,5 кВт. Мінімальна потужність джерела живлення – 50 кВА [1]. *Продуктивність:* Від 8 м^3/год до 30 м^3/год залежно від характеристик оброблюваного матеріалу. Це дозволяє використовувати реактор для різних обсягів виробництва.

Призначення: Пересувний кавітаційний реактор використовується для приготування різних видів емульсій, зниження купажного часу, а також для обробки середовищ з метою припинення процесів бродіння, знезараження та стерилізації рідин і емульсій, а також двокомпонентних сумішей з вмістом сухого залишку до 30 %.

Умови застосування: Температура оброблюваного продукту від 5°С до 75°С, динамічна в’язкість оброблюваних матеріалів від 0,282 до 21,1 мПа·с. Максимально допустимий надлишковий тиск оброблюваної рідини на вході в реактор – 0,35 МПа (3,5 кг/см^2), максимально допустима висота всмоктування – 3 м [1].

Мета випробувань. Перевірка відповідності пересувного гідродинамічного кавітаційного реактору КР-300 умовам ТУ У 28.9-33360135-003:2017, діючим стандартам, правилам пожежної та санітарно-гігієнічної безпеки, нормативним актам з охорони праці, придатності його до знезараження та очищення стічних вод, відпрацювання технологічної схеми очищення стічних вод для повторного використання.

Завданням проведених випробувань є встановлення закономірностей впливу кавітації на знезараження стічної води в присутності повітря, а також можливості утворення при кавітаційної обробці з’єднань амонію і фосфору, які можуть виступати в ролі добрив, при подальшому використанні обробленої води

для поливу рослин. Відібрані зразки стічних вод до і після кавітаційної обробки, додавання коагулянту були досліджені органолептичним методом (візуальна оцінка) та досліджені в лабораторії.

Протягом випробувань було оброблено 4 м^3 стічних вод з додаванням різної кількості повітря в робочу камеру реактору КР-300 і без додавання повітря.

Усереднена продуктивність реактора склала 29,98 м^3/год стічних вод із вмістом фекальних частинок 1-3 % (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати досліджень по використанню реактора КР-300 в процесі знезараження і очищення стічних вод підприємства «Уманський тепличний комбінат» із застосуванням комплексного коагулянту УДНДІ «УКРВОДГЕО»

Проба стічних вод	Обсяг осаду, %	Колір	Прозорість	Запах	Наявність пластівців в об'ємі над осадом
1. Початкова (без обробки)	0,5/0,5	Світло-сірий	Мутна	Значний (каналізаційний)	Утворення пластівців відсутнє
2. Початкова +коагулянт	3,0/3,5 Осад.плотн	Світлий	Прозора	Незначно менший ніж в зразку 1	В об'ємі залишкові пластівці
3. Після кавітаційної обробці коагулянт	4,0/4,0	Світлий	Прозора	Незначно менший ніж в зразку 2	Залишкові дрібні пластівці
4. Після кавітаційної обробці з додаванням O_2 + коагулянт	4,0/4,5	Світлий	Прозора	Незначний, значно менший ніж в зразку 1	Залишкові пластівці менше, ніж в № 3
5. Після кавітаційної обробці з додаванням O_2 + коагулянт	6,0/7,0	Світлий	Прозора	Відсутній	Залишкові пластівці менше, ніж в № 4
6. Після кавітаційної обробці з додаванням O_2 + коагулянт	4,0/4,0	Світлий – темніше, ніж в №5	Прозора	Незначно менший ніж в зразку 2	Зависі більше, ніж в попередніх дослідах.

В процесі випробувань були відібрані зразки стічних вод до і після їх обробки в пересувному гідродинамічному кавітаційному реакторі КР-300. Санітарно-мікробіологічне дослідження відібраних зразків показало відсутність патологічної мікрофлори після обробки.

Найкращу ступінь очищення стічних вод забезпечує обробка з подачею повітря Q = 4 л/хв в робочу камеру при тиску Р = 7 атм і додаванням коагулянту. Таблиця 1 містить детальні результати досліджень.

За результатами аналізу існуючої схеми водокористування підприємства і даних про проведені дослідження з використання реактора РК-300 в процесі очищення стічних вод пропонується наступна схема (рис. 1).

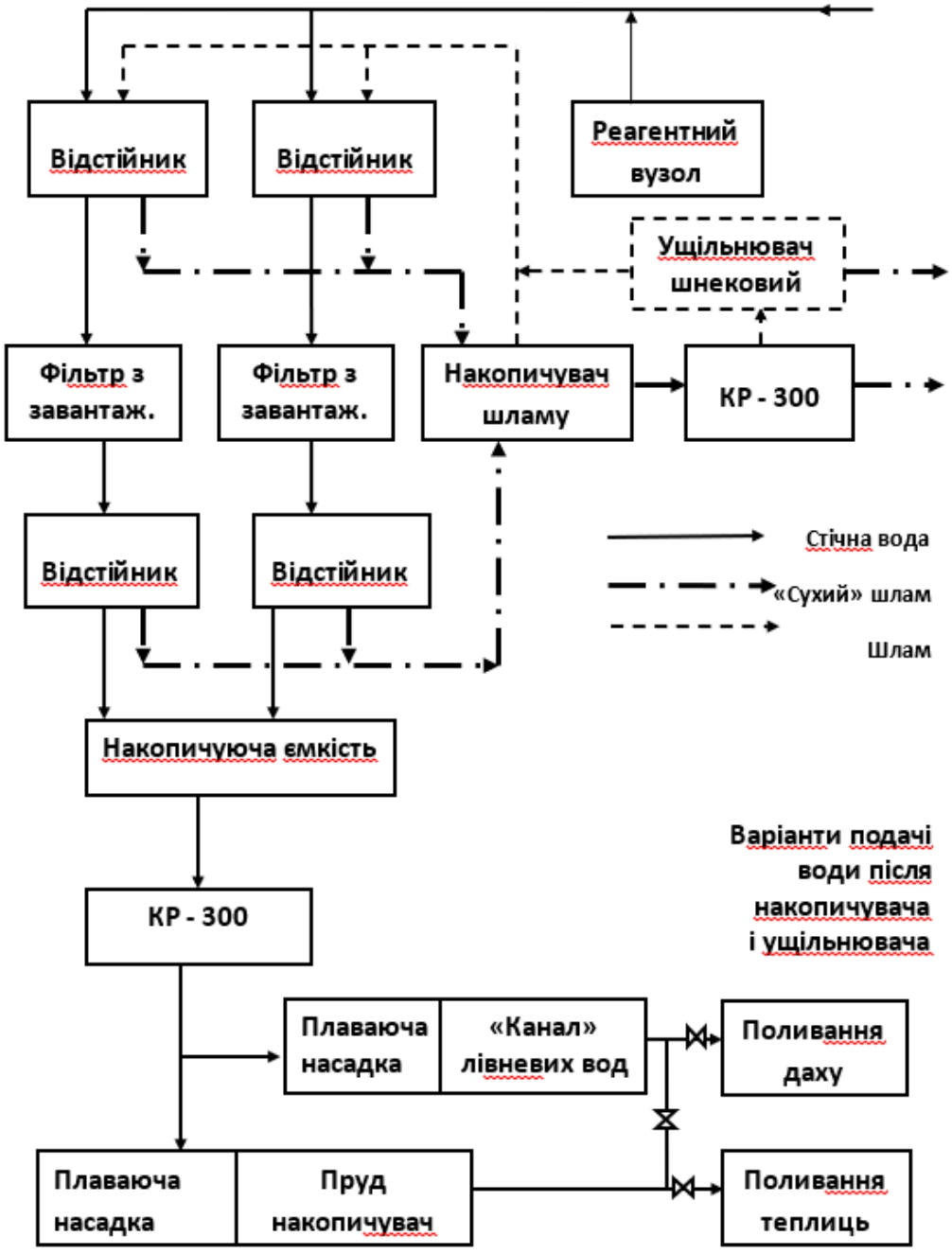


Рисунок 1 – Технологічна схема очищення та знезараження стічних вод

Каналізаційна вода після усереднення 2-х потоків і добавки композитного коагулянту надходить у відстійник. З відстійника після 2-х годинного освітлення вода надходить на фільтр з пінополіуретанової (віджимної) завантаженням для видалення залишкової дрібнодисперсного суспензії.

Після фільтра освітлена вода подається на реактор РК-300 для знезараження, після чого надходить (залежно від виробничої необхідності) в природний ставок або «канал» для збору зливових вод.

Утворений в відстійнику осад разом з осадом після віджимання пінополіуретанової завантаження фільтра надходить в проміжну ємність.

У міру накопичення, але не більше 2-х добового, осад подається на реактор РК-300 для знезараження і після ущільнення утилізується (використовується в якості органо-мінерального добрива).

Очищена і знезаражена вода після змішування з зливової водою в «каналі» або з водою в природному ставку подається на охолодження даху теплиці.

Зони прийому очищеної води в природному ставку та зливовому «каналі» утворюються плаваючою насадкою заселеної «ANAMMOX – деаммонізуючою» мікрофауною.

Економічна доцільність. Використання гідродинамічного кавітаційного реактору КР-300 дозволяє знизити витрати на очищення стічних вод, підвищити ефективність виробничих процесів та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Недоліки. Потенційні недоліки включають високу вартість обладнання та необхідність регулярного технічного обслуговування. Пропонується розробити заходи для зниження витрат на обслуговування та підвищення надійності роботи реактора.

Висновки. Показники бактеріального забруднення осаду стічних вод з вмістом сухого залишку після обробки в КР-300 задовольняють Санітарним Правил і Норм охорони поверхневих вод від забруднень СанПін 4630-88 і ДСТУ 3959-2000 «Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами» [2, 3].

Відповідно випробувань проєкту ТУ У 28.9-33360135-003:2017, визначено, що пересувний гідродинамічний кавітаційний реактор КР-300 відповідає умовам ТУ, діючим стандартам, санітарно-гігієнічним нормам, нормативним актам з охорони праці і рекомендований до серійного виробництва.

Посилання

1. Пристрій для очищення і знезараження стічних вод: патент на корисну модель 158088 Україна. Зудіков А. В. Зудіков О. Б. МПК : C02F1/48 C02F1/34; № u 202230691.

2. ДСТУ 3959-2000 «Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами». https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71264.

3. СанПіН 4630-88 Санітарні правила й норми охорони поверхневих вод від забруднення. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48347.

УДК 504:054(479.22)

ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ СПОЛУКАМИ ФОСФОРУ ТА ЗАСОБИ ПОКРАЩЕННЯ СИТУАЦІЇ

Бондарчук С.П., Бондарчук Л.Ф.

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк
s_bondarchuk@ukr.net

Робота стосується вирішення актуальних питань, які полягають у особливостях забруднення поверхневих водойм сполуками фосфору, екологічні наслідки такого забруднення та розробка дієвих заходів поліпшення ситуації.

Актуальність теми полягає в тому, що за останнє десятиріччя обсяг надходження фосфатів у водні об'єкти значно збільшився. Тому, в даний час, важливо провести всебічну оцінку сучасного стану забруднення водойм фосфатами і розробити заходи із зменшення такого забруднення.

Мета роботи – встановлення джерел надходження, визначення динаміки вмісту сполук фосфору у поверхневих водоймах Рівненської області та розробка заходів щодо зменшення забруднення водних об'єктів. Об'єкт досліджень – найбільші водні артерії Рівненської області, а саме річки басейну Прип'яті з притоками. Предметом дослідження є процеси динаміки забруднення поверхневих водойм Рівненської області сполуками фосфору та шляхи зменшення такого забруднення. Завдання дослідження передбачало встановлення джерел надходження фосфатних сполук у водні об'єкти Рівненської області, визначення основних закономірностей сучасного забруднення поверхневих водойм сполуками фосфору, визначення можливих ефективних заходів для зменшення фосфатного забруднення води.

Небезпека забруднення водойм фосфорними сполуками полягає у комплексі негативних наслідків, серед яких забруднення води із втратою якісних характеристик, евтрофікація тобто заростання водойм, вторинного забруднення продуктами розкладу водних організмів тощо.

Для виявлення основних факторів, які впливають на природні та антропогенні процеси надходження органічних речовин у природні поверхневі водойми ми проаналізували наявність таких факторів та прояви їх дії.

Відповідно до наукових досліджень, проведених у більшості країн ЄС, основними шляхами потрапляння фосфорних сполук до поверхневих водних об'єктів є миючі засоби та комунальні та промислові стічні води.

В нашій країні ситуація подібна із зростанням долі змиву із полів залишків фосфорних добрив. В останні роки процентне співвідношення різних шляхів потрапляння фосфорних сполук у воду водойм дещо змінилось через законодавчі обмеження використання фосфоровмісних миючих засобів.

За даними численних досліджень Рівненська область достатньо насичена річковою мережею, причому її густота більша у північній частині області. Більшість річок мають направленість течії із півдня – на північ, спрямовуючи

свої води до основного регіонального водотоку – р. Прип'яті, яка в подальшому наповнює води р. Дніпро.

Всі річки Рівненщини відносяться до басейну Прип'яті. Із всієї території області, найбільша її частина припадає на басейн річки Горинь. Загалом на території області нараховується одна велика річка – Прип'ять, шість середніх – Горинь, Случ, Стир, Іква, Ствига, Льва та 142 малі річки.

За даними Регіонального офісу водних ресурсів Рівненської області у тій чи іншій мірі на території області функціонує 12 постів спостереження за якісними показниками води. Значна частина пунктів державного моніторингу вод у області розташована на крайній західній і північній частині області, а саме до приурочені до кордону з Білоруссю для контролю транскордонних водних об'єктів, також частина приурочена до РАЕС і розташовані на р. Стир. Лише один пост спостережень розташований поблизу значного скиду стічних вод, а саме на р. Устя, у м. Рівне, нижче очисних споруд Рівнеоблводоканал.

З метою проведення робіт із аналізу динаміки забруднення поверхневих водойм Рівненської області сполуками фосфатів були проаналізовані дані щодо зміни вмісту фосфат-іонів у воді річок основних постів спостережень. За даними проведеного аналізу впродовж 2010-2023 років спостережень на різних постах вміст фосфат-іонів у воді річок коливався у досить широких межах – від 0,01 до 2,7 мг/л. При цьому допустимий вміст фосфатів у воді (ГДК) складає 3,5 мг/л, хоча в країнах ЄС ця величина становить 0,4 мг/л.

Найбільші значення вмісту фосфат-іонів були виявлені у воді у воді р. Стир на посту у м. Вараш у 2013 році – 2,7 мг/л. Також досить високими були дані цього показника у воді р. Горинь, с. Висоцьк – 1,4 мг/л у 2017 році, у воді р. Устя нижче очисних споруд Рівнеоблводоканал – 1,35 мг/л у 2017 році, у воді р. Стир, на гідропосту у с. Сопачів – 1,2 мг/л у 2013 році. Таким чином, найбільші забруднення води фосфатами були виявлені у 2013 та 2017 роках.

Якщо проаналізувати середні значення вмісту фосфат-іонів, то із всіх постів спостережень найбільш забрудненою виявилась вода р. Устя, у м. Рівне нижче очисних споруд Рівнеоблводоканал, а також вода р. Стир, після скиду зливових стічних вод РАЕС. Очевидно, що це пов'язано із надходженням сполук фосфору у воду разом із стічними водами, які містять досить великий вміст залишкових сполук фосфору. При цьому середні значення забруднення води даних двох пунктів спостережень у 2-2,5 рази перевищують значення забруднення більшості водних об'єктів.

Як видно навіть із офіційних статистичних даних, концентроване надходження фосфатів разом із стічними водами у воду поверхневих водних об'єктів області є досить високим – 181 т/рік у 2021 році. При цьому, найбільшими забруднювачами води є комунальні підприємства області – РОВКП ВКГ «Рівнеоблводоканал», КМКП м. Вараш, ДП НАЕК «Енергоатом» КП «Дубноводоканал», КП Млинівської селищної ради, «Комбінат комунальних підприємств» КП «Добробут» смт Зарічне, ДКП «Костопільводоканал». Лише РОВКП ВКГ «Рівнеоблводоканал» за даними Регіонального офісу водних ресурсів у Рівненській області скидає у воду р Устя близько 45 т/рік фосфатів.

Проведений аналіз результатів досліджень, а також аналіз фондових матеріалів дозволив намітити ряд основних заходів для зниження забруднення

поверхневих водойм в умовах Рівненської області. Ці заходи можуть бути реалізовані в трьох основних напрямках: ретельне очищення стічних вод від фосфатів, впорядкування застосування фосфорних добрив на полях та законодавче обмеження використання фосфатовмісних миючих засобів.

При будівництві міських очисних споруд 40-50 років тому стандарти не передбачали очищення стічних вод від біогенних речовин, таких як фосфати. Тому на міських очисних спорудах водозбірних басейнів Стиру та Західного Бугу видалення фосфатів обмежується в середньому до не більше 10-20 % (лише на біологічних очисних спорудах там, де вони працюють ефективно).

Нами була проаналізована можливість запровадження на комунальних очисних спорудах досліджуваної території очищення стоків із знешкодженням сполук фосфору за допомогою реагентів. Вдосконалена схема очищення стічних вод повинна передбачати засоби нейтралізації сполук фосфору, зокрема і за рахунок застосування адсорберів, у яких попередньо очищену стічну воду пропускатимуть через шар сорбентів.

При умові запровадження доочищення стічних вод на очисних спорудах вміст фосфатів здатен зменшуватися до 0,5 мг/л (при існуючій системі – близько 6-8 мг/л). За рахунок цього заходу можна суттєво знизити забруднення води фосфатами при скиді очищених стічних вод.

УДК 631.42:631.67

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ЗРОШУВАНИХ ҐРУНТІВ, ЩО ПОСТРАЖДАЛИ ВНАСЛІДОК РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

Балюк С.А., Захарова М.А., Воротинцева Л.І.

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Харків
zakharova_maryna@ukr.net

Наслідки агресії рф є катастрофічними для суспільства і довкілля України та Світу в цілому. 6 червня 2023 року на Каховській ГЕС росіяни здійснили внутрішній підрив конструкцій станції, чим спричинили безпрецедентну екологічну катастрофу, яка набула глобального характеру. Прямі збитки сільському господарству тільки Херсонської області внаслідок знищення тварин і посівів сільськогосподарських культур (за даними Херсонської ОВА) становлять 25 млн $, а збитків від пошкодження меліоративних систем – понад 5 млрд $. Внаслідок підриву дамби Каховської ГЕС без води залишилось 94 % зрошувальних систем в Херсонській, 74 % – в Запорізькій та 30 % – в Дніпропетровській областях, що негативно вплинуло на ґрунтові ресурси. Разом з цим, ми розуміємо, що продовольче та ресурсне забезпечення України значною мірою залежить від наявності, стану та ефективності використання зрошуваних земель. Відсутність зрошення в цьому регіоні матиме негативні наслідки як для аграрної, так і для економічної, екологічної і соціальної сфер: посиляться зміни клімату, підвищиться загроза прогресуючого опустелювання земель та перетворення цього регіону у депресивний.

Відновлення зрошення має відбуватися за дотримання введених екологічних нормативів та застосування водозберігаючих і ґрунтозахисних технологій. Лише якщо відновлення зрошення є екологічно небезпечним й економічно неефективним, то землі слід вилучити зі зрошення.

Визначення сучасних підходів до відновлення зрошуваних ґрунтів, що постраждали внаслідок руйнування Каховської ГЕС, виконано з врахуванням впливу двох факторів на одні й ті самі ґрунти: ведення активних бойових дій і підрив дамби Каховської ГЕС. Адже, бойові дії спричиняють мілітарну деградацію ґрунтів і зміни еколого-токсикологічного стану ґрунтового покриву, а негативні зміни можуть мати довготривалі негативні наслідки для здоров’я населення, якості сільськогосподарської продукції та водних ресурсів, флори й фауни України. А через підрив дамби Каховської ГЕС додаються: деградація ґрунтів внаслідок їх замулення, забруднення та засмічення і змивання припливною хвилею; зміна складу та функціонування мікробних ценозів, біохімічної активності ґрунтів, збільшення чисельності фітопатогенної мікрофлори ґрунту; заболочення осушених земель; негативні умови ефективного споживання вологи сільськогосподарськими культурами; розвиток локальних процесів вторинних засолення і осолонцювання.

До всіх розроблених підходів прийняте застереження: їх застосовують лише після виявлення всіх вибухонебезпечних предметів і виконання піротехнічних робіт, пов'язаних з їх знешкодженням.

Відновлення зрошуваних ґрунтів, що постраждали внаслідок руйнування Каховської ГЕС, має відбуватися на підставі результатів проведення моніторингу постраждалих ґрунтів. Необхідними є:

– інвентаризація стану ґрунтового покриву з використанням архівних ґрунтово-картографічних матеріалів та актуальних супутникових знімків і розроблення картографічних матеріалів щодо стану земель;

– проведення (за можливості) вибіркових комплексних ґрунтових обстежень проблемних ділянок для оцінювання ризиків зниження родючості ґрунтів з розробкою відповідних рекомендацій;

– регулярний контроль рівнів підґрунтових вод, еколого-агромеліоративний моніторинг земель на територіях, які були затоплені і прилеглих до них, виявлення осередків з підвищеною небезпекою розвитку процесів вторинного засолення і осолонцювання;

– аналіз природної системи скидання повеневих вод у долині Дніпра, за необхідності ліквідація антропогенних рубежів, які перешкоджають скиданню поверхневих вод.

За отриманими результатами необхідно:

– диференціювати використання земель з урахуванням поточного агрохімічного, агроекологічного та санітарно-гігієнічного стану ґрунтового покриву;

– використовувати донні відкладення залежно від їх хімічного складу для удобрення сільськогосподарських культур, рекультивації порушених земель і заповнення понижень, блюдець, вирв тощо або заорювання;

– застосовувати інокуляцію насіння сільськогосподарських культур біологічними препаратами на основі азотфіксувальних, фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, щоб сприяти росту мікроорганізмів, необхідних для кругообігу поживних речовин; застосовувати біопрепарати з антагоністичними властивостями проти збудників хвороб;

– за потреби, проводити хімічну меліорацію земель залежно від реакції середовища, розвитку процесів вторинного засолення й осолонцювання (гіпсування та/або вапнування), застосовувати заходи зі зниження рівня підґрунтових вод (дренаж);

– застосовувати сучасні вологозбережувальні агротехнології: зменшення глибини обробітку ґрунту; залишення стерні попередника чи заробка її не глибше 5 см; формування верхнього шару органо-мінеральної мульчі за допомогою заробки рослинних решток лущильниками чи дискаторами;

– визначити місця розташування і площі земель, де можливе відновлення зрошення. Джерелами води для зрошення можуть бути: р. Дніпро (прямий забір води з річки), р. Інгулець, невеликі штучні водойми, які збереглися або новостворені, підземні води для малого зрошення та очищені стічні води. Зрошувальні води мають відповідати встановленим нормативам якості за екологічними й агрономічними критеріями. Переводити зрошуване

землеробство на адаптивно-ландшафтні системи землеробства, що максимально враховують особливості природних ландшафтів, еколого-меліоративний стан земель, структурно-функціональну ієрархію агроландшафтів. При цьому технологічною основою цих заходів має стати точне землеробство;

– удосконалити підходи диверсифікації сільськогосподарських культур: відновлення біорізноманітності, поєднання сільськогосподарських культур та спільне вирощування взаємодоповнюючих видів рослин з метою підвищення просторового різноманіття; включення зернових культур з олійними, зернобобовими культурами та бобовими травами; культивування енергетичних сільськогосподарських культур на деградованих та осушених заплавних землях;

– розробити і застосовувати адресні комплексні заходи з подолання мілітарної деградації ґрунтів, залежно від масштабу поширення і ступеня їх пошкодження; оптимізація структури земельних угідь, консервація деградованих земель, рекультивація порушених ґрунтів і регулярні спостереження за рельєфом денної поверхні ґрунту. З метою відновлення ґрунтів, забруднених токсикантами, нафтою та нафтопродуктами необхідним є проведення детоксикації, що включає промивання, внесення адсорбентів і фітомеліорацію. Можливим є застосування культуртехнічних заходів (зняття й видалення забрудненого токсичними речовинами шару ґрунту і насипання нового).

Також необхідно вдосконалити нормативно-правове і науково-методичне забезпечення охорони ґрунтів й моніторингу земель, гармонізувати нормативно-правові документи з європейським ґрунтовим законодавством, створити Національний реєстр забруднювачів та ґрунтів, постраждалих в результаті воєнної агресії рф, передбачити можливість вилучення земель, найбільш пошкоджених унаслідок воєнних дій і підриву дамби Каховської ГЕС із сільськогосподарського обігу. Слід провести детальне великомасштабне обстеження ґрунтового покриву, визначити морфолого-генетичний, агрохімічний та еколого-токсикологічний статус ґрунтів, створити сучасні картографічні матеріали щодо їх стану, сформувати базу ґрунтових даних щодо стану та властивостей ґрунтів, які зазнали негативних змін і надалі проводити систематичний (базовий) і кризовий моніторинг й активно використовувати результати в управлінських рішеннях.

УДК 504.556

ПЕРСПЕКТИВНЕ ДЖЕРЕЛО МІНЕРАЛЬНОЇ ВОДИ «РУДА КРИНИЦЯ»

Горшкова О.А.[1], Яковлєв В.В.[2], Дмитренко Т.В.[2], Єлисеєва А.А.[3]

[1]*КЗ «Харківський обласний Палац дитячої та юнацької творчості», м. Харків*
[2]*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків*
[3]*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків*
yakovlev030157@gmail.com

Джерело «Руда Криниця» розташоване біля с. Мохнач Зміївського району Харківської області (координати: 49°45′02″ пн.ш. 36°32′10″ сх.д.), на відстані близько 15 км на північний схід від м. Зміїв і на такій самій відстані на південний захід від м. Чугуїв. Джерело знаходиться в основі корінного правого схилу долини р. Сіверський Донець на рівні заплави річки. Абсолютна відмітка гирла джерела – 86 м, урізу води у річці – 82 м, поверхні плато – 130 м (рис. 1).



Рисунок 1 – Оглядова карта розташування джерела «Руда Криниця» (на фрагменті карти Google Earth)

Джерело «Руда Криниця» давно відоме і використовується населенням вже кілька століть. Назва джерела пов’язана з рудим залізистим осадом на дні струмка, який живиться джерелом (рис. 2).



Рисунок 2 – Загальний вид джерела Руда Криниця

Метою дослідження було визначення хімічного складу води, екологічного стану зони водозбору джерела, гідрологічних та геологічних характеристик зони живлення. Методика роботи включала відбір проб води, вимір її температури й дебіту джерела, обстеження каптажу і території зони живлення джерела. Хімічні аналізи проб води проводилися в атестованій лабораторії ТОВ «Лабораторія якості води «ПЛАЯ».

Каптаж джерела виконано у вигляді водозбірного жолоба, з якого вода переливається у велику ванну і далі стікає у струмок. Дебіт джерела вимірювався об'ємним способом з використанням секундоміра та у серпні 2024 р. складав 9 дм^3/с, що дозволяє відносити його до самих рясних джерел у Харківській області. Температура води вимірювалася джерельним термометром з ціною шкали 0,2°С у червні 2014, 2015, 2016 рр. і у серпні 2024 р. і стабільно складала +9,0°С.

Водовмісними відкладами є алевроліти й пісковики опоковидні зеленувато-сірі обухівської свити еоцену. У покрівлі залягають піски й глини межигірської та берекської свит олігоцену, що перекриваються неогеновими й четвертинними пісками та суглинками.

Живлення горизонту водоносного комплексу відбувається шляхом інфільтрації атмосферних опадів і перетікання з вище залягаючого водоносного горизонту ґрунтових вод. Розвантаження відбувається у долину річки як у вигляді джерел, так і прихованого перетікання в алювіальні відклади. Водоносний комплекс у зоні розвантаження джерела безнапірний. Водотривкою основою комплексу слугують мергелисті глини та мергелі київської свити [3].

Результати аналізів води джерела наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники складу води джерела «Руда Криниця», мг/дм^3

Компоненти хімічного складу води	ДержСанПіН 2.2.4-171-10 (каптажі) [1]	Фонові показники	ДСТУ 878-93 [2]	Червень 2015 р.	Червень 2016 р.	Серпень 2024 р.
pH	6,5-8,5	6,5-7,5		6,5		
Гідрокарбонати (HCO_3^-)	Не нормуються	115		429,5	—	—
Сульфати (SO_4^{2-})	≤500	80-150		136,58	—	—
Хлориди (Cl^-)	≤350	10-28		12,08	—	—
Кальцій (Ca^{2+})	Не нормується	75-120		99,43	—	—
Магній (Mg^{2+})	Не нормується	20-30		21,16	—	—
Натрій+Калій (Na^++K^+)	Не нормуються	50-75		80,96	—	—
Жорсткість, ммоль/дм^3	≤10	5,9-8,5		6,73		
Сухий залишок	≤1500	540-810		591,6		
Нітрати (NO_3^-)	≤50	0,2-2,3		0,519	0,627	0,578
Нітрити (NO_2^-)	≤0,5	0,001-0,03		0,006	—	—
Амоній (NH_4^+)	≤0,5	0-0,7		0,110	—	0,1
Кремній (Si)	Не нормується	10-20		20,2	19,5	20,2
Кремнекислота (перерахунок з Si)	Не нормується	27-55	≥50	56,3	54,4	56,3
Фториди (F^-)	≤1,5	0,15-0,6		0,2	—	—
Залізо загальне (Fe^{3+})	≤1,0	0,1-1,0	≥5,0	0,725	0,548	0,571
Загальна мінералізація	Не нормується	0,6-1,0		806,6	—	—

Формула іонного складу води джерела «Руда Криниця» має наступний вигляд:

$$M\,0,8\,\frac{HCO_3(69)SO_4(28)}{Ca(49)Na+K(34)Mg(17)}\,H_2SiO_3(55,7)$$

Вода прісна, за хімічним складом – сульфатно-гідрокарбонатна натрієво-кальцієва, має помірну жорсткість, відрізняється наявністю специфічного компонента – кремнієвої кислоти.

За вмістом кремнекислоти (H_2SiO_3) і хімічним типом вода джерела «Руда Криниця» є аналогом мінеральної води Березовська [2], яка є цінною у бальнеологічному відношенні. Тому її доцільно дослідити як мінеральну з метою можливого використання у бальнеології в ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України».

Посилання

1. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4–171–10), затверджені наказом МОЗ України від 12.05.2010 р. № 400.

2. Води мінеральні фасовані. Технічні умови: ДСТУ 878-93 [Чинний від 1995-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 1994. 88 с. (Державний стандарт України).

3. Макаровський Є.Л., Соловйов О.В., Коваленко Г.Д. та ін. Екологічний атлас Харківської області. Є.Л. Макаровський, О.В. Соловйов, Г.Д. Коваленко та ін. Харків: УкрНДІЕП, 2005. 80 с.

УДК 913

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДЕФІЦИТУ ВОДИ НА РЕГІОНИ УКРАЇНИ

Кущ О.О.

Інститут Географії НАН України, м. Київ
alexgeo@ukr.net

Протягом останнього століття загальне водокористування збільшилось майже в 5 разів [1]. Це пов'язане з демографічним зростанням в світі.

Проблематика використання водних ресурсів висвітлена в багатьох працях географів, екологів, та економістів, оскільки потребує комплексного підходу до вивчення. Аналіз виникнення водного дефіциту на території як загрози для безпеки населення розкриті в багатьох суспільно-географічних дослідженнях вітчизняних науковців. У зв'язку з антропогенним навантаженням на екосистему внаслідок високого рівня урбанізації та індустріалізації багатьом країнам потенційно буде загрожувати водна криза в найближчі роки.

Наукова дана тема розкривається у статтях та матеріалів таких вчених, як Хвесик М.А., Сундук А.М. [2], Трінько Р.І. [3], Горбулін В.П., Мосов С.П [4], Строкаль В.П, Ковпак А.В. [5], Хільчевський В.К [6]. В Україні рівень водокористування прісної води помітно зменшувався внаслідок деіндустріалізації і тінізації протягом останніх років [6]

До факторів водної кризи в регіонах потрібно віднести:

– Кліматичний фактор впливу (зміна температури повітря, вологості).
– Військовий фактор (руйнація водної інфраструктури внаслідок війни).
– Економічний фактор (погіршення стану системи водопостачання, втрати в мережі).
– Ресурсний фактор (потенціал місцевого стоку).
– Соціальний фактор (доступ до якісної питної води та систем водовідведення).

Сучасні фактори водної небезпеки для регіонів утворились внаслідок суспільно-природньої взаємодії. Всі ці фактори взаємозалежні і є важливими елементами утворення водної кризи.

Військові дії, кліматичні зрушення належать до зовнішніх чинників утворення водної катастрофи. Внутрішня причина виникнення водної небезпеки – економічна та соціальна відстала політика в сфері водокористування. За ресурсним та кліматичним фактором впливу водної кризи потенційно гірша ситуація складається в південно-східних регіонах країни (табл. 1).

Економіко-соціальний фактор впливу має обернений ефект до географічного. Високі втрати в мережі, відсутність належного доступу до централізованих систем водовідведення спостерігається в західних регіонах. Крайній випадок – Донецька область. Найвищий % втрат води в Чернівецькій, Івано-Франківській, Львівській, і Закарпатській області. Основний фактор – зношеність та застарілість водопровідних мереж [7].

Таблиця 1 – Регіональний аналіз та оцінка водних ризиків в регіонах України

Область	Місцевий стік забезпеченість	Бал	Максимальна температура	Бал	Втрати води	Бал	Доступ до каналізації, % від чисельності населення	Бал	Руйнація водних об'єктів Збитки млн дол	Бал	Загальний бал	Рівень водної стійкості
Київська	0,46	1	39	2	15,2	4	34,00	5	192,40	0	**5,4**	0,4
Вінницька	1,39	2	40	2	41,6	2	2,00	1		5	**7,4**	0,6
Волинська	2,06	3	37	4	32,8	2	1,20	1		5	**8,5**	0,7
Дніпропетровська	0,24	1	41	1	9,7	5	4,80	1		5	**8,9**	0,7
Донецька	0,21	1	41	1	50,1	1	20,00	4	161,7	0	**2,5**	0,2
Житомирська	2,27	3	38	3	42,7	2	5,30	2		5	**8,3**	0,7
Закарпатська	6,29	5	39	2	51,2	1	1,30	1		5	**7**	0,6
Запорізька	0,32	1	41	1	34,4	2	2,60	1	51,4	0	**2,3**	0,2
Івано-Франківська	3,26	4	37	4	47,4	2	5,70	2		5	**8,9**	0,7
Кіровоградська	0,84	1	41	1	39,7	2	6,20	2		5	**7,1**	0,6
Луганська	0,57	1	42	1	43,2	2	0,10	1	505,7	0	**2,3**	0,2
Львівська	1,87	3	36	5	47,8	2	1,40	1		5	**9**	0,7
Миколаївська	0,45	1	41	1	41,0	2	20,90	4	46,9	0	**3,2**	0,3
Одеська область	0,14	1	41	1	26,4	3	2,40	1	63,0	0	**3**	0,2
Полтавська	1,19	2	40	2	38,8	2	6,80	2		5	**7,7**	0,6
Рівненська	1,96	3	36	5	25,6	3	1,40	1		5	**9,7**	0,8
Сумська область	1,88	3	40	2	25,5	3	2,70	1	40,2	0	**3,7**	0,3
Тернопільська	1,58	2	36	5	21,5	3	0,30	1		5	**9,6**	0,8
Харківська	0,56	1	41	1	37,1	2	3,10	1	811,9	0	**2,3**	0,2
Херсонська	0,22	1	41	1	23,0	3	10,6	3	14000,0	0	**3,6**	0,3
Хмельницька	1,50	2	37	4	29,4	3	1,00	1		5	**9,1**	0,7
Черкаська	0,72	1	40	2	30,4	2	2,20	1		5	**7,3**	0,6
Чернівецька	1,33	2	38	3	62,0	1	0,00	1		5	**7,2**	0,6
Чернігівська	2,77	4	41	1	18,4	4	2,23	1	310,1	0	**4**	0,3

Лідером по скороченню витрат в мережі є Дніпропетровська область. Руйнівну загрозу серед факторів несе в собі військовий фактор. Внаслідок військових дій РФ зруйнована Каховська ГЕС, комунальна інфраструктура багатьох міст України. За результатами розрахунку автором інтегрального показника водної стійкості регіонів до криз отримано три кластери різної водної стійкості (рис. 1).

До найбільш стійкого кластеру від водних загроз належать західні області (70-80 % стійкості до водної кризи). Середні перспективи в центральних регіонах країни. До кластеру низької стійкості відносяться південні та східні регіони (20-30 % стійкості до водної кризи). Це пояснюється військовим та кліматичним фактором. Ріст водних загроз відбувається з заходу на схід. Не сприятливі географічні умови, аномальна висока температура, засуха, висока забрудненість поверхневих вод, військові дії сприяють виникненню водних катастроф на південно-східній території країни.



Рисунок 1 – Розрахунок загального показника водної стійкості регіонів України

Відсутність дієвої водної політики використання ресурсів може спричинити перетік демографічних та економічних ресурсів з ризикованого кластеру для життя до безпечного західного.

Натомість південно-східний кластер може перетворитись на пустелю і втратити водну стійкість в найближчі роки цього століття.

Посилання

1. Хільчевський В.К. Глобальні водні ресурси: виклики XXI століття. Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія: Географія. 2020. № 1/2. С. 12-19.
2. Хвесик М.А., Левковська Л.В., Сундук А.М. Вартість водних ресурсів України та її регіонів у вимірах національного багатства. Економіка України. 2015. № 10. С. 84-96.
3. Тринько Р.І., Бомба М.Я., Сливка М.М. Раціональне водокористування як чинник національної безпеки України. Вісник НАН України. 2019. № 6. С. 83-90.
4. Горбулін В.П., Мосов С.П. Водні конфлікти як індикатор загострення світової кризи прісної води. Вісник НАН України. 2023. № 2. С. 3-11.
5. Ковпак А.В., Строкаль В.П. Воєнні конфлікти та вода: наслідки й ризики. Екологічні науки. 2022. № 5. С. 94-102.
6. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Стельмах В.Ю. Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення: навч. посіб. Київ: ВНУ ім. Лесі Українки, 2023. 228 с.
7. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2020 році. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. 2021. URL: https://mtu.gov.ua/content (дата звернення: 18.06.2024).

УДК 627.5

АНАЛІЗ СИСТЕМ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ МАСИВІВ, ПРИЛЕГЛИХ ДО КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Левицька В., Мацелюк Є.

Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ
levyvira@gmail.com

Для сталого водозабезпечення в Україні побудовано 1160 водосховищ, загальним об'ємом понад 55 км^3 води, близько 40 тис. ставків, п'ять великих каналів. Каскад Дніпровських водосховищ до руйнування греблі Каховської ГЕС мав загальний об'єм 43,8 км^3, що дозволяло підвищувати водозабезпеченість Криму в 3 рази, Херсонщини в 5,5 разів, Дніпропетровщини втричі та Кіровоградщини в 2,5 рази.

Найбільше в Україні Кременчуцьке водосховище розташоване на р. Дніпро, має нормальний підпірний рівень 81,0 м, найбільшу площу та об'єм, а також можливість сезонного регулювання стоку. Загальновідомо, що всі прибережні території поблизу водосховищ перебувають у зоні техногенного підтоплення, яке залежить не тільки від рівня води у водосховищі, а й від опадів, стану систем водовідведення, геологічного складу прилеглих територій, рельєфу місцевості, добових і сезонних коливань рівнів підземних вод, тощо. Тому при проектуванні Кременчуцького водосховища було розроблено систему протифільтраційного захисту берегів масивів, прилеглих до водосховища, метою якої є зниження негативних наслідків від підтоплення. В прибережній смузі Кременчуцького водосховища містяться вісім захисних масивів загальною площею 58 971 га (рис. 1): два лівобережних Золотоніський у Черкаській і Оболонський у Полтавській областях та шість правобережних, які входять до Черкаської та Кіровоградської областей.

Сумарний об'єм перекачаної за рік води із захисних масивів Кременчуцького водосховища складає від 340 до 770 млн м^3 або 23,4 – 30,2 % загального об'єму води перекачаної із усіх захисних масивів Дніпровських водосховищ, що майже вдвічі менше ніж об'єм води, який перекачується із захисних масивів Канівського водосховища (53-58 %).

Нині щорічний об'єм води, відведеної із захисних масивів Кременчуцького водосховища, значно коливається і залежить від кількості опадів, поверхневого стоку вод, гідрогеології, стану насосно-силового обладнання, наявності/відсутності енергозабезпечення тощо. Системи протифільтраційного захисту берегів цих масивів використовують переважно технологію перехоплення фільтраційних та зливових вод відкритими придамбовими дренажними каналами, які акумулюють та спрямовують цю воду до гідровузлів, що включають насосні станції, шлюзи-регулятори та водоскиди.



Рисунок 1 – Схема захищених масивів, прилеглих до Кременчуцького водосховища:
1 – Вільшанський ; 2 – Будище-Свидівський; 3 – м. Черкаси; 4 – Слобідський; 5 – Захист долини р. Тясмин; 6 – м. Світловодськ; 7 – Золотоніський; 8 – Оболонський

Золотоніський масив. Площа масиву, що розташований на лівому березі Кременчуцького водосховища в межах Золотоніського та Чорнобаївського районів Черкаської області, становить 8 814 га [1]. Значна частина масиву містить землі сільськогосподарського призначення, які захищені намивною дамбою розпластаного профілю, довжиною 20,5 км з позначкою гребеня 83 м.

Поруч із Золотоніської дамбою прокладений дренажний канал довжиною 17,0 км, який перехоплює воду, що фільтрується з водосховища, а також стік невеличких місцевих річок. Для зниження рівня ґрунтових вод та наповнення водосховища за рахунок стоку р. Золотоношка збудовано гідровузол, який містить насосну станцію та шлюз-регулятор. На насосній станції встановлено шість насосів 04-87 з водовитратами 3 м^3/с кожний, обладнаними електродвигунами ВДД-140/20-10 потужністю 300 кВт, напругою 6000 В, загальною продуктивністю 18,0 м^3/с. Це дозволяє протягом року відводити з массиву 70 ± 20 млн м^3 води.

Оболонський захищений масив, розташований на лівому березі Кременчуцького водосховища в Кременчуцькому районі Полтавської області, має площу – 16 600 га [2]. На території масиву значну частину займають водойми для промислового риборозведення прісноводних риб (близько 7 га). Зокрема, в с. Бугаївка зареєстровано ПрАТ «Полтаварибгосп». До комплексу захисних споруд входять чотири ділянки водообмежувальних дамб загальною протяжністю 24 км з позначкою гребеня 83,5 м.

Захист від підтоплення та затоплення Оболонського масиву здійснюється з використанням трьох насосних станцій. Насосна станція № 1 має продуктивність 10,0 м^3/с, на якій встановлено три насоси О4-87 з витратами 3 м^3/с кожний, два насоси 1К-3О2 з витратами 0,5 м^3/с, оснащені електродвигунами ВДД-140/20-10

потужністю 300 кВт, і один ДМВТ-116-6 потужністю 70 кВт, напругою 6000 та 400 В відповідно. Насосна станція № 2 має продуктивність 14,0 м^3/с, напір – 8 м. На станції встановлено чотири насоси О4-87 з витратами 3 м^3/с кожний, два насоси 1К-3О2 з витратами 0,5 м^3/с, два насоси 02-42 з витратами 0,5 м^3/с, оснащені електродвигунами ВДД-140/20-10 потужністю 300 кВт, і ДМВТ-116-6 потужністю 70 кВт. Насосна станція № 3 має продуктивність 7,0 м^3/с, напір – 8 м. На станції встановлено два насоси О4-87 з витратами 3 м^3/с кожний і два насоси 1К-302 з витратами 0,5 м^3/с, з електродвигунами ВДД-140/20-10 потужністю 300 кВт, і ДМВТ-116-6 потужністю 70 кВт [1]. Це дозволяє перекачувати протягом року з Оболонського масиву 50±25 млн м^3 води.

Захищені масиви правобережжя Кременчуцького водосховища включають Вільшанський, Будище-Свидівський, Червонослобідський і масив «Захист долини р. Тясмин». Додатково від підтоплення захищаються два міста: Черкаси (площа 909 га) і Світловодськ (площа 700 га).

Вільшанський масив тягнеться від гирла р. Рось до р. Вільшанка. Він має захищену площу 9 330 га земель, переважно сільськогосподарського призначення, де міститься 7 населених пунктів. Система захисту включає захисну водообмежувальну дамбу (рис. 2) споруджену в 1977 р. довжиною 11,22 км висотою до 10 м з позначкою гребеня 86,0 м, дві протиповеневі дамби та запруди № 1, (споруджена у 1975 р.) завдовжки 3,66 км, з позначкою гребеня 86,0 м, висотою 4,5 м та №2 (споруджена у 1976 р.) довжиною 2,63 км, з відміткою гребеню дамби 85,7 м, висотою – 8 м, запруда на каналі «Фоса» (з 1977 р.) довжиною 1,43 км, з відміткою гребеню дамби 87,0 м, висотою 3 м. Придамбовий канал довжиною 9,9 км, канал для перекидання частини стоку р. Вільшанка до Будище-Свидівської насосної станцій № 1, куди підведені кілька каналів.

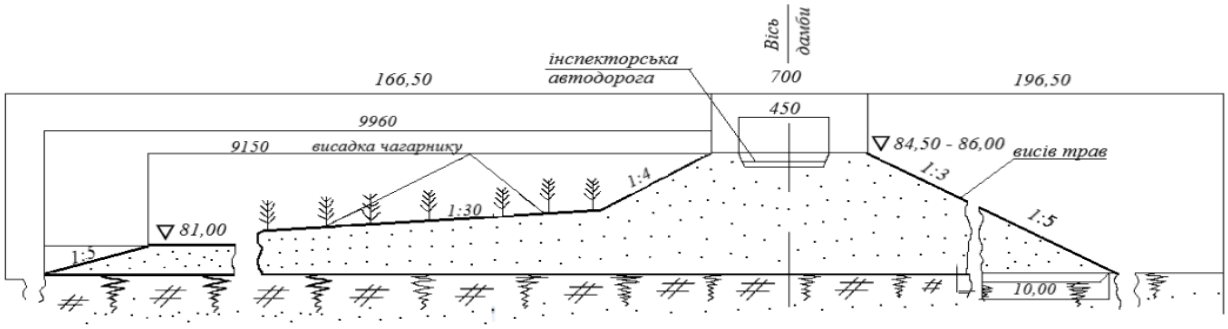


Рисунок 2 – Типовий поперечний розріз захисної дамби Вільшанського масиву

На р. Вільшанка також збудовано шлюз-регулятор шириною 10 м з пропускною спроможністю 54 м^3/с. Водовідведення поверхневих, зливових, дренажних, а також вод стоку річки у Кременчуцьке водосховище здійснюється Вільшанською насосною станцією продуктивністю 40 м^3/с. На станції працюють п’ять насосів напором 10 м, з них три насоси ОПВ 6-145 Э мають витрати по 11 м^3/с і два насоси ОПВ 6-87к з витратами 3,5 м^3/с та з електродвигунами АВ-12/31-16К і АВ-14/26-10, відповідно. Додатково на зазначеному масиві збудовано водоскид з шістьма десятиметровими прогонами, перекритих плоскими

затворами, з пропускною здатністю 1250 м^3/с. Звичайний рівень води у підвідному каналі нижчий за рівень водосховища і становить 79,0-79,5 м.

Будище-Свидівський правобережний захищений масив тягнеться від с. Будище до верхньої околиці м. Черкаси. Площа масиву становить 6 827 га до якого входить 7 населених пунктів [1]. До складу захисних споруд входять три низьконапірні дамби загальною довжиною 16,7 км з позначкою гребеня 83,5 м. Найдовша Будище-Свидівська дамба № 1 збудована на березі водосховища має висоту 7 м, ширина по гребеню дамби 6 м. Вона захищає села Свидівок і Дахнівка. Поряд збудовано придамбовий дренажний канал завдовжки 9,9 км. Будище-Свидівська дамба № 2 збудована на березі р. Вільшанки захищає с. Будище. Третя дамба збудована поблизу с. Єлісаветівка. Водовідведення здійснюється двома однотипними насосними станціями, що мають пропускну здатність 9,0 м^3/с кожна, обладнані трьома насосами 04-87 з електродвигунами ВДД-140/20-10, потужністю 300 кВт, напругою 6000 В. До складу кожного гідровузла входять ще й повеневі водоскиди шириною 5 м призначені для зливу води із захищеної території при низьких рівнях води у водосховищі. Також на Будище-Свидівському захищеному масиві споруджено два шлюзи-регулятори.

Захищений масив м. Черкаси (1964 р). має площу 909 га. Захист представлено відкритим дренажним каналом довжиною 3,7 км та залізобетонним колектором, довжиною 2,8 км і діаметром 0,8 м. Зібрана вода відводиться у Кременчуцьке водосховище насосною станцією продуктивністю 4,6 м^3/с.

Слобідський захищений масив. Площа захищеного масиву становить 900 га, переважно, сільгоспугіддя. На ньому містяться два населенні пункти. Система захисту включає в себе 19 свердловин глибиною 28-30 м, дренажно-осушувальну мережу протяжністю 6,6 км та насосну станцію продуктивністю 4,6 м^3/с, оснащену чотирма насосами 32-Д19. Закритий дренажний колектор діаметром 0,8 м і довжиною 2,8 км, накопичувальний басейн. Дренажно-осушувальна мережа включає в себе закритий дренажний колектор довжиною 3,96 км, діаметром 0,8 м із залізобетонних труб та відкритий трапецієподібний канал довжиною 3,12 км.

Масив «Захист долини р. Тясмин» розміщений у нижній течії р. Тясмин. Уведений в експлуатацію в 1960 р. Площа масиву – 16 500 га, включає 26 населених пунктів та 2337 садиб [1], серед яких міста Сміла та Чигирин. Захисна дамба комбінованого профілю протяжністю 1,9 км висотою 13 м, з відміткою гребеню дамби 83,5 м і шириною по гребеню дамби 6 м, укріплена з боку водосховища монолітним бетоном. У тілі дамби влаштований трубчатий дренаж. Паралельно прокладено дренажний канал довжиною 1,9 км. Потужність Тясминської насосної станції з сифонним водоскидом, що є найбільшою на Дніпровському каскаді водосховищ, становить 11,8 тис. кВт, її пропускна здатність – 85,0 м^3/с. На станції в тілі дамби встановлено сім насосів – п’ять з них здатні перекачувати по 15 м^3/с, а ще два по 5 м^3/с.

Масив Захист міста Світловодськ. Більшість площі м. Світловодськ припадає на кручі Табурищанського мису правобережжя Кременчуцького водосховища, але є також низині ділянки. Масив має найменшу площу, проте є найбільш складним у плані захисту, оскільки омивається не тільки водосховищем, а й притокою Дніпра річкою Цибульник, яка в гирлі створює

заводь. Захист низинної частини здійснюється вертикальним дренажем, вимкнення якого призводить до значних підтоплень району Табурища і виходу підземних вод на денну поверхню.

Отже, системи протифільтраційного захисту масивів, прилеглих до Кременчуцького водосховища в цілому діють ефективно за надійного енергозабезпечення, проте низинні ділянки захисних масивів, зокрема м. Світловодськ, вимагають додаткового захисту та удосконалення технології водовідведення. Удосконалення систем протифільтраційного захисту масивів, прилеглих до водосховищ, доцільно здійснювати з використанням сучасних технологій та новітніх матеріалів і застосуванням сучасних методів спостереження та прогнозування підтоплення для своєчасного запобігання шкідливій дії вод.

Посилання

1. Державний інвестиційний проект Реконструкція гідротехнічних споруд захисних масивів дніпровських водосховищ. Державне агентство водних ресурсів України, Дніпровське басейнове управління водних ресурсів. Вишгород, 2017. 75 с.
2. Вишневський В.І. Ріка Дніпро. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.

УДК 631.67:004

ВПЛИВ ЗМІНИ ЩІЛЬНОСТІ НА ВОДНО-ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

Демчук Д.О., Ковальчук В.П.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
ddima199703@gmail.com

Вступ. Щільність ґрунту не є сталою і змінюється під впливом різних природних та антропогенних факторів. Серед природних факторів основними є вологість ґрунту через її здатність зменшувати тертя між частинками, що пришвидшує збільшення щільності. Дощі можуть вимивати дрібні частки з верхніх шарів ґрунту, змінюючи структуру і ущільнюючи їх. У сухому ґрунті процес ущільнення сповільнюється. Замерзання та відтавання верхніх шарів ґрунту викликають зменшення щільності через зміну густин льоду і води. Через біологічну активність також змінюється щільність – так від діяльності черв'яків відбувається розпушування ґрунту. Корені рослин, проникаючи в ґрунт, створюють додаткові пори, що також знижує щільність.

Дискретні зміни водно-фізичних властивостей ґрунту, спричинені агромеліоративними заходами [1], а також подальші процеси релаксації в ґрунтовому середовищі формують відповідний водний режим. Цей режим порівнюється з оптимальними показниками, характерними для конкретних ґрунтових, агротехнологічних і меліоративних умов.

Основними антропогенними факторами є оранка, розпушування та культивація, які зменшують щільність. При цьому не тільки створюються кращі умови для вирощування сільськогосподарських культур, але й зменшується інфільтрація при поливах та випаданні опадів. Надмірна механічна обробка може призвести до ущільнення підорного шару, також важка сільськогосподарська техніка ущільнює ґрунт, особливо в умовах підвищеної вологості.

Методи дослідження. Дослідження впливу щільності ґрунту на водно фізичні властивості проводились на дослідній ділянці у с. Гатне у Фастівському районі Київської області, де вирощувались морква та часник. Було взято проби ґрунту весною і восени 2024 року і обчислено щільність для верхнього шару 0-15 см. Також визначено гранулометричний склад ґрунту – вміст піску, пилу та глини. Збільшення осінньої щільності відносно весни становить 3,8 % через вплив перелічених природних чинників, а також через поливи крапельним зрошенням. Так як дослідна ділянка весною була оброблена роторним культиватором відповідно початкова щільність була зменшена, бо ґрунт був розпушений. Дана обробка фактично не змінила гранскладґрунту, бо була застосована тільки для верхнього однорідного шару 0-15 см.

Для проведення розрахунків водно-фізичних властивостей ґрунту використовувалась програма Rosetta 1 [2], це нейромережева модель, розроблена для оцінки гідравлічних параметрів ґрунту за допомогою емпіричних формул та бази даних.

Отримані результати. Програма Rosetta 1 широко використовується в агрономії, та гідрологічних дослідженнях для визначення водно-фізичних властивостей ґрунту на основі його текстурних характеристик (вмісту піску, пилу та глини), а також щільності. На рисунку 1 наведено, що за гранулометричним складом ґрунт до глибини 30 см відноситься до суглинків (3 класу), а глибше є пилуватим суглинком (12 клас).

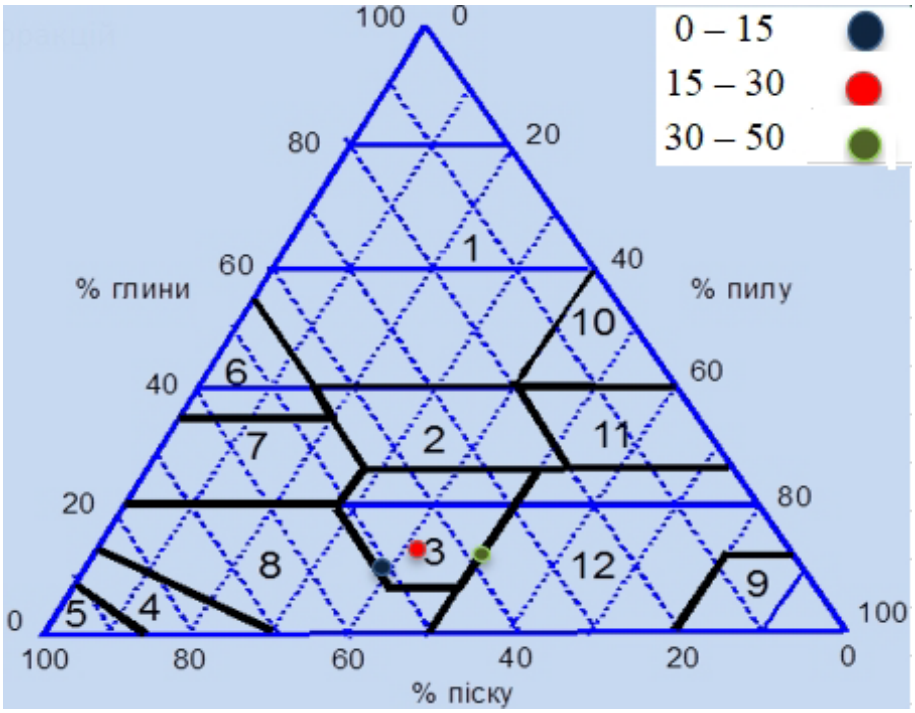


Рисунок 1 – Розташування текстурних характеристик гранулометричного складу ґрунтового профілю дослідної ділянки Гатне

За допомогою отриманих параметрів з даної програми можна розрахувати водно-фізичні властивості ґрунту, що для шару 0-15 см показано на рисунку 2.

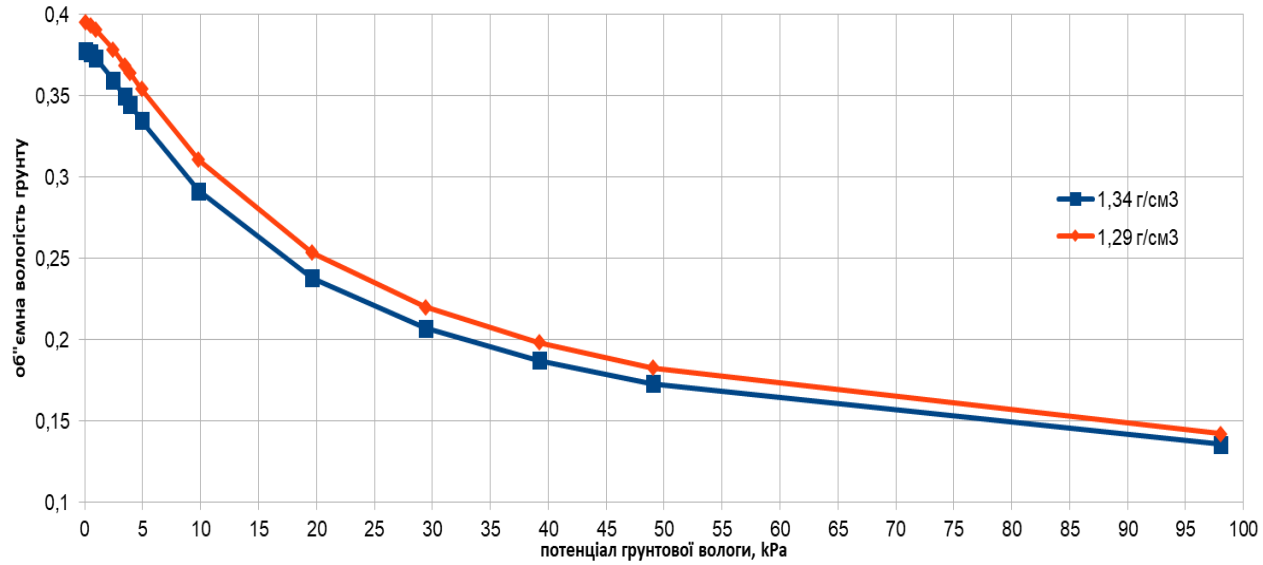


Рисунок 2 – Водно-фізичні властивості ґрунту залежно від його щільності

На рисунку наведено залежність об’ємної вологості від потенціалу ґрунтової вологи при різній щільності ґрунту. Де верхня крива відповідає за щільність 1,34 г/см^3, нижня за 1,29 г/см^3. Ущільнення складає 4 %.

Рисунок свідчить, що із зменшенням щільності ґрунту об’ємна вологість (водоутримувальна здатність) суглинкового ґрунту зростає. І навпаки, протягом вегетації ґрунт ущільнюється і його водоутримувальна здатність зменшується. При цьому зменшення водоутримувальної здатності суглинкового ґрунту становить від 1,5 до 2 % (найвищі значення в околі найменшої вологоємності НВ).

Коли поливні норми протягом вегетації залишити на попередньому рівні, це призведе до появи або збільшення інфільтрації води за межі кореневого шару.

Висновки. Ущільнення ґрунту (4 %) протягом вегетаційного періоду призводить до зменшення його водоутримувальної здатності на 1,5-2 %. Це потрібно враховувати при призначенні норми поливу.

Потрібно провести додаткові дослідження для встановлення зміни щільності і відповідно водоутримувальної здатності інших типів ґрунтів та відповідної зміни об’ємів інфільтрації за межі розрахункового шару.

Посилання

1. Ковальчук В.П. Імітаційне моделювання гідрофізичних властивостей ґрунтів при виконанні агромеліоративних заходів. В.П. Ковальчук, С.С. Коломієць. Таврійський науковий вісник. Збірник наукових праць ХДАУ. Херсон: Айлант, 2007. Вип.53. С.397-405.

2. Marcel G. Schaap, Feike J. Leij, Martinus Th. van Genuchten, Rosetta: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions, Journal of Hydrology, Volume 251, Issues 3-4, 2001, Pages 163-176, https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00466-8

УДК 631.62:631.312.5

УДОСКОНАЛЕННЯ ГЛИБОКОГО МЕЛІОРАТИВНОГО РОЗПУШЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ҐРУНТІВ З РЕГУЛЬОВАНИМ ВОДНИМ РЕЖИМОМ

Лук'янчук О.П., Рокочинський А.М.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
o.p.lukyanchuk@nuwm.edu.ua

Серед найбільших викликів сучасності гостро постає питання продовольчої, водної та екологічної безпеки, що загострюються через зміни кліматичних та антропогенних чинників як на планетарному, так і регіональних рівнях. Забезпечення продовольчої безпеки України у воєнний та повоєнний періоди вимагає підвищення продуктивності аграрного виробництва, зокрема, і на землях з регульованим водним режимом.

Зміна природніх умов при глобальних масштабах продовольчої, водної та енергетичної криз, визначає необхідність зміни вимог для раціонального використання водних і земельних ресурсів меліорованих земель, застосування адаптивних заходів спрямованих на ефективне регулювання водного режиму, зарегулювання і акумуляцію вологи в ґрунтовому профілі й в межах системи [1], що відображено у Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року.

Для осушувальних мінеральних ґрунтів це можливо на підставі розробки комплексу адаптивних агромеліоративних заходів на основі вдосконалення глибокого меліоративного розпушення (ГМР) відповідно до сучасних умов вимог.

При виконанні традиційного ГМР фактично здійснюється тільки локальний вплив на продуктивну частину ґрунтового масиву (активний кореневмісний шар і зону аерації ґрунту) з утворенням вертикальних фільтраційних каналів для інтенсифікації водовідведення поверхневого та ґрунтового стоку з низкою характерних ознак: грубе неконтрольоване розпушення верхніх шарів, часткове перемішування гумусних шарів з нижніми, локальне ущільнення нижніх шарів, опосередкований вплив на ґрунтовий масив, нерівномірне посилення вертикальної фільтрації, збільшення промивного режиму, збільшення навантаження на дренаж та ін.

Для визначення принципів удосконалення технологій та технічних засобів ГМР мінеральних ґрунтів, було застосовано системний підхід до розгляду енергетичних взаємозв'язків між параметрами різнорідних елементів меліоративних систем як природно-технічних еколого-економічних систем, у вигляді послідовності блоків: *конструкція* ↔ *технологія* ↔ *режим* ↔ *ефект* (рис. 1) та враховано різнонаправлені фактори впливу на споживчі властивості ГМР (рис. 2).

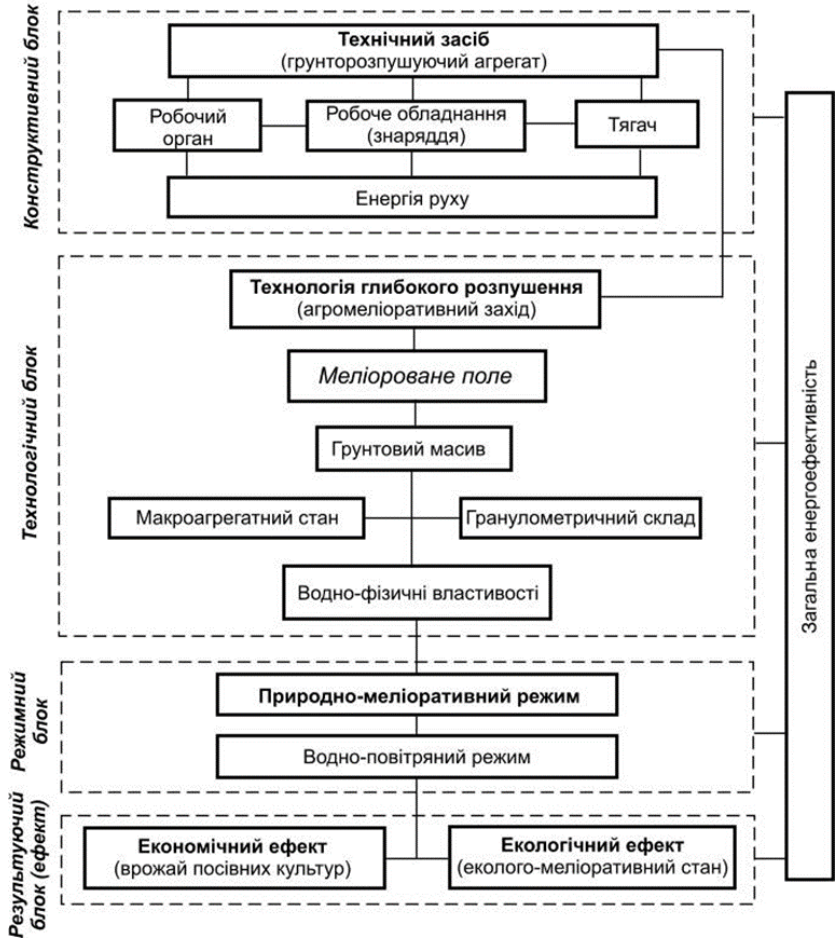


Рисунок 1 – Структурно-ієрархічна схема взаємозв'язку різнорідних складових меліоративної системи із застосуванням технологій і технічних засобів ГМР меліорованого поля



Рисунок 2 – Фактори впливу на споживчі властивості технологій і технічних засобів глибокого меліоративного розпушення

В результаті визначено що принципами удосконалення технологій та технічних засобів ГМР є *вологорегулювання* та *енергоефективність,* що полягають:

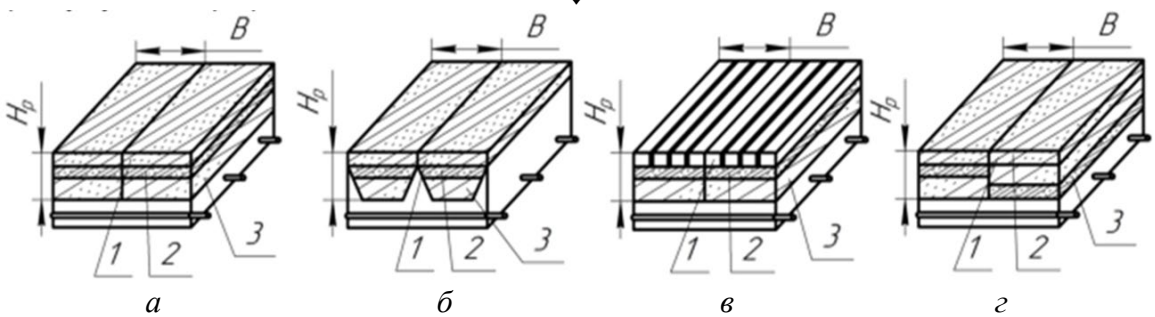
– у безпосередньому включенні всього ґрунтового масиву в схему інтенсифікації вертикального переведення поверхневого стоку в дренажний з вертикально-горизонтальною переорієнтацією низхідних водних потоків для першочергової акумуляції їх в ґрунті та відведенням через дренаж лише залишків;
– а також зміні напряму потоків енергії від робочих органів з вертикально-висхідних до всього масиву відразу на горизонтально-диференційовані по шарам ґрунту.

За аналізом розвитку агротехнологій та конструкції робочих органів для врахування визначених принципів удосконалення глибокого розпушення пропонується *перехід від традиційних широковживаних технологій глибинно-локалізованого і вертикально-спрямованого щілинного або смугового розпушення до удосконаленого за енергоефективними та вологорегулюючими принципами суцільного за площею але диференційованого за профілем і глибиною пошарового глибокого розпушення ґрунту* (рис. 3) *удосконаленими ярусними технічними засобами з долото-радіальними клиноподібними робочими органами*, де структура розпушеного ґрунту залежить від форми та параметрів робочих органів в кожному ярусі (рис. 4).

З урахуванням різних природніх передумов за визначеними підходами розроблено технологічні схеми удосконаленого глибокого меліоративного розпушення для меліорованих ділянок з частково працюючим дренажем, з непрацюючим дренажем, для посушливих періодів, з переущільненими підорними шарами (рис. 3, *а-г*).

Передумови:

Щілювання	Воднофізичні властивості грунту	Культурна оранка	Безполицевий обробіток	Strip-till	No-till	Verty-till	Mini-till
↓ Глибина дії 0,6-0,7 м ↓	↓ Пошаровість ↓	↓ Підгин і згин грунту ↓	↓ Неперевертання грунту ↓	↓ Розпушення грунту за площею ↓	↓ Збереження гумусного шару ↓	↓ Вертикальне розрізання грунту ↓	↓ Глибоке розпушення 1 раз на 3 роки ↓



а *б* *в* *г*

Рисунок 3 – Удосконалення технологій глибокого меліоративного розпушення: 1, 2, 3 – шари ґрунту; *а-г* – відповідно, схеми розпушення для меліорованих ділянок з частково працюючим дренажем, з непрацюючим дренажем, для посушливих періодів, з переущільненими підорними шарами



Рисунок 4 – Удосконалення технічних засобів глибокого меліоративного розпушення: *а* – формозміна робочих органів; *б* – експериментальні зразки робочих органів; *в* – варіант удосконаленої ярусної конструкції глибокорозпушувача

Ефективність розроблених рішень щодо удосконалення технологій і технічних засобів глибокого меліоративного розпушення було оцінено за комплексом показників різної направленості [2]: агротехнічної, енергетичної, технологічної, еколого-економічної та інвестиційної ефективності на репрезентативних об’єктах для умов Західного Полісся України в Рівненській області, результати якого представлені в таблиці 1.

За результатами порівняльного оцінювання при здійсненні удосконаленого ГМР акумулювання опадів в ґрунті становить від 9 % до 38 % з акумуляційним ККД до 84 %, що в 2-5 разів краще ніж при щілинному та смуговому розпушенні, швидкість відведення води змінюється від 35 % до 5 % при забезпеченості опадів від 5 % до 90 %, що є значно ефективніше ніж при щілинному та смуговому розпушеннях через зменшення величини поверхневого стоку, збільшення заакумульованої води в ґрунті та зменшення кількості води, що надходить в дренаж на 20-50 %, чим також підвищує ефективність його роботи.

Висновок. Удосконалене за енергоефективними та вологорегулюючими принципами глибоке меліоративне розпушення дає змогу на основі вертикально-горизонтальної переорієнтації низхідних водних потоків шляхом збільшення акумуляційної здатності активного кореневмісного шару ґрунту внаслідок зміни його макроагрегатного стану і водно-фізичних властивостей вплинути на формування водно-повітряного режиму та досягти підвищення ефективності вологорегулювання в різні за умовами тепло- і вологозабезпеченості періоди вегетації зменшенням кількості відведення надлишкової вологи та навантаження на дренаж у вологі періоди, а також підвищенням його вологозабезпеченості у посушливі, що забезпечує зростання врожайності вирощуваних агрокультур та сприятливий еколого-меліоративний стан осушуваного масиву.

Таблиця 1 – Порівняльне оцінювання ефективності глибокого меліоративного розпушення мінеральних ґрунтів з регульованим водним режимом

№ з/п	Показники ефективності	Зміна показників щодо без розпушення, %		Зміна значень показників удосконаленої щодо щілинного, %
		Традиційне щілинне розпушення	Удосконалене суцільне розпушення	
Агротехнологічні				
1	Щільність ґрунту	–3…–6	–24…–27	–21…–23
2	Шпаруватість ґрунту	+9…+10	+29…+32	+19…+23
3	Акумулююча ємність ґрунту	+51…+54	+165…+175	+111…+124
4	Продуктивність вирощуваних культур	+7…+13	+33…+65	+20…+58
5	Термін післядії розпушення, роки	1…3*	3…4*	+100…+300
Енергетичні				
6	Питомі затрати енергії на розпушення до зернистої структури 1 м^3 ґрунту, Дж/м^3	7,5…8,2*	0,8…0,9*	–88…–90
Вологорегулюючі				
7	Величина інфільтрації на осушуваних землях та її вплив на роботу дренажу	+9…+18	–21…–22	–30…–40
8	Тривалість відведення надлишкової води дренажем у критичних умовах перезволоження осушуваного ґрунту	+8…–6	–5…–35	–13…–29
9	Величина живлення активного кореневмісного шару меліорованого ґрунту з рівня ґрунтових вод	+5…+15	–15…–36	–20…–51
10	Продуктивні запаси вологи в меліорованому ґрунті	+27…+42	+86…+134	+44…+107
Екологічні				
11	Інтенсивність промивного водного режиму на осушуваних землях	+9…+18	–21…–22	–30…–40
12	Ризик вторинного засолення на зрошуваних землях	+5…+15	–15…–36	–20…–51
Економічні				
13	Термін окупності поточних витрат на діючій меліоративній системі, роки	1*	1*	—
Інвестиційні				
14	Дисконтований термін окупності інвестицій у будівництво/реконструкцію меліоративної системи із застосуванням розпушення ґрунту, роки	24…27*	5…7*	–71…–81

Посилання

1. Науково-методичні рекомендації щодо створення та функціонування дренажних систем у змінних сучасних умовах. Заг. ред. В.А. Сташука, А.М. Рокочинського, П.П. Волка. Рівне: НУВГП, 2021. 113 с. .

2. Тимчасові рекомендації з прогнозної оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем. А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, В.Д. Дупляк, Н.А. Фроленкова, Р.М. Коптюк та ін. Рівне, 2011. 54 с.

УДК 631.67:004

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВОДОПОТРЕБИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Матяш Т.В., Бутенко Я.О., Попов В.М., Сорока Н.В., Салюк А.Ф., Смірнов А.М.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
t.v.matiash@gmail.com

У сучасних умовах кліматичних змін зрошення стає одним із ключових інструментів адаптації аграрного сектору. Ефективна адаптація вимагає впровадження інноваційних методів управління водними ресурсами, оптимізації режимів зрошення з урахуванням біологічних особливостей культур, ґрунтово-кліматичних умов, методів поливу, а також економічних та екологічних чинників. Норми водопотреби слугують узагальненим показником оцінки сприятливості клімату для вирощування культур за умов зрошення, оскільки один і той самий рік може бути сприятливим для одних культур і несприятливим для інших залежно від рівня дефіциту води та посухостійкості культури.

Тривале підвищення температури та зміни у розподілі опадів призводять до зростання потреби в зрошенні сільськогосподарських культур та змінюють підходи до вибору джерел і методів зрошення. Дослідження, проведені в Україні, США та інших країнах, підтверджують цю тенденцію. Спочатку норми водопотреби в Україні розроблялися на основі даних метеорологічних спостережень Півдня країни, однак поступові кліматичні зміни потребували розширення досліджень на всю територію України. В сучасних умовах оцінку дефіцитів водопотреби здійснюють із використанням дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційних систем (ГІС), проте офіційні наземні метеорологічні дані залишаються основним джерелом для розробки нормативної документації.

Дослідження зосереджено на аналізі кліматичних даних, просторовій візуалізації норм водопотреби за даними метеостанцій та уточненні строків настання фенологічних фаз розвитку культур шляхом аналізу агропрогнозної інформації та даних провідних агровиробників. У світовій практиці існують різні методи розрахунку евапотранспірації, які мають як переваги, так і недоліки. Зокрема, методи дистанційного зондування набувають популярності завдяки супутниковому моніторингу евапотранспірації. Сучасні програмні рішення автоматизують розрахунки за допомогою алгоритмів енергетичного балансу, метеорологічних показників та методів машинного навчання.

Методологічний підхід дослідження включав такі етапи: збір щоденних кліматичних даних; розрахунок витрат ґрунтової вологи за методом Штойка; формування наборів даних фенологічних фаз за шкалою BBCH; ранжування метеостанцій за багаторічним рядом спостережень; розробка програмного забезпечення на основі бібліотек Folium, Shapely, Django, Voronoi; визначення

зон впливу метеостанцій методом полігонів Тиссена-Вороного; візуалізація норм водопотреби для заданого рівня забезпеченості дефіциту води та певної культури.

Нормування водопотреби культур у зрошенні здійснюється на основі районування території за коефіцієнтом природного зволоження та водно-балансових розрахунків. Норма водопотреби визначає кількість води, необхідну для зрошення 1 га протягом вегетаційного періоду, що забезпечує досягнення запланованої врожайності в конкретних природних та економічних умовах.

Програмне забезпечення, розроблене на Python, використовує бібліотеки Folium, Shapely та Voronoi для аналізу та візуалізації, а Django – для збереження даних у базі та доступу до них. Візуалізація розрахунків базується на методі полігонів Тиссена-Вороного, що дозволяє встановити зони впливу метеостанцій. Дані розраховані для різних рівнів забезпеченості дефіциту водопотреби (50 %, 75 %, 95 %) та є репрезентативними для відповідних регіонів. Якщо культура не є характерною для вирощування в конкретній місцевості, результати розрахунків не відображаються, що забезпечує коректність аналізу.

Фази розвитку сільськогосподарських культур занесені в базу даних і відображені в таблиці 2 впорядковані згідно шкали ВВСН для кожної з вирощуваних культур. Фази розвитку обраховано для всіх областей з прив'язкою до метеостанцій. Для прикладу наводимо фази розвитку для кукурудзи.

Таблиця 1 – Фази розвитку кукурудзи за ВВСН

Кукурудза	Макрофази за ВВСН
0	Пророщування
1	Розвиток листя
3	Подовження стебла
5	Поява суцвіття, качан
6	Цвітіння, антеза
7	Розвиток плодів
8	Дозрівання
9	Старіння

Динаміка чергування фенологічних фаз розвитку та їх тривалість протягом вегетаційного сезону на території України залежно від метеостанції та регіону представлена на рисунку 1.

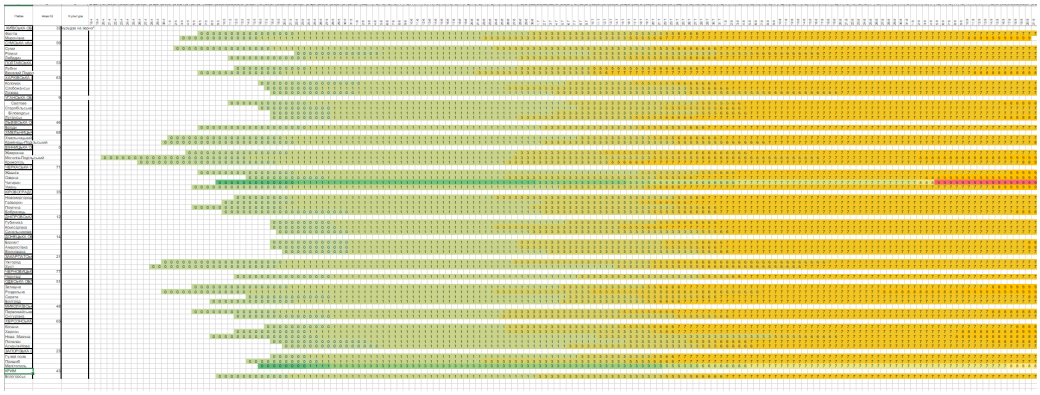


Рисунок 1 – Фрагмент бази даних фенологічних фаз розвитку для кукурудзи в розрізі областей України та метеостанцій

Розрахунок норм водопотреби виконано для основних сільськогосподарських культур України, зокрема сої (ранньо- та середньостиглої), картоплі (весняної та літньої), кукурудзи (середньостиглої), гречки, озимої пшениці, цукрового буряку, ярого ячменю, вівса та соняшника. Користувач отримує результати у вигляді файлу із даними про рівень забезпеченості за кліматичний період (з 2005 року) та візуалізованих картографічних матеріалів.

На рисунку 2 наведено норми водопотреби для кукурудзи на зерно при вирощуванні її в різних регіонах України та з прив'язкою до метеостанцій при настанні різних за рівнем дефіциту природного зволоження років.

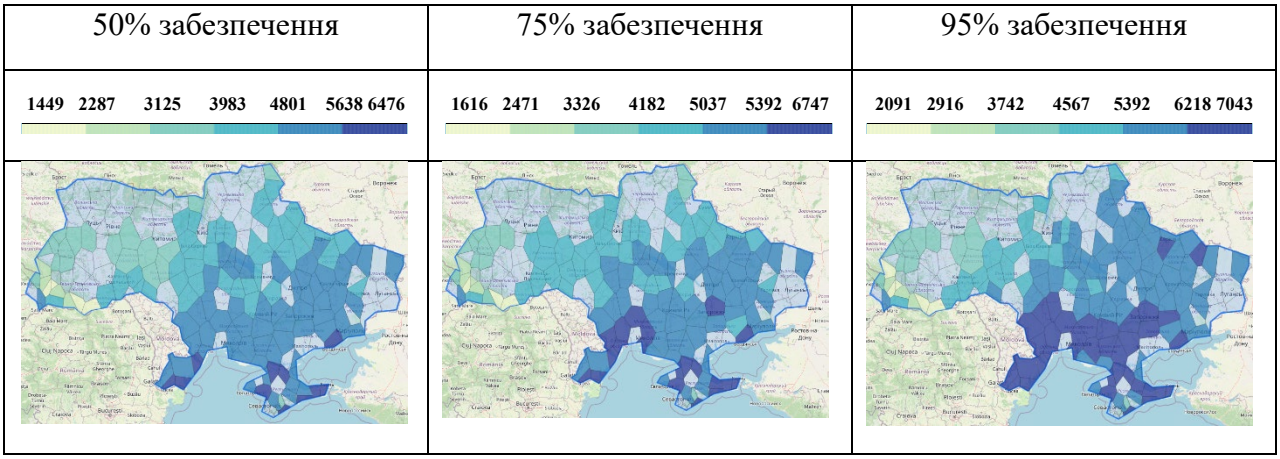


Рисунок 2 – Норми водопотреби кукурудзи, м^3/га в Україні на основі дефіциту водопотреби для вирощування сільськогосподарських культур в різні роки з прив'язкою до метеостанцій

Використання уточнених норм водопотреби дозволяє отримати кількісну характеристику дефіцитів води, розрахованих як за прямими методами, так і за даними дистанційного зондування. Просторова оцінка норм водопотреби дає змогу оцінити ризики, пов'язані з кліматичними змінами в Україні. Потенційно, зростання дефіциту водопотреби може ускладнити забезпечення рослин необхідною кількістю вологи через зрошення, що підвищить ризики для агровиробників. Подальші дослідження будуть спрямовані на порівняння кількісних оцінок фактичних норм водопотреби з оцінками, отриманими на основі дистанційного зондування.

Розробка бази даних та геопросторова візуалізація норм водопотреби створюють основу для середньо- та довгострокового планування аграрного виробництва. Інтеграція цих даних із сучасними веб-інструментами забезпечить їхню доступність і практичне використання для фермерів та агрономів, сприяючи ефективному управлінню водними ресурсами в умовах кліматичних змін.

УДК 556.535:556.06

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД Р. ІНГУЛ В ПУНКТІ С. СОФІЇВКА В ПЕРЕДВОЄННИЙ ПЕРІОД

Пилип'юк В.В., Яров Я.С.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса
magnus@ukr.net

В роботі була виконана екологічна оцінка якості вод р. Інгул, яка є однією з приток річки Південний Буг в нижній її течії за даними багаторічних спостережень в передвоєнний період (до 2022 р.).

Річка Інгул – ліва притока Південного Бугу, бере початок біля села Бровкове (Новомиргородський район Кіровоградської області), впадає в Південний Буг біля гирла, в м. Миколаїв. Назва річки походить від тюркського yeni göl – «нове озеро». За нормами ВКУ річка відноситься до категорії «середні» з фактичною площею водозбору 9890 км^2.

Басейн річки розташовується в Кіровоградській та Миколаївській областях, більшість басейну розорана; ліси займають менше 1 % площі басейну і зустрічаються лише в його північній частині у вигляді невеликих гаїв. Вода річки використовується для водопостачання і зрошення.

Для дослідження було взято пост р. Інгул – с. Софіївка, питний водозабір м. Новий Буг, Софіївське водосховище, 163 км від гирла на межі Кіровоградської і Миколаївської областей (2010-2021 рр.). Для дослідження було залучено 41 показник, 145 проб (дані Регіонального офісу водних ресурсів у Миколаївській області).

Басейн р. Інгул має значний ступінь урбанізації: вздовж річки і її приток багато селищ і міст (Кропивницький, Бобринець, Долинська, Новий Буг, Баштанка). В господарському відношенні в басейні р. Інгул поширене сільське господарство. Для задоволення господарських потреб (рибництво, зрошування, рекреація, промислове і господарсько-побутове водопостачання) водні ресурси р. Інгул поповнюються за рахунок перекидання стоку р. Дніпро по каналу «Дніпро-Кіровоград» (щорічно – до 50 млн м^3), в басейні р. Інгул збудовано багато водосховищ (Кропивницьке, Софіївське, Докучаєвське, Інгульське, тощо).

В басейні р. Інгул розташовано є 10 водозаборів та 12 скидів стічних вод, основні підприємства-водокористувачі: Інгульська уранова шахта, КП «Кропивницьк-водоканал».

Софіївське водосховище – руслове, розташоване в межах РЛП «Приінгульський» (гребля біля с. Софіївка), споруджено 1968 р., площа дзеркала 4,7 км^2, повний об'єм 36 млн м^3 (корисний 31,0 млн м^3), довжина 18 км, ширина до 0,7 км, глибина до 19,5 м. Призначення: технічне водозабезпечення, зрошування, рибництво, рекреація.

Інгульська шахта – структурний підрозділ Східного ГЗК, найбільша з уранових шахт України. Веде видобуток руди з Мічуринського і Східної зони

Центрального родовища. Шахта знаменита тим, що добуває частину руди прямо під м. Кропивницький; фактично це підземне місто, яке розробляє два уранові родовища: Мічурінське і Центральне.

Метод екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями дозволяє здобути інформацію про воду як складову водної екосистеми, життєве середовище гідробіонтів і важливу частину природного середовища людини. Характеристика якості поверхневих вод дається на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за комплексом показників. Методика передбачає розрахунок в межах трьох блоків середніх і найгірших значень для трьох блокових індексів якості води, а саме: для індексу компонентів сольового складу ($I_{1сер}$, $I_{1макс}$), для трофо-сапробіологічного індексу ($I_{2сер}$, $I_{2макс}$), для індексу показників токсичної і радіаційної дії ($I_{3сер}$, $I_{3макс}$). На заключному етапі здійснюється обчислення інтегрального (екологічного) індексу ($I_е$).

Екологічна оцінка якості вод р. Інгул за період 2010-2021 рр. за наявними даними здійснювалась згідно етапів методики, за середніми і найгіршими значеннями показників в межах відповідних блоків.

Отримані результати узагальненої екологічної оцінки якості води р. Інгул за період 2010-2021 рр. свідчать, що за середніми і найгіршими значеннями показників за мінералізацією вода річки належала до солонуватих мезогалінних, за іонним складом мала сульфатний клас, група магнію, III типу. В обох випадках серед блокових індексів найбільше погіршує якість вод індекс еколого-санітарного блоку. Тобто, у воді р. Інгул надто високі концентрації сполук азоту, фосфору, органічної забрудненості, досить нестабільний кисневий режим і pH. За інтегральною оцінкою, за досліджуваний період води р. Інгул в створі м. Новий Буг по середнім значенням показників набувають II клас, 3 категорія і за станом-чистотою оцінюються як «добрі-досить чисті». За найгіршими значеннями показників ситуація відповідає III класу, 4 категорії і за станом-чистотою води р. Інгул оцінюються як «задовільні-слабо забруднені».

Якщо подивитись на результати по окремим рокам, то ситуація неоднорідна: в окремі роки якість вод може належати до різних класів, серед блокових індексів лідирує I_2 (блок еколого-санітарних показників).

Щодо хронологічних тенденцій зміни екологічних індексів, на рисунку 1 можна побачити, що динаміка індексів по середнім і максимальним значенням показників в цілому синхронна без вираженої тенденції.

Стосовно блокових екологічних індексів за найгіршими показниками (рис. 2) – з 2013 р. є тенденція до зростання значень індексу сольового блоку I_1 і еколого-санітарного індексу I_2. Тобто, в критичні періоди щороку відбувається тенденція до збільшення мінералізації, сульфатів-хлоридів, біогенних сполук і органічного забруднення.

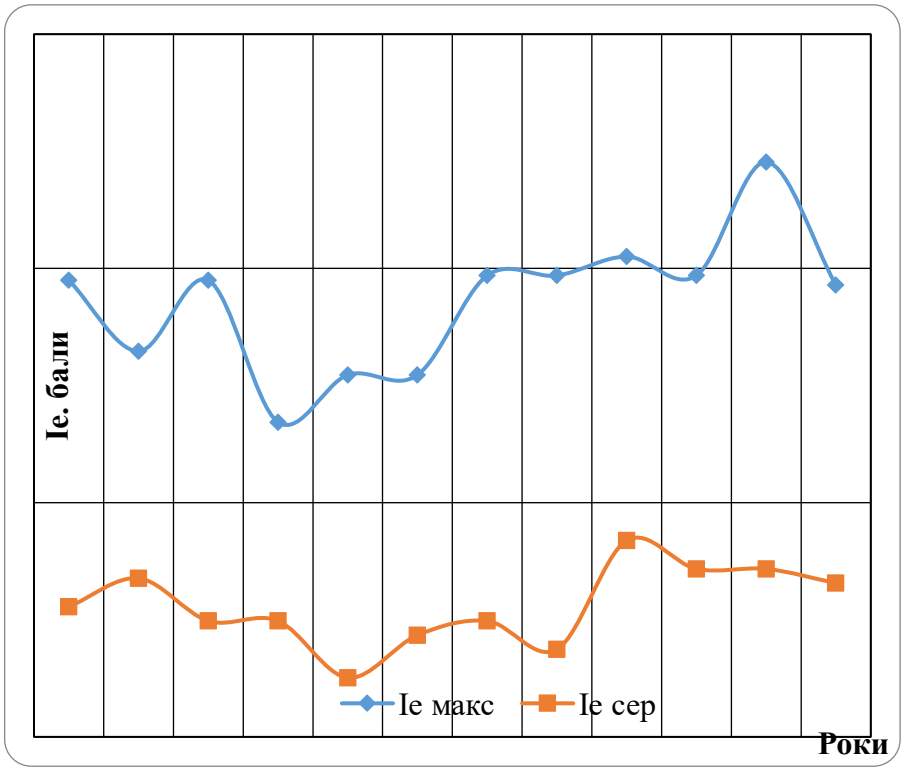


Рисунок 1 – Хронологічний графік зміни інтегральних екологічних індексів якості води р. Інгул – с. Софіївка, питний водозабір м. Новий Буг за даними 2010-2021 рр.

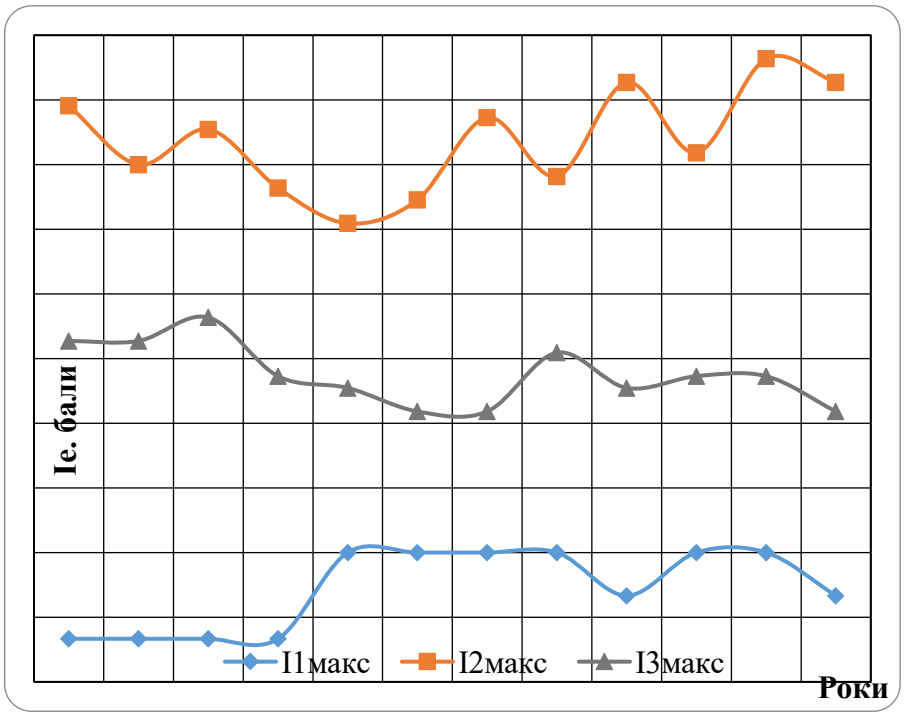


Рисунок 2 – Хронологічний графік зміни блокових екологічних індексів якості вод р. Інгул – с. Софіївка, питний водозабір м. Новий Буг за даними 2010-2021 рр. (найгірші значення показників)

В підсумку, по середнім значенням блокових індексів (рис. 3) екологічний стан р. Інгул не демонструє чітких тенденцій до змін, лише від 2018 р. трохи зросли значення сольового блоку.

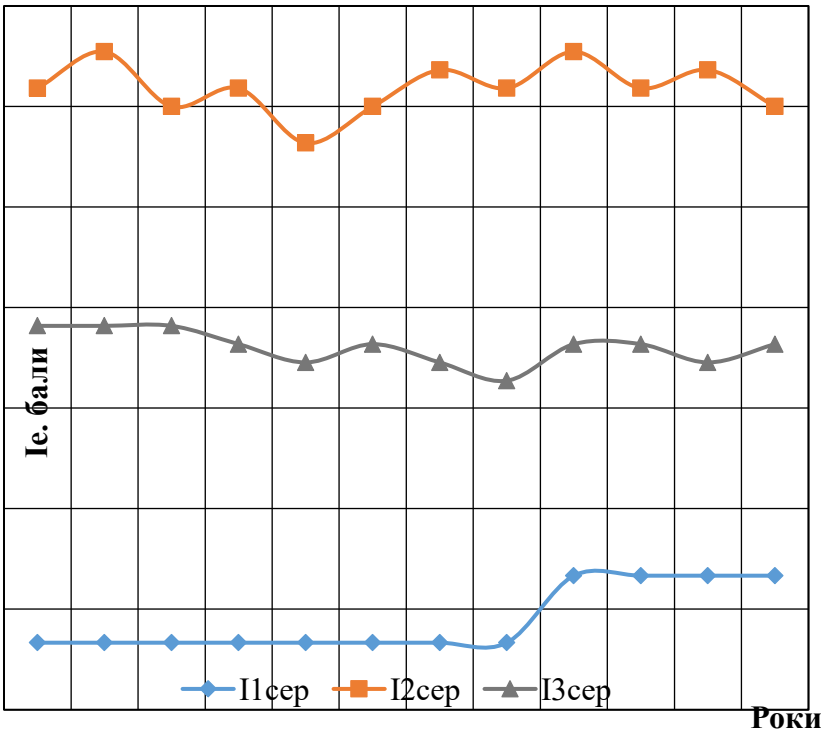


Рисунок 3 – Хронологічний графік зміни блокових екологічних індексів якості вод р. Інгул – с. Софіївка, питний водозабір м. Новий Буг за даними 2010-2021 рр. (середні значення показників)

Таким чином, гідроекологічний стан р. Інгул в пункті моніторингу с. Софіївка (питний водозабір м. Новий Буг, Софіївське водосховище) в передвоєнний період можна було оцінити як незадовільний. Проблемою є високий вміст у воді біогенних речовин, органічного забруднення і зростанні мінералізації води. Причини цих проблем очевидні – річка Інгул самостійно не в змозі впоратись з сучасним рівнем антропогенного впливу на неї (покращення якості вод можливе за умови своєчасної та достатньої донорської подачі відповідних обсягів води каналом «Дніпро-Кропивницький»). Маємо надію, що із подоланням зазначених проблем та з врахуванням сучасних технологій управління водними ресурсами з часом будуть знайдені оптимальні рішення, що дозволять поліпшити ситуацію.

УДК 628.1

АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ НАПРЯМІВ ВИКОРИСТАННЯ ЦЕОЛІТІВ ЕВРОПЕЙСЬКИХ РОДОВИЩ

Одинченко Р.Д., Чарний Д.В., Марисик С.В., Мацелюк М.Є.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
888888ruslan@gmail.com

Цеоліти – це група природніх мінералів, що належать до алюмосилікатів і характеризуються пористою структурою, здатною до іонообміну та сорбції. Вони широко використовуються в промисловості, сільському господарстві, екології та медицині. У 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 родовище** – одне з найбільших родовищ в Україні, розташоване поблизу міста Берегове. Цеоліти тут представлені кліноптилолітом, що має високі сорбційні та йонообмінні властивості.
- **Сокирницьке родовище** – знаходиться в Хустському районі Закарпаття. Цеоліти тут характеризуються високим вмістом кремнезему та застосовуються в сільському господарстві, екологічному очищенні та будівництві.
- **Киричанське родовище** – 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.

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 йонообмінних властивостей цеолітів Берегівського, Сокирницького та Ніжньограбовецького родовищ

Основними параметрами для оцінки цеолітів є:

Сорбційну 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 ефективне сорбування аміаку (NH_3), що робить його цінним для сільського господарства.
- Використовується в фільтраційних системах через високу пористість.

Йонообмінна 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 порівняння наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння скорочених характеристики цеолітів Українських і Словацьких 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

Спираючись на аналіз літературних джерел, ми отримали графічний аналіз-порівняння сорбційної здатності за сорбцією NH_4^+ та метиленового синього на промислових цеолітах Берегівського, Сокирницького і Нижньограбовецького родовищ. Результати наведено на рисунках 1 і 2.

Також нами було проведено ситовий аналіз промислово подрібнених цеолітів Сокирницького і Нижньограбовецького родовищ, результати наведено в таблиці 2.

Аналіз було проведено відповідно до ДСТУ 2640-94: ситовий аналіз, мікроскопічний метод, седиментація та ін.

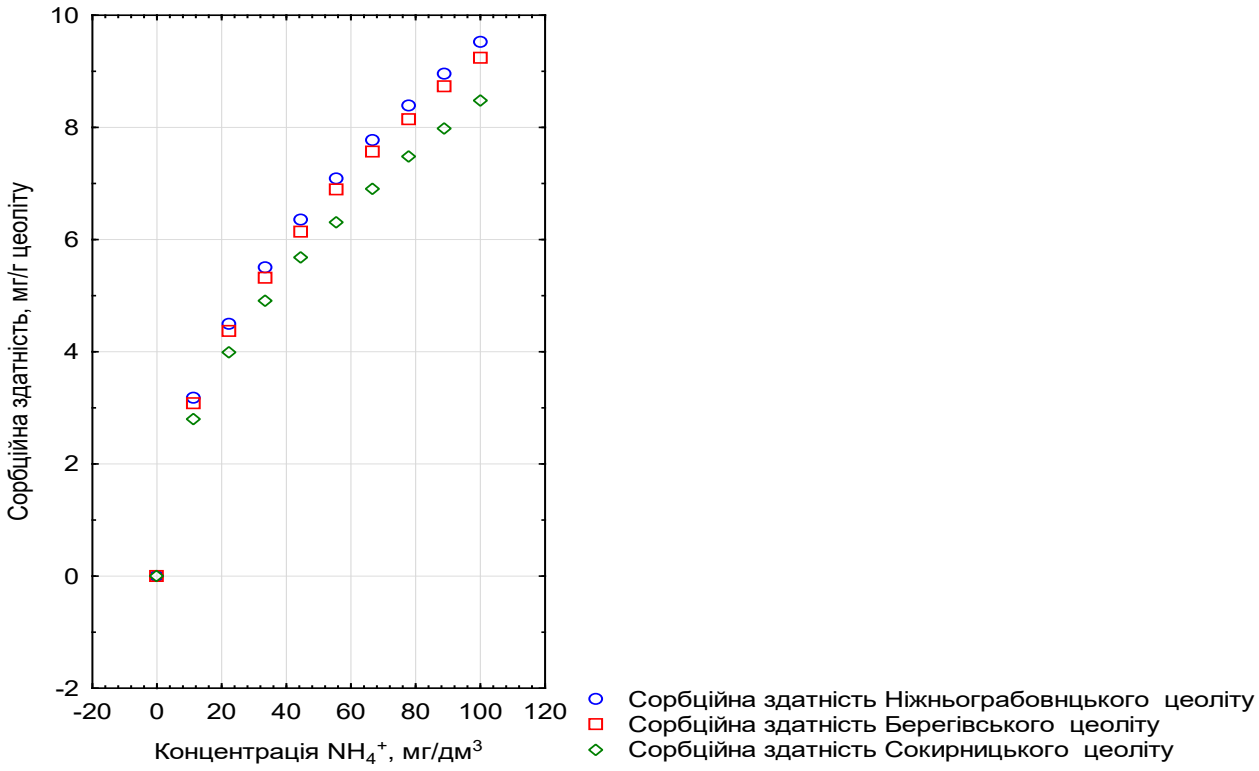


Рисунок 1 – Сорбційна здатність по NH_4^+ немодифікованих цеолітів Берегівського, Сокирницького і Нижньограбовецького родовищ

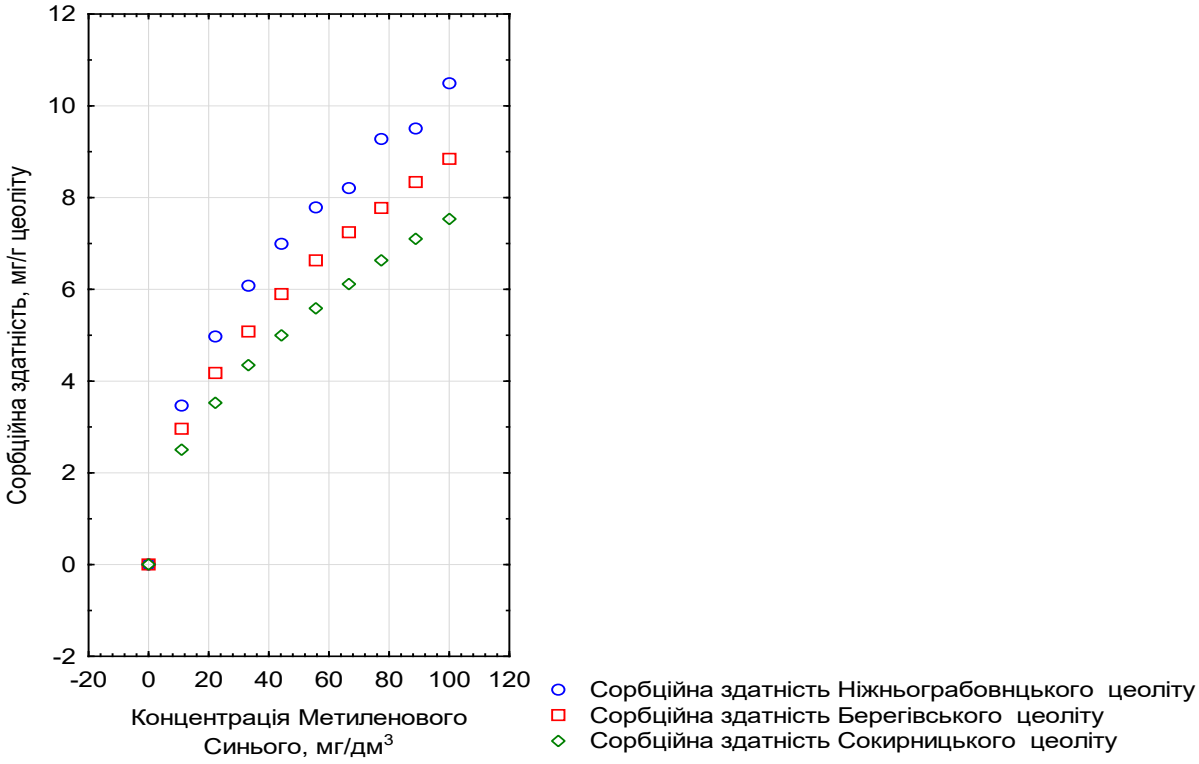


Рисунок 2 – Сорбційна здатність за метиленовим синім немодифікованих цеолітів Берегівського, Сокирницького і Нижньограбовецького родовищ

Таблиця 2 – Гранулометричний аналіз цеоліту

	Цеоліт Сокирнянського родовища, Україна (200г)												
	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 заводський 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	-100+50	-50+40	-40+31,5	-31,5+20	-20+18	—	—	—	—	—	
	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 заводський 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	-100+50	-50+40	-40+31,5	-31,5+20	-20+18	-18+7,1	-7,1+6,3	-6,3+5	-5+4	—	
	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, Словатчина (200г)												
	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 заводський 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	-100+50	15	-40+31,5	-31,5+20	-20+18	-18+7,1	-7,1+6,3	—	—	—	
	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 заводський 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	-100+50	-50+40	-40+31,5	-31,5+20	-20+18	-18+7,1	-7,1+6,3	-6,3+5	-5+4	—	
	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

Висновки. Враховуючи поширеність використання цеолітів як природних сорбентів, найбільш перспективними, на нашу думку, є цеоліти Берегівського, Сокирницького і Нижньограбовецького родовищ. В той же час їх сорбційні характеристики доволі подібні з деякою перевагою цеолітів Нижньограбовецького родовища. Разом з тим ці цеоліти не мають беззаперечної переваги і вимагають додаткової модифікації. На наш погляд, застосування механічного подрібнення зі зміною розмірів пор дозволить фактично вирівняти сорбційні властивості цеолітів цих родовищ. Відповідно, ми обґрунтовано будем проводити досліди, які б дозволили створити 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.

UDC 631.6(4):528.8

NEW TECHNICS FOR CLIMATE-SMART AGRICULTURE IN UKRAINE

Melnychuk F., Vlasenko O., Dynia A., Didenko N.

Institute of Water Problems and Land Reclamation of the NAAS of Ukraine, Kyiv
melnichukf@ukr.net

Climate-smart agriculture (CSA) can be defined as an integrated approach to managing agricultural systems that has been developed in response to the challenges posed by climate change [2]. The overarching aim of CSA is to ensure food security and sustainable development, whilst addressing the issue of climate change.

No-till farming is a sustainable agricultural practice that eliminates soil disturbance, thereby preserving soil health and reducing erosion. This method offers numerous benefits, including improved water retention, reduced greenhouse gas emissions, and increased cost efficiency [3]. However, it is important to note that this method also presents specific challenges, including an increased reliance on herbicides and higher initial equipment costs. In order to ensure that the environmental and economic advantages of no-till farming are maximised, careful management is required.

The integration of remote sensing (RS), geoinformation systems (GIS), and unmanned aircraft systems (UAS) in the agricultural sector represents a significant potential for advancement [4, 5]. These technologies offer a more integrated and optimised approach to various farming tasks, including field mapping, plant stress detection, biomass estimation, weed management, and chemical spraying, among others. This emerging field presents a novel opportunity to utilise sophisticated technologies for agricultural purposes, and it is imperative that Ukraine prioritises a comprehensive analysis and study of these technologies to ensure their optimal benefits. The processing of this type of data involves the use of standardised analytical instruments such as vegetation indices, point clouds, and machine learning models in combination with statistical methods.

The objective of the present study was to provide substantiated evidence in support of resource-saving tillage technologies and to identify and evaluate environmentally safe methods of applying herbicides and using desiccants. These findings will assist in the adaptation of modern farming practices.

The implementation of no-till techniques has been demonstrated to have a beneficial impact on soil erosion, with the process of cultivation maintaining a protective layer of crop residue at the soil's surface. This approach has been shown [1] to assist in the retention of moisture, thereby mitigating the risk of loss of soil material.

In the present study, the growth of corn was monitored using normalised differential vegetation index indicators. The results obtained revealed that the increase in biomass was 49 % lower with mini-till than with no-till. In the irrigated variant, the increase in biomass was 13 % greater with subsurface drip irrigation (SDI) than with drip irrigation (DI). The normalised difference moisture index (NDMI) was utilised to analyse water stress, which was found to be above the average level of the indicative

assessment under mini-till. Additionally, it was ascertained that the productivity of corn under mini-till was reduced by 2.1 times in comparison to no-till and by 1.4 times in comparison to SDI.

The implementation of no-till systems has been demonstrated to have several beneficial effects on soil health, including the reduction of water stress and the significant enhancement of biomass and yield. Subsurface drip irrigation has been demonstrated to optimise water delivery, thereby enhancing biomass growth even in conditions of water stress.

The implementation of effective measures to control pests and diseases in corn is of paramount importance for the optimal formation of crop yield, as well as for the prevention of losses suffered by agricultural producers. This constitutes a fundamental aspect of the CSA. It has been determined that the utilization of UAS spraying resulted in the effective protection of rapeseeds from predecessor wheat and cereal weeds, exhibiting an efficacy of 94 %, thereby serving as an efficiency indicator for ground application. The utilization of UAS offers distinct advantages, including expedited application and a reduced requirement for water in the formulation of the working solution.

The sunflower's desiccation by UAS was not inferior to the efficiency data of the ground method of applying the treatments. A consumption rate of 1.0-2.25 l/ha of Reglon is effective against a complex of annual and perennial grass and dicot weeds that were vegetated in sunflowers. The decrease in grain moisture on average was from 7.7 to 36.2 % with the minimum consumption rate, and from 6.9 to 35.9 % at the consumption rate of 2.25 l/ha. Additionally, 0.24-0.46 t/ha of sunflower seeds were collected.

The integration of novel methodologies has the potential to transform the agricultural landscape in Ukraine, facilitating enhanced outcomes with reduced effort and concomitant advantages.

References

1. Bulgakov V., Gadzalo Ia., Demydenko O., Zadubinnaya E., Velichko V. et al. Research on the Agrophysical State of Podzolized Black Soil under Different Transitions to «No-till» Treatment in Agrocenosis. Journal of Ecological Engineering. Vol. 24(10). P. 290-304. https://doi.org/10.12911/22998993/170731.

2. Mabhaudhi T., Dirwai T.L., Taguta C., Senzahje A. et al. Linking weather and climate information services (WCIS) to Climate-Smart Agriculture (CSA) practices. Climate Services. Vol. 37. https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100529.

3. Omer E., Szlatenyi D., Csenki S., Alrwashdeh J., Czako I., Lang V. Farming Practice Variability and Its Implications for Soil Health in Agriculture: A Review. Agriculture (Switzerland). Vol. 14(12). https://doi.org/10.3390/agriculture14122114.

4. Popp J., Olah J., Nemenyi M., et al. Global challenges and the «farm to fork» strategies of European Green Deal: Blessing or curse. Progress in Agricultural Engineering Sciences. Vol.20 (1). P. 101-111. https://doi.org/10.1556/446.2024.00113.

5. Prabowo G.S., Adi A.P., Budiyanta A.S., Wirawan A. et al. Drone-assisted climate-smart agriculture (DACSA): A spatially-based outcome prediction model as an initial approach to track yield changes in shallot planting areas. Kuwait Journal of Science. Vol. 52(2). https://doi.org/10.1016/j.kjs.2025.100388.

УДК 556.53:345.4

ЩЕ РАЗ ПРО АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЗАПЛАВИ РІЧКИ ІРПІНЬ

Шевченко А.М., Боженко Р.П.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
monitoring_protect@ukr.net

Протягом останніх десяти років меліорованій заплаві річки Ірпінь нами було присвячено низку публікацій, в яких висвітлено результати проведених досліджень еколого-меліоративного стану, визначено проблеми та перспективи її використання за сучасних соціально-економічних і кліматичних трансформацій.

Зафіксована істотна трансформація стану осушуваних земель улаштованої на значній території заплави (близько 7,0 тис. га в Київській області) осушувально-зволожувальної системи, яка практично перестала функціонувати як цілісний водогосподарсько-меліоративний комплекс.

Заплавні землі пригирлової частини ділянки річки останні три роки є постійно затопленими, тобто за суттю – затокою Київського водосховища, довжиною близько 8 км, продовжуючи слугувати водним оборонним рубежем міста Києва з півночі та північного заходу. Крім того, наслідком ведення бойових дій у лютому-березні 2022 року є обмежений доступ до окремих ділянок заплави річки Ірпінь через часткове її замінування, нерозірвані снаряди, а також наявність значної кількості вибухових вирв, здебільшого заповнених водою (рис. 1).



Рисунок 1 – Вирви від вибухів на заплаві річки Ірпінь, січень 2025 р.

Нині частина розпайованих меліорованих земель заплави використовується для вирощування різних сільськогосподарських культур, або ж як сіножаті чи пасовища, а значна частина осушуваних угідь тривалий час не використовується за своїм цільовим призначенням. Такі землі, за поширення переосушених органогенних ґрунтів, періодично зазнавали пірогенної деградації унаслідок торфових пожеж.

Так, у жовтні 2025 року буде рівно 10 років, як зазнала вигорання ділянка торфових осушених ґрунтів площею близько 15 га в межах Ірпінської меліоративної системи на правому березі річки поблизу автомобільної траси Київ-Львів перед мостом у районі Стоянки (Білогородська ОТГ). Наразі близько третини площі ділянки колишнього торфового згарища – це густі деревні зарості (заплавний ліс), які зазнають перезволоження, затоплення і вторинного заболочення, зрізування дерев бобрами, які мостять ними гатки в осушувальному каналі поблизу (рис. 2). Власники даної земельної ділянки, як і сусідніх ділянок, вочевидь чекають можливості зміни їх цільового призначення з перспективою забудови привабливих за близькістю до автотраси, лісу та столиці земельних угідь.



Рисунок 2 – Зарослe деревною рослинністю торфове згарище та боброві гатки на осушувальному каналі

Такою є плата за хибне необґрунтоване рішення щодо розпаювання та приватизації меліорованих заплавних земель. Хижацьке містобудівне освоєння заплави шляхом її розшматування та забудови особливо «розцвіло» нині в районі міста Ірпінь, про що ми вже неодноразово писали. Інтенсивно забудовується, у тому і під час широкомасштабної війни, лівостороння заплава між автомобільною дорогою Київ-Ірпінь та залізницею Київ-Ковель, а також активізувався процес виторфовування та будівництва житла на лівобережжі у південній частині міста – мікрорайоні Стоянка. Розпочалися підготовчі роботи з будівництва на заплаві неподалік Ірпінської набережної аквапарку.

Такі загарбницькі неадекватні дії забудовників, місцевої влади є мало зрозумілими з позиції здорового глузду, турботи про здорове довкілля для нинішнього та наступного поколінь жителів Приірпіння. Слід зазначити, що долина річки Ірпінь площею 15039 га (код UA0000342) включена до Смарагдової мережі (мережі Емеральд) України, що відображено, відповідно, на публічній кадастровій карті України. Ці території, за суттю, мають знаходитися під захистом Бернської конвенції про охорону дикої флори та фауни і природного середовища існування в Європі, а не бути об’єктом свідомого руйнування природних комплексів.

Прагнення європейського майбутнього для нашої країни вимагає проходження відповідного європейського шляху, який не є простим і швидким. У даному контексті досить актуальним є нещодавно прийнятий Регламент (ЄС) №2024/1991 Європейського Парламенту та Ради від 24 червня 2024 року про відновлення природи. Для забезпечення постійного надання екосистемних послуг цей закон вимагає від держав-членів, зокрема, відновити природній зв’язок річок і природні функції річкових заплав, відновити та зволожити торфовища сільськогосподарського призначення тощо.

Тому, щоб не витрачати у подальшому зусилля та фінанси на відновлення зелених насаджень, місць проживання диких птахів і рослин, досягнення доброго стану довкілля, відновлення деградованих екосистем заплав при розробці та реалізації національного плану відновлення держава, органи місцевого самоврядування, громадськість мали б зараз акцентувати увагу на підтриманні сприятливого стану довкілля і недопущення деструктивних змін заплавних природних і природно-меліоративних стабілізованих комплексів. Особливо хотілося б почути нарешті позицію щодо забудови заплави річки Ірпінь Міндовкілля, яке опікується на державному рівні Смарагдовою мережею України та імплементацією Регламенту ЄС про відновлення природи.

УДК 631.15:631.62

ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРОШЕННЯ ТА ДРЕНАЖУ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Ромащенко М.І., Яцюк М.В., Шатковський А.П., Усатий С.В., Поліщук В.В., Сайдак Р.В.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
mi.romashchenko@gmail.com

На початку 90-х років минулого століття меліоровані землі України на площі майже 6 млн. га, що складало 18,6 % від загальної площі ріллі, виконували функцію страхового фонду в продовольчому забезпеченні держави у роки з несприятливими погодними умовами. При цьому зрошувані площі складали 2,65 млн. га, осушувані – 3,3 млн. га.

У 2017 році фактично поливалося лише 500 тис. гектарів (без АР Крим), а двостороннє водорегулювання здійснювалося на площі менше 250 тис. гектарів, що становило менш як 20 % наявних площ зрошення та менш як 10 % наявних площ дренажу. «Стратегією зрошення і дренажу в Україні на період до 2030 року» (схвалена КМ України у 2019 р.) [1, 2] було передбачено довести площу зрошуваних земель до 1,5-1,8 млн. гектарів, відведення надлишкових вод у весняний період з території площею понад 3 млн. гектарів та водорегулювання на площі понад 1,0 млн. гектарів.

Враховуючи, що основна частина іригаційного комплексу та зрошуваних земель України внаслідок військової агресії рф залишилась на тимчасово окупованих територіях (понад 70 %), а руйнація Каховської ГЕС і знищення Каховського водосховища позбавили джерела води частини тимчасово окупованих південних регіонів у 2023-2024 рр., полив сільськогосподарських угідь було проведено лише на площі ≈135 тис. га. При цьому частини не окупованих зрошувальних систем Миколаївської (Інгулецька ЗС) та правобережної частини Дніпропетровської областей також залишились без джерел води. Таким чином, в умовах коли внаслідок зміни клімату за результатами досліджень ІВПіМ НААН в Україні постійного зрошення потребують 18 млн. га а періодичного 4 млн.га, зрошувані землі повністю втратили роль компенсатора негативного впливу зміни клімату на сталість ведення землеробства. Тобто сьогодні, як ніколи раніше, є актуальним питання виконання завдань «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» та Плану заходів з її реалізації як в частині нарощування і площ зрошення і площ водорегулювання на підконтрольних територіях.

Найбільший потенціал щодо відновлення зрошення на неокупованих територіях мають Одеська (понад 170 тис. га), Черкаська (близько 30,0 тис. га), Кіровоградська (понад 25 тис. га), Полтавська (понад 20 тис. га) та Київська (понад 15 тис. га) області. Загалом сумарні можливості щодо відновлення площ зрошення на підконтрольній Україні території шляхом реалізації проектів з реконструкції та модернізації наявних зрошувальних мереж становлять понад

700 тис. га. На першому етапі (2026-2030 рр.) реалізації «Довгострокового плану розвитку іригаційного комплексу України» мають розглядатись у якості першочергових об'єктів для розроблення та реалізації інвестиційних проектів з відновлення зрошення на площі 350 тис. га.

Відновлення та розвиток зрошення в Одеській області залежить від можливості залучення водних ресурсів р. Дунай для покращення водозабезпеченості не тільки Одеської, а й Миколаївської та Херсонської областей. Залучення водних ресурсів р. Дунай і проекти з відновлення наявних в Одеській області зрошувальних систем до проектних площ зрошення, а також проектування та будівництво нових зрошувальних систем на основі подачі дунайської води у північно-західні та північні райони Одеської області не тільки не погіршать водно-екологічну ситуацію, а навпаки, будуть сприяти значному її покращенню, особливо у нині безводних районах, у тому числі і завдяки створенню сприятливих умов для життєдіяльності населення і мінімізації негативного впливу змін клімату на розвиток процесу опустелювання.

В умовах прогресуючих змін клімату та тимчасової втрати, внаслідок бойових дій, близько 25 % орних земель відновлення навіть 700 тис. га. зрошуваних земель буде недостатньо для того, щоб зберегти роль України, як одного із світових продовольчих донорів. Тому необхідно передбачити також заходи з відновлення дренажних систем у зоні Полісся. Це сприятиме зосередженню основних організаційних та фінансових зусиль не тільки на відновленні зрошувальних, а й на відновленні дренажних систем [3]. За таких умов, на першому етапі відновлення за результатами інвентаризації має бути визначено перелік осушувальних та осушувально-зволожувальних систем в Чернігівській, Київській, Житомирській, Рівненській, Волинській та Івано-Франківській областях, для яких мають бути розроблені проекти щодо їх реконструкції з метою доповнення/відновлення можливості виконання ними функції водорегулювання протягом періоду вегетації. На першому етапі (до 2030 року) потрібно відновити роботу наявних дренажних систем в режимі подвійного регулювання на загальній площі не менше 350 тис. га. Відновлення та розвиток систем дренажу не тільки дозволить у повній мірі використати створені тут завдяки зміні клімату сприятливі умови для вирощування раніше не притаманних цій зоні сільськогосподарських культур (озима пшениця, ячмінь, ріпак, кукурудза на зерно, соя, соняшник, картопля, ягідні та інші), а також буде сприяти покращенню водно-екологічної ситуації в регіоні внаслідок припинення нерегульованих скидів надлишкових об'ємів води навесні, створюючи тим самим умови для недопущення переосушення ґрунтів влітку та розвитку у зоні Полісся раніше не характерних цій зоні пилових бур на територіях з переважанням мінеральних ґрунтів та ґрунтових пожеж на територіях з поширенням торфових ґрунтів. Тому чим раніше розпочнеться реалізація проектів з відновлення дренажних систем шляхом їх реконструкції в системи подвійного регулювання або осушувально-зрошувальні, тим швидше створяться передумови для перетворення зони Полісся у зону гарантованого (сталого), економічно ефективного та еколого-безпечного ведення землеробства на осушуваних (дренованих) землях з одночасним відновленням водорегулюючої

та водоакумулюючої здатності цього регіону і, повернення йому ролі акумулятора водних ресурсів України.

Проєкти з реконструкції та модернізації наявних зрошувальних та дренажних систем повинні розроблятись за результатами інвентаризації, технічного, енергетичного та фінансового їх аудитів і передбачати відновлення зрошення чи водорегулювання на площах, достатніх для забезпечення переведення фінансування експлуатації відновлених систем зрошення/дренажу на самоокупність через запровадження тарифів на подачу/відведення води на потреби зрошення/водорегулювання. При цьому розмір тарифів не повинен перевищувати економічно допустимий їх рівень для сільськогосподарських товаровиробників.

Стосовно економічної ефективності реалізації заходів з відновлення та розвитку і систем зрошення, і дренажу, то багаточисельними дослідженнями різних установ НААН [4] однозначно доведено високу ефективність вирощування різноманітних сільськогосподарських культур з отриманням прибутку від 700 до 1200-1500 дол. США з одного гектара зрошуваних і осушуваних земель. Також дослідженнями і розрахунками показано, що за такого рівня прибутковості вирощування сільськогосподарських культур в умовах зрошення чи водорегулювання забезпечується можливість реалізації проектів з відновлення систем зрошення та дренажу з термінами окупності інвестицій не більше 8-10 років.

Посилання

1. 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

2. 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

3. Romashchenko M., Faybishenko B., Onopriienko D., Hapich H., Novitskyi R., Dent D., Saidak R., Usatyi S., and Roubik H. Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. *Water International*. 2025. 1-17. https://doi.org/10.1080/02508060.2025.2472718

4. Ромащенко М., Сайдак Р., Матяш Т., Яцюк М. Ефективність поливу в залежності від витрат води. *Меліорація та водне господарство*. 2021. 2. С. 150-159. https://doi.org/10.31073/mivg202102-308

УДК 551.5(083.74)+556(083.74)

ПРО РОЗРОБЛЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БАЗИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ З ГІДРОЛОГІЧНОГО НАПРЯМКУ ДІЯЛЬНОСТІ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ

Манукало В., Самойленко Н.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ
manukalo@ukr.net

Вступ. Важливою умовою розв'язання водних проблем України є наявність даних гідрологічних спостережень та гідрологічних прогнозів, які надають користувачам гідрометеорологічні організації Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Гідрологічний напрямок спостережень і робіт є важливою складовою «гідрометеорологічної діяльності», на яку розповсюджується дія законодавства України, яке врегульовує питання розроблення та впровадження стандартів, інших нормативних документів у цій сфері, як інструментарію підвищення ефективності використання гідрометеорологічної інформації та продукції (прогнозів, попереджень, результатів наукових досліджень) шляхом забезпечення їх відповідності сучасним загальним правилам та вимогам.

Метою цієї статті є розгляд та узагальнення напрацювань науковців Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України (далі – УкрГМІ) щодо розроблювання державних стандартів та інших нормативних документів з гідрології суходолу та забезпечення гідрологічного напрямку діяльності гідрометеорологічної служби України.

Отримані результати. Актуальність питання формування національної бази нормативних документів, які застосовують в гідрометеорологічній діяльності постала з перших днів створення в 1991 році Державного комітету України по гідрометеорології, центрального органу виконавчої влади, який на той час формував та реалізовував державну політику у сфері гідрометеорологічної діяльності.

Важливо зазначити, що до 1991 року всі державні стандарти та інші нормативні документи, які використовували в гідрометеорологічній службі, а також у міністерствах та відомствах України щодо проведення гідрологічних спостережень та робіт, видавались російською мовою. Радянська система створення нормативних документів вилучила українську мову зі сфери наукової та технічної діяльності; навіть республіканські стандарти колишньої УРСР та переважна більшість матеріалів гідрометеорологічної служби України видавались російською мовою [1, 2]. Це стояло на заваді розвитку української науково-технічної термінології та створенню національної бази нормативних документів в галузі гідрології, проведення гідрологічних спостережень і робіт, прогнозування гідрологічних характеристик та обслуговування користувачів.

Головним розробником нормативних документів із забезпечення гідрометеорологічної діяльності став Український гідрометеорологічний інститут, який зараз має подвійне підпорядкування – ДСНС України та Національній академії наук України. На першому етапі досліджень пріоритет надавався створенню національної нормативної бази з метеорологічного напрямку гідрометеорологічної діяльності. Першим «гідрологічним» нормативним документом, підготовленим в УкрГМІ, став Державний стандарт України «ДСТУ 3517-97 Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять», який набув чинності в 1997 році. До ДСТУ увійшло близько 300 гідрологічних термінів, до яких було надано визначення, які враховували тогочасні здобутки української та зарубіжної наукової та практичної гідрології.

В процесі роботи над ДСТУ допомогу науковцям УкрГМІ надавали фахівці-мовники, що дозволило зробити значний крок у розвиток української фахової гідрологічної термінології. Зокрема, було унормовано близько 70 гідрологічних термінів та визначень до них, які використовувалась в Україні починаючи з 1991 року.

Під час розроблювання цього ДСТУ було опрацьовано значну кількість зарубіжної довідкової науково-технічної літератури, що дозволило включити до стандарту багато відповідників українських гідрологічних термінів англійською, німецькою та французькою мовами.

У наступні роки в УкрГМІ спостерігалась пауза в розроблюванні документів з гідрологічного напрямку діяльності, що обумовлювалось обмеженістю фінансових та кадрових ресурсів інституту, які були задіяні до розроблювання нормативних документів з метеорологічного напрямку діяльності. Окремі нормативні документи практичного спрямування розроблювались в Центральній геофізичній обсерваторії імені Бориса Срезневського ДСНС України з питання проведення гідрологічних спостережень і робіт та в Українському гідрометеорологічному центрі ДСНС України з питання гідрологічного прогнозування.

Прийняття Закону України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 № 1315-VII зумовило перехід на модель розроблення нормативних документів, прийняту в Європі, яка поєднує вимоги Всесвітньої метеорологічної організації до технічної сторони, змісту та викладу матеріалів в документах, а також практику Міжнародної організації стандартизації й відповідних європейських структур щодо порядку розгляду та затвердження документів. Законом, залежно від суб'єкта стандартизації, передбачено введення двох рівнів стандартизації:

- національні стандарти, які затверджує національний орган стандартизації;
- інші нормативні документи, які затверджують підприємства, установи і організації відповідної галузі.

Згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України, функції національного органу стандартизації покладено на Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП УкрНДНЦ ССЯ). Інші нормативні документи (настанови, методичні рекомендації тощо) впроваджують в практичну роботу

гідрометеорологічних організацій наказами Українського гідрометеорологічного центру ДСНС України.

Першим «гідрологічним» нормативним документом, підготовленим із дотриманням зазначених умов, стала настанова: «Оцінювання якості методики та точності (справджуваності) прогнозів режиму поверхневих вод суші». Під час розроблення цього документа використано наукові напрацювання, виконані в Україні та закордоном, а також досвід застосування методів оцінювання якості оперативних гідрологічних прогнозів в гідрометеорологічних службах європейських країн.

Наступним нормативним документом стала «Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Гідрологічні спостереження на постах», розроблена в УкрГМІ у 2020 році. Цей вітчизняний нормативний документ унормовує: вимоги до обладнання гідрологічних постів; обов'язки спостерігача гідрологічного поста; організацію та методику збирання та оброблення даних спостережень на гідрологічних постах.

Настанову розроблено для спостерігачів гідрологічних постів, які провадять гідрологічні спостереження та роботи, опрацювання первинних даних спостережень та їх передавання до центрів збирання та оброблювання інформації, а також спеціалістів організацій, що здійснюють організаційно–методичне керування роботою спостерігачів. Він також може бути використаний іншими державними органами, юридичними та фізичними особами, що здійснюють гідрометеорологічну діяльність, а також співробітниками науково-дослідних установ, викладачами та студентами профільних навчальних закладів.

У 2023 році в УкрГМІ завершено розроблення двох «гідрологічних» нормативних документів. Перший з них – це національний стандарт «ДСТУ 3517:2024. Гідрологія суходолу. Терміни і визначення основних понять». Наказом Національного органу стандартизації – «ДП УкрНДНЦ ССЯ» цьому стандарту було надано чинності з 01.09.2024 р. Цей національний стандарт є глибоко переробленим і доповненим виданням «ДСТУ 3517-97 Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять». До нової редакції національного стандарту включено більш ніж 80 доповнень та уточнень до термінів та визначень позначених ними понять, які враховують: останні результати досліджень, виконаних в Україні з розвитку української науково-технічної гідрологічної термінології; сучасний рівень розвитку гідрологічної науки та міжнародну практику застосування науково-технічної термінології в галузі гідрології суходолу. Оптимізовано структуру нормативного документа шляхом вилучення низки термінів, які втратили свою актуальність і зараз не застосовуються.

Терміни, що встановлює стандарт, рекомендовано використовувати в усіх видах нормативної документації, науково-технічній, навчально-методичній і довідковій літературі щодо гідрології суходолу, а також у роботі підприємств та організацій, що діють в Україні. Напрацювання, отримані під час розроблювання цього стандарту використано при підготовці першого в Україні фахового довідника – «Гідрологічного словника» [3].

Другим нормативним документом стала «Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Гідрологічні річкові роботи і спостереження на станціях і постах. Організація річкових спостережень і робіт на станціях і постах», розроблена в УкрГМІ на заміну двох російськомовних документів колишнього СРСР. Наказом Українського гідрометеорологічного центру настанова впроваджена у роботу гідрометеорологічних організацій в 2024 році.

Нормативний документ охоплює всі види гідрологічних спостережень і робіт в гідрометеорологічній службі України як на великих, так і на малих річках, і орієнтований на сучасні організаційні засади управління гідрометеорологічними організаціями та їх технічні можливості, зокрема, наявну приладову базу проведення інструментальних гідрологічних спостережень. Разом з тим, структура документу побудована таким чином, що його розділи можуть бути доповнені новими положеннями у разі надходження більш сучасних засобів вимірювальної техніки.

У 2024 році в секторі стандартизації УкрГМІ розпочато виконання нової наукової теми «Розроблення стандартів та інших нормативних документів у сфері гідрометеорологічної діяльності». До кінця 2026 року передбачається, розробити два нормативних документи, а саме, «Настанову гідрометеорологічним станціям і постам. Гідрологічні спостереження на станціях і постах. Визначення гідрографічних характеристик» та «Настанову гідрометеорологічним станціям і постам. Організація та проведення спостережень за випаровуванням з водної поверхні».

Перший нормативний документ повинен замінити нормативні документи колишнього СРСР, що вміщують способи визначення гідрографічних характеристик на основі використання топографічних карт різного масштабу, а також простих приладів для визначення довжини річки, площі водозбору, заболоченості, лісистості водозбору тощо.

Способи визначення гідрографічних характеристик у вітчизняному нормативному документі передбачатимуть застосування сучасних технологій проведення цих робіт із застосуванням даних космічних апаратів дистанційного зондування Землі та програмних засобів оброблювання отриманих результатів. Перевагою цих методів є більш висока точність результатів вимірювань та можливість оперативно враховувати часову динаміку змінювання гідрографічних характеристик річкових басейнів. Документ вміщуватиме методики визначення гідрографічних характеристик річок, водойм та водозборів із використанням картографічних даних в електронній (цифровій) формі та даних ДЗЗ. Для кожного виду робіт буде наведено опис теоретичних засад та приклади їх виконання, що дозволить полегшити освоєння нормативного документа фахівцями гідрометеорологічних організацій.

Нормативний документ «Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Організація та проведення спостережень за випаровуванням з водної поверхні» орієнтований, з одного боку, на організаційні та технічні можливості сучасної мережі спостережень за випаровуванням з водної поверхні в гідрометеорологічній службі, а з іншого, вміщуватиме рекомендації щодо розширення мережі випарникових майданчиків і удосконалення процесу оброблення інформації із застосуванням більш сучасної приладової бази.

В документі буде викладено: загальні відомості про організацію та роботу мережі спостережень за випаровуванням з водної поверхні; вимоги до утримання пунктів спостережень за випаровуванням та догляду за приладами і обладнанням; порядок проведення спостережень за випаровуванням спостережень; оброблення результатів спостережень за випаровуванням з водної поверхні; порядок проведення перевіряння якості проведення спостережень за випаровуванням з водної поверхні.

Висновки. Використання в гідрологічних спостереженнях і дослідженнях засобів вимірювальної техніки передбачає застосування стандартизованих вимог до методів і процедур проведення інструментальних вимірювань. Цей напрямок наукової діяльності в УкрГМІ сприяв розвиткові фахової української науково-технічної термінології та формуванню національної нормативної бази з гідрології суходолу, проведення гідрологічних спостережень та робіт. Є всі підстави вважати, що значення цього напрямку досліджень буде посилюватись і надалі зважаючи на впровадження в практичну роботу гідрометеорологічних організацій нових засобів вимірювальної техніки та обладнання для проведення гідрологічних спостережень.

Посилання

1. Манукало В.О., Митник Т.Г., Ковальська Л.Г., Гальперіна Т.О. Розроблення українських національних нормативних документів у сфері гідрометеорологічної діяльності. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2020. 5(123). С. 3-11.

2. Манукало В.О., Хільчевський В.К., Гребінь В.В. Українська наукова гідрологічна термінологія:історія формування, сучасний стан та пріоритети розвитку. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.* 2023. № 2(68). С. 6-14.

3. Хільчевський В.К., Гребінь В.В., Манукало В.О. Гідрологічний словник. Київ: ДІА. 2022. 236 с.

УДК 628.3

АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ БІОФЛОКУЛЯЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Мосійчук А.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
andrew.mosiichuk@gmail.com

Вступ. Сучасні методи очищення стічних вод вимагають удосконалення з метою підвищення ефективності видалення забруднень і мінімізації негативного впливу на довкілля. Одним із перспективних підходів є біофлокуляція – природний процес, що використовує мікроорганізми або їх метаболічні продукти для агрегації та осадження частинок. Забезпечення ефективного зневоднення осадів стічних вод є однією з ключових проблем діючих очисних споруд, особливо в умовах підвищення вимог до екологічної безпеки. Біофлокуляція дозволяє суттєво покращити процеси зневоднення осадів, знизити експлуатаційні витрати та підвищити якість очищеної води.

Теоретичні основи біофлокуляції. Біофлокуляція – це процес об'єднання дрібнодисперсних частинок у великі агрегати за допомогою мікроорганізмів або біополімерів, що виділяються ними. Основні механізми біофлокуляції включають:

- електростатичні взаємодії між мікроорганізмами та частинками;
- виділення екзополісахаридів (ЕПС), які сприяють утворенню флокул;
- гідрофобні взаємодії та комплексоутворення між мікроорганізмами і забруднюючими речовинами.

Біофлокулянти поділяються на мікробні флокулянти (бактерії, грибки), полісахаридні, білкові та комбіновані біофлокулянти.

Основними факторами, що впливають на процес біофлокуляції є склад мікрофлори, хімічний склад осадів (наявність органічних та неорганічних сполук, які впливають на утворення флокул), фізико-хімічні умови та застосування біополімерів.

Склад мікрофлори осадів стічних вод є критично важливим фактором, що впливає на процес біофлокуляції. Мікроорганізми, присутні в осадах, відіграють роль як основних агентів, що забезпечують агрегацію частинок. Бактерії, такі як *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, та гриби, наприклад *Aspergillus* або *Penicillium*, активно виробляють біополімери, які сприяють флокуляції. Високий вміст продукуючих екзополісахариди бактерій позитивно впливає на утворення щільних і стабільних флокул.

Мікроорганізми виділяють екзополімери, зокрема полісахариди, білки та ліпіди, які утворюють матрицю для утримання частинок разом. Їхня кількість і склад залежить від різноманітності мікрофлори та умов її функціонування. Високий рівень метаболічної активності мікроорганізмів підвищує ефективність агрегації, оскільки активні клітини краще взаємодіють із забруднюючими речовинами і сприяють їх осадженню. Домінування певних видів

мікроорганізмів може покращувати або погіршувати біофлокуляцію. Наприклад, деякі види можуть бути менш ефективними у виробленні флокулюючих речовин або навіть руйнувати вже утворені флокули. Мікрофлора чутлива до змін pH, температури, концентрації поживних речовин і наявності токсичних речовин у стічних водах, а оптимальні умови забезпечують її максимальну активність і утворення якісних флокул.

Комбінація різних видів мікроорганізмів може сприяти утворенню більш ефективних біофлокулянтів завдяки взаємному підсиленню виділення екзополімерів.

Зважаючи на ці фактори, підбір та оптимізація складу мікрофлори осадів стічних вод є одним із ключових напрямків для підвищення ефективності біофлокуляції. Дослідження, спрямовані на вивчення складу мікробних спільнот і їхньої ролі в процесах агрегації, дозволять створити нові підходи до покращення технологій зневоднення осадів. Також, для ефективного впровадження біофлокуляції у процес очищення стічних вод необхідно враховувати такі аспекти:

– використання активного мулу: надлишковий активний мул може слугувати джерелом біофлокулянтів для покращення осадження та зневоднення;

– застосування природних біофлокулянтів: використання біополімерів на основі екзополісахаридів для посилення коагуляції та агрегації частинок;

– комбінація з іншими методами: поєднання біофлокуляції з флотацією, електрокоагуляцією або ультразвуковою обробкою може підвищити ефективність очищення;

– оптимізація умов процесу: коригування pH, температури, аерації та вмісту поживних речовин для максимізації продуктивності біофлокулянтів.

Для оцінки ефективності біофлокуляції можна використовувати формулу:

$$E = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \cdot 100\%,$$

де C_0 – початкова концентрація зважених речовин, C_f – кінцева концентрація після біофлокуляції.

Перевагами біофлокуляції для процесу підвищення ефективності роботи очисних споруд каналізації є:

– покращене зневоднення осаду та зниження його об’єму;
– зменшення витрат на коагулянти та хімічні реагенти;
– менша токсичність кінцевих осадів;
– висока екологічна безпечність методу.

Разом з тим, час для адаптації мікроорганізмів, підтримка оптимальних умов процесу та потенційні варіації ефективності залежно від складу стічних вод обмежують використання біофлокуляції та спрямовують на виконання додаткових досліджень. Оптимізація процесу біофлокуляції можлива з врахуванням ефективних біофлокулянтів відповідно до якісних показників стічних вод, контролю за їх концентрацією у системі, використанням математичних моделей для прогнозування ефективності процесу.

Успішне впровадження біофлокуляції можливо оцінити з врахуванням коефіцієнта зневоднення осаду:

$$K = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \cdot 100\%,$$

де m_0 – початкова маса осаду, m_f – кінцева маса після зневоднення.

Висновки. Біофлокуляція є перспективним методом покращення зневоднення осадів стічних вод, що дозволяє знизити екологічний вплив і підвищити ефективність очищення. Впровадження цієї технології дозволяє:

- зменшити витрати на реагенти;
- поліпшити якість обробки осадів;
- підвищити екологічну безпеку очисних споруд.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію параметрів процесу та впровадження нових біофлокулянтів, здатних працювати у широкому діапазоні умов. Успішне застосування біофлокуляції може стати важливим інструментом для сталого управління водними ресурсами в Україні.

УДК 635.8

ВИКОРИСТАННЯ ОБОРОТНОЇ ВОДИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СУБСТРАТУ ГЛИВИ

Чернишов І.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький
sharrr41@gmail.com

Використання оборотної води в грибівництві має значний потенціал для підвищення ефективності виробництва та зменшення витрат. Оборотна вода – це вода, яка була використана в процесах вирощування і повторно використовується в інших ланках технологічного процесу. Це дозволяє не лише зменшити витрати питної води, але й забезпечити оптимальні умови для приготування субстрату і росту грибів.

Вченими кафедри технологій виробництва та переробки сільськогосподарської продукції імені академіка В.Г. Пелиха Херсонського державного аграрно-економічного університету розроблено технологію підготовки субстрату для вирощування гливи, що передбачає гідротермічну пастеризацію з подальшою аеробною ферментацією. Переваги розробленої технології:

- простота обладнання та низькі капітальні витрати на організацію субстратного цеху;
- відсутність термічно необроблених чи незволожених зон у субстраті;
- часткове видалення легкодоступних для конкурентної мікрофлори сполук із відпрацьованою водою;
- часткове видалення залишкових забруднюючих речовин із відпрацьованою водою;
- достатня елективність субстрату, що дає змогу впровадити технологію в пристосованих приміщеннях;
- простота технології дає змогу залучати персонал з базовими знаннями та навичками;
- можливість використовувати для обробки субстрату технічної і оборотної води;
- правильний монтаж обладнання дає змогу використовувати мінімум електроенергії, лише для освітлення, приводу насосів подачі технічної води та станка для набивання субстратних блоків. За умови наявності централізованого водопостачання і ручної набивки блоків виключаються і ці витрати.

Технологічна схема обробки:

1. Замочування сировини – температура до 30°С, витримка 30 хв у воді, до 10 годин без води – провокація проростання спор. Ця операція передбачає використання оборотної, поверненої після пастеризації води, збагаченої однорідними термофільними мікроорганізмами, які в більшості представлені бактеріями роду Bacillus в межах від 1,4 до $2{,}1 \cdot 10^6 \pm 0{,}55 \cdot 10^6$ КУО/мл. Це дозволяє

створити передумови виробництва елективного субстрату. Елективність субстрату є біологічним захистом від забруднення конкурентними мікроорганізмами. При подальшій ферментації внаслідок метаболізму аеробних бактерій pH субстрату підвищується до 7,8-8,2. Цей фактор забезпечує додатковий хімічний захист. Ферментовані субстрати, які мали вищеназвані показники мали показники браку, спричиненого контамінацією не більше 1%.

2. Пастеризація – заливання водою 75-80°С, витримка 2 години (t субстрату 70-75°С).
3. Витримка без води – мінімум 12 годин (t субстрату щонайменше 55°С).
4. Вивантаження та переміщення в чисту зону.
5. Охолодження до 24-30°С.
6. Інокуляція та забивка блоків.

Оборотна нагріта вода після пастеризації також може використовуватись в якості теплоносія. Використання пластинчастих теплообмінників дозволяє повторно використати до 40% теплової енергії на підігрів свіжої води

Охолоджена оборотна вода містить значну кількість легкодоступних поживних речовин та може бути використана в якості добрива. Перспективним також є дослідження використання оборотної води в якості фунгіцидного мікробіального препарату, враховуючи значний титр бактерій роду Bacillus.

Таким чином, впровадження системи оборотного водопостачання в грибівництві не лише знижує витрати, а й допомагає зберегти природні ресурси та підвищити врожайність.

УДК 628.3

РЕЗУЛЬТАТИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД У МІСТІ КРОПИВНИЦЬКИЙ

Кравченко В.І.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький
cerb_kravchenko@ukr.net

За даними державного моніторингу вод Державного агентства водних ресурсів, зі стічними водами до водних об'єктів щороку скидається близько 2 млн. тонн забруднюючих речовин, зокрема високі концентрації органічних сполук, фенолів, нафтопродуктів, важких металів тощо.

Ефективний строк експлуатації очисних споруд, яких в Україні близько 1000, орієнтовно 50 років. Переважна їх кількість була збудована у 60-70-х роках минулого століття. Так, очисні споруди міста Кропивницький працюють вже більше 50 років без зупинки, з урахуванням того, що якість стоків, які до них надходять, за цей час значно змінилася. Застаріла технологія та обладнання очищення господарсько-побутових стічних вод із середньодобовою витратою 33 тисячі кубічних метрів за добу, не давало можливості забезпечити якість очистки стічних вод до нормативних вимог по скиду їх у річку Інгул. Так, незадовільна ефективність очищення міських стічних вод від сполук нітрогену, фосфору та органічних комплексів призводить до інтенсивної евтрофікації водойм, що супроводжується надмірним розвитком шкідливих водоростей, які поглинають кисень.

Для покращення ситуації з очищенням стічних вод на підприємстві ОКВП «Дніпро-Кіровоград» було проведено реконструкцію очисних споруд до рівня сучасних вимог.

Реконструкція торкнулася усіх технологічних систем, споруд та трубопроводів, що задіяні у процесі очистки стічних вод: приймальна чаша стічних вод, грабельне відділення, пісколовки, первинні та вторинні відстійники, аеротенки, розподільчі та мулові камери та інше обладнання.

Технологічна схема очистки базувалась на передових світових практиках та багаторічному досвіді. Основною ідеєю стало впровадження удосконалення аеротенків шляхом виділення ділянок нітрифікації та денітрифікації з улаштуванням внутрішнього рециклу та можливістю регулювати кількість повітря, що подається на систему аерації, шляхом поділення її на окремі аераційні карти.

Ділянка денітрифікації обладнана зануреними утворювачами потоку, що утворюють безперервний потік рідини по двом каналам даної ділянки. Для підтримання сталого потоку при зміні направлення потоку в обох торцях чаші збудовано радіальні вертикальні стіни. Ділянка нітрифікації обладнана донною системою аерації з дисковими дифузорами для розподілення на окремі аераційні карти. В кінці останнього коридору ділянки нітрифікації встановлено занурений імпелерний насос внутрішнього рециклу, що перекачує муловодяну суміш у зону

денітрифікації. Для пропорційного розподілу повітря у біологічних реакторах змонтовано понад 1300 сучасних дискових аераторів, які знаходяться на одному рівні. Датчик розчиненого кисню змонтовано у кінці останнього коридору ділянки нітрифікації, інформація з якого через контролер передається в загальну систему автоматизації. За його показниками програма налаштовує роботу повітродувок.

Інноваційним рішенням на першому етапі біологічної очистки було впровадження споруди дефосфотатора. У якому механічно очищена стічна вода після первинних відстійників змішується з циркуляційним активним мулом. І лише після цього подається на біологічні реактори. Під дефосфотатор було виділено чашу одного з чотирьох первинних відстійників. В існуючій споруді було демонтовано центральну колону та водозбірні лотки, облаштовано два занурених міксери для запобігання випадання в осад активного мулу. Маловодна суміш з дефосфотатора самопливом подається на нову розподільчу камеру, звідки направляється до біологічних ректорів.

Вторинні відстійники, у яких проходить седиментація активного мулу,і були повністю реконструйовані з встановленням новітнього механічного обладнання. Відведення сидиментованого активного мулу здійснюється гравітаційним шляхом за рахунок різниці рівнів у лотку відстійника та центральній колоні. Впроваджене дане рішення зарекомендувало себе як надійну технологію. Активний мул з відстійника через мулові камери направляється в резервуар мулової насосної станції, звідки перекачується у дефосфотатор, а надлишковий активний мул направляється на блок обробки та зневоднення мулу.

Очищена стічна вода, що виходить з очисних споруд підлягає знезараженню. Для цього впроваджено новий комплекс по дозуванню гіпохлориту натрію.

Для оперативного моніторингу роботи комплексу очисних споруд встановленні автоматичні пробовідбірні станції, які дозволяють зафіксувати залповий скид з надмірними концентраціями на вході у будь-яку годину доби.

За результатами проведення пусконалагоджувальних робіт визначено найбільш оптимальні режими роботи, при яких комплекс споруд дозволяє отримати на виході якісні показники, що відповідають вимогам гранично допустимих скидів. При цьому видалення фосфору проходить на етапі біологічної очистки без використання реагентів. Результати очищення стічних вод постійно щодобово фіксуються графіками по усередненим добовим значенням очищеної води за наступними показниками: завислі речовини, амоній, нітрити, нітрати, фосфати, залізо.

В результаті реалізації реконструкції очисних споруд досягнуто:

– підвищення надійності очищення стічних вод відповідно до існуючих стандартів;

– дотримання діючих регуляторних норм щодо очищення стічних вод;

– зниження експлуатаційних затрат за рахунок підвищення надійності та придатності до ремонту обладнання, збільшення проміжку обслуговування;

– зменшення витрат електроенергії на аерацію;

Проведена модернізація існуючих будівлі грат, пісколовок, первинних відстійників, біореакторів, вторинних відстійників, будівництва повітродувної

насосної станції дала змогу повністю оновити технологічне обладнання, яке експлуатувалося ще з 60-х років.

Зміна технологічного процесу очищення стічних вод з впровадженням технології денітрифікації та дефосфорації, дала можливість довести показник очищення стічних вод за фосфатами на виході з очисних споруд з 4,9 мг/дм^3 до 3,5 мг/дм^3, при встановленій граничнодопустимій концентрації у дозволі 3,5 мг/дм^3. Для знищення патогенних бактерій, які залишаються в очищених стічних водах, і зменшення небезпеки зараження води водойм введено знезараження очищеної води розчином гіпохлориту натрію.

Проведена реконструкція очисних споруд дозволило усунути недотримання вимог законодавства у сфері охорони навколишнього середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних водних ресурсів, виключено витрати на відшкодування збитків при скиді недостатньо очищених зворотних води у водойму.

Впровадження прогресивного та економічного технологічного, насосного та повітродувного обладнання з максимальним рівнем автоматизації, дозволило корегувати режими роботи технологічного обладнання для підтримання максимального ефективного процесу очищення стічних вод.

УДК.621.311.25

ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГОМОДЕРНІЗАЦІЇ ГІДРОТЕХНІЧНИХ ТА ВОДОГОСПОДАРСЬКО-МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ

Войтович І.В., Брюзгіна Н.Д., Бойко М.С.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
ivan.v.voytovich@gmail.com

Зміни клімату вже спричинили значне погіршення умов ведення землеробства і будуть надалі їх погіршувати через прогресуюче зростання дефіциту кліматичного водного балансу, унаслідок чого стале ведення землеробства буде можливим лише за умови штучного покращення природного вологозабезпечення шляхом зрошення. В структурі вартості води для зрошення вартість електроенергії становить 75 %, тому одне з головних завдань модернізації зрошувальної системи – це зменшення вартості електроенергії. Під час військових дій спостерігається руйнування водогосподарсько-меліоративної інфраструктури (дамб, каналів, насосних станцій, дощувальних машин, мережі трубопроводів тощо) та мереж електропостачання; забруднення водних ресурсів та скорочення площ під зрошуваним землеробством. В найближчій перспективі питання водозабезпечення має вирішуватися з урахуванням як впливу глобального потепління, так і наслідків військових дій. Однією з поширених світових тенденцій в галузі оптимізації та відновлення технічного стану інженерної інфраструктури зрошувальних систем є переведення, за можливості та економічній доцільності, на автономне енергозабезпечення з використанням відновлювальних джерел енергії (вітрова, сонячна).

Згідно з дослідженнями, що проведені фахівцями Інституту сталого майбутнього при Сіднейському технологічному університеті за дорученням Грінпіс Україна має потенціал сонячної та вітрової енергії, який перевищує поточний попит на електроенергію майже у 150 разів [1]. Для порівняння використовували дані щодо споживання електроенергії по всій території України у 2021 році.

Встановлено, що сонячні електростанції в Україні можуть виробляти 5,084 ГВт, що в 60 разів більше, ніж запропоновані українським урядом 83 ГВт у «Плані Україна 2024-2027» [2]. За висновками експертів, Україна може задовольнити свій попит на електроенергію, використовуючи лише 1 % придатної для сонячних і вітрових установок території до яких відносяться всі придатні для сталого використання та геологічно придатні земельні ділянки країни, за винятком земель природоохоронного фонду (РА), а також земель з надзвичайно складною топографією (нахил понад 30 %, певні типи ґрунтового покриву, густі ліси, водно-болотні угіддя, мох і лишайники) вкривання снігом і кригою, а також водою (постійні водойми), розташованих в межах максимум 10 кілометрів від найближчої високовольтної лінії електропередач (рис. 1). У межах цього сценарію виявилося, що 0,46 % сонячного та 0,4 % вітрового потенціалу достатньо для забезпечення енергією всієї країни.

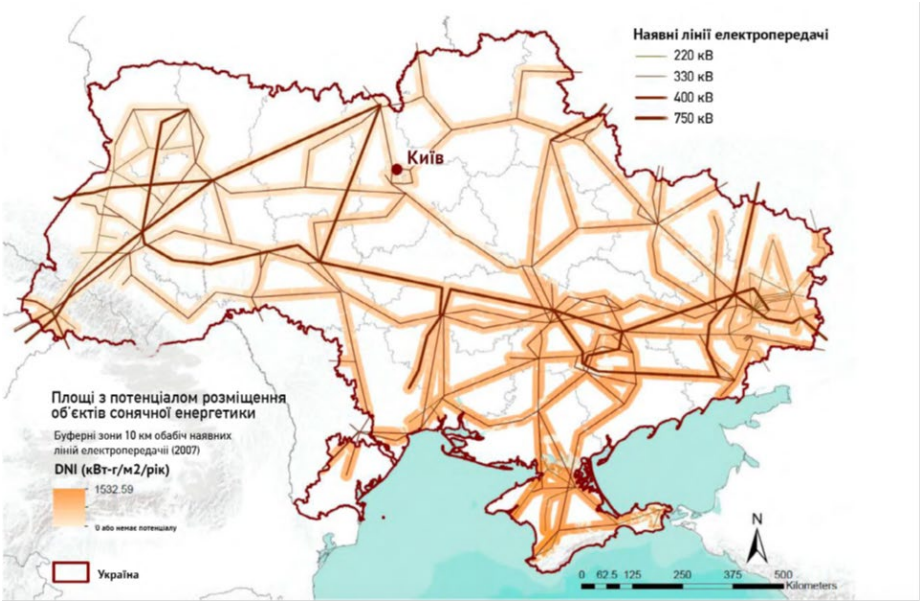


Рисунок 1 – Потенційні площі під розміщення об'єктів сонячної енергетики в Україні [1]

За даними реєстру НКРЕКП, станом на 24 квітня 2024 року в Україні нараховується 1369 сонячних електростанцій, що належать 931 ліцензіату [3] (рис. 2).

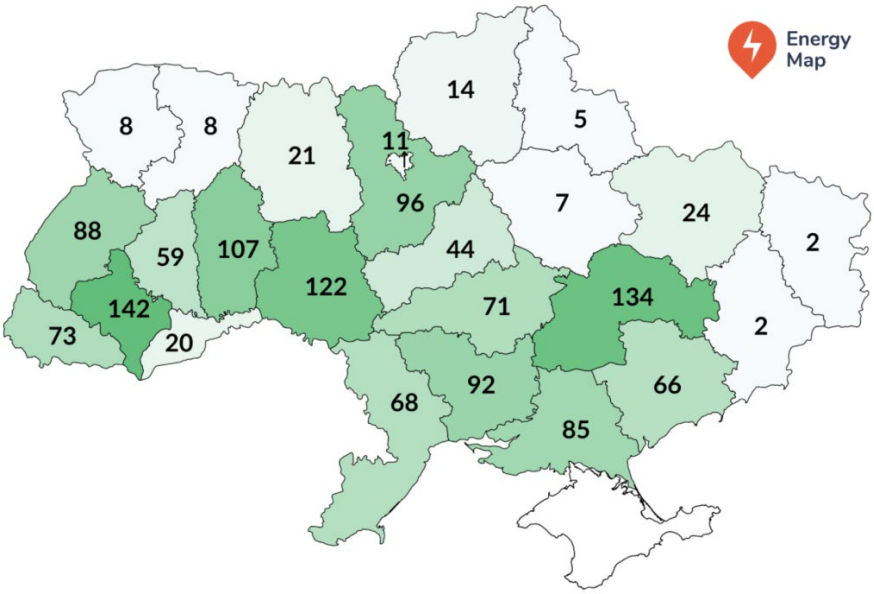


Рисунок 2 – Кількість сонячних електростанцій за областями України станом на 24 квітня 2024 року

Згідно з даними реєстру, близько половини всіх сонячних електростанцій розташовані у 6 областях: Івано-Франківській (142), Дніпропетровській (134), Вінницькій (122), Хмельницькій та Київській (по 107 станцій), Миколаївській (92). Найменше – у Луганській та Донецькій (по 2 станції), Сумській (5) та Полтавській (7).

Розрахункова генерація сонячної електроенергії базується на середньому рівні сонячного опромінення по всій території України. Сонячні модулі встановлені на крайньому півдні держави, вироблятимуть на 50 % більше електроенергії ніж такі ж, встановлені на півночі.

Основу зрошуваного землеробства України складають крупні державні зрошувальні системи, розташовані на півдні України (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристики основних зрошувальних систем

Назва системи, рік проектування	Проєктна площа зрошення, га	Насосна станція, подача Q, $м^3/с$	Магістральний канал		Техніка поливу	Площа дренажу, га
			довжина, км	витрата води, $м^3/с$,		
Північно-Кримська ЗС, з 1960 р.	350000	—	400	340	дощування	70000
Каховська ЗС, з 1967 р.	784000	530	130	530	дощування	135000
Приазовська ЗС, 1972-1993 рр.	280000	19,8	50,8	19,8	дощування	5000
Сірогозька ЗС, 1966-1994 рр.	41600	—	54,0	—	дощування	700
Бортницька ЗС, 1961-1979 рр.	23400	6,6	55,0	6,6	дощування	—
Інгулецька ЗС (реконструкція), 1963-1985 рр.	63000	34,0	53,5	34,00	дощування	4900
Красно-знам'янська ЗС (реконструкція), 1987 р.	96000	—	102,0	49	дощування	50000

Відновлювальна енергетика використовується все більш високими темпами. Використання енергії сонця, води і вітру в останній час все більш поширюється в сільському господарстві. Але для розміщення сонячних панелей необхідна велика площа землі для їх встановлення. Тому у світовій практиці розробляються проєкти розташування СЕС над поверхнею води. Так, в Індії сонячні панелі встановлюють над водними каналами [4]. Таке розташування сонячних панелей призводить до значної економії поверхні землі, яка може бути використана в землеробстві.



Рисунок 3 – Сонячні панелі над водними каналами в Індії

В Індії успішно впроваджуються плани використання водних об'єктів для генерації сонячної енергії. Передбачено створення сонячних електростанцій на водосховищах, зрошувальних каналах, озерах та інших водоймах. У 2012 році районі Гуджарат було розпочато перший проект каналу з сонячною станцією. В рамках проекту Solar energy на 15-метрових металевих конструкціях над зрошувальним каналом було облаштовано 750 метрів сонячних панелей, що виробляють 1 мВт електроенергії. На сьогодні близько 100 МВт сонячних станцій зверху каналів започатковані або будуються у восьми штатах Індії у зв'язку зі змінами клімату та зниження залежності від вугільних електростанцій.

У світі щорічно зростає частка побудованих сонячних електростанцій на водних поверхнях. В Японії неподалік від Токіо побудована найбільша сонячна електростанція на воді [5]. Електростанція унікальна, оскільки розташована в резервуарі греблі. Більше 50 тисяч панелей сонячних батарей розташовані приблизно на 18 гектарах площі озера за греблею в префектурі Тіба. Річний обсяг виробництва електроенергії перевищуватиме 16 мільйонів кВт-год, що відповідає споживанню електроенергії приблизно п'ятьма тисячами домогосподарств протягом року.

Накриття з сонячних батарей над водними каналами забезпечують відразу 4 переваги: виробництво чистої енергії, економію земельних і водних ресурсів, а також зменшення викиду вуглекислого газу в атмосферу. Підраховано, що при встановленні сонячних СЕС над 6500 км відкритих каналів, можна буде запобігти щорічному випаровуванню в атмосферу майже 300 000 тон води. Такої кількості вистачить для повноцінного зрошення 200 км^2 сільськогосподарських земель.

Таким чином встановлення сонячних модулів в зоні дії відкритого зрошувального каналу може вирішити наступні питання:

- обмеженої наявності у регіоні вільних земель;
- економію сільськогосподарських площ для встановлення СЕС;
- затінення поверхні води для зниження її втрат на випаровування. Відомо, що осідання пилу на сонячному фотоелектричному обладнанні знижує їх продуктивність на 15-20 % і потребує його періодичного промивання водою [6].

Використання сонячної енергії в Україні для потреб зрошення економічно доцільно, тому що потенціал сонячної енергії в Україні перевищує такий у ряді країн Європи, особливо в умовах півдня України. Використання сонячної енергії дозволить знизити витрати на електроенергію, як складову в вартості води на зрошення.

Незважаючи на війну, в Україні успішно запроваджується реформа гідротехнічної меліорації, реалізуються нові проєкти. Так, 4 червня 2024 року під головуванням першого заступника Голови Держрибагентства Тараса Кота відбулась нарада із представниками ГО «Українська асоціація енергосервісних компаній» щодо можливості залучення приватних інвестицій в енергомодернізацію меліоративної та інженерної інфраструктури шляхом використання механізму енергосервісу (ЕСКО) [7]. Одним з напрямків енергомодернізації розглядалось встановлення на об'єктах меліоративної інфраструктури сонячних електростанцій задля забезпечення енергетичної

незалежності меліоративної інфраструктури та зменшення витрат на спожиту електричну енергію.

Посилання

1.https://secure.gravatar.com/avatar/82294f0b097eeba15f27a8790cefac6a?s=96&d=mm&r=g/ Грінпіс Україна 11 Квітня 2024

2. https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/ukraine-facility-plan.pdf

3. https://ua-energy.org/uk/posts/tryfonivska-ses-foto-dtek

5. НАД ВОДНИМИ КАНАЛАМИ ІНДІЇ ДЕРЖАВНА КОМПАНІЯ ВСТАНОВИТЬ СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ ПОТУЖНІСТЮ 1250 МВТ https://smarteco.biz.ua/news/nad-vodnymy-kanalamy-indiyi-derzhavna-kompaniya-vstanovyt-sonyachni-batareyi-potuzhnistyu-1250-mvt/).

5. https://wz.lviv.ua/news/367775-v-yaponii-zapustyly-soniachnu-elektrostantsiiu-na-vodi

6. Дехтяр О.О. Альтернативні джерела енергії для підвищення енергоефективності зрошувальних систем. О.О. Дехтяр. Меліорація і водне господарство. 2019. № 2. С. 105-112. Doi/org/10.31073/mivg201902-182

7. Енергомодернізація меліоративної інфраструктури: використання механізму енергосервісу //https://vl.darg.gov.ua/_energomodernizacija_0_0_0_1803_1.html

УДК 633.88:631.63

ПРОДУКТИВНІСТЬ СУНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ

Ретьман М.С., Павленко В.В.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
retman_m.s@ukr.net

У сучасних умовах змін клімату та зростаючих вимог до стабільного виробництва плодоовочевої продукції особливо актуальним стає питання оптимального забезпечення сільськогосподарських культур вологою та їхнього захисту від хвороб і шкідників. Суниця садова (*Fragaria ananassa*), зокрема ремонтантний сорт Murano, характеризується високим потенціалом продуктивності та якістю ягід. Однак урожайність цієї культури значною мірою залежить від рівня вологозабезпечення та ефективності захисних заходів.

Одним із найефективніших способів регулювання водного режиму в агроценозах є застосування краплинного зрошення, яке дозволяє забезпечити рослинам стабільний доступ до вологи, знизити водний стрес та мінімізувати втрати води. Водночас, системи захисту рослин відіграють ключову роль у забезпеченні фітосанітарного стану насаджень, запобігаючи розвитку грибкових та бактеріальних хвороб, які можуть суттєво впливати на продуктивність культури.

Враховуючи вищезазначене, дослідження впливу рівня вологозабезпечення та застосування інтегрованих систем захисту на продуктивність суниці є надзвичайно важливим для розробки ефективних технологій вирощування цієї культури в умовах Лісостепу України.

Аналіз даних 2024 року досліджень показав, що рівень вологозабезпечення є одним із ключових факторів, що визначає продуктивність суниці сорту Murano.

Рівень вологозабезпечення впливає на розвиток грибкових захворювань суниці. В умовах краплинного зрошення без застосування фунгіцидів спостерігалося збільшення ураженості рослин порівняно з контрольним варіантом:

– використання крапельного поливу за візуальною оцінкою передполивного стану рослин було виявлено, що частка рослин заражених збудником *Ramularia tulasnei* (бура плямистість) та збудником *Mycosphaerella fragariae* (біла плямистість) була вищою (6 % і 11 %, відповідно), а ураженість, патогеном *Botrytis cinerea* (сіра гниль) зросла до 17 %, що вказує на сприятливі умови для проявлення хвороб за підвищеної вологості.

– використання краплинного поливу за показниками тензіометра дозволило дещо знизити ураженість білою плямистістю (7 %) і сірою гниллю (12 %), що свідчить про можливість оптимізації водного режиму для зменшення ризику розвитку хвороб.

– у контрольному варіанті (без зрошення) рівень ураження був нижчим для всіх хвороб, проте в умовах недостатнього зволоження спостерігалося зниження продуктивності (14 т/га) через водний стрес.

За експериментальними дослідженнями виявлено високу ефективність застосування препаратів у зниженні рівня ураженості суниці захворюваннями. Встановлено, що використання краплинного поливу з контролем вологості за допомогою тензіометрів у поєднанні з препаратами забезпечує найбільше зниження захворюваності:

1. Ефективність окремих препаратів:

– Хорус 75WG та Свіч 62,5WG показали найвищу ефективність у захисті проти збудника *Botrytis cinerea* (80-86 %) та збудника *Mycosphaerella fragariae* (72-76 %), тоді як збудник *Ramularia tulasnei* контролюється на рівні 70-73 %.

– Серенада ACO SK показує нижчі показники ефективності, зокрема щодо збудника *Ramularia tulasnei* (49-52 %) та збудника *Mycosphaerella fragariae* (51-53 %), однак зменшує поширення сірої гнилі на 75-79 %.

2. Вплив поливу на ефективність фунгіцидів:

– у варіантах із краплинним поливом без контролю вологості ефективність усіх препаратів дещо знижувалася.

– оптимальне зволоження ґрунту за допомогою тензіометрів підвищувало ефективність фунгіцидного захисту, особливо при застосуванні Хорус 75WG та Свіч 62,5WG.

– найбільше зниження захворюваності спостерігалося за використання краплинного поливу з тензіометричним контролем у поєднанні з препаратом Свіч 62,5WG (зниження уражень рослин збудником *Botrytis cinerea* на 86 %, збудником *Mycosphaerella fragariae* на 76 %, збудником *Ramularia tulasnei* на 73 %).

Отримані результати дослідження дають змогу стверджувати, що як краплинний полив, так і застосування препаратів суттєво впливають на підвищення урожайності суниці:

1. Вплив поливу на урожайність:

– без поливу – урожайність (14 т/га) була найнижчою;

– краплинний полив забезпечив суттєве зростання урожаю на фоні без використання фунгіцидів (до 19 т/га, що на 5 т/га більше за контроль);

– полив за показниками тензіометра виявився найбільш ефективним, особливо у поєднанні з препаратами.

2. Вплив препаратів на урожайність:

– без поливу препарати збільшували урожайність на 2-3 т/га (16-17 т/га);

– при краплинному поливі урожайність підвищувалася до 20-21 т/га залежно від препарату;

– при краплинному поливі за тензіометрами найвищі показники урожайності отримано при застосуванні Свіч 62,5WG (22 т/га).

3. Оптимальне поєднання поливу та фунгіцидів:

– максимальна урожайність (22 т/га) досягнута при краплинному поливі (тензіометри) із застосуванням фунгіциду Свіч 62,5WG;

– інші фунгіциди також покращували урожайність, але були трохи менш ефективними: (Хорус 75WG – 21 т/га; Серенада ACO SK – 20 т/га).

Проаналізовані результати проведеного комплексного дослідження дозволяють стверджувати наступне:

– для досягнення максимальної урожайності суниці сорту МУРАНО варто використовувати систему краплинного поливу з контролем вологості та ефективні фунгіциди, особливо Свіч 62,5WG;

– надмірне або нерегульоване зволоження може сприяти поширенню грибних хвороб, а контроль вологості ґрунту за допомогою тензіометрів допомагає знизити ризики розвитку інфекцій;

– поєднання краплинного зрошення та фунгіцидного захисту значно знижує ураженість суниці мікозами;

– точний контроль вологості ґрунту (тензіометри) дозволяє підвищити ефективність фунгіцидів, особливо щодо збудника сірої гнилі;

– для забезпечення найкращого захисту суниці від захворювань доцільно застосовувати систему краплинного поливу з контролем вологості та використовувати високоефективні препарати, такі як Хорус 75WG і Свіч 62,5WG, Серенада ACO SK;

– надмірне або нерегульоване зволоження може сприяти поширенню грибних хвороб, а контроль вологості ґрунту за допомогою тензіометрів допомагає знизити ризики розвитку інфекцій.

Список використаних джерел

1. Методики польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. та ін. Херсон: Грінь Д.С., 2014.

2. Реєстраційні випробуванням фунгіцидів у сільському господарстві. За ред. С.В. Ретьмана, М.П. Лісового. Київ: Колобіг, 2013. 296 с.

3. Механізми фунгіцидного захисту. За ред. Ф.С. Мельничука. Київ: Фенікс, Колобіг, 2014. 192с.

УДК 502

ДИНАМІКА ЕКВАТОРІАЛЬНИХ ТЕЧІЙ АТЛАНТИКИ

Сліже М.О., Ташку А.Г.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса
alinatashku767@gmail.com

Вступ. Екваторіальні течії Атлантики відіграють важливу роль у Світовому океані. Вони формуються під впливом пасатів, температури і солоності води, переносячи тепло і водні маси. Це впливає на погоду, циркуляцію океану та морське життя.

Мета. Визначити швидкість течій в екваторіальній частині Атлантики в сучасних умовах.

Матеріали та методи дослідження. Використовувалися дані Global Ocean Physics Analysis and Forecast щодо зональної швидкості течії в липні 2023 року з платформи Copernicus Marine Service [1].

Результати дослідження. Аналіз швидкостей течій 1 липня 2023 року в екваторіальній Атлантиці показав, що на поверхні океану спостерігалася міжпасатна течія (4°-8° пн. ш.) зі швидкістю до 180 см/с, яка рухалася на схід. Також була зафіксована південна пасатна течія (2° пд.ш. – 4° пн.ш.), що рухалася на захід зі швидкістю до 83 см/с (рис. 1).

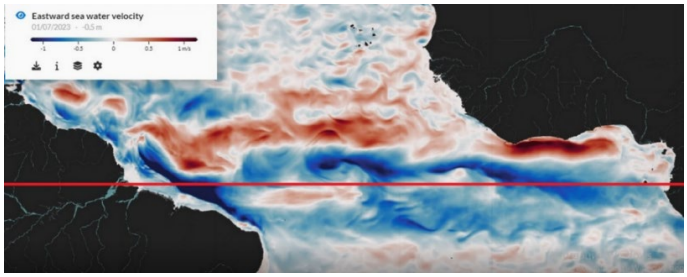


Рисунок 1 – Зональна складова швидкості течії u (м/с) на поверхні океану на 01.07.2023

На глибині 66 м горизонтальний розподіл зональної складової швидкості течії u мав такі характеристики (рис. 2):

1. Між 4° і 8° пн. шир. спостерігалася смуга додатних значень u (до 180 см/с), що відповідає міжпасатній течії.
2. Між 2° пд.ш. і 4° пн. шир. спостерігалася смуга від'ємних значень u (до -83 см/с), що відповідає південній пасатній течії.
3. Уздовж екватора чітко виражена смуга додатних значень u (до 140 см/с) свідчить про течію Ломоносова, яка проходить через всю акваторію екваторіальної Атлантики на глибинах 50-175 м і має східний напрямок.
4. Між 5° і 2° пд. Спостерігалася смуга від'ємних значень u (до -180 см/с), що відповідає південній гілці південної пасатної течії.

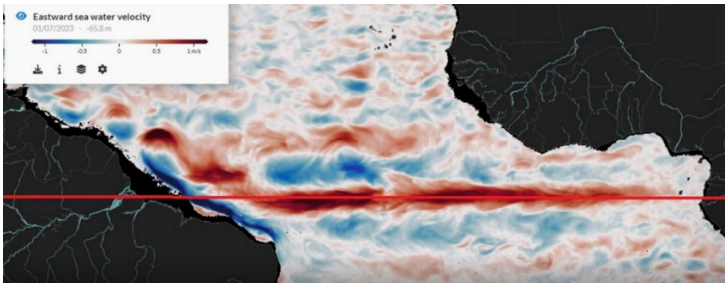


Рисунок 2 – Зональна складова швидкості течії u (м/с) на горизонті 66 м на 01.07.2023

На глибині 200 м розподіл u був менш чітким і значення не перевищували 100 см/с (рис. 3):

1. Між 4°-8° пн. широти спостерігалася міжпасатна течія (до 100 см/с).
2. Течія Ломоносова проходила вздовж екватора, особливо виражена в східній частині (до 50 см/с).
3. Між 5°-2° пд.ш. спостерігалася південна гілка південної пасатної течії (до 70 см/с).
4. В діапазоні 5°-2° пд.ш. спостерігалася смуга позитивних значень u (до 50 см/с), що відповідає південній підповерхневій протитечії.

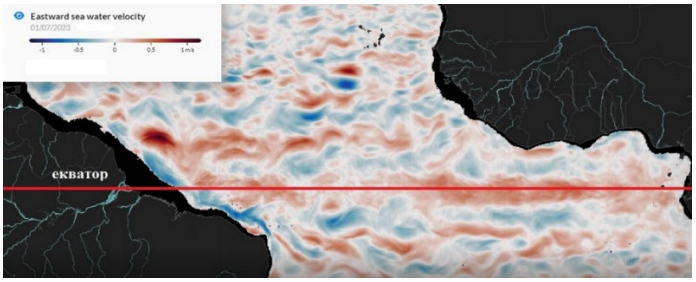


Рисунок 3 – Зональна складова швидкості течії u (м/с) на горизонті 200 м на 01.07.2023

Висновки: Течії Екваторіальної Атлантики мають складний характер. Найшвидшою на поверхні є міжпасатна течія (180 см/с). Серед підповерхневих течій найбільш виражена течія Ломоносова, яка на глибині 66 м досягає 140 см/с і поширюється до 200 м, де сповільнюється до 50 см/с.

Посилання

1. Global Ocean Physics Analysis and Forecast. URL: https://data.marine.copernicus.eu (дата звернення: 11.04.2024 р.).

УДК 631.4:551.583

ЕНЕРГЕТИКА ҐРУНТУ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Коломієць С.С., Ромащенко М.І., Сардак А.С.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
anastasiabilobrova1993@gmail.com

Зростання середньорічної температури в Україні за останні три десятиріччя приблизно на 3°С суттєво переформувало процеси ґрунтоутворення, адже клімат є найпотужнішим його фактором. Вже є доведеним фактом, що в Україні швидкість зростання температури є аномально високою, порівняно із загальносвітовою тенденцією і цей факт вимагає проведення додаткових досліджень для його пояснення. На нашу думку, саме ґрунтовий покрив суттєво впливає на цю тенденцію, враховуючи найбільший клин в Україні чорноземних ґрунтів, що використовують у землеробстві. Однак механізм впливу динаміки термічних ресурсів на властивості ґрунтів і емісії парникових газів іще недостатньо вивчений. За канонами генетичного ґрунтознавства еволюційні зміни властивостей ґрунтів за зміни клімату є дуже довготривалим процесом. У минулому сторіччі в ґрунтознавстві дискутувались поняття «ґрунт-пам'ять» та «ґрунт-момент» для формулювання педогенетичної формули ґрунтоутворення. Зокрема визначене поняття «характерного часу» (ХЧ) процесу, який міг тривати декілька років і визначав поняття «ґрунт-момент».

Однак у сучасному інноваційному напрямку ***динамічного ґрунтознавства***, що активно розвивається у ІВПіМ, в поняття «ґрунт-момент» вкладається зовсім інший сенс. Першочергово це момент термодинамічної взаємодії ґрунту, як системи, із факторами довкілля, що забезпечує динаміку термодинамічного стану ґрунту. Як відомо, інтегральним показником термодинамічного стану системи ґрунту є його термодинамічний потенціал, що визначають у рідкій фазі його чотирифазної системи, де четвертою фазою є жива речовина. І саме циклічні зміни зовнішніх термодинамічних параметрів довкілля обумовлюють динаміку потенціалу вологи у ґрунті, забезпечуючи тим самим динаміку доступності складових живлення для рослин з ґрунту. І рослини та ґрунтова біота навчились використовувати наявність такої динаміки стану у власному продукційному процесі. Адже живі організми керуються правилом мінімізації витрат власної енергії на споживання складових живлення. Саме тому динаміка продукційного процесу співпадає з добовою динамікою термодинамічного стану системи ґрунту, обумовленою циклічними коливаннями параметрів довкілля. Поточний термодинамічний стан ґрунту визначається амплітудою і періодом коливань зовнішніх факторів, а також швидкістю коливань цих параметрів:

$$H_{\text{e}} = f\left(\Delta T, °C;\ \Delta P_{\text{атм}};\ \Delta\theta, \%;\ \frac{\partial T}{\partial t};\ \frac{\partial P_{\text{атм}}}{\partial t};\ \frac{\partial \theta}{\partial t}\right),$$

де $T, °C$ – температура; $P_{атм}$ – атмосферний тиск; $\theta, \%$ – вологонасичення; t – час, год.

Експериментально встановлено виникнення у ґрунті автоколивального процесу динаміки капілярного потенціалу під дією термічного імпульсу нагрівання протягом декількох годин: за нагрівання в реальному діапазоні температури 20-60°С капілярний потенціал системи ґрунту зростає на 20-40 кПа (напівперіод реакції), а з початком охолодження капілярний потенціал знижується, навіть нижче за його початкове значення, з подальшим повільним процесом відновлення початкових значень у часі. Напівперіод реакції на термічний імпульс приблизно втричі коротший за напівперіод релаксації. Тому в природних умовах добових коливань температури напівперіод релаксації ніколи не завершується, а починається з початком нагрівання новий напівперіод реакції з відповідним зростанням доступності порового розчину. Найінтенсивніше таке зростання доступності вологи з ґрунту спостерігається навесні під час нарощування добових температур ґрунту, що проявляється як активізація біологічної активності ґрунту, у т.ч. мікробіологічної активності, та зростання проникності кліткових мембран із активізацією проростання насіння рослин. Природно, що такий процес біологічної активізації ґрунту затухає з глибиною ґрунтового профіля, відповідно до зниження швидкості коливань термодинамічних факторів, першочергово температури та вологонасичення. Саме тому коренева система рослин, як адаптація до цих умов доступності живлення, має переважно форму перевернутої піраміди. Волога у структурі ґрунтової матриці відіграє чи не найважливішу роль у житті ґрунту. Окрім абсолютних значень вологовмісту ґрунту, що певною мірою визначає доступність вологи, вона відіграє визначальну роль у реалізації багатьох ґрунтових механізмів і процесів, що загалом забезпечує його продуктивну функцію. Оскільки мова йде про енергетику ґрунту, волога у структурі ґрунтової матриці відіграє роль робочого тіла, оптимальна кількість якого визначає коефіцієнт корисної дії системи ґрунту при взаємодії з термодинамічними факторами довкілля. Тобто визначає енергоефективність взаємодії ґрунту з довкіллям. Така енергоефективність, поєднуючи безліч енерговитратних субординаційних (внутрішніх) мікропроцесів перерозподілу речовини з її фазовими переходами, забезпечує ***гомеостаз*** ґрунту та процеси самоорганізації і самостабілізації за зміни інтенсивності дії зовнішніх факторів. Фактично гомеостаз, поєднуючи енерговитратні субординаційні процеси, значною мірою циркуляційні у структурі ґрунтової матриці, визначає рівень корисного використання у ґрунті частки зовнішніх циклічних потоків енергії, так званої ***ексергії.*** Саме рівень ексергії у гомеостатичних ґрунтових процесах забезпечує відтворення основних властивостей і структурної організації ґрунтового середовища. А сучасні швидкі глобальні кліматичні зміни суттєво впливають на гомеостаз ґрунту, викликаючи еволюційні зміни властивостей ґрунтів по всій території України.

Класичним прикладом впливу зміни гомеостазу на властивості ґрунтів є утворення ущільненої плужної підошви в підорному шарі за тривалого застосування полицевої оранки і її зникнення за відмови від оранки із застосуванням різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту. Отже слід

констатувати, що просторова структурна організація ґрунтового середовища, їхні внутрішні границі маючи різний рівень гомеостазу, мають енергетичну природу, тобто різний рівень використання у ґрунті частки зовнішнього потоку енергії у часі формує ландшафтно-геохімічний бар'єр (ЛГБ). Яскравим прикладом є утворення планово-просторової організації ґрунтового покриву у вигляді педонів і поліпедонів (елементарних ґрунтових ареалів), основою якої фактично є мережа енергетичних бар'єрів.

Доречним постає питання чи встигають еволюційні зміни властивостей за швидкими кліматичними змінами? Тобто виникає питання «характерного часу» (ХЧ) адаптаційних процесів у ґрунтах до сучасної швидкості змін кліматичних параметрів довкілля. За власними дослідженнями зміни водно-фізичних властивостей за впливу традиційної оранки та no-till технологій за період 2009-2019 рр., тобто за 11 років, закономірні відмінності властивостей, особливо вологопроникності, на ділянках з різним основним обробітком ґрунту сягали 0,85 м, тобто фактично у всьому ґрунтовому профілі, що освоюють сільськогосподарські культури сівозміни. Є інші приклади швидкості еволюційних змін властивостей ґрунтів, зокрема період післядії глибокого меліоративного розпушення, що триває від 2-3 до 10-12 років, утворення ущільненої плужної підошви за беззмінної оранки та її зникнення при запровадженні різноглибинного безполицевого обробітку, що тривають від 10 до 30 років, які свідчать про досить високу швидкість еволюційних змін властивостей – від перших років до перших десятиліть, що співставляються із швидкістю сучасних кліматичних змін. Це дає підставу для висновку, що еволюційні зміни властивостей ґрунтового покриву є синхронними із сучасною швидкістю глобальних кліматичних змін, зокрема зростання середньорічної температури.

Враховуючи широтну зональність ґрунтово-кліматичних умов, найрадикальніші еволюційні зміни властивостей ґрунтів і ґрунтового покриву спостерігаються в енерголімітованій зоні Полісся України, де кількість опадів не була забезпечена ресурсами тепла для їх випаровування (ГТК>>1). Зростання кількості термічних ресурсів за практично збереження кількості опадів знижують ГТК → 1, що радикально змінює ґрунтові режими від гідроморфного до напівавтоморфного, або навіть автоморфного. Характерною рисою зональних гідроморфних ґрунтів Полісся є утворення слабкопроникного ущільненого, опідзоленого, оглеєного ілювіального горизонту у першому метрі ґрунтового профілю, призначенням якого є обмеження глибини проникнення потоків води. В нових кліматичних умовах ефективне переформування режиму ґрунтоутворення можливо лише за руйнування цього ілювіального горизонту. Таке пришвидшення переходу від одного до іншого режиму ґрунтоутворення практично відпрацьоване на осушуваних землях шляхом проведення глибокого меліоративного розпушення (будівельного) або плантажної оранки. Однак не скрізь такий захід може бути застосований, що суттєво уповільнює еволюцію ґрунтових властивостей, негативна екологічна дія яких на регіональний водний режим спостерігатиметься роками.

У загальному вигляді гомеостаз ґрунту, тобто енергоефективність його взаємодії з довкіллям, визначається: 1) конструкцією термодинамічної системи

ґрунту, яку визначає структура його порового простору (СПП); 2) наявністю вологи в оптимальній кількості, від якої залежить коефіцієнт корисної дії (ККД) термодинамічної системи ґрунту; 3) інтенсивністю дії зовнішніх, переважно погодних умов – їхньою періодичністю і амплітудою. Отже зміна термодинамічних параметрів погоди, враховуючи ступінь збалансованості кількості вологи і тепла, призводить до еволюційних змін конструкції ґрунтової матриці (СПП). На основі геомембранної функції педосфери встановлено, що прогресивним розвитком процесу ґрунтоутворення є розущільнення материнської породи з розбудовою структурою макропористості, яка є стійкою до сучасного комплексі зовнішніх збурень. Інтегральним консервативним параметром ступеню розвитку ґрунтоутворення є крива водоутримувальної здатності ґрунту і його гістерезисності. Зокрема капілярний гістерезис, як фундаментальна властивість ґрунту, забезпечує неоднозначність сили утримання вологи ґрунтовою матрицею, яка змінюється у часі під впливом зовнішніх термодинамічних збурень довкілля. Для пояснення механізму цих впливів довкілля на стан ґрунту в ІВПіМ розроблена інноваційна фізична модель порового простору ґрунту у вигляді гофрованого еквівалентного капіляру, що дозволяє розділити загальну гетерогенність ґрунту в конкретний момент на **екстрагетерогенність** (зовнішню) площу поверхні на контакті границі розділу рідина – ґрунтова атмосфера та **інтрагетерогенність** (внутрішню), що характеризує внутрішню площу поверхню бульбашок затиснутого у макропорах повітря. Саме інтрагетерогенність закономірно активно реагує на термодинамічні параметри довкілля. Отже інтерпретація цього явища може розглядатись як **енергобуферність ґрунту**, що носить, як було показано вище, автоколивальний характер. За зростання інтрагетерогенності ґрунт запасає значну кількість поверхневої енергії на контакті порового розчину з газом бульбашок затиснутого ґрунтового повітря (напівперіод реакції), яка, у подальшому повільно вивільняється по мірі зниження інтрагетерогенності (напівперіод релаксації). Ці процеси динаміки поверхневої енергії інтегрує капілярний потенціал ґрунту, що використовують рослини у продукційному процесі, як зміну доступності живлення. Отже можемо констатувати, що прогресивним напрямком ґрунтоутворення – як симбіоз косної і живої речовини, є розущільнення материнської породи з розбудовою структурної макропористості, яка підвищує гетерогенність і гістерезисність ґрунту з відповідним зростанням його енергобуферності.

Найбільш енергобуферними є чорноземні ґрунти. Тому можна зробити висновок про позитивну кореляцію між енергобуферністю ґрунту і його продуктивною спроможністю (родючістю). Оскільки енергобуферність може бути досліджена лабораторними методами, це відкриває певні можливості характеристики родючості ґрунту за його енергобуферністю, як інтегральним параметром розвитку його гетерогенності і гістерезисності, що знижує витрати власної енергії на продукційний процес.

УДК: 631.8.022.3

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В ПОЄДНАННІ З ФЕРТИГАЦІЄЮ

Семенко Л.О.[1], Євпак І.В.[2], Семенко О.П.[2]

[1]Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
[2]Боярський фаховий коледж НУБіП України, м. Боярка
Larisa-s@ukr.net

Сільськогосподарський сектор України в останній період є не лише локомотивом економічного розвитку країни, але й на найближчу перспективу буде відігравати важливу економічну роль це обумовлено сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами. Разом з тим, в регіонах з недостатнім зволоженням розміщено біля 37 % ріллі. Враховуючи проблему глобального потепління, проблема вологозабезпечення сільськогосподарських посівів буде лише загострюватись. І хоча площа зрошуваних земель в останні роки не перевищувала 500 тис. га, експертні висновки свідчать, що зрошувальні меліорації будуть розвиватись прискореними темпами. При цьому, відродження іригації відбувається на основі інноваційних технологій, запровадження крапельного зрошення, використання нової техніки та технологій, запровадження інтенсивних технологій у рослинництві. Сучасні системи землеробства на зрошуваних землях, передбачають використання високопродуктивних сортів та гібридів сільськогосподарських культур, які вимагають нових підходів до регулювання як водного, так і поживного та інших ґрунтових режимів, використання елементів точного землеробства тощо. Це вимагає в першу чергу оптимізації водного та мінерального живлення рослин, які і визначають головним чином рівень продуктивності посівів.

На жаль, рівень застосування добрив в аграрному секторі Україні недостатній і внесення добрив покриває менше 70 % виносу поживних елементів товарною частиною врожаю. В умовах змін клімату недостатньо розробленими залишаються питання сучасних систем удобрення сільськогосподарських культур, вимагають уточнення коефіцієнти використання поживних елементів із зрошуваних ґрунтів та добрив при використанні сучасних технологій поливу та удобрення, для нових сортів сільськогосподарських культур, нових форм добрив тощо.

Сільське господарство використовує 70 % від загального обсягу прісної води [2]. Україна, як відомо, відноситься до найменш забезпечених водними ресурсами країн Європи [1]. Біля 40 % площі країни відноситься до зони Степу, яку можна вважати зоною ризикованого землеробства де обмежуючим фактором є волога. Загалом же понад 50 % території країни має недостатнє волого забезпечення. Глобальні кліматичні зміни, що зачепили і Україну, лише загострюють дану проблему [2, 3]. Помітно розширилась площа земель, що відносяться до сухої та дуже сухої зони. Сюди відноситься 37 % орних земель, тоді як площі з достатнім зволоженням складають лише 22,5 % ріллі [4]. Така

тенденція збережеться на найближчу перспективу, що підвищує актуальність розширення додаткового зрошення земель.

В другій половині XX сторіччя в Україні був створений потужний водогосподарський комплекс, що забезпечував лише зрошення на площі понад 2,5 млн. га [1, 4]. В роки незалежності площі зрошуваних земель суттєво скоротились. В останні роки площа зрошуваних земельне перевищувала 500тис. га [1]. Запровадження інтенсивних технологій, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур за рахунок введення нових сортів інтенсивного типу та загальної інтенсифікації виробництва лише загострює проблему волого забезпечення сільськогосподарських культур. Слід відмітити, що в останні роки спостерігається поступове відродження зрошувальних меліорацій. При цьому, це робиться вже на якісно новому рівні, запроваджуються сучасні інноваційні технології та нова техніка. Зокрема, випереджаючими темпами розширяються площі із краплинним зрошенням. Так за даними [1], площа земель під краплинним зрошенням перевищила 75 тис. га, з них біля 53 % овочі та баштанні, решта – багаторічні насадження, просапні, технічні тощо, і на перспективу така тенденція збережеться. Не зважаючи на високу вартість, краплинне зрошення має ряд переваг, які роблять цей спосіб зрошення найбільш перспективним не лише в Україні, але й у світі [5]. До суттєвих переваг краплинного зрошення слід віднести значну економію води та електроенергії. Витрати електроенергії скорочуються на 50-70 %. Витрати води зменшуються до 3,5 разів, що надзвичайно важливо в умовах наростаючого дефіциту водних ресурсів. Адже понад 90 % води, що подається на поле використовується рослинами.

Прийняття Стратегії відновлення та розвитку зрошувальних та дренажних систем в Україні до 2030 року, яка затверджена Кабінетом Міністрів, є важливим кроком в активізації робіт по розвитку меліорації та забезпеченні сталого розвитку рослинництва на півдні країни [4]. В Стратегії дано обґрунтування необхідності прискореного розвитку меліоративного комплексу та визначено основні стратегічні напрямки його відновлення на сучасних засадах. За останні десятиліття достатньо глибоко розроблена технічна сторона, досліджена техніка та технології зрошення на сучасній основі. Добре вивчено питання регулювання водного режиму зрошуваних земель і все що з цим пов’язано [1, 3, 4, 6, 7]. Разом з тим, відомо, що зрошення суттєво впливає на зрошувані ґрунти, кардинально змінюючи формування ґрунтових режимі, а нерідко, і властивості та склад ґрунтів .

Тому одним з пріоритетних завдань має бути дослідження впливу сучасних технологій зрошення на агроекологічний стан ґрунтів та забезпечення їх високої продуктивності. В умовах оптимізації водного живлення сільськогосподарських культур в умовах зрошення, головним фактором, що буде визначати продуктивність буде мінеральне живлення рослин. Тому важливим є дослідження особливостей формування поживного режиму ґрунтів в умовах застосування сучасних технологій зрошення та вирощування сільськогосподарських культур. Тим більш, що споживання та винос поживних елементів сільськогосподарськими культурами на зрошуваних землях помітно зростає в порівнянні з богарою.

Посилання

1. Графтон, Р. Можливі шляхи і напруженість у взаємозв'язку між продовольством і водою. Майбутнє Землі. *5*(5), 449-462. doi:10.1002/2016EF000506 https://www.scopus.com/record/ display.uri?eid=2-s2.0-85019168921& origin=inward&txGid=18 f7f87dcd93cec172d0d1 705fade396&feature Toggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1

2. Зіберт С. Використання підземних вод для зрошення-Глобальна інвентаризація. Гідрологія і науки про земну систему *14*(10), 1863-1880. doi:10.5194/hess-14-1863-2010

3. Ромащенко М.І., Шатковський А.П. Краплинне зрошення овочевих культур і картоплі в умовах Степу України. Київ: «ДІА», 2012. 248 с.

4. Veremeenko S.I. Changes in the Agrochemical Properties of Dark Gray soil in the Western Ukrainiah Forest-Steppe under the effect of Long-Term Agricultural Use. EurasianSoil Science. V. 47(5). 2014. P.483-490.

5. Морозов В.В. Вплив зміни кліматичних чинників на формування меліоративного режиму зрошуваних ландшафтів Сухого Степу України. Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. 2009. Вип. 19. С. 80-88.

6. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80

7. Шатковский А. Особенности системы удобрения овощных культур при капельном орошении Овощеводство, 2016. С 66-68.

УДК 633.853: 632.95

ВПЛИВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ФУНГІЦИДНИЙ ЗАХИСТ СОЇ

Поліщук О.С., Ретьман М.С.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
oleksii.polishchuk.mail@gmail.com

Соя є цінною білковою культурою, яка активно вирощується як в умовах зрошення, так і за природних кліматичних умов. Останніми роками в Україні спостерігається підвищена частота посушливих періодів, що негативно впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, зокрема сої. У зв'язку з цим зростає актуальність досліджень щодо впливу різного вологозабезпечення на продуктивність рослин. Дослідження проводились на полях СТОВ «ДНІПРО» в селі Васютинці, Черкаської області. Посів сої здійснювали у третій декаді квітня 2024 року, збір урожаю – у другій декаді серпня. Експериментальна схема передбачала два варіанти вологозабезпечення: із регульованим поливом (дощуванням) та без нього (природні умови), а також порівняння впливу різних фунгіцидів на розвиток рослин та ураження хворобами.

Погодні умови квітня-серпня 2024 року характеризувались дефіцитом вологи: середня температура повітря за квітень-серпень 2024 р. перевищувала багаторічні показники (наприклад, у квітні 9,5-10,7°С проти багаторічних 2,3°С), кількість опадів зазвичай була нижчою за середні багаторічні дані: у квітні–травні спостерігався суттєвий дефіцит вологи, в окремі декади фактичні опади не перевищували 1,0-4,4 мм на добу, а відносна вологість повітря помітно коливалася; в деякі декади (наприклад, квітень, перша декада) вона була на рівні 43,5 %, що значно нижче за багаторічну норму (82 %).

Водночас, за результатами дослідження, вміст хлорофілів (А+В) у листках відзначався на вищому рівні саме у рослин без штучного поливу, ймовірно внаслідок особливостей формування листкової поверхні та реакції на стресові чинники (рис. 1).

Встановлено, що кількість бобів на рослині зростала за умов штучного поливу, причому у сорту Сірелія цей показник був вищим. Так, у варіантах із дощуванням Сірелія формувала в середньому 42-45 бобів на рослині, тоді як без поливу – 18-35; у сорту Сфінкса аналогічно 25-38 проти 17-21 бобів залежно від погодних умов і фунгіцидного захисту. За результатами зважування, надкоренева частина рослин Сірелії станом на 2 липня 2024 року сягала 76,61-108,33 г (корінь 5,63-9,07 г), тоді як у Сфінкси – 50,12-63,77 г та 4,45-7,22 г, відповідно.

У варіантах зі зрошенням спостерігалась менша ураженість рослин хворобами переноспорозом збудник *Peronospora manshurica* та септоріозом збудник *Septoria glycines* порівняно з контрольними ділянками, а застосування фунгіцидів (наприклад, «Міравіс Дуо 200 SC, КС» чи «Медян Екстра 350 SC, КС») додатково знижувало розвиток цих хвороб та підвищувало технічну ефективність захисту (рис. 2).

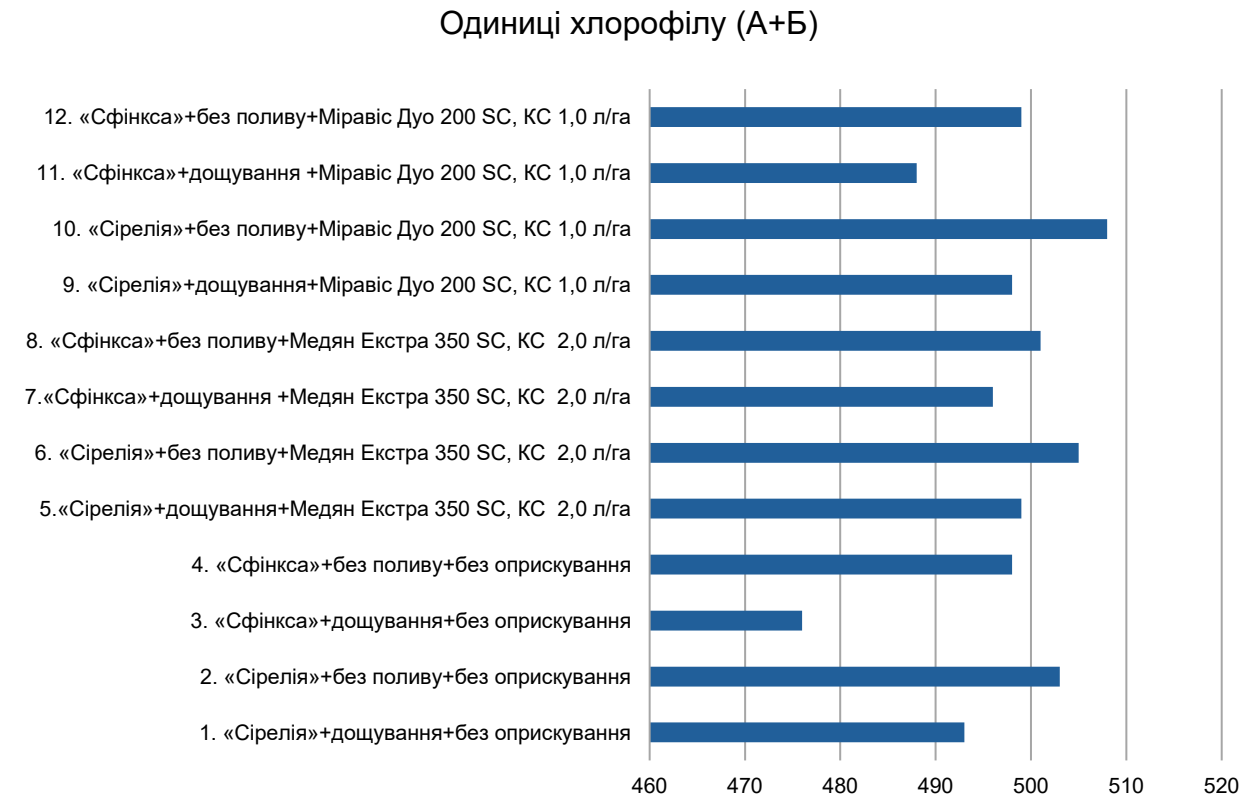


Рисунок 1 – Вміст хлорофілу для різних варіантів досліду



Рисунок 2 – Технічна ефективність фунгіцидів

На графіках урожайності (рис. 3) помітно, що найвищі показники (до 3,0 т/га) досягнуто на варіантах, де поєднувались зрошення та фунгіцидні обробки. Без поливу врожайність коливалася переважно в межах 1,7-2,0 т/га, що

значно менше порівняно із зрошуваними ділянками. Сорт Сірелія переважно виявлявся продуктивнішим за Сфінксу, однак із застосуванням дощування і якісного захисту різниця між сортами скорочувалась.

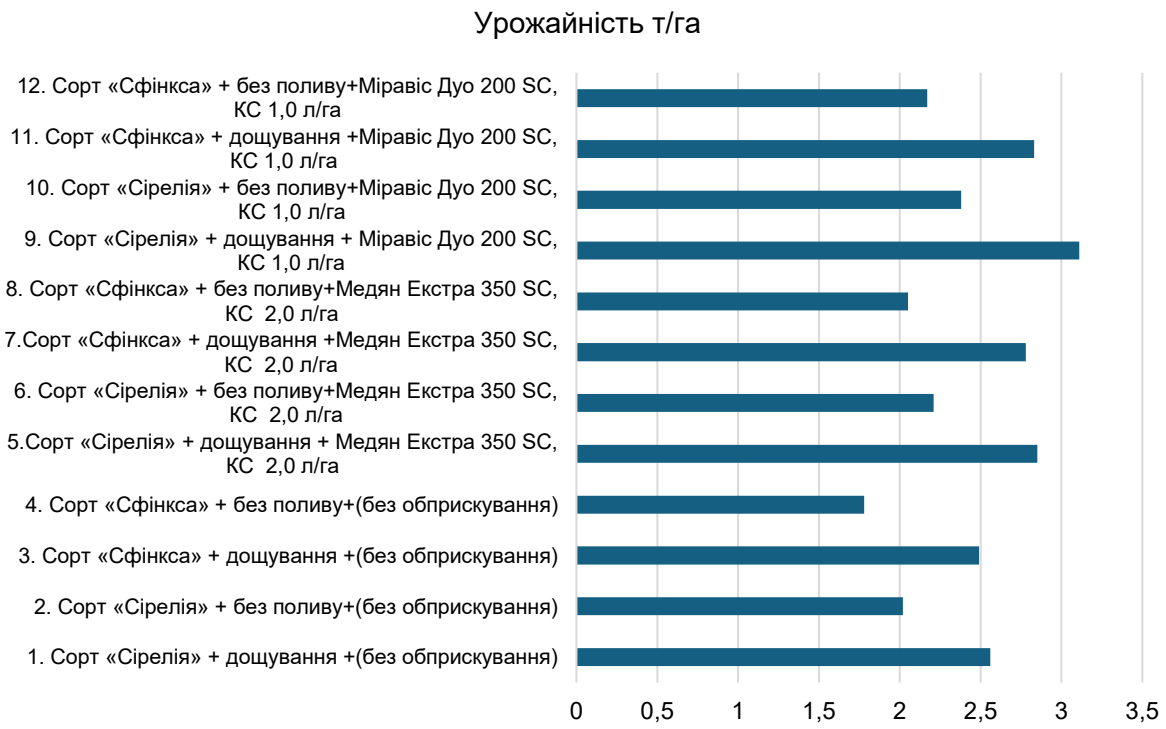


Рисунок 3 – Урожайність сої

Загалом, позитивна дія штучного поливу простежувалась у кращих показниках фізіологічного стану рослин, вищій кількості бобів, більшій масі надкореневої та кореневої частин, а також у вищих підсумкових показниках врожайності. При цьому перший рік експериментальних досліджень дає попередні результати, які потребують підтвердження в наступні роки, адже подальші експерименти дозволять оцінити стабільність і повторюваність виявлених закономірностей та оптимізувати норми поливу й схеми фунгіцидного захисту з урахуванням економічних і агроекологічних чинників.

Список використаних джерел

1. Методики польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. та ін. Херсон: Грінь Д.С., 2014.

2. Реєстраційні випробуванням фунгіцидів у сільському господарстві. За ред. С.В. Ретьмана, М.П. Лісового. Київ: Колобіг, 2013. 296 с.

3. Механізми фунгіцидного захисту. За ред. Ф.С. Мельничука. Київ: Фенікс, Колобіг, 2014. 192 с.

УДК 502

ГІДРОДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ПРОТОЦІ ДРЕЙКА

Ель Хадрі Ю.А., Стецюк А.В.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса
andrey.stetsuk22@gmail.com

Вступ. Один з ключових районів в Південному океані – протока Дрейка. Вона створює перешкоду на шляху циркумполярної течії, і у вужчому місці течія прискорюється. Штормове море та крижані умови зробили прохід через протоку Дрейка суворим випробуванням для кораблів та екіпажів.

Мета дослідження. Визначення характерних особливостей циркуляції вод у протоці Дрейка, дослідження її впливу на розподіл водних мас у Світовому океані.

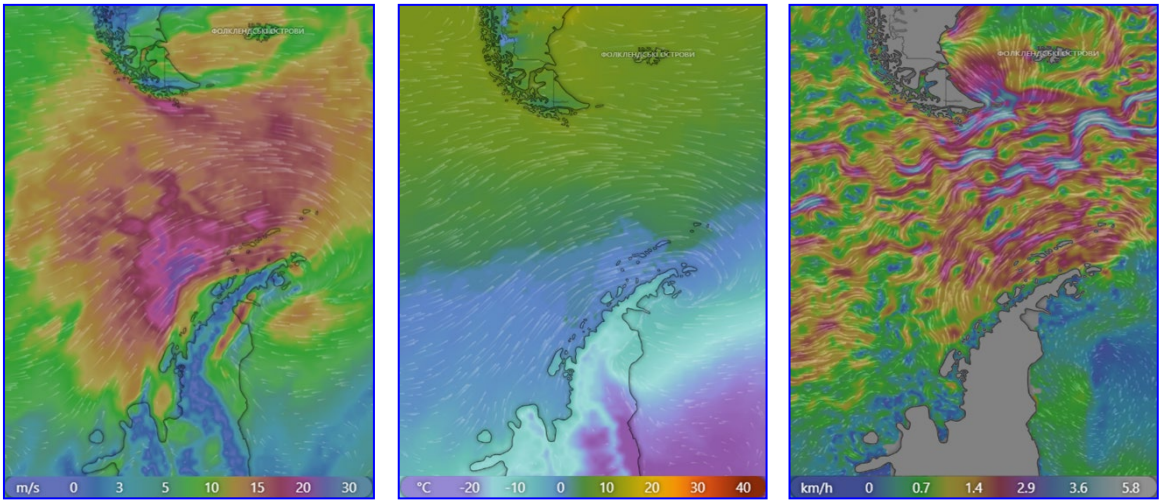
Фізико-географічні умови. Протока Дрейка з'єднує Атлантичний і Тихий океани, омиваючи береги мису Горн і Південних Шетландських островів, розташованих за 160 км на північ від континентальної Антарктиди. Довжина протоки Дрейка близько 460 км, ширина у найвужчій частині становить не менше 820 км.

Середня глибина протоки близько 3400 м, більші глибини зафіксовано біля її північного і південного кордонів. Максимальна глибина за вимірами становить 5249 м, мінімальна дорівнює 276 м.

Клімат помірний, у південній частині переходить в субантарктичний. Середньорічна температура повітря в північній частині водного масиву 5 °С, у південній -3 °С. Переважно в південній частині протоки зустрічаються айсберги, що рухаються слідом за течією із заходу на схід. У лютому протока вільна від льоду. Постійно дмуть сильні західні вітри, нерідко досягають 25-35 м/с (рис. 1а). Поверхнева температура води становить 5 °С на півночі та -1 °С на півдні, різкий перепад температур відбувається на широті близько 60°, у зоні Антарктичної конвергенції (рис. 1б).

Течії протоки Дрейка. Через протоку із заходу на схід проходить потужна Антарктична циркумполярна течія. Швидкість течії значно зростає приблизно на широті 60°, прискорюючись фізичним звуженням протоки (рис. 1в). Після виходу з протоки від АЦТ (Антарктичної циркумполярної течії) відділяється Фолклендська течія.

Транспортування відбувається на трьох фронтах у протоці Дрейка. З півдня на північ це південний фронт АСС близько 60,75° пд.ш., полярний фронт номінально близько 57,5° пд.ш., а субантарктичний фронт номінально близько 56° пд. і субантарктичний фронт разом утворюють АЦТ і охоплюють 3° широти, заповнюючи половину ширини протоки Дрейка.



а) б) в)

Рисунок 1 – Горизонтальний розподіл 12.04.2024 р.:
(а) – швидкості вітру (м\с), (б) – температури води на поверхні (°С),
(в) – швидкості течії (км\ч)

Південний фронт АЦТ переносить 9,3±2,4 Sv, полярний фронт переносить 57,5±5,7 Sv і субантарктичний фронт переносить 53±10 Sv. Іноді полярний і субантарктичний фронти зливаються і переносять сумарний перенос порядку 110 Sv. Між південним фронтом АЦК і полярним фронтом існує потужне вихрове поле з рециркуляціями порядку 10 Sv, а середній чистий перенос в межах вихрового поля становить близько 16 Sv.

Також змодельовано, що глобальна термохалінна циркуляція з'являється лише за наявності відкритого протоку Дрейка.

Висновки. Південний океан відіграє ключову роль у циркуляції та кліматі Світового океану. Відсутність континентів у смузі широт протоки Дрейка сприяла появі Антарктичної циркумполярної течії (АЦТ), яка діє як головний канал для поширення водних мас і океанічних кліматичних сигналів по всій Земній кулі. Тому важливим є проведення досліджень, щоб зрозуміти, як параметри протоки Дрейка впливають на глобальний клімат.

Список використаних джерел

1. Рубан І.Г., Чеплак Л.І. Циркуляція вод в протоці Дрейка. Одеса. 2018 р. 68 с.

2. Cunningham, S. A., S. G. Alderson, B. A. King, and M. A. Brandon, (2003) Transport and variability of the Antarctic Circumpolar Current in Drake Passage, J. Geophys. Res., 108, 8084, doi:10.1029/2001jc001147.

3. Toggweiler, J. R.; Bjornsson, H. (2000). Drake Passage and palaeoclimate. Journal of Quaternary Science. 15 (4): 319-328.

УДК 628.4:629.3

УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ НА АВТОМОБІЛЬНИХ МИЙКАХ: ВИТРАТИ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ

Шевченко А., Мосійчук Я., Боженко Р.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
monitoring_protect@ukr.net

Вступ. Вода – основний витратний матеріал на будь-який мийці автомобілів. У джерелах статистика даних щодо кількості автомийок у Києві, Україна, та обсягів води, які вони використовують щодоби, відсутня. Однак, для оцінки можна врахувати, що середня витрата води на одну автомийку залежить від її типу (ручна, автоматична, самообслуговування) та кількості обслуговуваних автомобілів. На мийках самообслуговування для миття одного легкового автомобіля зазвичай витрачається 60-200 л води, тоді як автоматичні та ручні мийки можуть мати інші показники залежно від їхньої технологічної оснащеності та ефективності. За даними Київської міської державної адміністрації, у 2024 р. на вулицях Києва перебувало приблизно 1,2 млн автомобілів, враховуючи 300 тис. машин з інших регіонів. Якщо прийняти, що середня частота миття 1 автомобіля становить приблизно раз на 21 день, то в середньому щоденно у місті миється близько 43 тис. автомобілів. Відповідно, щоденний обсяг водопостачання та водовідведення автомийок становить 2,6-8,6 тис. м^3, що підкреслює значний вплив цих закладів на водні ресурси міста.

Забезпечення водою автомийок може здійснюватися через централізовані системи водопостачання, індивідуальні свердловини або, у виняткових випадках, за рахунок привізної води. Незалежно від джерела, вода має відповідати певним стандартам якості, навіть якщо вона класифікується як технічна. Водночас проблема водовідведення є значно складнішою через специфіку стічних вод автомийок, які містять високі концентрації забруднюючих речовин.

Характеристика стічних вод автомийок. Стічні води від автомобільних мийок характеризуються великою концентрацією завислих речовин, нафтопродуктів, миючих, моторних масел, солей важких металів, палива тощо (табл. 1). Їх концентрація залежить від багатьох факторів (типу автомобіля, його розмірів, дорожнього покриття, сезонності та ін.).

Значення показників підкреслюють необхідність ефективного очищення стічних вод від автомобільних мийок перед їх скиданням у міську мережу, навколишнє середовище або повторним використанням. Законодавство встановлює, що стоки, які утворилися на автомийці, забороняється скидати без очищення в навколишнє середовище (в тому числі на ґрунт), а система водопостачання автомийки повинна включати очистку і систему рециркуляції стічних вод.

Таблиця 1 – Характерні показники фізико-хімічного складу стічних вод автомийок

Найменування показника	Одиниці виміру	Значення *		
		стічна вода автомийки	прийом у міську каналізацію	ГДК скиду у навколишнє середовище
Завислі речовини	мг/дм^3	400-4000	250	15
БСК	мгO_2/дм^3	200-500	190	15
Азот амонійний	мг/дм^3	10,0-50,0	18,0	6,0
Хлориди	мг/дм^3	200-400	165	105
Фосфати	мг/дм^3	30	5	3,03
pH	од.pH	6,6-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5
Нафтопродукти	мг/дм^3	20-150	1,75	0,25
СПАР	мг/дм^3	25-100	2,5	0,1

* Показники прийнято за усередненими літературними даними

Методи очищення стічних вод автомийок. Автомийки можуть бути підключені до системи водовідведення двома основними способами:

– підключення до центральної каналізації. У цьому випадку стічні води від автомийок направляються до міської системи каналізації після попереднього очищення на локальних очисних спорудах. Це стандартна практика для забезпечення відповідності екологічним нормам та запобігання забрудненню водних ресурсів;

– через автономні системи очищення. Якщо підключення до центральної каналізації є технічно або економічно недоцільним, автомийки повинні використовувати автономні системи очищення стічних вод. Ці системи забезпечують локальне очищення води перед її скиданням або повторним використанням.

Методи очищення і конкретні технології для стоків автомийок підбираються з урахуванням специфіки забруднюючих речовин. Варто зазначити, що деякі автомийки можуть здійснювати несанкціоновані врізки у міські комунікації або колектори річок, що призводить до забруднення навколишнього середовища. Загалом робота автомийок створює кілька глобальних проблем:

– витрати води призводять до істотних матеріальних затрат;

– незаконна утилізація стічних вод мийок в загальносплавну каналізаційну систему;

– скидання неочищених стічних вод призводить до забруднення поверхневих та ґрунтових вод;

– розташування автомийок у місцях з ризиком підтоплення або затоплення прилеглих об’єктів, споруд в аварійних ситуаціях (рис. 1).

Після повного циклу мийки в воді містяться не тільки бруд і пил, але також миючі засоби, хімічні домішки, залишки палива чи машинного масла. Саме тому звичайного фільтра недостатньо.



а)



б)

Рисунок 1 – Автомийки самообслуговування розташовані в безпосередній близькості до річки Ірпінь (а) і над трасою неглибокого залягання метрополітену (б)

Основні параметри будь-якої системи очищення стічних вод автомийок включають врахування:

– ступеня очищення. Визначає, яка частина шкідливих домішок видаляється після фільтрації (сучасні системи забезпечують видалення до 80-90 % забруднень);

– продуктивності. Якщо весь стік скидається в каналізацію, то показники очисної споруди повинні відповідати параметрам каналізаційної мережі. Для систем рециркуляції використовуються такі показники, як відсоток втрат об’єму і тривалість повного циклу очищення;

– робочого принципу. Від цього залежать розміри і спосіб монтажу очисної споруди.

Якість води, що пройшла очищення, чітко регламентується державними стандартами, технічними і санітарними нормами. Очисні споруди для автомийок оснащуються спеціальною автоматикою. Вони можуть розташовуватися поза будівлею мийки та працюють максимально автономно.

Сучасні технології очищення включають механічне відстоювання, фізико-хімічне очищення, фільтрацію та біологічне очищення, що дозволяють досягти необхідних нормативних показників якості води для подальшого скиду. При проектуванні очисної споруди для автомийок необхідно врахувати кілька основних нюансів:

– середня витрата води, яка залежить від типу мийки: тунельної або портальної;

– тип ґрунту та рівень ґрунтових вод, який впливає на особливості монтажу резервуарів і очисних ємностей;

– особливості підключення до водопостачання і системи водовідведення;

– параметри електромережі, необхідної для роботи обладнання.

Логічне рішення – організація повторного циклу використання води після її очищення. Зараз це найефективніший, економічний і екологічний варіант, який в короткий термін повертає витрати на його облаштування.

Якщо витрата води невелика, встановлюється система доочистки. Вона видаляє шкідливі домішки перед скиданням стоку. Але чим більше споживання – тим доцільніше повторне використання. Тим паче, сучасні споруди здатні впоратися із практично стовідсотковим очищенням, після якого близько 80 % об'єму води відправляється на рециркуляцію.

Зазвичай очищення стоків автомийки відбувається в кілька етапів за допомогою системи фільтрів. В першу чергу видаляються крупні частки та сміття. Далі необхідно нейтралізувати ряд хімічних домішок. Схема водоочищення автомийки включає в себе грубу механічну очистку; гравітаційне осадження; реагентну обробку; напірну флотацію; фільтрацію. На попередньому етапі стоки очищаються від грубих механічних домішок і завислих речовин в пісколовках і нафтовловлювачах. Подальше очищення стоків відбувається в гравітаційних відстійниках. Реагентний і метод напірної флотації дозволяють очистити стічні води до показників, що допускають їх повторне використання в оборотній системі водопостачання.

На практиці високі рекомендації отримав комплексний метод очищення стоків автомийок з використанням з трьох блоків: видалення грубих домішок; флотаційного очищення від дрібнодисперсних суспензій; доочищення води на фільтрах. Підбір обладнання для очисної системи ведеться залежно від обсягів води, що циркулює в системі оборотного водопостачання, і підживлення свіжою водою (15 % від обсягу оборотної).

Подібні системи очищення і оборотного водопостачання автомийок не тільки ефективні в плані уловлювання викидів, але і вигідні, оскільки значно скорочують водоспоживання. Очищена вода повторно використовуються в процесі миття машин, а свіжа вода застосовується лише для кінцевого ополіскування.

Висновки. Щоденне водоспоживання автомийок у Києві становить приблизно 2,6-8,6 тис. м^3, що підкреслює необхідність ефективного управління водними ресурсами. Удосконалення методів очищення стічних вод, а також розвиток регламентів і моніторингів діяльності автомийок дозволить підвищити їх екологічну безпеку та стимулювати більш раціональне використання ресурсів, що є важливим аспектом сталого розвитку урбанізованих територій.

УДК 626.8

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ГІДРАВЛІЧНОГО УДАРУ В ЗАКРИТИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Золотарьов В.О., Герасімов Є.Г.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
v.o.zolotarov@nuwm.edu.ua

Анотація. Матеріали присвячені розробці методики застосування методу характеристик до проведення розрахунку гідравлічного удару в трубопроводах закритої зрошувальної системи. В методиці запропоновані правила переносу імпульсів у розрахункових вузлах зрошувальної системи та обґрунтована послідовність виконання розрахунку.

Продовольча безпека країни спирається на високий рівень сільськогосподарського виробництва. Внаслідок агресії російської федерації Україна втратила 20% зрошувальних площ. Беручи до уваги, що сучасний стан існуючих закритих зрошувальних систем, які збудовані понад 30 років тому, не відповідає новим умовам господарювання, зростанням цін на енергетичні ресурси та обмеженому доступу до води [1]. Тому розробка енерго- та ресурсоефективних режимів роботи закритих зрошувальних систем набуває першочергового значення. Одним із напрямків удосконалення експлуатації зрошувальних систем є зменшення непродуктивних втрат води внаслідок поривів трубопроводів, які виникають при переключенні дощувальних машин, зупинкою, стартом насосної станції.

В основу удосконаленого методу розрахунку, покладений чисельний метод характеристик [2].

На основі рівняння Шнидера [2] спряжені рівняння гідравлічного удару для двох перерізів трубопроводу *A, B,* які розташовані на відстані $\Delta L = L_{A-B}$ для інтервалу часу $\Delta t = \frac{L_{A-B}}{a}$ можна представити в наступному вигляді

$$Y_{A,t-\Delta t} - Y_{B,t} = \frac{a}{g}\left(v_{A,t-\Delta t} - v_{B,t}\right), \quad (1)$$

$$Y_{B,t-\Delta t} - Y_{A,t} = \frac{a}{g}\left(v_{\mathrm{B},t-\Delta t} - v_{B,t}\right), \quad (2)$$

де $Y_{A,t-\Delta t}$; $Y_{A,t}$ – напори в точці А, відповідно в моменти *t-Δt*, *t*; $Y_{B,t-\Delta t}$; $Y_{B,t}$ –напори в точці В, відповідно в моменти *t-Δt*, *t*; $v_{A,t-\Delta t}$; $v_{A,t}$ – середні швидкості в точці А, відповідно в моменти *t-Δt*, *t*; $v_{B,t-\Delta t}$; $v_{B,t}$ – середні швидкості в точці В, відповідно в моменти *t-Δt*, *t*; *a* – швидкість хвилі гідравлічного удару; *g* – прискорення сили тяжіння.

Приймаємо за напівфазу гідравлічного удару значення інтервалу часу $\mu = \Delta t = \frac{L_{A-B}}{a}$ на розрахунковій ділянці трубопроводу, який дорівнює часу проходження ударною хвилею гідравлічного удару розрахункової ділянки між перерізами *A, B*. Тоді рівняння (1), (2) можна представити у вигляді:

$$Y_{A,t-\mu} - \frac{a}{g} \cdot v_{A,t-\mu} = Y_{B,t} - \frac{a}{g} v_{B,t}, \quad (3)$$

$$Y_{B,t-\mu} - \frac{a}{g} v_{B,t-\mu} = Y_{A,t} - \frac{a}{g} v_{A,t}, \quad (4)$$

Приведемо рівняння (3), (4) до безрозмірного вигляду, використавши відносний напір $h_N = \frac{Y_N}{H_H}$ та відносну витрату $q_N = \frac{Q_N}{Q_H}$ вузла *N* [2].

За наявності в трубопровідній системі закритій зрошувальній мережі насосів за базові величини H_H і $Q_н$ приймаємо значення напору і подачі основного насоса при максимальному ККД.

Якщо у системі відсутні насоси, тоді за базові значення H_H та Q_H приймаються початкові або кінцеві значення напору та витрати при умові $H_н \neq 0$; $Q_н \neq 0$. Відносний час отримуємо використовуючи в якості базової величини значення напівфази ділянки $\tau = \frac{t}{\mu}$.

Після ділення лівої та правої частин рівнянь (3), (4) на H_H та, враховуючи, що $v = q\frac{Q_y}{f}$, де f – площа перерізу трубопроводу, отримаємо

$$h_{A,\tau-1} - \frac{a \cdot Q_H}{g \cdot f \cdot H_H} \cdot q_{A,\tau-1} = h_{B,\tau} - \frac{a \cdot Q_H}{g \cdot f \cdot H_H} \cdot q_{B,\tau}, \quad (5)$$

$$h_{B,\tau-1} + \frac{a \cdot Q_H}{g \cdot f \cdot H_H} \cdot q_{B,\tau-1} = h_{A,\tau} - \frac{a \cdot Q_H}{g \cdot f \cdot H_H} \cdot q_{A,\tau}, \quad (6)$$

Вводимо поняття імпульсу гідравлічного удару. Якщо позначити

$$\varepsilon_N = \frac{g \cdot f \cdot H_H}{a \cdot Q_H}, \quad (7)$$

то для вузла *N* прямий Ψ_N та зворотний K_N імпульси можна записати так

$$\Psi_N = h_N - \frac{q_N}{\varepsilon_N}, \quad (8)$$

$$K_N = h_N + \frac{q_N}{\varepsilon_N}, \quad (9)$$

Вводимо поняття прямого та зворотного імпульсів, тоді рівняння (5), (6) можна представити у такому вигляді

$$\Psi_{A,\tau} = \Psi_{B,\tau-1}, \quad (10)$$

$$K_{B,\tau} = K_{A,\tau-1}, \quad (11)$$

Таким чином, рівняння (10)-(11) характеризують основне правило переносу імпульсів в трубопроводі. Такі точки в математичній моделі мають назву вузлів розривності.

Для розрахунку проходження хвилі гідравлічного удару в закритій зрошувальній мережі необхідно розробити залежності для точок в яких відбувається зміни характеру руху води. А саме в точках: встановлення регулюючої трубопровідної арматури; зміни діаметрів трубопроводів або їх матеріалу; встановлення водоповітряних резервуарів та іншої протиударної арматури, стабілізаторів тиску, клапанів впуску-випуску повітря та ін.

Таким чином для найпростішого вузла розривності який складається для двох розрахункових перерізів трубопроводу в точці N можна визначити значення напору та витрати у вузлі N в момент τ за значенням імпульсів гідравлічного удару у сусідніх вузлах $N-1$ та $N+1$ у попередній момент часу $\tau-1$ [2]. Розрахункова схема типового вузла приведена на рисунку 1.

Відстань між вузлами $N-1$, N, $N+1$ прийнята такою, щоб час проходження хвилі між ними дорівнював μ. Якщо відомі значення імпульсів у вузлах $N-1$ та $N+1$ в момент часу $\tau-1$, то рівняння (10), (11) дають можливість визначити значення імпульсів у вузлі N в момент часу τ, тобто

$$\Psi_{N,\tau} = \Psi_{N+1,\tau-1}, \tag{12}$$

$$K_{N,\tau} = \Psi_{N-1,\tau-1}. \tag{13}$$

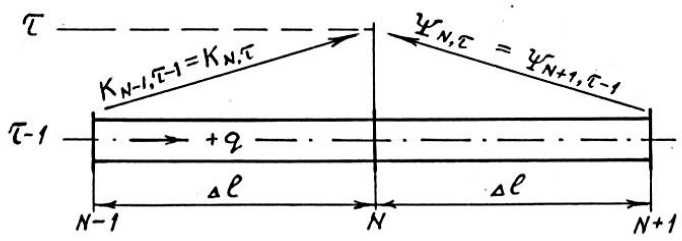


Рисунок 1 – Розрахункова схема типового вузла розривностей

Ці величини однозначно визначають значення напору та витрати у вузлі N. Отже значення імпульсів гідравлічного удару у вузлі N за формулами (8) та (9) для моменту часу τ.

$$\Psi_{N,\tau} = h_{N,\tau} - \frac{q_{N,\tau}}{\varepsilon_N}, \tag{14}$$

$$K_{N,\tau} = h_{N,\tau} + \frac{q_{N,\tau}}{\varepsilon_N}, \tag{15}$$

Після додавання цих виразів та відповідних перетворень, отримаємо

$$h_{N,\tau} = \frac{K_{N,\tau} + \Psi_{N,\tau}}{2}, \tag{16}$$

Віднімаючи рівняння (14) з рівняння (15) після перетворень отримаємо

$$q_{N,\tau} = \frac{K_{N,\tau} - \Psi_{N,\tau}}{2} \cdot \varepsilon_N. \tag{17}$$

Таким чином, для вузла розривності в точці N однониткового трубопроводу можна визначити напір та витрату у розрахунковий момент часу за значеннями імпульсів гідравлічного удару у сусідніх вузлах в попередній момент часу.

Розглянемо найбільш поширений вузол розривностей, який являє собою точку підключення дощувальної машини. При цьому вважаємо що найгірша ситуація буде в разі коли дощувальна машина не працює. Тобто наявна ділянка трубопроводу з тупиком в кінці. В цьому випадку (рис. 2), витрата у вузлі завжди дорівнює нулю, тобто:

$$q_{N,\tau} = 0 \qquad (18)$$

Тоді з рівняння (17)

$$q_{N,\tau} = \frac{K_{N,\tau} - \Psi_{N,\tau}}{2} \cdot \varepsilon_N = 0, \qquad (19) \quad (7.22)$$

Звідки для тупику

$$K_{N,\tau} = \Psi_{N,\tau}. \qquad (20) \quad (7.23)$$

Напір у вузлі визначається відповідно до формули (16).

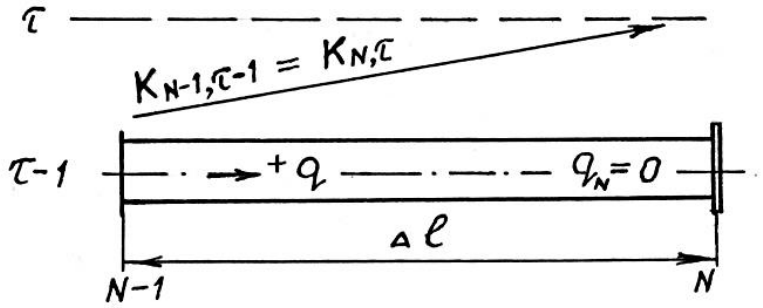


Рисунок 2 – Схема вузла розривностей з тупиком

Таким чином запропоновані залежності (7)-(20) дозволяють проводити розрахунки гідравлічного удару в простому трубопроводі методом сітки з рівномірним кроком за часом $\Delta t = \mu = \frac{\Delta L}{a}$ або $\Delta\tau = \frac{\Delta t}{\mu} = 1$ (рис. 3), визначаючи напори та витрати у вузлах $N = 1, 2, 3 \ldots N_{\max}$, якщо відомі граничні умови у вузлах $N = 1$ та $N_{\max}$.

При цьому на даному етапі розрахунку гідравлічні втрати напору не враховують, та відповідно, дана методика може бути застосована у випадку незначних гідравлічних втрат в напірному водоводі. Також не врахована наявність повітря у воді та її зміни при динамічних процесах.

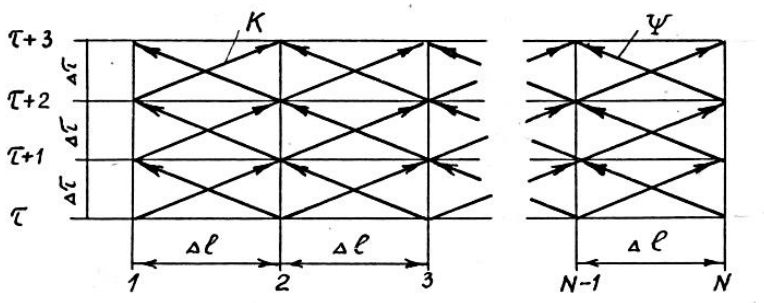


Рисунок 3 – Схема розрахунку гідравлічного удару методом «сітки»

Таким чином, застосування методу характеристик дозволяє проводити розрахунок перехідних гідродинамічних процесів в трубопроводах закритої зрошувальної системи. В подальшому необхідно розробити математичну модель для вузлів розривностей, які будуть відповідати усім можливим змінам в системі (арматура, матеріали та ін). З метою спрощення розрахунків за запропонованою моделлю доцільно створити блоки прикладних програм що відповідають різним елементам закритої зрошувальної системи та дозволять в подальшому формувати прикладну модель відповідно до існуючої зрошувальної системи або її проекту. При цьому також доцільно розглядати вплив технічних та організаційних заходів із зменшення впливу перехідних гідродинамічних процесів на показники надійності роботи комплексу споруд насосна станція- закрита зрошувальна система – дощувальна техніка.

Посилання

1. Ромащенко М.І., Сайдак Р.В., Матяш Т.В., Яцюк М.В. Ефективність зрошення залежно від вартості води. Меліорація і водне господарство. 2021. № 2. С. 150-159. DOI: https://doi.org/10.31073/mivg202102-308.

2. Герасімов Є. Г., Герасимов Г. Г., Іванов С. Ю.. Динамічні процеси в трубопровідних системах : монографія. Рівне: НУВГП, 2020. 597 с.

3. Герасімов Є. Г., Герасимов Г. Г. Трубопровідні системи з водоповітряними резервуарами. Рівне: НУВГП, 2005. 328 с.

УДК 613.3/4 +546.11/15/212

ВОДНИЙ ПРОДУКТ НА ОСНОВІ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ ЙОДУ ТА ВОДНЮ

Мельніченко В.М., Стельмах В.С., Максін В.І.

ТОВ Науково-виробнича компанія «Йодіс»,
ТОВ Науково-Оздоровче Товариство «Водіс»,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
iodis-kiev@ukr.net

Збагачення води мікроелементами є важливим фактором для використання водних ресурсів в сільському господарстві, а також в харчовій промисловості і медицині. Крім того, розробка таких технологій дозволяє отримувати водну продукцію для лікування і профілактики здоров'я людини, а також домашніх тварин.

Нами була поставлена мета створення водного продукту – напою «ВОДІС», яка полягає в поєднанні в ньому мікроелементів водню і біологічно активного йоду в одному харчовому продукті, що створює ефективний позитивний вплив на пригнічення проблем старіння людського організму і на інші елементи життя в природному середовищі.

Відомо, що мікроелементи відіграють важливу роль у житті. Велике значення має боротьба з їх дефіцитом. Це не тільки залізодефіцитна анемія, яка широко поширена в деяких регіонах країни, а й особливо йододефіцитні захворювання. Йод відноситься до есенціальних елементів, впливає на обмін білків, жирів, вуглеводів, а також контролює баланс процесів синтезу та катаболізму в організмі. Дефіцит йоду та обумовлені ним захворювання щитовидної залози відомі з давніх часів. Найбільш пізнаваним захворюванням є зоб, що характеризується візуальним збільшенням об'єму щитовидної залози. В даний час гіпотиреоз і зоб реєструється у всіх вікових групах, а причиною їх розвитку є неадекватне надходження йоду з їжею. Навіть помірний дефіцит призводить до порушень репродуктивної системи у жінок, таких як підвищення частоти викиднів та мертвонароджень. Дефіцит йоду також є критичним для розвитку плода та новонародженого. Найбільш драматичний прояв йодної недостатності полягає у розвитку неврологічного кретинізму, що виявляється когнітивними. Йод є структурним компонентом гормонів щитовидної залози (тиреоїдних гормонів, ТГ), які визначають активність перебігу практично всіх метаболічних процесів в організмі. ТГ мають широкий спектр дії. Винятково важливе значення ТГ мають для закладення та дозрівання мозку, формування інтелекту, психіки. На ранніх етапах внутрішньоутробного життя під впливом ТГ закладаються та формуються основні церебральні функції. Дефіцит ТГ на будь-якому етапі формування мозку обертається трагедією: мозок зупиняється у розвитку, зазнає дегенеративних змін, які погіршують інтелектуальні та рухові функції у людини. Але і після народження дитини значення ТГ у розвитку її головного мозку та становленні пізнавальних функцій аж ніяк не зменшується;

навпаки, ТГ грають дуже значної ролі протягом перших 2-3 років постнатального етапу розвитку. Отже, дефіцит йоду є доведеним чинником ризику порушення розвитку плода. Найважчий наслідок дефіциту йоду в перинатальний період – це ендемічний кретинізм – крайній ступінь затримки розумового та фізичного розвитку. Від дефіциту йоду страждає не лише мозок дитини, а й його слух, зір і мова. А потім зниження інтелектуального потенціалу всього населення.

Надмірне надходження йоду до щитовидної залози призводить до посиленого вироблення вільних радикалів, підвищення рівня оксидативного стресу, ушкодження тироцитів (апоптоз, некроз), підвищення продукції цитокінів, інфільтрації імунними клітинами тканини залози, вироблення аутоантитіл до Tg. Для придушення вільних радикалів потрібні антиоксиданти. Одним з таких оксидантів може бути молекулярний водень.

Водень заповнює зірки і планети і є невід'ємною частиною людського тіла та виробляється в організмі людини головним чином при споживанні сирих овочів і фруктів. Водень не виконує функцію ліків або фармацевтичних препаратів, які є чужорідними для організму людини. Фактично, після багатої на клітковину дієти, наші кишкові бактерії продукують велику кількість газоподібного водню. Водень проникає в кров і створює багато позитивних ефектів. Молекулярний водень (H_2) є нетоксичним газом без кольору, запаху і смаку. Він має унікальну здатність легко долати фізіологічні бар'єри між системою кровообігу і центральною нервовою системою, яку не можуть забезпечити інші антиоксиданти. Молекулярний водень безперешкодно проникає через клітинні мембрани, видаляє токсичні радикали із середини клітин, тим самим покращуючи наше тіло на клітинному рівні. Захисні функції інших антиоксидантів сильно обмежені через їх великі розміри, оскільки їм важко і часто неможливо проникнути в клітини організму. Водень, як активний антиоксидант відрізняється своєю високою проникністю і протягом короткого часу може розповсюджуватися по всьому тілу та проникати в клітинну мембрану в мітохондріях. Завдяки цим властивостям, як показали клінічні дослідження, воднева терапія позитивно впливає на пацієнтів, які мають десять і більше різних захворювань, включаючи цукровий діабет 2 типу, гепатит В і С, церебральну ішемію, ревматоїдний артрит, хворобу Паркінсона. Крім того, водень має здатність покращувати стан життя пацієнтів під час хіміотерапії, ефективно усуваючи побічні ефекти протипухлинних препаратів. На відміну від більшості хімічних препаратів, які зазвичай приходять з побічними ефектами, воднева терапія не має побічних ефектів і допомагає пацієнтам відновлюватися набагато ефективніше і швидше.

Враховуючі вищесказане нами розроблено новий комплексний напій під назвою «Водіс» на основі якісної води, яка включає в себе біологічно активний йод, в формі «Йодіс-концентрату», і водень (H_2), розчинений в даному водному комплексі. Ми об'єднали в напої «ВОДІС» дію двох кращих природних антиоксидантів – водню і йоду.

Численні клінічні дослідження підтвердили позитивний вплив біологічно активного йоду на організм людини і особливо в період протікання вагітності. Завдяки наявності H_2 в напої, окислювально-відновлювальний потенціал (ОВП) приймає негативне значення. Напій корисний всім. Однак існують так звані

«групи людей оксидативного ризику», яким даний напій просто необхідний. Напій дуже важливо вживати для підвищення інтелектуальних можливостей і для легкого подолання стресових ситуацій. Нами отримано позитивні офіційні висновки ДУ «Інститут геронтології імені Д.Ф. Чеботарьова» по впливу напою «Водіс» на стан здоров'я людей з метаболічним синдромом (хворих пацієнтів). Необхідно відмітити, що потенційний ринок напоїв **«ВОДІС»** дуже великий і реальний. На наш погляд, цей продукт може бути застосованій також в офтальмології і косметології, внутрішньовенної терапії, геронтології, гінекології, профілактиці онкологічних захворювань та СНІДу. Напій розливається в саше (SACCUS) (для офтальмологічних і косметологічних цілей) з використанням ламінованої харчовим алюмінієм, скляні пляшки, алюмінієву тару в установленому порядку згідно з чинними нормативними документами або імпортні та дозволені до використання для цих цілей.

Можливе виробництво напоїв «ВОДІС» з додаванням водорозчинних мікроелементів (магнію, калію, марганцю, міді, селену, германію, цинку, хрому та ін.). За запитами регіонів реалізації або споживачів, асортимент таких напоїв може бути індивідуалізовано.

УДК 556.5: 556.551 (282.247.32)

ВПЛИВ ЗМІН МОРФОЛОГІЇ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА НА ПОШИРЕННЯ ПІДІГРІТИХ ВОД ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Вандюк Н.С., Дубняк С.С., Іванова Н.О., Батог С.В.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ
vandyukns@gmail.com

Від початку повномасштабного вторгнення рф відбуваються постійні атаки на критичну інфраструктуру нашої країни. Одними з найбільш важливих і вразливих об'єктів, що з осені 2022 року зазнавали регулярних обстрілів, стали підприємства енергетичної галузі. На сьогоднішній день переважна більшість теплоелектростанцій зазнала неодноразових атак, частина з них повністю зруйнована. Так, за офіційними даними Трипільська ТЕС була повністю знищена 11 квітня 2024 року. Згодом було оголошено про виділення урядом України коштів на її майбутнє відновлення.

В зв'язку з воєнними діями зросла актуальність вивчення водних об'єктів (або їх частин), пов'язаних з великими підприємствами. Дослідження впливу станції на екосистему Канівського водосховища виконувались впродовж 2022-2023 років, ще до того, як ТЕС припинила свою роботу. Хоча і в цей період вона встигла зазнати атак, проте вони не були такими нищівними як остання.

Слід відзначити, що під час наших попередніх досліджень (влітку 2006 року) впливу станції на температурний режим водосховища, що проводились безпосередньо у відвідному каналі з човна, зміни його морфометрії ще не були так яскраво виражені. Сучасні ж дослідження через воєнний стан та заборону виходу цивільним плавзасобам на акваторію водоймищ виконувались лише з берега. Проте навіть візуальне обстеження берегової частини відвідного каналу виявило її помітне обміління та зростання вищою водяною рослинністю (рис. 1).



Рисунок 1 – Заростання водяною рослинністю прибережної зони у відвідному каналі Трипільської ТЕС, 5 липня 2022 року

Для детального аналізу цієї частини Канівського водосховища було використано навігаційні карти (лоції) за 1982, 2007 та 2021 рр. (рис. 2).

Встановлено, що за останні десятиліття на прилеглій до Трипільської ТЕС ділянці водосховища відбулися помітні зміни. Якщо у 1982 році максимальна зафіксована глибина в скидному каналі становила 8,6 м, а середня – близько 5,6 м, то у 2021 році її найбільше значення зменшилось до 6,7 м, а середнє склало близько 4,1 м. При цьому найбільше обміліла прибережна частина каналу та безпосередньо сама дамба, що відділяє цей канал від водосховища. Така трансформація, на наш погляд, викликана насамперед певними змінами в режимі роботи Київської ГЕС, які відбулись в останні десятиліття, а саме – розтягнутою в часі роботою гідроагрегатів та зменшенням витрат води, і, відповідно, швидкостей течії, що сприяє відкладенню наносів на відгороджених ділянках акваторії, зокрема в скидному каналі

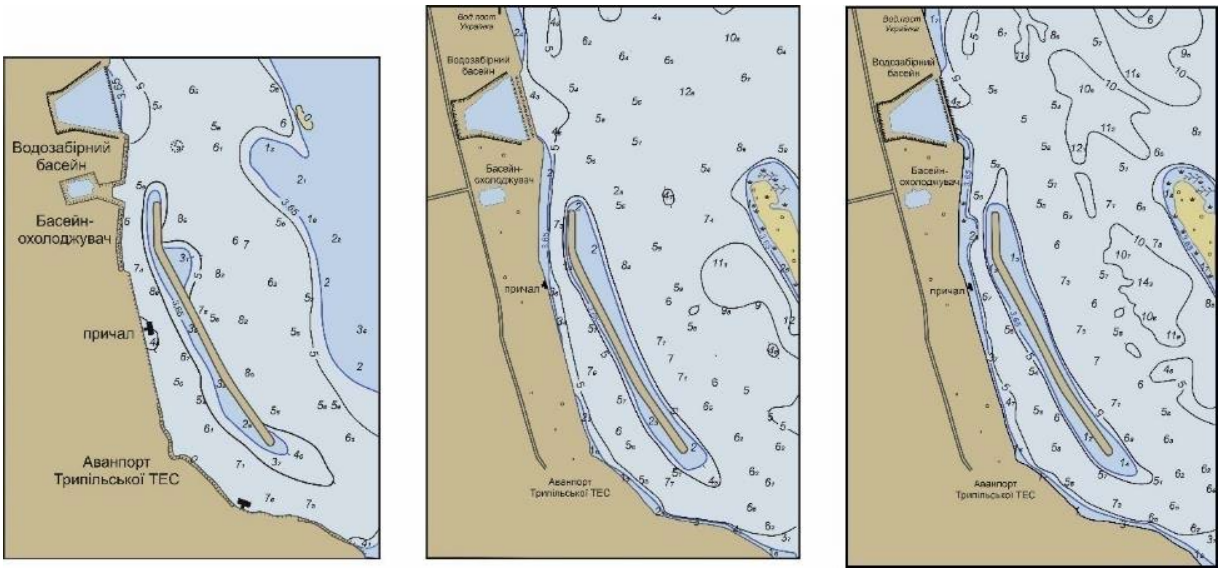


Рисунок 2 – Розподіл глибин Канівського водосховища в зоні впливу Трипільської ТЕС згідно лоцій 1982 (*1*), 2007 (*2*) та 2021 (*3*) рр.

На решті прилеглої ділянки водосховища глибини, навпаки, суттєво зросли, утворилися ями з глибинами понад 10 м. В той же час у відкритій акваторії утворився острів. Такі зміни вочевидь пов’язані з активним видобуванням піску, яке продовжувалося і в період наших досліджень. Великий склад піску розташований південніше скидного каналу. Слід відзначити, що поглиблення основної акваторії ділянки також сприяє зменшенню швидкостей течії і посиленню занесення відвідного каналу ТЕС.

Таким чином, підігріта вода, що надходить у відвідний канал, змішується з меншим об’ємом води, ніж було запроектовано при будівництві станції, адже площа поперечного перерізу відвідного каналу зменшилась. Непрямим чином це підтверджується нашими натурними спостереженнями – взимку, в умовах стійкого льодоставу та досить тривалого періоду з від’ємними значеннями температури повітря ми зафіксували, що на ділянці вище і нижче місця скиду підігрітих вод сформувалась ополонка, яка взагалі не замерзала. Приблизний її розмір вище скиду підігрітої води становив 600 м, а протяжність незамерзаючої ділянки вздовж берега нижче скиду складала більше 5 км, ширина – близько 500 м. Це стало візуальним підтвердженням того, що скидні водні маси не одразу

стікають вниз за течією, а можуть розтікатись і в протилежний до стокових течій бік (рис. 3-4).



Рисунок 3 – Схема розташування незамерзаючої ополонки на Канівському водосховищі в зоні впливу Трипільської ТЕС взимку 2023 року



а)



б)

Рисунок 4 – Незамерзаюча ділянка акваторії Канівського водосховища, фотозйомка виконана взимку 2023 року, *а* – відвідний канал Трипільської ТЕС, *в* – с. Халеп'я

В цілому, можна констатувати, що морфологічні зміни, які спостерігаються в скидному каналі Трипільської ТЕС і на прилеглій ділянці Канівського водосховища, сприяють більш значному поширенню підігрітих вод по акваторії, обумовлюючи порушення умов функціонування водних екосистем в зоні їх впливу.

УДК 631.62:631.432:633.2

РЕЗУЛЬТАТИ НАТУРНИХ ОБСТЕЖЕНЬ ЗЕМЛЯНОЇ ГРЕБЛІ ОРІЛЬСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Войтович І.В., Шевчук Я.В., Козицький О.М., Ігнатова О.С., Бойко Г.Я., Лімачов Ю.В.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
ivan.v.voytovich@gmail.com

Анотація. В роботі наведено результати натурних обстежень земляної греблі Орільського водосховища з метою оцінки її технічного стану. Натурні дослідження включали комплекс робіт: геодезичну зйомку по осі гребеня греблі, візуальні (з фотофіксацією) та фіксацією ділянок руйнування, обстеження стану кріплення верхового та низового укосів греблі. Викладена методика проведення натурних досліджень. Запропоновано технічні рішення по реконструкції верхового та низового укосів земляної греблі.

Коротка характеристика об'єкта. Орільське водосховище – руслове водосховище з додатковим штучним живленням на річці Орілька, розташоване у Лозівському районі Харківської області.

Водосховище було споруджено у 1981 році, як складова частина каналу Дніпро-Донбас. Його обсяг становить 17,0 млн м^3. Водосховище працює як транзитне, для забезпечення безперебійної роботи каналу та подачі дніпровської води у Краснопавлівське водосховище.

Водосховище має кілька гідротехнічних споруд: головну греблю водосховища, довжиною 1548 м, розташовану у смт. Орілька Лозівського району Харківської області, за 12 км від гирла річки Орілька, та шлюзовий водовипуск на 2 затвори з витратою 350 м^3/с (рис. 1).



Рисунок 1 – Загальний вид берегоукріплення греблі

Гребля Орільського водосховища. Гребля земляна однорідна із суглинку, віднесена до *II класу за капітальністю.*

Гребля з водовипускною спорудою має довжину 1548 м; ширина по гребеню – 10 м; максимальна висота греблі – 4,3 м; відмітка гребеню греблі – 105,30 м; проєктний рівень (НПР) у верхньому б'єфі – 103,0 м; найбільший об'єм

наповнювання водосховища – 13,8 млн. м^3; закладання верхового укосу – 1:5. Верховий укіс до позначки 105,0 м укріплений накидом з каменю Д=150-250 мм, вище до гребня греблі – монолітними залізобетонними плитами товщиною від 20 см до 25 см. Низовий укіс закріплений рослинним шаром ґрунту із посівом багаторічних трав. По гребеню греблі проходить автодорога (рис. 2).

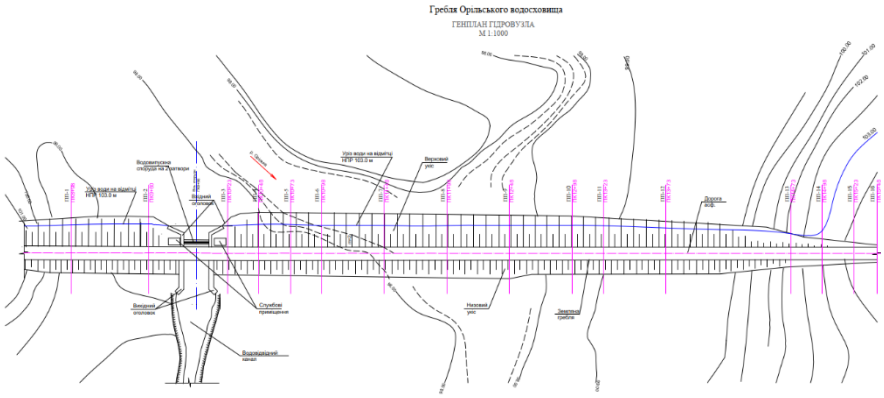


Рисунок 2 – Генплан греблі Орільського водосховища

Оцінку технічного стану земляної греблі виконували відповідно до Методики проведення натурних обстежень земляних гребель і захисних дамб водогосподарського призначення (Посібник до ВБН 13.2.4-33-2.3-2000 «Регулювання русел річок. Норми проектування»).

Результати обстеження технічного стану кріплення верхового укосу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати обстеження технічного стану кріплення верхового укосу Орільської греблі

№№	Ділянка обстеження		Конструкція берегоукріплення (2024 р.)			Тип руйнування	
	Від ПК	До ПК	кам'яний накид, довжина, м	бетонні блоки, шт.	Щебенева основа, м	кам'яний накид, м^3	Щебенева основа, м^3
1	2	3	4	5	6	7	8
1	8+98	9+23	25	32	9,6*0,15	147,38	87,19
2	9+23	9+48	25	32	5,9*0,15		
3	9+48	9+73	25	34			
4	9+73	9+98	Водовипускна споруда (фото 3)				
5	9+98	10+23					
6	10+23	10+48	25	—	14*0,15	68,0	40,375
7	10+48	10+72	25	—	7,1*0,15	50,0	33,25
8	10+72	10+98	25	—	7,1*0,15	50,0	32,81
9	10+98	11+23	25	—	7,1*0,15		
10	11+23	11+48	25	—		139,4	66,63
11	11+48	11+73	25	—	5,9*0,15		
12	11+73	11+98	25	—		141,13	85,25
13	11+98	12+23	25	—	7,2*0,15		
14	12+23	12+48	25	—		177,5	103,5
15	12+48	12+73	25	—	10,8*0,15	175,0	102,0
16	12+73	12+98	25	—			
17	12+98	13+23	25	—	10,4*0,15	68,38	41,875
18	13+23	13+48	25	—	5,9*0,15	140,0	89,75
19	13+48	13+73	25	—			
20	13+73	13+98	25	—	10,8*0,15	372,5	221,5
21	13+98	14+23	25	—			
22	14+23	14+48	25	—			

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
23	14+48	14+73	25	—			
24	14+73	14+98	25	—	12,4*0,15	100,63	55,375
25	14+98	15+23	25	—	13,0*0,15	98,75	56,25
26	15+23	15+48	25	—	12,0*0,15	95,0	56,25
27	15+48	15+73	25	—	12,0*0,15		

За результатами натурних обстежень кріплення верхового укосу земляної греблі виявлено наступні види руйнувань: сповзання залізобетонних плит кріплення по укосу; порушення цілісності конструкції залізобетонного облицювання; розмив кам'яного накиду та щебеневої основи (рис. 3).



Рисунок 3 – Фотофіксація руйнувань кріплення верхового укосу

Для підвищення експлуатаційної надійності земляної греблі розроблені та запропоновані наступні технічні рішення з капітального ремонту кріплення верхового укосу (табл. 2).

Таблиця 2 – Технічні рішення з капітального ремонту кріплення верхового укосу

№	Ділянка, технічні рішення з кріплення верхового укосу	Од. виміру	Кількість
1	ПК8+98 до ПК9+73 Блоки бетонні на щебеневій основі (у 2 ряди)	м	75,0
1.1	Досипка кам'яним накидом	$м^3$	147,38
2	ПК10+23 до ПК10+98 Блоки бетонні на щебеневій основі (у 1 ряд)	м	75,0
2.1	Досипка кам'яним накидом	$м^3$	1676,29
3	ПК11+48 до ПК15+48 Кам'яний накид на щебеневій основі	$м^3$	400,0
3.1	Влаштування упору (блоки ФСБ 24.5.6Т)	шт	167
3.2	Улаштування основи із щебню фр.20-40 мм	$м^3$	984,765
3.3	Кам'яний накид	$м^3$	1676,29

Обстеження та оцінка стану водовипускної гідротехнічної споруди, складових механічного та електричного обладнання. Технічні рішення.

Повеневий водоскид являє собою шлюз-регулятор відкритого типу із двома прольотами 10×3. За результатами обстеження водовипускної гідротехнічної споруди (рис. 4) встановлені пошкодження та руйнування

окремих вузлів споруди та запропоновані технічні рішення, які наведені в таблиці 3.



Рисунок 4 – Загальний вигляд водовипускної споруди (вид з нижнього б'єфу)

Таблиця 3 – Матеріали обстеження гідротехнічної споруди та запропоновані технічні рішення

1. Повеневий водоскид		Тип пошкоджень	
1.1	Клас капітальності	III	
1.2	Стояки. Бик (бетон)	тип	Коробчато-ряжені
1.3	Шандорні затвори (плоскі, металеві)	шт	2
1.4	Підйомний пристрій шандорних затворів	шт	2 - Механічні
2. Конструкції			Пошкодження
2.1	Бетонні підводні конструкції	м^2	8 (Корозія бетону)
2.2	Шандорні затвори	шт	2
2.3	Ущільнення на шандорних затворах (гума на тканій основі)	кг	49 (Знос ущільнення)
2.4	Пошкодження підлоги із профільованої сталі на операторському містку	м^2	24 (Заміна)
2.5	Руйнування перильної огорожі, мосту.	м/пог.	20,0 (Заміна)
3. Оцінка міцності бетону устоїв гідротехнічної споруди (шлюз-регулятор)		55,38	Мпа
4. Технологічне обладнання			
4.1	Таль електрична	комплект	1 (Заміна)
4.2	Механізм стаціонарний, 2-16т.с. (заміна тросу)	шт	2 (Заміна)
4.3	Естакада під механізми	шт	1
4.4	Монорельс	шт	1
4.5	Ревізія редуктора головного підйому вантажопідйомністю крана до 20 т	шт	2 (Заміна)
4.6	Ревізія механізму гальмівного обладнання	шт	2 (Заміна)
5. Бетонні конструкції			
5.1	Торкретування поверхні з попереднім піскоструминним обробленням в ємкісних спорудах висотою до 4 м, при товщині шару до 20 мм (відкрилки)	100 м^2	0,64 (Торкрет поверхні відкрилок, корозія бетону)

Гідротехнічна споруда, включаючи наземну і підземну частину, віднесена до категорії Б.

Берегоукріплення у верхньому та нижньому б'єфі віднесено до категорії В.

Відповідно до п. 5.3 ДСТУ 9273:2024 для категорій А та Б загальний стан елемента визначали по найгіршій категорії субелементів.

Посилання на критерії визначення технічного стану окремих конструкцій – наведено в табл. 4 (ДСТУ 9273:2024).

Таблиця 4 – Критерії визначення технічного стану конструкцій

Конструкція	Посилання на документ
Бетонні та залізобетонні конструкції	табл. В2.1 ДСТУ 9273:2024
Кам'яні та армокам'яні конструкції	табл. В3.1 ДСТУ 9273:2024

Оцінюється окремо стан кожного із елементів гідротехнічного комплексу. Оцінки стану наведено в таблицях 5-8.

Таблиця 5 – Оцінка технічного стану наземної частини споруди

Структурні елементи	Візуальний огляд	Ультразвуковий контроль	Віброакустична діагностика	Категорія стану
Берегоукріплення на ПК8+98 до ПК15+48	Руйнування кріплення бетонних фігурних блоків	бетон не нижче класу В20	—	нормальний
Дорожнє полотно	Локальні та суцільні пошкодження	—	—	не задовільний
Гідротехнічна споруда	Естакада, бики естакади	бетон не нижче класу В20	—	нормальний
Загальна оцінка				задовільний

Таблиця 6 – Оцінка технічного стану заглибленої частини споруди

Структурні елементи	Візуальний огляд	Ультразвуковий контроль	Віброакустична діагностика	Категорія стану
Підводний укіс берегоукріплення	виявлено руйнування кам'яного накиду	бетон не нижче класу В20		задовільний
Стан бетону підводної частини водопропускної споруди	тріщини та розущільнення, корозія поверхні бетону	бетон не нижче класу В20	—	не задовільний
Загальна оцінка				задовільна

Таблиця 7 – Оцінка технічного стану укосів нижнього та верхнього б'єфу

Структурні елементи	Візуальний огляд	Ультразвуковий контроль	Віброакустична діагностика	Категорія стану
Плити покриття	тріщини в плитах та рослинність	—	порожнини під плитами	задовільний

Таблиця 8 – Оцінка технічного стану відкрилок споруди

Структурні елементи	Візуальний огляд	Ультразвуковий контроль	Віброакустична діагностика	Категорія стану
Горизонтальна поверхня (верхній б'єф)	корозія захисного покриття та тріщини в ньому			задовільний
Бокові поверхні	корозія захисного шару, тріщини, оголення арматури, сульфатація порушення кріплення			задовільний
Загальна оцінка				задовільний

Таким чином, в не найкращому стані перебувають обстежені бетонні та залізобетонні конструкції споруди. Вони потребують виконання поточних ремонтних робіт з покриття торкрет бетоном.

Наземна частина споруди також потребує ремонту. Наявність тріщин в бетонній конструкції споруди теж не впливає суттєвим чином на експлуатаційні характеристики об'єкта в цілому. Дефект вимагає періодичного контролю на предмет можливого розширення тріщин і може бути усунений при плановому та капітальному ремонті споруди.

Технічний стан конструкцій берегоукріплення задовільний, але наближається до категорії 3, що передбачає обмеження в експлуатації. В першу чергу це стосується ділянок руйнування кам'яного накиду та бетонного кріплення із фігурних елементів.

Наявність ділянок руйнування кам'яного накиду та кріплення із фігурних бетонних елементів, їх зсув по укосу в результаті дії хвильового навантаження на берегоукріплення може спричинити його подальше просідання та інтенсифікацію процесу руйнування укосу греблі. Необхідне виконання капітального ремонту.

Висновки.

1. Результати натурних обстежень кріплення верхового та низового укосів земляної греблі Орільського водосховища вказують на значні площі руйнування залізобетонного облицювання, розмив кам'яного накиду та щебеневої основи, що знижує експлуатаційну надійність земляної греблі.

2. Для забезпечення стійкості низового укосу греблі рекомендується привантаження його масою ґрунту в межах розвитку зсувного процесу на ділянці 30-40 м в межах ПК8+98.

3. Для підвищення експлуатаційної надійності земляної греблі запропоновано ряд технічних рішень при проведенні капітального ремонту, які позитивно вплинуть на експлуатаційну надійність земляної греблі Орільського водосховища.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 9273:2024 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість.

2. Методики проведення натурних обстежень земляних гребель і захисних дамб водогосподарського призначення (Посібник до ВБН 13.2.4-33-2.3-2000 «Регулювання русел річок. Норми проектування»).

3. ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення проектування.

4. ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Виконання вимірювань, розрахунок та контроль точності геометричних параметрів.

УДК 631.8:631.67

ОПТИМІЗАЦІЯ ЖИВЛЕННЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ПІДХІД ДО ВИКОРИСТАННЯ ВОЛОГИ

Гамаюнова В.В., Павлов В.О.

Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв
gamajunova2301@gmail.com

У сучасних умовах зміни клімату та зростання дефіциту водних ресурсів особливої важливості набуває пошук рішень, які одночасно сприяють підвищенню урожайності та ефективному використанню вологи. Оптимізація живлення культур є одним із основних елементів, що може мінімізувати втрати води, покращити структуру кореневої системи та підвищити стійкість до посухи.

Проблема раціонального використання води в сільському господарстві стає все більш актуальною. За даними ФАО, на зрошувані землі припадає близько 70% прісної води, що споживається людством. Задля зниження водних витрат і підвищення продуктивності культурного рослинництва застосовуються комплексні заходи, серед яких оптимізація живлення та впровадження інноваційних технологій поливу (рис. 1) [1].



Рисунок 1 – Роль оптимізації живлення в підвищенні ефективності використання води

Забезпечення рослин збалансованим мінеральним живленням стимулює розвиток кореневої системи, що дозволяє рослинам ефективніше засвоювати вологу з глибших шарів ґрунту. Крім того, потужна коренева система покращує структуру ґрунту та сприяє збільшенню його водоутримуючої здатності [2, 3].

Надмірне внесення азоту може призвести до швидкого зростання вегетативної біомаси та збільшення транспірації, що зумовлює вищий рівень споживання вологи. Збалансована система удобрення дозволяє рослині економніше витрачати вологу, залишаючись продуктивною [4].

Поєднання краплинного зрошення чи інших методів точного внесення води із системою удобрення дозволяє значно зменшити непродуктивні втрати води. Оптимальні норми добрив забезпечують краще співвідношення між надходженням вологи та її фактичним використанням рослиною [5].

Оптимізація живлення є одним із важливих напрямів підвищення ефективності використання води в сільському господарстві. Комплексний підхід, що поєднує збалансоване удобрення, точні методи поливу та агротехнічні заходи (такі як мульчування), сприяє збільшенню врожайності й мінімізації втрат води. Подальші дослідження в цьому напрямі є важливими для формування адаптивних систем землеробства, які відповідатимуть викликам зміни клімату та зростаючого дефіциту водних ресурсів.

Соняшник традиційно вважається однією з найбільш популярних і прибуткових сільськогосподарських культур, проте водночас він має досить високі вимоги до ресурсів, особливо до вологи. Зміни клімату з нестачею дощів та зростанням температури посилюють виклики для агрономів, змушуючи шукати інноваційні підходи до живлення рослин і раціонального водоспоживання. Один із таких способів – поєднувати оптимізацію системи живлення із заходами, спрямованими на ефективне утримання й використання вологи.

Оптимізація системи живлення соняшника прямо пов’язана з ефективним використанням вологи. Поєднуючи вчасне й точне внесення добрив із раціональними методами зрошення та використанням біопрепаратів, аграрії можуть істотно підвищити стійкість культури до посушливих умов і стабільно отримувати високі врожаї. У цьому контексті особливу роль відіграють грамотна сівозміна, мульчування та використання біодеструкторів, що разом формують сприятливе середовище для розкриття потенціалу соняшника і досягнення максимальної ефективності кожної краплі води.

Результатами досліджень встановлено, що загальне водоспоживання соняшника значно залежало від умов зволоження у різні роки вирощування. Найвищим його показник – 3811 м^3/га було визначено у найбільш вологому 2023 році, тоді як найнижчий – 1505 м^3/га – у 2024 році, який виявився найпосушливішим (рис. 2). Ця значна різниця пояснюється обсягом опадів, що випали під час вегетаційного періоду, так як саме вони є основним джерелом вологи для рослин. У 2023 році випало 2963 м^3/га, що становило 77,7 % від загального водоспоживання, тоді як у 2024 році – лише 863 м^3/га і 57,3 %, відповідно.

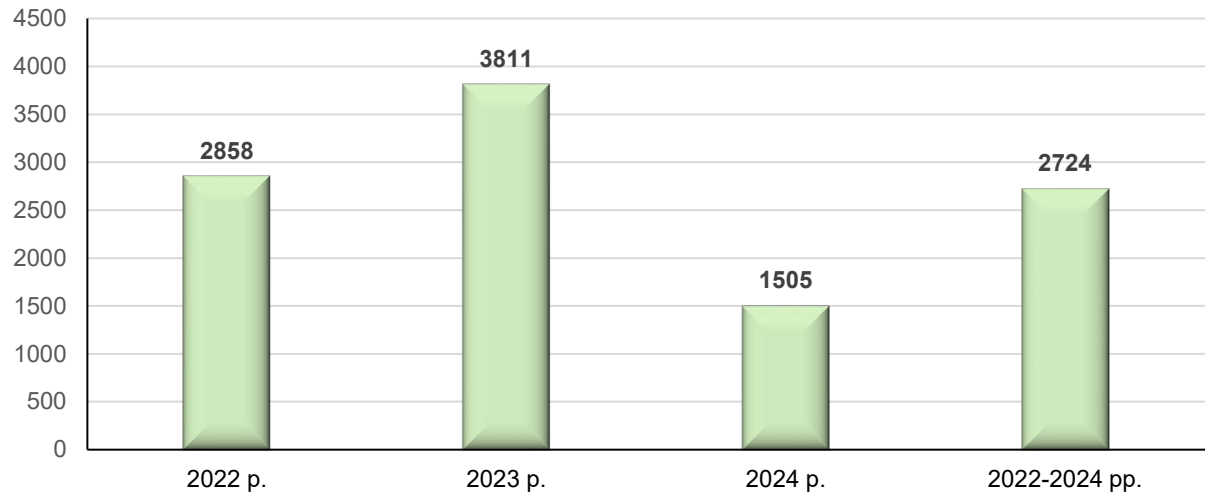


Рисунок 2 – Загальне водоспоживання та його баланс у роки вирощування соняшнику, м^3/га

Використані посівами запаси ґрунтової вологи також різнилися за роками досліджень. У відсотковому значенні як складової частки балансу водоспоживання ця різниця була більш суттєвою, що наочно демонструють дані рисунку 3. У посушливому 2024 році рослини соняшнику використовували запаси вологи з ґрунту та атмосферних опадів в наступному співвідношенні – 57,3 % і 42,7 %, відповідно. Зазначена структура водоспоживання суттєво відрізняється від інших років дослідження, у які частка опадів у загальному балансі становила від 73,6 % до 77,7 %, а частка ґрунтової вологи коливалася в межах 22,3-26,4 %.

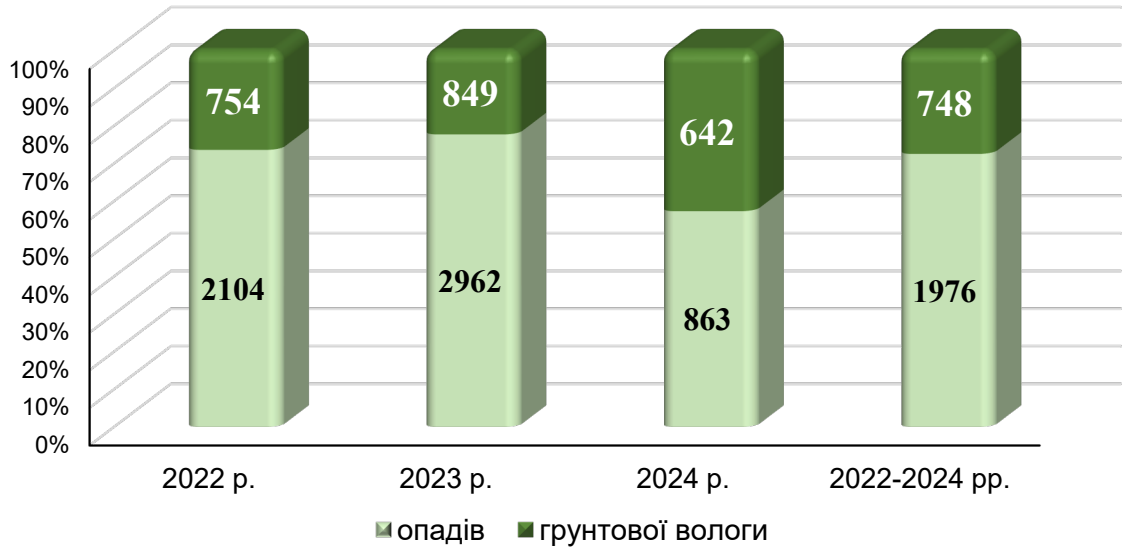


Рисунок 3 – Частка опадів та вологи у балансі водоспоживання, м^3/га

Посушливі умови 2024 року негативно впливали на сформованому рівні врожайності зерна соняшника порівняно з іншими роками, коли умови для вирощування були більш сприятливими.

Оптимізація системи живлення рослин дає змогу значно підвищити ефективність використання вологи не лише при вирощуванні соняшника, а й

інших сільськогосподарських культур. Завдяки раціональному поєднанню макро- та мікроелементів, а також вибору оптимальних методів удобрення, коренева система розвивається більш гармонійно, що сприяє покращенню поглинання води та поживних речовин. Це, у свою чергу, не лише підвищує врожайність, а й зменшує вплив посушливих періодів, убезпечуючи майбутні врожаї від несприятливих кліматичних умов [6, 7].

Водоспоживання соняшника є головним фактором, що впливає на його продуктивність. Оптимізація водного режиму можлива завдяки правильному вибору агротехнічних заходів, зокрема використанню біологічних деструкторів стерні, інокуляції насіння та застосуванню антистресантів. Використання цих елементів технології дозволяє зменшити витрати води, підвищити ефективність її використання та забезпечити стабільний рівень врожайності навіть у посушливих умовах. Подальші дослідження в цьому напрямі є важливими для формування адаптивних систем землеробства, які відповідатимуть викликам зміни клімату та зростаючого дефіциту водних ресурсів.

Посилання

1. FAO. Water for Sustainable Food and Agriculture. Retrieved from 2017. http://www.fao.org/

2. Blum A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency is the target of crop yield improvement. *Field Crops Research*, 112(2-3). 2009. P. 119–123.https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.03.009

3. Raza M. A., Feng L., van der Werf W., Cai, G., Khalid M. H., Iqbal N., Wang Z., Yang W. (). Managing water and fertilizer for sustainable maize production in semiarid regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 2019. P. 1–10. https://doi.org/10.1002/jsfa.9270

4. Fischer R. A., Byerlee D., Edmeades G. O. Crop yields and global food security: Will yield increases continue to feed the world? ACIAR, Canberra. 2014ю https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.12.015

5. Hatfield J. L., Dold C. Water-use efficiency: Advances and challenges in a changing climate. *Frontiers in Plant Science*, 10. 2019. P. 103. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00103

6. Gamayunova V., Honenko L., Baklanova T., Pilipenko T. Current Trends in Sorghum Use, Grain Yield and Water Consumption Depending on the Hybrid Composition. Ecological Engineering & Environmental Technology 2023, 24(6), 211–220 https://doi.org/10.12912/27197050/168451 ISSN 2719-7050, License CC-BY 4.0

7. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Сумарне водоспоживання гороху залежно від передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації* 25. 2024. С. 7-14. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.1

УДК 628.14

ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ В СТІЧНИХ ВОДАХ

Куницький С.О., Куницький М.О.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
s.o.kunytskiy@nuwm.edu.ua

Стічні води є складними багатокомпонентними утвореннями, забрудненими речовинами, які можуть знаходитися в розчиненому, колоїдному і дисперсному (нерозчиненому) стані.

Воду, яку використовували для різних господарсько-побутових або виробничих потреб і яка змінила при цьому свої властивості, називають стічною, сюди ж відносяться дощові й талі води. Стічні води ділять на три групи:

– побутові (або господарсько-фекальні), які надходять від раковин, ванн, унітазів, трапів та інших санітарних приладів, що встановлені в житлових, громадських і промислових будівлях. Ці води, забруднені в основному фізіологічними виділеннями і господарськими відходами, можуть містити хвороботворні бактерії. До цієї категорії відносяться також банно-пральні й душові води;

– виробничі (або промислові) – такі, що утворюються при використанні води в різних технологічних процесах виробництва (при охолоджуванні вагранок, печей і машин, забарвленні шкіри, тканин і їх промиванні, змиванні окалини та ін.);

– атмосферні (або дощові) – такі, що утворюються в результаті випадання атмосферних опадів (дощів, танення снігу і льоду).

Окрім цього, виділяють ще міські стічні води, що являють собою суміш виробничих і побутових стічних вод, тобто води, що надходять на міські очисні споруди. Склад стічних вод промислових підприємств різноманітний, проте в більшості випадків у цих водах відсутні фосфор і азот, вони звичайно не забруднені патогенною мікрофлорою.

Окиснюваністю називають загальний вміст у воді відновлюючих органічних і неорганічних речовин, які реагують з окиснювачами. Це надзвичайно важливий показник для оцінки якості природних і стічних вод. Розрізняють хімічну (далі – ХСК) і біохімічну окиснюваність (далі – БСК). Хімічну окиснюваність визначають за допомогою перманганату калію ($KMnO_4$), біхромату калію ($K_2Cr_2O_7$) або йодату калію (KJO_2). Окиснюваність перманганатна використовується для характеристики природних вод у зв'язку з простотою та оперативністю отримання результату. Перманганат калію – слабкий окиснювач, що дозволяє оцінити кількісно присутність у воді лише легко окиснюваних речовин.

Перманганатна окиснюваність – кількість кисню, що потрібна для окиснення перманганатом калію легко окиснюваних органічних і неорганічних речовин (солей двовалентного заліза, сірководню, амонійних солей, нітритів,

сульфідів, деяких гумінових речовин) і не може характеризувати повну окиснюваність всіх органічних речовин.

Для розрахунку основних споруд достатньо знати $БПК_{повн}$, концентрації завислих речовин і поверхнево – активних речовин (ПАР) у суміші побутових та виробничих стічних вод, що надходять на очисні споруди.

Концентрація забруднень в побутових стічних вод $С_{гп}$ за завислими речовинами, $БПК_{повн}$ і поверхнево-активних речовин (ПАР) визначається за формулою:

$$C_{гп} = \frac{a \cdot N_к + 0{,}33 \cdot a \cdot N_{нк}}{Q_{гп}}, мг/дм^3 \quad (1)$$

де $N_к$ – кількість жителів в каналізованих районах, жит;

$N_{нк}$ – кількість жителів в неканалізованих районах, жит;

a – норма забруднень в розрахунках на одного жителя.

Гранично допустима концентрація завислих речовин в очищених стічних водах, що скидається у водоймище, дорівнює:

$$C^{ЗР}_{доп} = p \cdot (\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1) + C_p, мг/дм^3 \quad (2)$$

де: p – допустиме збільшення концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм^3;

C_p – концентрація завислих речовин у воді водойми до випуску стічних вод, мг/дм^3.

Допустима біохімічна потреба в кисні стічних вод, що скидається у водоймі, дорівнює:

$$L_w = \frac{\gamma \cdot Q}{q}((\frac{L_{доп}}{10^{-kt}} - L_p) + \frac{L_{доп}}{10^{-kt}}), мг/дм^3 \quad (3)$$

де: L_w – $БПК_{повн}$ стічних вод, яка повинна бути досягнута в процесі очистки, мг/дм^3;

$L_{доп}$ – гранично допустиме значення $БПК_{повн}$ у розрахунковому створі водойми, мг/дм^3;

L_p – $БПК_{повн}$ річкової води до місця випуску стічних вод, мг/дм^3;

t – тривалість переміщення води від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, рівна відношенню відстані по фарватеру до середньої швидкості течії води у річці на даній ділянці, доба;

K – константа швидкості споживання кисню сумішшю стічної і річкової води.

Гранично допустима $БПК_{повн}$ стічних вод, що скидається у водоймище, визначається для літніх умов.

Залежно від того, яка кількість забруднюючої речовини видаляється очисною спорудою, визначається ефективність очистки – це один з важливіших показників роботи очисних споруд. Розраховується вона за формулою:

$$E_{БПК} = \frac{C_{вх} - C_{вих}}{C_{вх}} \cdot 100\% \quad (4)$$

У деяких випадках для орієнтовної оперативної оцінки використовують на практиці для порівняння якості води різних водойм іншу класифікацію ступеня забрудненості водних об’єктів, ніж наведену в таблиці 1.

За цією класифікацією прийняті жорсткіші вимоги щодо присутності у воді домішок (речовин) які визначаються показником ХСК (табл. 1).

Таблиця 1 – Вимоги до домішок стічних вод

№ п/п	Ступінь забрудненості	ХСК, мгO_2/л
1.	Дуже чисті	1
2.	Чисті	2
3.	Помірно забруднені	3
4.	Забруднені	4
5.	Брудні	5-15
6.	Дуже брудні	>15

Для побутових стічних вод встановлено наступну кількість забруднюючих речовин на одного мешканця, г/добу (табл. 2).

Таблиця 2 – Середньодобова кількість забруднень на одного мешканця

Показники	Кількість забруднюючих речовин на одного мешканця, г/добу
Завислі речовини	65
$БПК_{повн.}$ неосвітлених вод	75
$БПК_{повн.}$ освітлених стічних вод	40
Азот амонійних солей	8
Фосфати (P_2O_5)	3
У тому числі від миючих речовин	1,6
Хлориди	9
Поверхнево-активні речовини (ПАР)	2,5

На сьогодні стан природних та стічних вод в Україні значно погіршився. Це обумовлено розвитком науково-технічного прогресу та недбалим ставленням людини до оточуючого середовища.

Існують методи, які дозволяють ідентифікувати забруднюючі речовини та визначити такі важливі характеристики води, як біохімічне та хімічне споживання кисню.

Чим більше в воді органічних речовин, тим більше необхідно кисню, для їх окиснення.

Вимоги до якості води, що використовується в промисловості, встановлюються залежно від вимог технологічного процесу і схеми виробництва. Водночас основною вимогою є те, що використовувана вода не повинна порушувати санітарно-гігієнічний стан робочих місць і технологічного процесу виробництва.

УДК 631.67:628.35

ВИКОРИСТАННЯ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ПОЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Шепель А.В.

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький
shepel_a@ksaeu.kherson.ua

В умовах глобального дефіциту водних ресурсів та змін клімату проблема використання стічних вод для поливу сільськогосподарських культур набуває особливого значення. В Україні, як і в багатьох інших країнах, спостерігається зниження доступності прісної води, що стимулює пошук альтернативних джерел зрошення. Впровадження технологій повторного використання очищених стічних вод може значно зменшити навантаження на природні водні ресурси та підвищити продуктивність сільського господарства. На міжнародному рівні багато країн, таких як Ізраїль, Іспанія, США, Індія, активно впроваджують використання очищених стічних вод у сільському господарстві. У цих країнах створені відповідні нормативно-правові акти та технологічні стандарти, що регламентують безпечне застосування таких вод для зрошення. В Україні ж це питання потребує подальшого наукового обґрунтування та розробки законодавчих норм.

Серед українських науковців, що досліджують проблему використання стічних вод у сільському господарстві, варто відзначити роботи В.О. Ушкаренко, В.І. Трофімова, О.М. Тарасенка, І.В. Савчука, які аналізують вплив стічних вод на родючість ґрунтів і безпечність врожаю. Також важливий внесок зробили фахівці Інституту водних проблем і меліорації НААН України. На міжнародному рівні значний внесок у дослідження цієї теми зробили такі вчені, як Беніамін Мінцер (Ізраїль), що розробляв системи очищення і повторного використання вод, а також Річард Меткалф (США), який досліджував вплив стічних вод на врожайність культур. У Європі багато досліджень проводяться в рамках Європейського агентства з охорони довкілля (ЕЕА), а також ФАО ООН.

Використання стічних вод можливе для вирощування різних сільськогосподарських культур, проте необхідно враховувати рівень очищення води та її склад. Основними культурами, що добре переносять зрошення очищеними стічними водами, є: зернові культури (пшениця, ячмінь, кукурудза); технічні культури (соняшник, ріпак, бавовник); декоративні рослини та газонні трави; овочеві культури (томати, перець, баклажани) – за умови краплинного зрошення, що мінімізує контакт води з плодами; плодові сади та виноградники – за умови контролю якості води та запобігання накопиченню важких металів у ґрунті.

Перспективи використання стічних вод для зрошення в Україні включають:

1) Розробку та впровадження нормативно-правових актів щодо використання очищених стічних вод у сільському господарстві. Необхідно

створити стандарти якості стічних вод, що регламентують їх безпечне застосування для вирощування різних культур. Також важливо гармонізувати українське законодавство з європейськими нормами щодо повторного використання водних ресурсів.

2) Впровадження сучасних технологій очищення стічних вод, що дозволяють видаляти небезпечні домішки, зокрема важкі метали, хімічні сполуки та патогенні мікроорганізми. Інноваційні методи, такі як мембранна фільтрація, біологічне очищення та ультрафіолетове знезараження, можуть значно покращити якість води для поливу.

3) Проведення додаткових наукових досліджень щодо впливу стічних вод на якість ґрунтів та безпечність врожаю. Необхідно визначити оптимальні режими використання очищених стічних вод для різних типів ґрунтів і кліматичних зон України.

4) Використання міжнародного досвіду та адаптація передових технологій для українських реалій. Важливо налагодити міжнародну співпрацю з країнами, які вже мають успішний досвід у цій сфері, зокрема Ізраїлем, Іспанією та США.

5) Стимулювання фермерів до впровадження інноваційних методів зрошення**,** зокрема шляхом державної підтримки та грантових програм. Дотації на встановлення систем очищення та зрошення можуть сприяти швидшому поширенню цієї технології серед українських аграріїв.

Сучасні методи очищення стічних вод поділяються на кілька основних категорій, кожна з яких спрямована на видалення певних типів забруднювачів: механічні методи використовуються для видалення нерозчинних домішок та великих часток (проціджування, подрібнення, відстоювання, фільтрування); хімічні методи застосовуються для видалення розчинених у воді забруднювачів шляхом хімічних реакцій (основні процеси включають: окислення, нейтралізація, відновлення, коагуляція, флокуляція); фізико-хімічні методи поєднують фізичні та хімічні процеси для очищення води (флотація, сорбція, екстракція, евапорація, іонний обмін; електрохімічні методи (електрокоагуляція, електроосмос, електродіаліз); біологічні методи використовують мікроорганізми для розкладу органічних забруднювачів (біофільтри, біологічні ставки, аеротенки). Комбіновані методи поєднують кілька вищезазначених підходів для досягнення більш ефективного очищення.

Для впровадження цих методів необхідні спеціалізовані лабораторії, оснащені відповідним обладнанням та реагентами. Основні компоненти таких лабораторій включають: прилади для аналізу якості води, такі як спектрофотометри, pH-метри, турбідиметри, а також обладнання для проведення хімічних реакцій та біологічних тестів; хімічні речовини, необхідні для проведення процесів коагуляції, флокуляції, нейтралізації та інших хімічних реакцій. Наприклад, ТДВ «ПХЗ «Коагулянт» виробляє широкий спектр реагентів для очищення стічних вод, включаючи коагулянти та флокулянти [1]. Кваліфіковані фахівці, здатні проводити аналізи, контролювати процеси очищення та забезпечувати безпеку під час роботи з хімічними речовинами.

Додатково, компанії, такі як «ЕкоІнструмент-КИЇВ», пропонують комплексні рішення для оснащення лабораторій контролю стічних вод, включаючи меблі, допоміжне обладнання, посуд та реактиви, що дозволяє

замовнику негайно приступити до роботи та оперативно контролювати роботу своїх очисних споруд [2]. Більш детальну інформацію про сучасні методи очищення стічних вод та необхідне обладнання можна знайти на наступних ресурсах: Методи очищення стічних вод та їх вплив на водойми [3]. Очищення промислових стічних вод та очищення комунальних вод [4].

В українських будівельних нормах відсутні конкретні вказівки щодо мінімальної відстані між поливними землями та очисними спорудами. Однак, для забезпечення санітарно-гігієнічних умов та запобігання забрудненню ґрунтових вод, важливо дотримуватися загальних санітарних норм при плануванні таких об’єктів. Зокрема, Державні будівельні норми України В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» регламентують проектування та будівництво меліоративних систем, включаючи зрошувальні мережі. Цей документ визначає відстані між поливними трубопроводами залежно від ширини міжрядь: від 2,5 до 4 м для винограду та від 3 до 8 м для плодових та ягідних насаджень [5]. Це свідчить про необхідність врахування санітарно-захисних зон при розміщенні об’єктів, які можуть бути потенційними джерелами забруднення [6].

Таким чином, при плануванні розміщення поливних земель відносно очисних споруд рекомендується керуватися загальними санітарними нормами та враховувати специфіку конкретного об'єкта, тип ґрунтів, напрямок ґрунтових вод та інші місцеві умови. Для отримання більш детальної інформації та забезпечення відповідності проекту чинним нормативним документам, слід звернутися до профільних фахівців або відповідних державних органів.

Взимку очищені стічні води можна відводити кількома способами, залежно від рівня їхньої очистки, місцевих умов та нормативних вимог: 1) Скидання у водні об’єкти. Якщо вода пройшла повний цикл очистки, її можна скидати у річки, озера або інші водні об’єкти відповідно до екологічних норм. Це регулюється ДБН В.2.5-75:2013 та Санітарними правилами охорони поверхневих вод від забруднення. Перед скиданням проводиться контроль якості води за показниками $БПК_5$, ХСК, вмістом зважених речовин, азоту та фосфору. 2) Використання для технічних потреб. Очищену воду можна використовувати для промислових підприємств, котелень. У сільському господарстві вода може використовуватися для зрошення (за умови відповідності нормативам). 3) Фільтраційні поля та інфільтраційні системи. Вода подається на спеціальні фільтраційні поля, де вона просочується через ґрунт і очищується природним способом. Використовується для доочистки в районах, де немає можливості скидати воду у відкриті водойми. 4) Подача у накопичувальні резервуари, у зимовий період воду можуть накопичувати в спеціальних резервуарах або ставках-накопичувачах, а з настанням весни використовувати для зрошення або скидати у водойми. 5) Замерзання на льодових полях (метод льодових полів), який використовують у крупних мегаполісах півночі. У регіонах із холодним кліматом очищені стічні води можуть розливати на спеціально відведені поля, де вони замерзають, а після танення навесні надходять у природні водойми. 6) Випаровування у спеціальних басейнах у районах із низькими температурами та відсутністю водних об'єктів очищені води можуть випаровуватись у спеціальних випарних басейнах. Вибір методу залежить від рівня очистки води,

нормативних вимог та кліматичних умов регіону.

Контроль якості стічних вод є важливим аспектом забезпечення екологічної безпеки та ефективної роботи очисних споруд. Основні показники, які аналізуються при оцінці якості стічних вод, включають: водневий показник (pH): Визначає кислотно-лужний баланс води; температура впливає на швидкість біологічних та хімічних процесів у воді; сухий залишок відображає загальну кількість розчинених речовин у воді; завислі речовини, тверді частинки, які знаходяться у зваженому стані у воді; амонійний азот (NH_4^+), показник вмісту амонійних сполук, які можуть бути токсичними для водних організмів; фосфати (PO_4^{3-}), високий вміст може призводити до евтрофікації водойм; Хлориди (Cl^-), високі концентрації можуть негативно впливати на смакові якості води та корозію трубопроводів; сульфати (SO_4^{2-}) можуть викликати неприємний смак води та корозію; нітрати (NO_3^-) та нітрити (NO_2^-) високі концентрації можуть бути шкідливими для здоров'я людини та водних екосистем; біохімічне споживання кисню ($БСК_5$) відображає кількість кисню, необхідного для біологічного розкладу органічних речовин у воді протягом 5 діб; хімічне споживання кисню (ХСК) показує загальну кількість кисню, необхідного для хімічного окислення органічних та неорганічних речовин у воді; нафтопродукти та їх наявність вказує на забруднення води нафтовими вуглеводнями; поверхнево-активні речовини (ПАР) можуть спричиняти піноутворення та негативно впливати на водні організми; важкі метали (залізо, мідь, цинк, нікель, хром, кадмій тощо), токсичні елементи, які можуть накопичуватися в організмах і спричиняти отруєння. Ці показники є стандартними при аналізі стічних вод і допомагають оцінити їх вплив на навколишнє середовище та ефективність роботи очисних споруд [7].

Також варто ознайомитися з матеріалом, щодо скидання стічних вод у поверхневі водні об'єкти, який висвітлює екологічні аспекти та нормативні вимоги до якості стічних вод. Знання та контроль зазначених показників є ключовими для забезпечення екологічної безпеки та дотримання нормативних вимог при скиданні стічних вод.

Використання стічних вод для поливу сільськогосподарських культур є перспективним напрямом для України, що може сприяти зменшенню дефіциту води та покращенню екологічної ситуації. Для успішного впровадження цієї технології необхідно розробити відповідні нормативно-правові акти, впроваджувати сучасні методи очищення води, проводити наукові дослідження та залучати міжнародний досвід. Крім того, важливим фактором є державна підтримка фермерів та стимулювання їх до використання альтернативних джерел зрошення. Таким чином, повторне використання стічних вод може стати важливим інструментом сталого розвитку українського сільського господарства. Тому використання стічних вод у сільському господарстві є важливим напрямом у забезпеченні продовольчої безпеки України та раціонального використання водних ресурсів.

Посилання

1. Реагенти для очищення стічних вод. URL: https://coagulant.com.ua/wastewater-treatment/ (дата звернення 21.03.2024).

2 Лабораторії контролю стічних вод. URL: https://www.ecoinstrument.com.ua/lab-control-

water/ (дата звернення 20.03.2024).

3. Методи очищення стічних вод та їх вплив на водойми. Держекоінспекція Сумської області: URL: https://deisumy.gov.ua/?p=2858&utm_source (дата звернення 20.03.2024).

4. Водопідготовка для промисловості та муніципалітетів. URL: https://www.mega.cz/ua/water/?utm_source (дата звернення 19.03.2024).

5. Меліоративні системи та споруди ДБН В.2.4-1-99 URL: https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/84.1.-DBN-V.2.4-1-99.-Meliorativni-sistemi-ta-sporudi.pdf?utm_source (дата звернення 21.03.2024).

6. BN01:7339-7357-5224-7278. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3187336869633328368?doc_type=2&utm_source (дата звернення 18.03.2024).

7. Аналіз стічних вод. URL: https://himanaliz.ua/uk/poslugi/analiz-stichnikh-vod/?utm_source (дата звернення 21.03.2024).

УДК 626.81/84:330.1:330.8

ТАРИФИ ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМ ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ЗРОШЕННЯ І ДРЕНАЖУ В УКРАЇНІ

Ромащенко М.І.[1], **Сайдак Р.В.**[1], **Пантелеєв В.П.**[2]

[1]*Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ*
[2]*Київський аграрний університет НААН України, м. Київ*
bernstain@ukr.net

За інформацією про глобальні ризики Всесвітнього економічного форуму 2025 р. у Давосі, яка ґрунтується на думках експертів з ризиків та політиків, екологічні ризики домінують у довгостроковій перспективі, зокрема, дефіцит природних ресурсів позиціонується першим у списку найбільших ризиків на найближчі десять років, На шосте місце поставлено вплив забруднення навколишнього середовища, води та землі на здоров'я та навколишнє середовище [1]. Згідно звіту про Глобальний індекс продовольчої безпеки, у 2022 р. Україна в порівнянні із 2020 р. спустилася з 54 до 71 місця; найгірший результат припадає на категорію «стійкість та адаптація», що вказує на наявність проблем із охорони та якості водних ресурсів, непродуманість системи менеджменту при форс-мажорних обставинах [2]. В Україні фактично у 2023 році після знищення Каховського водосховища площа зрошення зменшилася до 133 тис. га, це майже у 2,5 рази менше, ніж було у 2022 році, й у 4,5 рази, ніж було у році 2021. Із цих 133 тис. га – 46 тис. га – це зрошувальні землі, на яких уже створено і зареєстровано організації водокористувачів (ОВК). Тобто це 35% від загальної площі зрошення в Україні [3].

Фундаментом адекватної реакції на зазначені на початку матеріалу виклики повинні стати рішучі заходи з розширення площ зрошуваних та осушених земель, збільшення виходу продукції з кожного гектару меліорованих земель та ін., підвищення рівня управління інженерною інфраструктурою зрошення та дренажу як складових нарощування потенціалу зрошення та дренажу при залученні механізму економічної зацікавленості. Важливим компонентом такого механізму стануть тарифи на оплату послуг з подачі води на зрошення/відведення води для дренажу. В Україні тарифи розглядаються як дієвий інструмент досягнення мети та вирішення завдань державної «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» [4].

Практика розширення мережі ОВК в Україні в останні 3 роки (зараз функціонують більше 50 ОВК в 13 областях України), безумовно, розцінюється як важливий позитивний момент реформи управління меліорацією. Проте, оскільки територія обслуговування ОВК відноситься лише до кінцевих, периферійних ланцюгів меліоративних систем, тому вдосконалення управління службою інфраструктури зрошення та дренажу, повинно базуватися головним чином на вдосконаленні управління об'єктами міжгосподарської частини систем, магістральними та розподільними каналами, насосними станціями тощо,

вдосконалення управління якими має ґрунтуватися на тарифах на послуги з подачі/відведення води.

Проведені дослідження тарифів дозволяють встановити значний потенційний ефект повноцінного залучення водокористувачів до управління водними ресурсами та системами на всіх рівнях управління, при цьому відбудеться посилення ролі громад у процесі самоврядного встановлення тарифів на належне постачання та водовідведення, відбудеться розширення повноважень басейнових рад щодо здійснення ними управління водними ресурсами в межах своїх басейнів відповідно вимог ВРД ЄС, зокрема, право прийняття рішень щодо формування тарифів на оплату послуг та затвердження експлуатаційних та інвестиційних планів буде передане до повноваження Рад меліоративних систем/каналів; зокрема, за таким управлінським підходом формуються належні фінансово-економічні засади інтегрованого управління тощо [5].

Запропоновані схеми формування вартості умовно-постійних витрат (погектарний тариф) та вартості умовно-змінних витрат постачальників послуг з подачі/відведення води на зрошення/осушення (покубометровий, об'ємний тариф) [6] дозволяють вирішити задачу формувати доходи постачальників послуг, а також реально відображати витрати структурованих водокористувачів (ОВК) та неструктурованих водокористувачів які не є членами ОВК та відбивати реальну вартість послуг з подачі/відведення води у користувачів послугами; відбудеться стимулювання розширення мережі ОВК. Комбінована тарифна схема, яка включає як фіксовані, так й змінні тарифи, які залежать від обсягів спожитої/відведеної води, дає можливість не тільки забезпечити стабільність надходжень фінансових коштів, але й можливість формування бюджетів розвитку, які можуть бути використані на фінансування модернізації та реконструкції існуючої мережі, таким чином сприяти збільшенню її потужності. Впровадження комбінованого тарифу за одночасного проведення заходів зі значного нарощування площ зрошення має забезпечити поступовий перехід сектора зрошення на повну самоокупність та самофінансування [5].

Запропоновані зміни в управлінні інфраструктурою зрошення та дренажу України при економічному обґрунтуванні величини послуг створюють стимули для операційної ефективності та економічної ефективності планів розвитку та інвестицій, що зазначено у доповіді міжнародної комісії з економіки води 2024 р. [7]. Покращення рівня управління інженерною інфраструктурою зрошення та дренажу за допомогою економічних важелів, зокрема тарифів розкриє можливість реалізації державно-приватного партнерства, зокрема у сфері відновлення, будівництва, експлуатації та управління іригаційними системами України [2].

Реальні дії Світового банку та міжнародних партнерів щодо підтримки відновлення меліоративних систем України мають бути спрямовані не на дослідження потреби України у водних ресурсах [8], які вже відомі та занотовані у Стратегії [4], а перш за все на вкладення коштів у відбудову інфраструктури зрошення та дренажу, наприклад, розробку та фінансування ТЕО проектів в Україні, що буде відповідати реалізації Стратегії, яка спрямована на відновлення потенціалу зрошувальних та дренажних систем з метою подальшого

нарощування площ поливу та водорегулювання як основи досягнення максимального рівня ефективності та екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва [4]. Такий шлях буде спрямований на підвищення значення сектору зрошення та дренажу у зміцнені експортного потенціалу України, зниженні ризиків нестачі природних ресурсів, забезпечить не тільки належну стійкість та адаптацію до негативного впливу змін клімату, але також наявність, економічну доступність та якість [2], як важливі драйвери світової продовольчої безпеки. Це дозволить Україні повернутися до пулу авторитетних світових країн із вагомим потенціалом зрошення та дренажу.

Посилання

1. El Foro de Davos apunta a la deuda, el mercado laboral y la sequía como principales riesgos para en 2025. https://www.eleconomista.es/economia/noticias/13172660/01/25/el-foro-de-davos-apunta-a-la-deuda-el-mercado-laboral-y-la-sequia-como-principales-riesgos-para-espana-en-2025.html

2. Лупенко Юрій. Перспективи розвитку переробки сільськогосподарської продукції у повоєнній Україні. Доповідь на сесії Загальних зборів Національної академії аграрних наук України 12 грудня 2024 року, НААН, 2024, 52 с.

3. В Україні вперше організація водокористувачів отримала у власність зрошувальні системи. [Електронний ресурс] URL: https://agro-business.com.ua/agrobusiness/item/28593-v-ukraini-vpershe-orhanizatsiia-vodokorystuvachiv-otrymala-u-vlasnist-zroshuvalni-systemy.html

4. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 688-р. Київ [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Tex 10.

5. Наукові засади розвитку аграрного сектору економіки південого регіону України. За науковою редакцією Ромащенка М.І., Вожегової Р.А., Шатковського А.П. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 438. ISBN 978-966-289-163-8.

6. Ромащенко М. І., Пантелеєв В.П., Сайдак Р.В. Основи формування тарифів у зрошенні та дренажу за інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Вода для миру», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів 21 березня 2024 р. Київ, с. 62-65. [Електронний ресурс] URL: http://waterday.iwpim.com.ua/Water_day_tezy2024.pdf

7. The economics of water: valuing the hydrological cycle as a global common good. Report from the Global Commission on the Economics of Water published on Thursday. https://watercommission.org/

8. Віталій Коваль: В Україні при зрошенні врожайність у два-три рази вища [Електронний ресурс] URL: https://igim.org.ua/2025/01/28/%d0%b2%d1%96%d1%82%d0%b0%d0%bb%d1%96%d0%b9-%d0%ba%d0%be%d0%b2%d0%b0%d0%bb%d1%8c-%d0%b2-%d1%83%d0%ba%d1%80%d0%b0%d1%97%d0%bd%d1%96-%d0%bf%d1%80%d0%b8-%d0%b7%d1%80%d0%be%d1%88%d0%b5%d0%bd%d0%bd%d1%96/

УДК 631.67

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДОПОДАЧЕЮ КІНЦЕВОЮ ЧАСТИНОЮ КАНАЛУ ІЗ РЕГУЛЮВАЛЬНИМИ БАСЕЙНАМИ

Таргоній М.М., Попов В.М., Сорока Н.В.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
nick.tar991@ukr.net

Для обґрунтування ефективності системи автоматичного управління водоподачею (САУВ) на трубопровідно-трактного водорозподілу (ТТВ) з регулювальними басейнами (РБ) на водозаборах насосних станцій (НС) зрошувальних систем (ЗС), розроблено математичну модель в середовищі MATLAB/Simulink.

Розроблена математична модель САУВ на ТТВ з РБ на водозаборах НС ЗС дозволяє здійснити якісний аналіз:

– гідравлічних та електродинамічних процесів, що виникають при пуску і зупинці НА з автоматизованим електроприводом;

– при зміні режимів роботи насосних агрегатів (НА) НС, а також за зміни гідравлічних характеристик ТТВ;

– гідравлічних процесів, що виникають у вузлах ТТВ при зміні місця розташування РБ.

Математична модель ТТВ з РБ на водозаборах НС ЗЗС складається з таких підсистем: НС з НА, розподільного трубопроводу, допоміжних трубопроводів, поворотно-дискових затворів з електроприводом та РБ. При моделюванні використовується бібліотека стандартних блоків програми Simulink.

Для розробки математичної моделі ТТВ з РБ, як об’єкта автоматизованого управління водоподачею, використовують конструктивні параметри та гідравлічні характеристики трубопроводів, поворотно-дискових затворів, а також схему розміщення РБ за проектною та експлуатаційною документацією ЗС. Крім того, при застосуванні дискретних автоматичних регуляторів рівня води в РБ, проводять ідентифікацію параметрів математичної моделі із застосуванням розрахунково-експериментального методу.

На рисунку 1 наведена блок-схема моделі САУВ на ТТВ.

Модель підкачувальної НС складається з моделей відцентрових НА, регулювальної арматури та водоводів, що під’єднані до загального напірного колектору НС. Параметри відцентрових насосів визначаються за їхніми паспортними напірними характеристиками, а параметри приводних асинхронних електродвигунів за робочими характеристиками.

Оцінка ефективності системи автоматичного управління водоподачею на ТТВ з РБ на водозаборах НС ЗС. Розроблена математична модель дозволяє отримати гідравлічні та електродинамічні процеси в різних можливих режимах функціонування ТТВ з РБ на водозаборах НС ЗС.

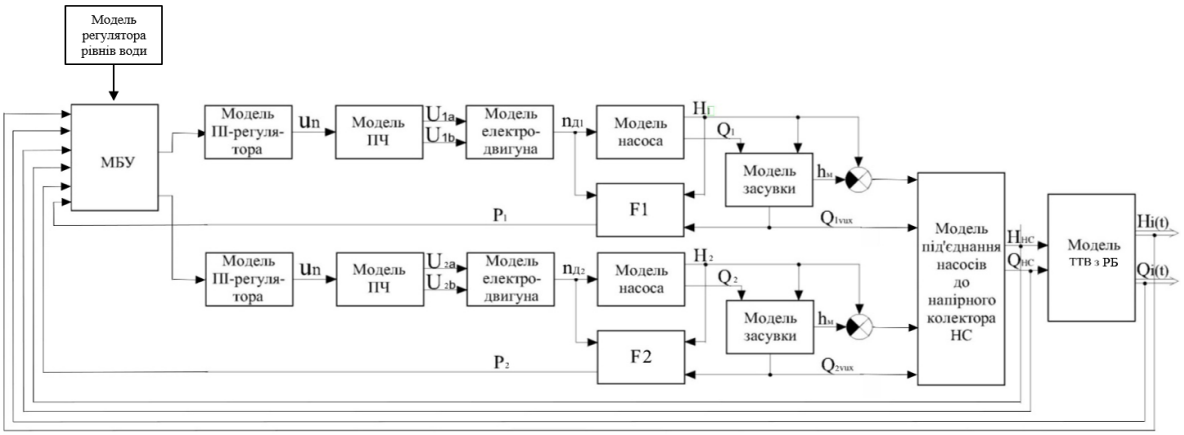


Рисунок 1 – Блок-схема математичної моделі САУВ на ТТВ

u_n – сигнал керування; U_{1a}, U_{1b} – векторна напруга статора; $n_{\partial i}$ – оберти приводного електродвигуна, об/хв; Q_i – об'ємна витрата води створювана і-тим НА, м3/с; H_i – напір води і-того насосу, м; P_i – фактична потужність споживана і-тим НА, кВт; k_∂– коефіцієнт передачі датчика тиску; F1, F2 – формули для визначення потужностей НА

Процес зміни технологічних параметрів при моделюванні добової водоподачі в РБ представлено на рисунках 2-3.

Процес зміни технологічних параметрів при заповненні РБ залежно від їх об'єму водоподачі наведено на рисунку 2.

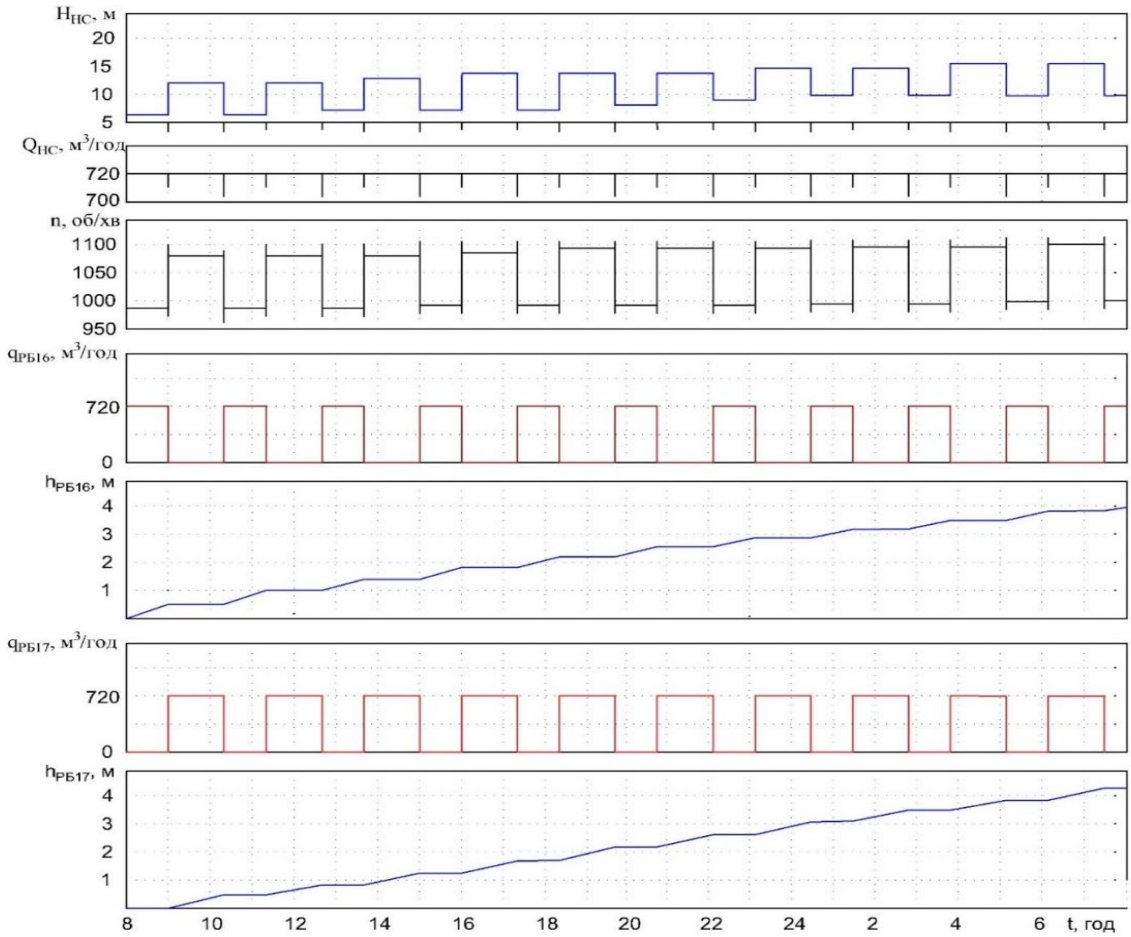


Рисунок 2 – Процес зміни технологічних параметрів при заповненні РБ

$H_{НС}$ – напір води на виході НС; $Q_{НС}$ – об'ємна витрата води, створювана НС; n – частота обертання робочих коліс насосів; $q_{РБ16}$, $q_{РБ17}$ – об'ємна витрата води, що подається до РБ; $h_{РБ16}$, $h_{РБ17}$ – рівні води в РБ

Процес зміни питомих витрат електроенергії на перекачування води при заповненні РБ наведено на рисунку 3.

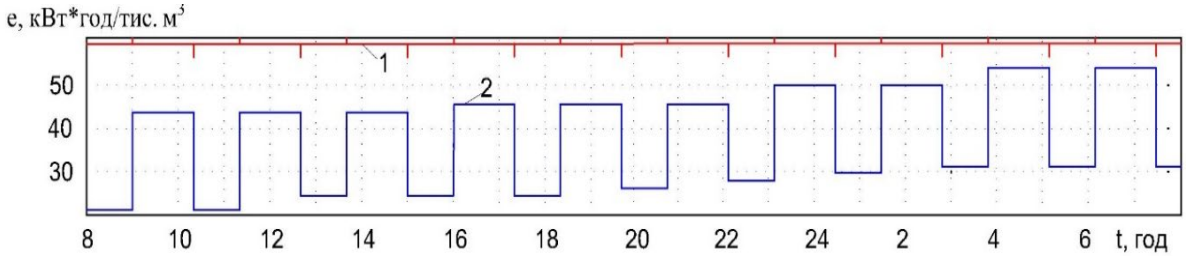


Рисунок 3 – Зміна питомих витрат електроенергії на перекачування води при заповненні РБ

1 – зміна питомих витрат електроенергії для насоса Rovatti SN4E150-315 з діаметром робочого колесу L; 2 – зміна питомих витрат електроенергії при застосуванні ПЧ з насосом Rovatti SN4E150-315 та діаметром робочого колеса F

Застосування різних діаметрів коліс обумовлено гідравлічними та енергетичними показниками водоподачі. Робоче колесо L краще підходить для сумісної роботи з ТТВ при заповненні РБ-17, але при цьому виникає надлишковий напір при заповненні РБ-16. Насос Rovatti SN4E150-315 з діаметром робочого колеса F має високий ККД в номінальному режимі 90 %, тому його рекомендується використовувати із ПЧ.

Розроблена в середовищі MATLAB (Simulink), математична модель САУВ на ТТВ з РБ на водозаборах НС ЗС дозволяє здійснити якісний аналіз: гідравлічних та електродинамічних процесів, що виникають при пуску і зупинці НА з автоматизованим електроприводом, а також визначити питомі витрати електроенергії на перекачування води до РБ і корисні об’єми РБ.

УДК 626.83:532

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОСУШУВАЛЬНО-ЗВОЛОЖУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Богуш О.О, Хлапук М.М, Ніколайчук О.М.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
o.o.bohush@nuwm.edu.ua

1. Вступ

Осушувально-зволожувальні системи відіграють важливу роль у забезпеченні стабільного сільськогосподарського виробництва в різних регіонах. Вони сприяють поліпшенню агротехнічних умов, підвищенню врожайності культур і збереженню екологічної рівноваги. На сьогодні сільське господарство є ключовим сектором економіки, який забезпечує продовольчу безпеку та сталий розвиток суспільства.

Опитимальна вологість ґрунтів є критично важлива для сільського господарства. Недосконале управління водними ресурсами, в тому числі недостатній контроль за рівнем води та відсутність сучасних ефективних систем регулювання, може призвести до пересихання або затоплення угідь. Пересихання ґрунту виникає через недостатню кількість води для зрошення, що призводить до зниження врожайності. Затоплення угідь у свою чергу відбувається через надмірну кількість води, що призводить до загнивання кореневої системи рослин та зниження врожайності.

Упровадження автоматичних регуляторів рівня води [9], таких як поплавкові та гідравлічні системи, допоможе забезпечити стабільний рівень води та оптимальне зрошення угідь. Автоматичні регулятори рівня води дозволяють контролювати рівень води у зрошувальних системах та своєчасно вносити корективи до зрошувального режиму.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Розробкою та дослідженням гідроавтоматичних регуляторів рівня займалися такі відомі вчені: Коваленко П.І., Чалий Б.І., Тишенко А.І., Тугай А.М., А.Ф. Рубан (м. Київ), Б.О. Баховець, В.Й. Пастушенко, С.Ю. Бочарьов, Наумчук О.М., Гаць П.І., Хлапук М.М. (м. Рівне) та ін. За кордоном найвідомішою є французька фірма «Нейрпік», яка має різноманітні розробки з автоматизованого водорегулювання [2].

Сучасними науковими роботами в яких розглядають автоматизацію меліоративних систем є статті Николайчука О.М., Хлапука М.М., Коваленка П.І., Наумчука О.М., Рокочинського А.М., Волка П.П.

Коваленко П.І. [2, 3] описує модульний принцип та перспективи автоматизації осушувально-зволожувальних систем під час їх реконструкції. Наумчук О.М. [4, 5] виконав моделювання роботи гідрорегуляторів на проточній регулюючій мережі осушувально-зволожувальних систем та розглянув

перспективи автоматизації водорегулювання осушуваних земель. Рубан О.Ф. [6] зібрав найновіші винаходи по гідравлічній автоматизації меліоративних систем.

У статті [7] Чалий Б.І., Яцик М.В., Дробот О.В. запропонували нові технологічні прийоми управління водним режимом на осушуваних землях та технічні засоби для їхньої реалізації. У роботі [8] Чалого Б.І. та Дробота О.В. наведено результати експериментальних досліджень з оцінки ефективності технології регулювання водного режиму на осушуваних землях з використанням гідроавтоматичних регуляторів рівня ґрунтових вод.

Розроблено також нові конструкції гідроавтоматичних регуляторів такі як: гідроавтоматичний регулятор дренажного стоку, автори Шатний С.В., Матус С.К.; гідравлічний регулятор дренажного стоку, автори Ткачук М.М., Кириша Р.О.; гідравлічний регулятор стоку дренажно-модульної системи, автори Ткачук М.М., Кириша Р.О., Кухнюк Н.В.; система управління підґрунтовими водами з автоматичним регулятором витрати води, автор Ч. Шефер; система і метод управління підґрунтовими водами, автор Ч. Шефер, Б. Динсдейл, Ф. Алгрен, У. Литтлер; система і метод управління підґрунтовими водам з датчиком чистоти, автори Ч. Шефер, Ф. Алгрен; регулятор потоку гончарного дренажу, автори Ч. Шефер, Л. Бебоут, У. Литтлер, пристрій регулювання рівня вод на рисовому полі Т. Хасимото, К. Такао, Ц. Онодера.

У роботі Рокочинського А.М. [1] акцентовано увагу на тому, що на даний час спостерігається значний розрив між рівнем розвитку наукових ідей та ефективністю їх реалізації в умовах виробництва. Назріла нагальна потреба доведення наукових розробок до головних користувачів – проектувальників та експлуатаційників меліоративних систем. Важливо зробити ці наукові підходи невід'ємною складовою відповідних технологічних процесів на виробництві.

Незважаючи на те, що існують різноманітні патенти гідроавтоматичних регуляторів, дуже мала кількість регуляторів запроваджена у виробництво. Це пояснюється тим, що для успішного запровадження як гідроавтоматичних, так і інших регуляторів, необхідно проводити експериментальні дослідження як в лабораторіях, так і на виробництві.

Рубаном А.Ф., Яциком А.В., Хлапуком М.М., Стасюком Я.П. запатентовано гідроавтоматичний регулятор рівнів води [9] та осушувально-зволожувальну систему [10] що обладнана таким регулятором (рис. 1).

Запропонована осушувально-зволожувальна система працює наступним чином. Вода зі зволожувального каналу надходить у водоприймальний колодязь, у якому розміщено гідроавтоматичний регулятор, у випадку пониження рівня ґрунтових вод нижче норми осушення спрацьовує датчик рівня. Тоді гідроавтоматичний регулятор відкривається. Вода по осушувально-зволожувальному колектору надходить у скидний колодязь, у дренажний колектор та в дрени, внаслідок чого підвищується рівень ґрунтових вод, а надлишок води скидається в осушувальний канал. Після того, як рівень ґрунтових вод підвищився на необхідну величину, спрацьовує датчик рівня, гідроавтоматичний регулятор закриється. У цьому положенні він до того моменту часу, поки рівень ґрунтових вод не понизиться нижче норми осушення. Далі цикл роботи системи повториться.

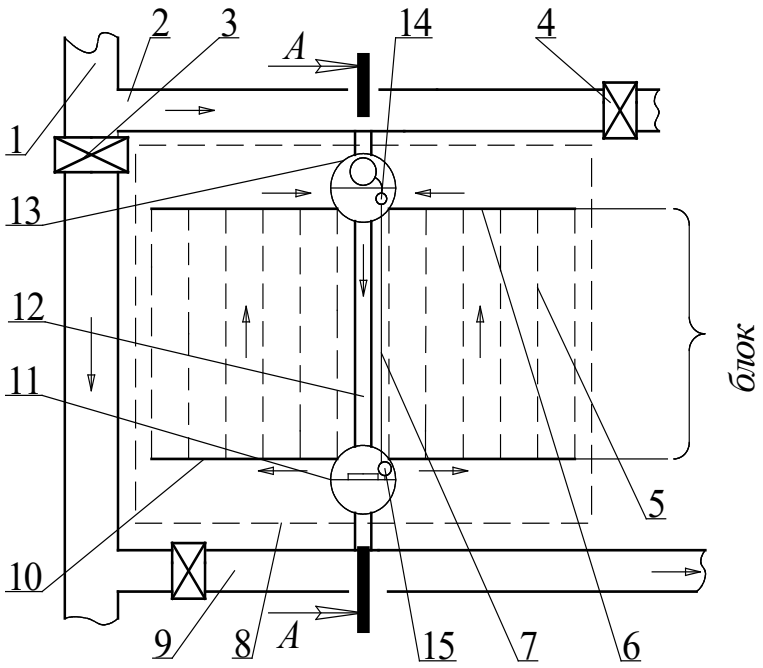


Рисунок 1 − Схема одноблочної модульної автоматизованої осушувально-зволожувальної системи: 1 − магістральний канал; 2 − зволожувальний канал; 3 − головний підпірний шлюз; 4− шлюз-регулятор; 5 − дрени; 6 − аераційний колектор 7 − закритий гідравлічний зв'язок; 8 − границя модуля; 9 − осушувальний канал; 10 − дренажний колектор; 11 − скидний колодязь; 12 − осушувально-зволожувальний колектор; 13 − водоприймальний колодязь; 14 – датчик-прискорювач; 15 – датчик рівня

Гідроавтоматичний регулятор рівнів води працює наступним чином. При пониженні рівня ґрунтових вод понижується рівень у скидному колодязі. Поплавок датчика рівня опускається і відкриває вільний витік води з гідравлічного зв'язка, тиск води у гідравлічному зв'язку зменшується, що призводить до пониження поплавка датчика-прискорювача. Поплавок датчика-прискорювача відкриває вільний витік води із внутрішньої ємкості поплавка-затвора, його маса зменшується і він спливає, відкриваючи кільцевий водозлив водопропускного лотка. Вода надходить у систему. Після того, як рівень води у скидному колодязі підвищиться на задану величину, поплавок датчика рівня також підвищується і перекриває вільний витік води із гідравлічного зв'язка. Тиск води у гідравлічному зв'язку підвищується, поплавок датчика-прискорювача піднімається і перекриває вільний витік води із внутрішньої ємкості поплавка-затвора, його маса збільшується, він тоне і перекриває кільцевий водозлив водопропускного лотка. Далі цикл роботи системи повториться.

3. **Ціль та задачі дослідження**

Для вдосконалення вже існуючого гідроавтоматичного регулятора рівня води необхідно провести його теоретичні та експериментальні дослідження. З вище сказаного перед нами постає ряд задач.

1. Вивчити принципи роботи та можливості вдосконалення існуючого пристрою.

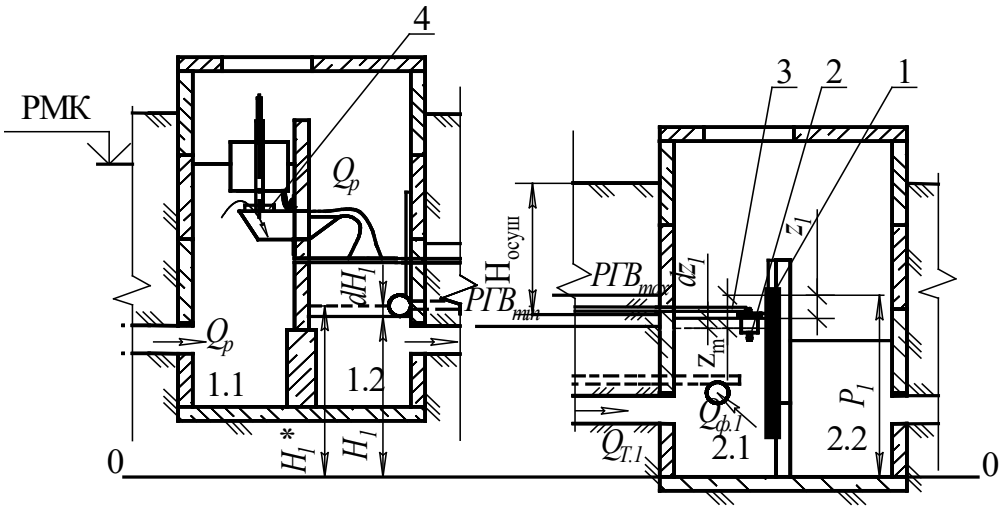


Рисунок 2 − Схема роботи модуля ОЗС при підвищенні рівнів води в колодязях: 1 – водозливна кромка; 2 – датчик рівня; 3 – гідравлічний зв'язок; 4 – кільцевий водозлив водопропускного лотка

2. Модернізувати конструкцію на основі отриманих результатів, впроваджуючи нові матеріали або технологічні рішення для підвищення надійності та довговічності пристрою.

3. Перевірити підвищення ефективності роботи модернізованої конструкції гідроавтоматичного регулятора рівня води.

4. Розробити рекомендації щодо впровадження вдосконаленого гідроавтоматичного регулятора у меліоративних системах.

4. **Висновок**

У ході дослідження було проаналізовано сучасний стан зволожувально-осушувальних систем та визначено ключові проблеми. Зокрема, встановлено, що для ефективного регулювання рівня води на меліоративних землях доцільно застосовувати гідроавтоматичні регулятори, які не потребують електроенергії і працюють за рахунок гідравлічних процесів.

На основі проведеного аналізу було визначено необхідність вдосконалення існуючих конструкцій гідроавтоматичних регуляторів рівня води. Запропоновано комплекс задач для їх модернізації, зокрема впровадження нових матеріалів і технологічних рішень, що сприятиме підвищенню надійності та довговічності пристроїв, виконання теоретичних та експериментальних досліджень оновленої конструкції регулятора.

Посилання

1. Рокочинський А.М. Наукові і практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: Монографія. За редакцією академіка УААН Ромащенка М.І. Рівне: НУВГП, 2010. 351 с.

2. Коваленко П.І. Модульний принцип автоматизації осушувально-зволожувальних систем при їх реконструкції. П.І. Коваленко, О.І. Тишенко, С.І. Нагалюк. Водне господарство України. 2007. №2. С. 44−48.

3. Коваленко П.І. Реалії та майбутнє автоматизації зрошувальних систем в Україні. П. Коваленко, Ю. Гринь, Ю. Михайлов та ін. Водне господарство України. 2006. № 1. С. 46−54.

4. Наумчук О.М. Моделювання роботи гідрорегуляторів на проточній регулюючій мережі осушувально-зволожувальних систем. Вісник НУВГП. Рівне, 2005. Вип. 2(30). С. 49−55.

5. Наумчук О.М. Сучасний стан та перспективи автоматизації водорегулювання осушуваних земель. Національний університет водного господарства та природокористування. Вісник. Технічні науки: Зб. наук. праць. Рівне, 2010. Вип.2(50). С. 3-8.

6. Рубан О.Ф. Гідравлічна автоматизація меліоративних систем. Збірник наукових винаходів. О.Ф. Рубан. Київ: Генеза, 2008. 64 с.

7. Чалий Б.І. Технічні засоби управління процесами водорегулювання на осушувально-зволожуваних системах. Б.І. Чалий, М.В. Яцик, О.В. Дробот. Меліорація і водне господарство. 2009. Вип. 97. С. 84−94.

8. Чалий Б.І. Технологія регулювання водного режиму осушуваних земель з використанням дренажного стоку. Б.І. Чалий, О.В. Дробот. Меліорація і водне господарство. 2011. Вип. 99. С. 91-97.

9. Хлапук М.М. Дослідження рівноваги сил що діють на поплавок затвора гідроавтоматичного регулятора рівня АРУ-200Ц. М.М. Хлапук, О.М. Ніколайчук, О.В. Безусяк. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: збірник наукових праць. Рівне, 2008. Вип. 2 (42). С. 202-210.

10. Ніколайчук О.М. Дослідження рівноваги сил, що діють на відкритий поплавок затвора гідроавтоматичного регулятора рівня АРУ-200Ц. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: збірник наукових праць. Рівне, 2009. Вип. 3 (47), Ч. 1. С. 407 − 413.

UDK 628.1

ASSESSMENT OF DRAINAGE SYSTEMS TECHNICAL CONDITION AT SOIL FOUNDATION, DEEP WATER PROBE, STRAIN-DEFORMATION IN NANOCOMPOSITES OF MULTIWALLED CARBON NANOTUBES AND POLYMERS

Onanko A.P., Dmytrenko O.P., Kulish M.P., Pinchuk-Rugal T.M., Rugal A.G., Pavlenko O.L., Gaponov A.M., Kurochka L.I., Ilyin P.P.

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

Onanko Y.A., Kuzmych L.V., Yatsiuk M.V., Voropai G.V., Kuzmych S.A.

Institute of Water Problems and Land Reclamation NAASU, Kyiv
onanko@i.ua

Introduction. It is possible to achieve deep penetration using the contact thermoelectric drilling method [1-4], the potential of which has not been realized, although the speed of passage and depth of penetration of thermodrills, as evidenced by experimental and calculated data, significantly exceeds the speed of passage by traditional mechanical, hydromechanical, and turbine drilling methods. Deep water probe is offered, that has a streamline form with a spherical diameter with the nuclear reactor located in him fast-neutron with thermo heating elements which go away from a center with the purpose of temperature conditions adjusting inwardly and on the water probe surface, with the purpose of possibility of water probe traffic control.

The layer thickness of nanotubes covering is significant and is about $h \approx 500$ nm with the diameter of multiwalled carbon nanotubes (MWCNT) $d \approx 60 \div 70$ nm. Anelasticity, deformations in SiO_2, concrete, radiation and structural functionalized nanocomposites of polyamide $(NH(CH_2)_5CO)_n$, polyethylene $(C_2H_4)_n$, polyvinylchloride $(C_2H_3Cl)_n$ and MWCNT is represented.

Experimental Methods and Theory. Metallography optical supervision of microstructure by means of optical microscope «LOMO MVT», atomic-force microscopy (AFM) with high resolution were used. US pulse-phase method for determining of the elastic waves velocities $V_{\parallel}$, $V_{\perp}$ using USMV-LETI, modernized USMV-KNU and computerized «KERN-4» with frequencies $f_{\parallel} \approx 1$ MHz and $f_{\perp} \approx 0,7$ MHz were used [5, 6]. Ultrasound (US) impulse-phase method using computerized «KERN-4» with frequencies $f_{\perp} \approx 0,7$ MHz and $f_{\parallel} \approx 1$ MHz was used [7, 8]. The measured velocity error was equal to $\Delta V/V \approx 1,5$ %. The samples were prepared by ultrasonic dispersion using digital US bath CE-6200A with power W = 70 W at frequency $f \approx 42$ kHz. For measuring of internal friction (IF) and elastic module E the method of complete piezoelectric oscillator on frequency $f \approx 118$ kHz and the impulse method on frequency $f \approx 1,67; 5$ MHz and were used at deformation $\varepsilon \approx 10^{-6}$ in vacuum $P \approx 10^{-3}$ Pa. A measuring error relative change of the elastic module $\Delta E/E_0 \approx 0,5$ % [9].

It is proposed to use an autonomous thermal drill, called a water probe. A fundamentally new geotechnical device – an ultra-deep water probe – an autonomous

probe, in which the role of the heat generator is performed by a small-sized nuclear reactor on fast neutrons in Figure 1.

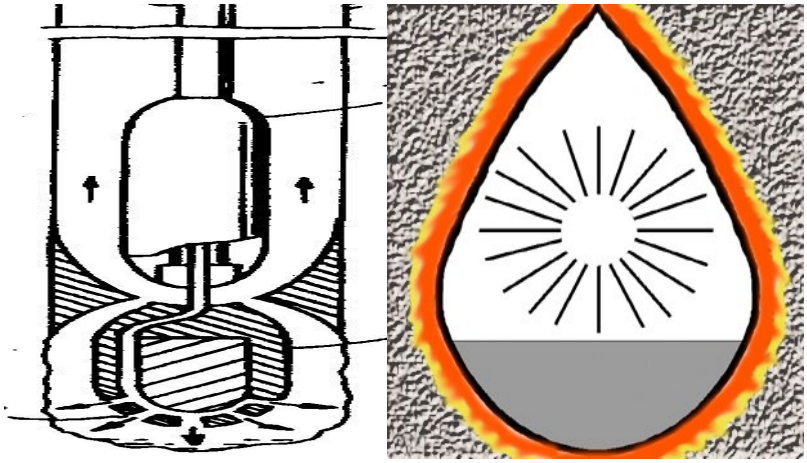


Figure 1 – Deep water probe streamline form with a spherical diameter with the nuclear reactor located in him fast-neutron with thermo heating elements which go away from the center

The immersion of the water probe into the molten rock occurs as a result of the action of gravity $P = M \cdot g$. This method of penetration has no alternative among existing traditional methods in terms of speed V and penetration depth H. The use of the method of contact thermal penetration in rock is accompanied by the formation of a glassy layer on the wall of the well, which leads to self-strengthening of the well walls with minimal disturbances in the surrounding rock massif.

To reduce energy losses due to heating of the Earth's rocks, the water probe should be of a streamlined shape with a spherical diameter. To move in the Earth's gravitational field, the density of the water probe ρ_{WP} must be greater than the density of the Earth's molten rocks ρ_{MR} ($\rho_{WP} > \rho_{MR}$). To do this the ballast made of a material with a high density ρ_{HD} is attached to the water probe. This design of the device is required for vertical movement to the center of the Earth.

Within the framework of the approximation of neglecting heat losses due to dissipation in solid rocks, we estimate the water probe movement velocity, which equals the melting velocity of the earth's rocks, $V_{WP} = V_{ML}$ by the formula:

$$V_{WP} \approx \frac{P}{4\pi r^2 \rho_R (L_{ML} + C\,\Delta T)}, \quad (1)$$

where r – the water probe radius, ρ_R – the rock specific density, L_{ML} – the rock melting specific heat, C – the rock specific heat capacity, $\Delta T = (T_{ML} - T_0)$ – the temperature difference between the rock melting temperature T_{ML} and the rock initial temperature T_0, P – the reactor power.

The time to reach the depth H and the water probe velocity V_{WP} depend on the energy supplied amount. The operating time of the water probe to reach the depth H is estimated by the formula:

$$t = \frac{H}{V_{WP}} \approx \frac{H\, 4\pi r^2 \rho_R (L_{ML} + C\,\Delta T)}{P} \quad (2)$$

Using U_{235} as a nuclear fuel in water probe, the combustion of 1 kg of which releases energy equal to $W \approx 19 \cdot 10^9$ Watt·hours, it is possible to estimate the required amount of fuel. Assuming $H \approx 15000$ m, water probe radius $r \approx 1$ m, $\rho_R \approx 2 \cdot 10^6$ g/m^3, $L_{ML} \approx 8 \cdot 10^5$ J/kg, $C \approx 1 \cdot 10^3$ J/kg· deg, $\Delta T \approx 1800$ K, $P \approx 1 \cdot 10^8$ Watt, we approximately obtain that the water probe passage velocity V_{WP} in rock reaches value $V_{WP} \approx 10^{-3}$ m/sec, which is approximately 100 times greater than the traditional drilling methods velocity, in which the maximum possible depth is limited to $H \leq 15000$ m [1,2].

The time for water probe to pass through the Earth's crust to the depth $H \approx 15000$ m at such velocity V_{WP} is approximately equal to $t \approx 0.5$ years. During the entire operation of water probe will be required $U_{235} \approx 50$ kg to provide the fast neutron nuclear reactor with power of $P \approx 1 \cdot 10^8$ Watt, which corresponds to the capabilities of modern small-sized nuclear reactors [3,4].

Experimental Results and Discussion. Illustrations of the window for processing data of quasilongitudinal elastic waves velocity measuring $V_{\parallel} = 3243 \pm 10$ m/sec in concrete ZSh-35; $V_{\parallel} = 2585 \pm 10$ m/sec in concrete ZSh-14p by pulse-phase US method at frequency $f_{\parallel} \approx 1$ MHz are represented in Figure 2, Figure 3.

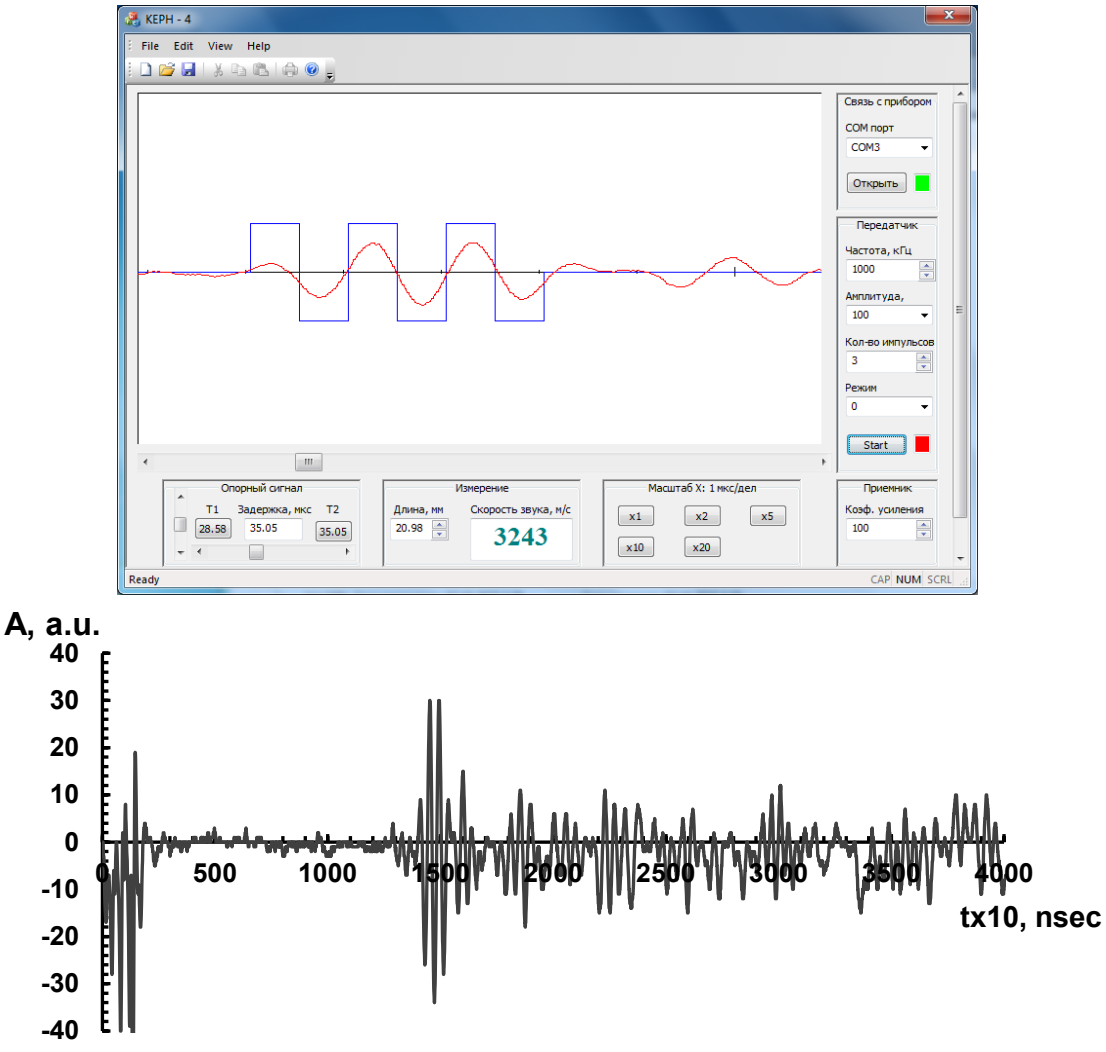


Figure 2 – Illustration of the window for processing data of quasilongitudinal elastic waves velocity measuring $V_{\parallel} = 3243$ m/sec in concrete ZSh-35 by pulse-phase US

method at frequency $f_{\parallel} \approx 1$ MHz. Logarithmic decrement of US attenuation $\delta = \ln\left(\frac{A_{n+1}}{A_n}\right) = \ln\left(\frac{30}{9}\right) \approx 1{,}20 \pm 0{,}1$.

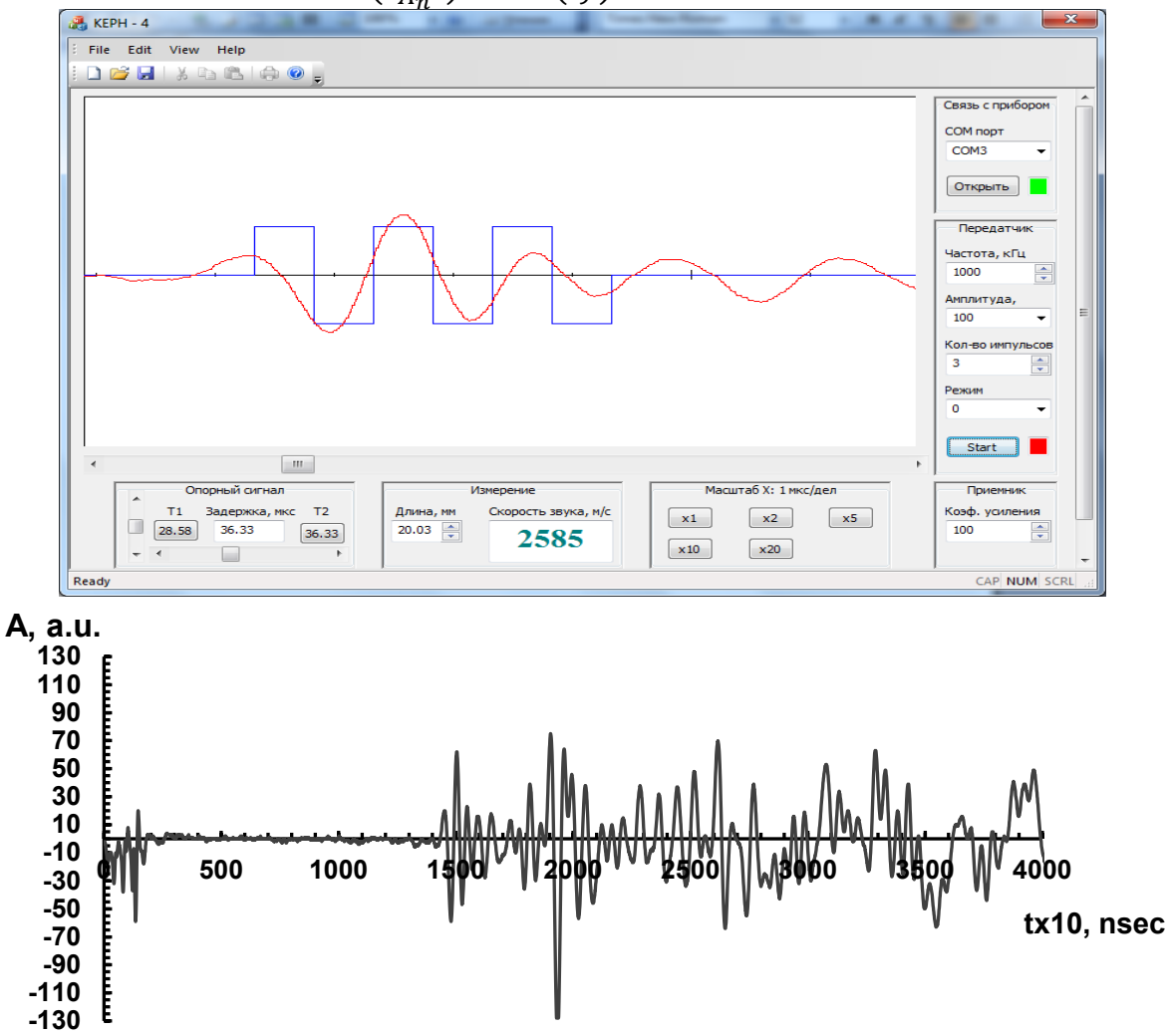


Figure 3 – Illustration of the window for processing data of quasilongitudinal elastic waves velocity measuring $V_{\parallel} = 2585$ m/sec in concrete ZSh-14p by pulse-phase US method at frequency $f_{\parallel} \approx 1$ MHz. Logarithmic decrement of US attenuation $\delta = \ln\left(\frac{A_{n+1}}{A_n}\right) = \ln\left(\frac{62}{20}\right) \approx 1{,}31 \pm 0{,}1$.

Conclusions

1. Inside and on the surface of the deep-water probe there are reconnaissance, control and management sensors that operate on the principle of reactions to temperature T, pressure P, melt density ρ_{ML}, deep water probe penetration velocity V_{WP}, rocks chemical composition.

2. The value of internal friction background Q^{-1}_0 after temperature, mechanical treatments describe the changes of the elastic stress σ_i fields in concrete, nanocomposite.

3. The presence of the strong interaction for nanocomposite between polymers and multiwalled carbon nanotubes was confirmed by mechanical studies.

Acknowledgements. This work has been supported by Ministry of Education and Science of Ukraine: Grant of the Ministry of Education and Science of Ukraine for

perspective development of a scientific direction «Mathematical sciences and natural sciences» at Taras Shevchenko National University of Kyiv.

References

1. Allen R. R. Apparatus for drilling holes in earth. *Patent USA* № 2953353. 20.09.1960. 4p.
2. Armstrong D. E. et al. High temperature rock drill. *Patent USA* № 3357505. 12.12.1967. 5 p.
3. Adams W. M. Nuclear reactor for earth penetration. *Patent USA* № 3115194. 24.12.1963. 5 p.
4. Benson G. M. Thermal underground penetrator. *Patent USA* № 3396806. 13.08.1968. 6 p.
5. Onanko Y. A., Kuzmych L. V., Onanko A. P. et al. Anelastic internal friction and mechanical spectroscopy of SiO_2/Si wafers. *ECS Journal of Solid State Science and Technology.* 2024. V. 13, № 4. P. 045001(6). **DOI:** https://iopscience.iop.org/article/10.1149/2162-8777/ad36e0
6. Onanko A. P., Kuzmych L. V., Onanko Y. A. et al. Indicatory surface of anelastic-elastic properties of Ti alloys. *Materials Research Express*. 2023. V. 10, № 10. P. 106511(7). **DOI:** https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2053-1591/acfecc
7. Onanko Y. A., Kuzmych L. V., Onanko A. P. et al. Influence of irradiation on indicatory surface of anelastic-elastic body of AgZn alloy. *Materials Research Express*. 2025. V. 12, № 1. P. 016516(8). **DOI:** https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2053-1591/adabbc
8. Onanko A. P., Kuryliuk V. V., Onanko Y. A. et al. Peculiarity of elastic and inelastic properties of radiation cross-linked hydrogels. *J. Nano- Electron. Phys*. 2020. V. 12, № 4. P. 04026(5). **DOI:** https://doi.org/10.21272/jnep.12(4).04026.
9. Onanko A. P., Kuryliuk V.V., Onanko Y.A. et al. Features of inelastic and elastic characteristics of Si and SiO_2/Si structures. *J. Nano- Electron. Phys.* 2021. V. 13, № 5. P. 05017(5). **DOI:** https://doi.org/10.21272/jnep.13(5).05017.

УДК 628.164

PREVENTION OF CORROSION BY USING CORROSION INHIBITORS

Taranenko A., Trus I., Vorobyova V.

Київський Політехнічний Інститут ім. Сікорського, м. Київ
arseny13@ukr.net

Corrosion is a significant problem in various water circulation systems. Corrosion phenomenon is defined as damage to metals and alloys due to chemical or electrochemical interaction with the environment [1]. There are certain methods of protecting metals from corrosion, such as coating, alloying, cathodic and anodic protection, as well as the use of laser treatment of the metal surface, which is considered as a way to improve the properties of metals, in particular roughness, hardness and corrosion resistance. The most effective method of eliminating corrosion is the use of corrosion inhibitors [2]. They are of great practical importance, since they are widely used to reduce metal losses during production and reduce the risk of material destruction, which can lead to a sudden cessation of industrial processes and, accordingly, to additional costs. It is also important to use corrosion inhibitors to prevent the dissolution of minerals and reduce the consumption of acids.

By the mechanism of action, corrosion inhibitors are divided into passivating and adsorptive. Principle of operation of the adsorption mechanism: inhibitor molecules are adsorbed on a negatively charged metal surface due to their cationic groups, forming a hydrophobic film. This film isolates the metal from the corrosive environment, reducing the availability of oxygen and corrosive agents. The passivation mechanism works according to this principle. Inorganic compounds (nitrites, molybdates, chromates) form a protective oxide film on the metal surface, which shifts the corrosion potential to the positive side [3].

Although classic corrosion inhibitors are quite effective (inhibition efficiency exceeds 85 %), their use can lead to certain consequences, for example [4] one of the biggest problems with the use of organic corrosion inhibitors is their limited solubility, especially in polar electrolytes. Due to their hydrophobic nature, organic corrosion inhibitors, in particular compounds containing aromatic rings and non-polar hydrocarbon chains, have low solubility, which adversely affects their protection effectiveness. Therefore, modern scientific research in the field of corrosion science and engineering is aimed at the development of corrosion inhibitors that contain hydrophilic polar functional substituents in their molecular structure. Inorganic inhibitors such as arsenates, phosphates, chromates and dichromates, although have demonstrated high inhibition efficacy, have been recognized as dangerous because of the threat they pose to our health in the long term [5].

One of the most important areas now is the development of sustainable, «green» corrosion inhibitors, which are made from natural resources (biopolymers, plant extracts, natural compounds) or synthesized using environmentally friendly technologies (use of green solvents, energy-efficient methods, MCR). Such compounds have low toxicity, high biodegradation and minimal bioaccumulation

capacity. In particular, plant extracts and inhibitors based on natural compounds usually have low toxicity and are easily decomposed, which reduces the risks of environmental pollution, and as corrosion inhibitors, they now have an inhibition efficiency of more than 80 %. This high efficiency is due to the high concentration of active components known as phytochemical compounds. In addition, the effectiveness of «green» corrosion inhibitors can be explained by the determination of the type of inhibitor and the mechanism of its action [6]. In addition to the efficiency of green corrosion inhibitors, economic viability can be added by using agricultural waste from farming as their raw materials [7].

Corrosion inhibitors are also being studied that demonstrate a high level of metal protection even in challenging conditions [8]. A synthesized inhibitor based on oil and polyethylene polyamines containing imidazolines achieved a corrosion protection level of 90-92 % for steel at 80°C in a mixture containing 200 cm^3 of 3 % sodium chloride solution, 800 cm^3 of oil, and an acetic acid concentration of 0.5-3.0 g/dm^3, with an inhibitor dose of 50 mg/dm^3.

Today, the development of corrosion inhibitors focuses on finding new substances that will have a high inhibiting effect under various pH levels, water temperatures, and other conditions. An important task is to find optimal doses of corrosion inhibitors and ways to apply them, considering their cost and effectiveness.

References

1. KADHIM, A. et al. Corrosion inhibitors. A review. International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, 2021, 10(1), 54-67.

2. GOMELYA, N., TRUS, I., STEPOVA, O., KYRYLIUK, O., IVANENKO, O., KHOMENKO, A. Devising a corrosion inhibitor for steel St-37-2 in water-oil mixture. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 2(6), 28-33.

3. SAHU, B. C. Organic corrosion inhibitors. In Introduction to corrosion -Basics and advances. IntechOpen, 2023.

4. VERMA, C. et al. Recent developments in sustainable corrosion inhibitors: design, performance, and industrial scale applications. Materials Advances, 2021, 2(12), 3806-3850.

5. GONI, L. K. M. O., MAZUMDER, M. A. J. Green corrosion inhibitors. In: Corrosion inhibitors. IntechOpen, 2019.

6. SALLEH, S. Z. et al. Plant extracts as green corrosion inhibitor for ferrous metal alloys: A review. Journal of Cleaner Production, 2021, 304, 127030. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127030.

7. VOROBYOVA, V. I.; SKIBA, M. I.; TRUS, I. M. Apricot pomaces extract (Prunus armeniaca L.) as a highly efficient sustainable corrosion inhibitor for mild steel in sodium chloride solution. International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, 2019, 8(4), 1060-1083.

8. GOMELYA, N., TRUS, I., STEPOVA, O., KYRYLIUK, O., HLUSHKO, O. Synthesis of high-effective steel corrosion inhibitors in water-oil mixtures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 1(6), 6-11. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194315.

УДК 631.811.982

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ З СИНЕРГІЧНИМ ЕФЕКТОМ ЯК СКЛАДОВА РОЗВИТКУ ЗРОШЕННЯ В УКРАЇНІ

Ромащенко М.І.[1], Конаков Б.І.[1], Никитюк О.А.[1], Пантелєєв В.П.[1], Томашевський О.В.[2], Поліщук В.В.[3], Коваленко І.О.[3]

[1]*Київський аграрний університет НААН, м. Київ*
[2]*ТОВ «Іригатор», м. Одеса*
[3]*Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ*
crony@meta.ua

Зростаючий в Україні на фоні війни і глобальних змін клімату дефіцит водних ресурсів вимагає їх ефективного використання, в тому числі на потреби зрошення. Це, в свою чергу, обумовлює необхідність розробки і впровадження інноваційних, екологічно безпечних технологій, які підвищують як ефективність рослинництва, так і функціонування систем зрошення. Однією з таких технологій з ознаками синергії є застосування електрохімічно активованих екологічно безпечних сольових розчинів – католітів і анолітів, які є продуктами електрохімічної активації прісних або слабо мінералізованих вод (ЕХАВ). Феномен ЕХАВ, відкритий у 70-ті роки минулого століття, полягає у надходження електронів у воду навколо катоду і видалення електронів навколо аноду, навіть у дистильованій воді за наявності між анодом і катодом напівпроникної діафрагми. Протікання самого процесу суттєво відрізняється від протікання класичних законів електролізу. ЕХАВ супроводжується реакціями на поверхнях анодів і катодів, в результаті яких в аноліті, біля аноду, з'являється оксид водню H_2O_2, гідроксильні радикали $^*OH$, кисень O_2 та іони водню H^+; біля катоду, в католіті, зосереджується водень H_2, гідроксид-іони OH^- та гідратовані іони H_3O [1]. Властивості анолітів і католітів, що виникають під час ЕХАВ, також суттєво відрізняються від анолітів і католітів, які з'являються під час класичного електролізу, за характером їх релаксації, показників лужності (pH) та окислювально-відновлювального потенціалу (ОВП). Дослідження, проведені вченими багатьох країн світу, показали, що аноліт проявляє себе як потужна дезінфікуюча речовина, католіт – як універсальний антиоксидантний і оздоровлюючий засіб.

Дезінфікуюча спроможність аноліту значно перевищує розчини гіпохлориту або хлорної води, а патогенна мікрофлора не здатна ставати до них резистентною. Найважливішою складовою сучасних анолітів, які широко застосовуються в різних галузях багатьох країн є хлорнуватиста кислота HClO (більш, ніж 99 %). Присутні в ньому також кисневі сполуки хлору та пероксидні сполуки, які безпечні для людей і тварин і після використання перетворюються на воду. В медичних закладах Швейцарії, Бельгії, Туреччини, США, Кореї, Японії та інших країн цей препарат використовуються для дезінфекції і стерилізації поверхонь, обладнання, посуду, білизни, в стоматологічній практиці, при лікуванні захворювань внутрішніх органів, при особливо небезпечних інфекціях

тощо. В 2016 році Управлінням з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів США хлорнуватиста кислота схвалена як основний активний інгредієнт при лікуванні ран та різних інфекцій у людей та тварин. А в 2021 році гіпохлоритна кислота була внесена до Наказу МОЗ України від 28.03.2020 № 722 «Організація надання медичної допомоги хворим на коронавірусну хворобу (COVID-19)» як засіб для боротьби з COVID-19. Існує досвід використання аноліту у рослинництві і зберіганні сільгосппродукції, тваринницьких комплексах тощо [2]. Є також данні про те, що аноліт стимулює проростання насіння і запобігає захворюванню сільськогосподарських рослин, може знижувати мінералізацію і знезаражувати води для зрошення [3,4]. В Україні застосування ЕХАВ досліджено недостатньо, що потребує проведення ґрунтовних досліджень з метою підтвердження їх іноваційних властивостей.

В Київському аграрному університеті НААН України (КАУ НААН) протягом 2023 року було проведено дослідження з встановлення можливості застосування ЕХАВ для зрошення сільськогосподарських культур, а також покращення дренажних та стічних вод для цілей зрошення компонентами ЕХАВ. В 2024 році були проведені лабораторні і польові дослідження з встановлення можливості промивки краплинних водовипусків систем краплинного зрошення компонентами ЕХАВ. Дослідження, проведені в 2023 році на пробах стічних вод Бортницької станції аерації стічних вод міста Києва продемонстрували високу протимікробну дію аноліту із показниками ОВП = +600 і pH 4 відносно коліформних бактерій E. Coli, які є достатньо стійкими до багатьох стандартних знезаражувачів [5]. Для дослідів використовувались тести WaterWorks ™ Bacteria Check компанії Industrial Test Systems Inc (США), які відповідають вимогам EPA – Агенства США з захисту навколишнього середовища і здоров'я людей (рис. 1).



Рисунок 1 – Тестування наявності в пробах стічної води Бортницької станції аерації стічних вод міста Києва бактерій E. Coli: зліва – тест проб стічної води без знезараження анолітом (колір жовтий – живі бактерії присутні); справа – тест проб стічної води після знезараження анолітом (колір фіолетовий – живі бактерії відсутні)

Було також встановлено можливість впливати електрохімічною активацією на рівні мінералізації водних розчинів (табл. 1).

Таблиця 1 – Зміна рівня загальної мінералізації водних розчинів під впливом електрохімічної активації

Первинна загальна мінералізація, г/дм^3	2,1	3,2	3,9	4,8	6,0	6,9
Час активації, хв	14	12	10	8	6	4
Загальна мінералізація після активації, г/дм^3	0,7	1,1	1,6	2,3	3,1	3,5
Зниження загальної мінералізації після активації, %	66,7	65,7	59,0	52,1	48,3	49,3

Крім цього, в 2023 році в лабораторних умовах було досліджено вплив ЕХАВ на пророщування зерна пшениці та кукурудзи, а також на розвиток розсади та врожайність перців і томатів. Результати досліджень показали, що застосування ЕХАВ сприяє як пророщуванню насіння зернових культур, так і розвитку розсади і збільшенню врожайності овочевих культур [5]. Загалом результати досліджень 2023 року засвідчили, що застосування ЕХАВ може бути ефективним як при підготовці мінералізованих вод до зрошення так і при вирощуванні сільськогосподарських культур. За цього, технологіям застосування ЕХАВ в зрошуваному землеробстві властива синергічність (від грец. Σύν – разом і ἔργον – дія), коли сумарний ефект, що виникає при взаємодії декількох факторів, суттєво переважає ефект кожного окремого компонента у вигляді простої їхньої суми. В випадку ЕХАВ цей ефект полягає в стимуляції проростання насіння, дезінфекції ґрунту і недопущенні виникнення кореневої гнилі і інших захворювань, прискоренні розвитку, збільшенні врожайності та якості врожаю, наприклад, крупності плодів сільськогосподарських культур.

В 2024 році в КАУ НААН було проведено дослідження з визначення дії низькоконцентрованих екологічно безпечних сольових розчинів аноліт «Кристал» та «Секобрен» на забруднення біологічного походження краплинних водовипусків систем краплинного зрошення [6], виникнення яких сьогодні є однією з головних причин втрати працездатності систем краплинного зрошення.

Дослідження підтвердили співставність промивної дії екологічно безпечних, електрохімічно активованих сольових розчинів з екологічно небезпечними закордонними засобами з високим вмістом хлору, які використовуються в Україні для цих цілей сьогодні. Дослідження в цьому напрямку потребують продовження для отримання статистично обґрунтованих результатів і розробки елементів технології промивки краплинних водовипусків електрохімічно активованими низькосольовими розчинами.

Ще однією інноваційною технологією зрошувального землеробства з синергічною складовою, яка останні роки широко досліджується в світі, є технологія нанобульбашок – заповнених газом бульбашок, розміром менших за 200 нм [7]. Ці нанобульбашки, як і ЕХАВ, мають парадоксальні властивості, і до недавнього часу заперечувалися багатьма вченими. Феномен нанобульбашок полягає в їх довготривалому існуванні з внутрішнім тиском біля 3 МПа, потопленні у воді і непрогнозованих траєкторіях руху (броунівський рух). Незважаючи на те, що цей феномен відомий вже більш, ніж 30 років, чіткого розуміння механізмів, які обумовлюють існування нанобульбашок – не існує. Це пов’язано з тим, що параметри і поведінка наобульбашок не відповідають законам існування газових бульбашок, відкритих ще в середині минулого століття [8]. За класичними уявленнями сьогоднішньої фізики, нанобульбашки взагалі не можуть існувати. Лише, починаючи з 2018 року, вченими різних країн було проведено дослідження, які довели, що нанобульбашки – це наповнені газом бульбашки розміром менші за 200 нм. Разом з тим, незважаючи на незрозумілість законів існування нанобульбашок, є данні щодо їх можливості очищувати води (включаючи стічні), збільшувати аерацію ґрунту, підвищувати ступінь засвоєння рослинами добрив, сприяти вирощуванню аквакультури, запобігати виникненню біоплівки на внутрішніх поверхнях трубопроводів. Згадані можливості

нанобульбашок сьогодні вивчаються в різних країнах світу. В Україні досвід стосовно застосування нанобульбашок в зрошуваному землеробстві – відсутній. Разом з цим, наявність інформації щодо ефективного застосування нанобульбашок для очистки мембран систем зворотного осмосу, дає підстави вважати можливим їх застосування для вирішення однієї з важливих сьогоднішніх проблем зрошуваного землеробства – очищення фільтрів тонкої очистки систем краплинного зрошення від забруднень біологічного походження. Це саме стосується і краплинних водовипусків систем краплинного зрошення. Також перспективними є дослідження впливу насиченої нанобульбашками поливної води на підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Посилання

1. М.І. Ромащенко, Б.І. Конаков, В.В. Поліщук, С.В. Усатий. Електрохімічно активована вода (ЕХАВ): історія відкриття, специфіка процесу, сучасний стан та перспективи її застосування при зрошенні. Меліорація і водне господарство, 2021, № 2.

2. Лисиця А.В., Мандигра Ю.М. Електрохімічна активація води, як альтернатива традиційним дезінфектантам. XII Міжнародна науково-практична конференція «About modern problems in science and ways to solve them», Крас (Австрія), 2021, 19-22с.

3. Qing, G., Anari, Z., Foster, S.L., Matlock, M., Thoma, G., & Greenlee, L.F. (2021). Electrochemical disinfection of irrigation water with a graphite electrode flow cell. Water, 93 (4), 535-548. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wer.1456.

4. John, W. & Bartok, JR. (2016). Disinfecting recycled irrigation water. Greenhouse management. Retrieved from https://www.greenhousemag.com/article/disinfecting-recycled-irrigation-water/.

5. Ромащенко М.І., Конаков Б.І., Никитюк О.А., Ярош А.В. Оцінка можливостей застосування електрохімічно активованої води для цілей зрошення. Меліорація і водне господарство, (2), 2023. С. 50-58. DOI: https://doi.org/10.31073/mivg202302-365

6. М.І. Ромащенко, Б.І. Конаков, О.В. Томашевський, В.В. Поліщук, І.О. Коваленко. Оцінка можливості промивки систем краплинного зрошення електрохімічно активованими низькоконцентрованими сольовими розчинами Меліорація і водне господарство. 2024. № 2. С. 45-54. DOI: https://doi.org/10.31073/mivg202402-390.

7. Chaurasia, Gita. Nanobubbles: an emerging science in nanotechnology. MGM Journal of Medical Sciences 10(2):p 327-334, April-June 2023. | DOI:10.4103/mgmj.MGMJ_59_23.

8. Epstein, P.S. і Plesset, M.S. (On the Stability of Gas Bubbles in Liquid-Gas Solutions. Journal of Chemical Physics: 1 18 (11): 1505–9, 1950).

УДК 628.31

ФОРМУВАННЯ ВМІСТУ СПОЛУК АЗОТУ В ПОВЕРХНЕВИХ СТІЧНИХ ВОДАХ

Юрченко В.О.[1], Проскурнін О.А.[2], Мельникова О.Г.[1], Мельник С.В.[1]

[1]Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків
[2]Український науково-дослідний інститут екологічних проблем, м. Харків
Valentyna.Yurchenko@kname.edu.ua

Поверхневі стічні води утворюються при випадінні атмосферних опадів, що містять розчинені атмосферні забруднення – газоподібні речовини, часточки та аерозолі, на різні території, а при стіканні з цих територій змивають із поверхонь сільськогосподарських угідь, доріг, вулиць, дахів, майданчиків та інших об'єктів продукти ерозії ґрунту, рухливі сполуки зі складу ґрунту, пил, сміття, бензин, й інші забруднення. Об'єми поверхневих стічних вод, утворених на урбанізованих територіях, сягають декількох тисяч кубічних метрів з га. В поверхневих (зливових) стічних водах, що утворюються на міських урбанізованих територіях, найбільш екологічно-небезпечними забрудненнями (видалення яких становило пріоритетну задачу) донедавна вважалися завислі речовини та нафтопродукти. Але з початку 2000-х років стала спостерігатись стійка тенденція підвищення у поверхневих стічних водах концентрацій біогенних елементів – азоту та фосфору. Екологічна небезпека цього явища була зумовлена тим, що концентрація азоту та фосфору в поверхневих стічних водах почала перевищувати концентрацію сполук цих елементів у міських природних водоймах, а це вже слугувало фактором евтрофікації природних об'єктів гідросфери [1, 2].

В експериментальних дослідженнях відзначено стійке зростання концентрації азоту амонійного у воді річок Харків та Лопань у створі нижче міста, що свідчить про забруднення річкової води в тому числі поверхневими стічними водами з території м. Харкова [3]. Азот відноситься до змінновалентних біогенних елементів, які активно перетворюються біологічною ланкою його кругообігу в біосфері. Проте з різноманіттям перетворень, які здійснюють с сполуками азоту мікроорганізми, не може зрівнятись ніяка біота [4-8]. Залежно від екологічних умов (кисневого режиму, наявності органічних субстратів, окисно-відновних умов та ін.) сполуки азоту певними видами бактерій, які спонтанно розвиваються в водних середовищах, можуть окиснюватися, а іншими видами бактерій – відновлюватись, переходити з розчинного у воді стану в газоподібний і навпаки фіксуватись з повітря та ін. При цьому можуть утворюватись екологічно небезпечні сполуки (в тому числі як побічні продукти). До таких сполук відносяться:

– нітрити, які утворюються в процесі першої фази мікробіологічної нітрифікації амонійного азоту в присутності кисню в середовищі, а також при денітрифікації нітратів в безкисневих умовах. Нітрити відзначаються порівняно

найвищим рівнем токсичності серед контролюємих неорганічних сполук азоту, накопичення нітритів в природних водоймах – велика екологічна проблем;

– закис азоту – парниковий газ, основний руйнівник озону в стратосфері, який має потенціал глобального потепління (GWP) в 298 разів більший, ніж вуглекислий газ. N_2O утворюється головним чином в мікробіологічних процесах нітрифікації та в основному денітрифікації, коли наявність розчиненого кисню інгібує багатоступеневе відновлення нітратів до молекулярного азоту, що призводить до утворення N_2O. Емісія N_2O під час цих процесів залежать від таких факторів, як концентрація нітритів, кінетика процесів, pH, температура, а також співвідношення концентрації органічних сполук і сполук азоту в процесах гетеротрофної денітрифікації. Ключовим параметром, що впливає на утворення N_2O, є концентрація розчиненого кисню [6, 8].

Таким чином в цілому екологічна небезпека надходження азотвмісних поверхневих стічних вод в природні водойми та водотоки в умовах спонтанних мікробіологічних процесів зумовлена наступними чинниками (рис. 1), які пов'язані з евтрофікацією, рівнем токсичністю води та утворенням парникових газів.

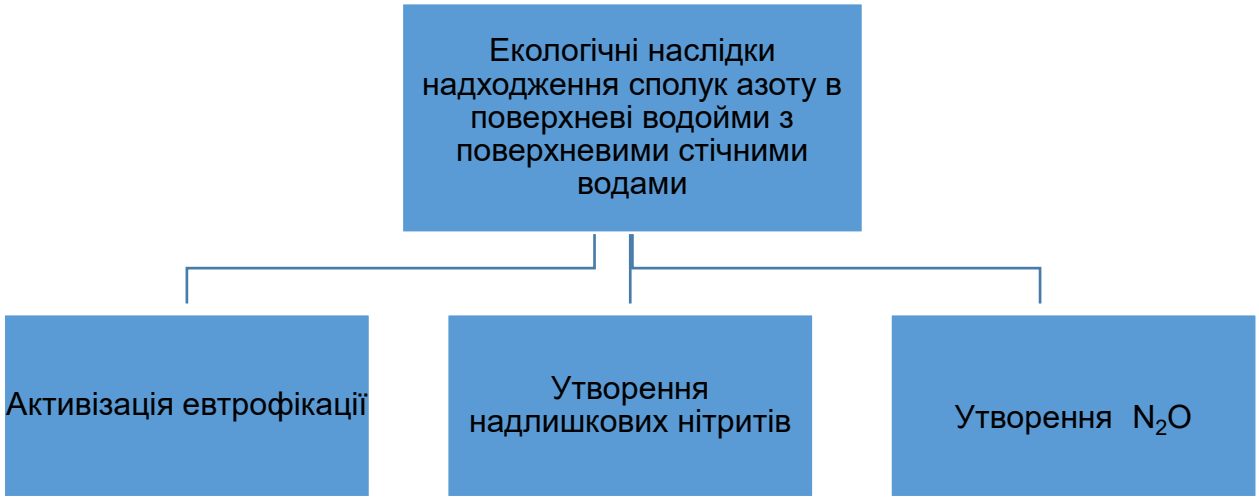


Рисунок 1 – Основні загрози рівню екологічної безпеки природних водойм, спричиненої надходженням азотвмісних поверхневих стічних вод

Метою роботи була оцінка рівня забрудненості атмосферних опадів зимового та літнього сезонів, що випадають на територію м .Харкова, неорганічними сполуками азоту.

Як відзначалось вище, через високе забруднення атмосферного повітря атмосферні опади (дощ та сніг) вже містять певні концентрації азоту амонійного, нітритів та нітратів. Проте і в подальших процесах (снігостоянні, змиву з проникних та непроникних поверхонь) поверхневі стічні води збагачуються сполуками азоту (табл. 1).

Таблиця 1 – Концентрація азотвмісних сполук в поверхневих стічних водах зимового сезону в м. Харкові

Показник	Проби снігу	
	атмосферний сніг	Сніг після 6 діб снігостояння (5 м від перехрестя автодоріг)
$N\text{-}NH_4$, мг/л	0,54	6,2
$N\text{-}NO_3$, мг/л	0,91	3,2

Як свідчать отримані дані, на території міста відзначається активне підвищення концентрації амонійного азоту в снігу, порівняно з його вмістом в атмосферному снігу. Навіть на закритих від впливу автомобільного транспорту територіях – внутрішньо будинкових подвір'ях, концентрація амонійного азоту в снігу збільшувалась у 3,5 рази, а у придорожньому просторі перехрестя автодоріг – більш ніж у 10 разів. Абсолютні концентрації амонійного азоту в снігу (2,2-6,2 мг/л) суттєво перевищували екологічно безпечний рівень для природних водойм – ГДК для скидання стічних вод у природні водойми (2 мг/л) [9, 10]. Аналогічна картина спостерігається і з поверхневими стічними водами літнього сезону (табл. 2). Атмосферні опади містять певні концентрації азотвмісних сполук, які після змиву з дахів суттєво підвищуються.

Таблиця 2 – Концентрація азотвмісних сполук в поверхневих стічних водах літнього сезону в м. Харкові

Показник	Проби дощової води	
	Атмосферний дощ	Стік з водостічної труби
pH	6,85	7,07
Азот амонійний, мг/л	1,92	10,29
Нітрити, мг/л	0	0,07
Нітрати, мг/л	0	17,50

До того ж, необхідно враховувати забруднення дощових вод після змиву з автомобільних доріг (в яких концентрація сполук азоту, за нашими даними, може досягати 13,4 мг/л [11]), а також змиву з відкритих ґрунтових поверхонь газонів та інших об'єктів. За нашими даними концентрація сполук азоту в таких змивах становить 11,2-35,5 мг/кг ґрунту [11].

Таким чином, на урбанізованих територіях утворюються поверхневі стічні води, які містять екологічно небезпечні для природних водойм концентрації сполук азоту. Особливу небезпеку й перевищення ГДС для скиду стічних вод у природну водойму становлять сполуки амонійного азоту. Необхідна організація очистки таких стічних вод з допомогою фізико-хімічних методів, перелік яких наразі дуже достатній. Крім того, ринок очисних споруд та установок пропонує велику кількість споруд та обладнання для обробки стічних вод, в яких ці методи реалізовуються.

Посилання

1. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013. 128 с.

2. Вовк Л. І., Трофимчук Ю. А. Порівняння об'ємів поверхневого стоку з типових мікрорайонів житлової забудови великих міст, визначених згідно з нормативними документами України. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. 2018. № 904. С. 3-9. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2018_904_3.

3. Юрченко В., Мельникова О., Телюра Н., Мельник С., Багмут Л. Депонування сніговим покровом у придорожньому просторі пріоритетних полютантів з викидів автотранспорту. Комунальне господарство міст. 2024. Т. 6, № 186. С. 35-41. Режим доступу: https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6382/6303.

4. Gołaś I., Zmysłowska M., Harnisz M., Korzekwa K., Skowrońska A., Teodorowicz M., Górniak D., Gros S., Brzozowa Nitrogen Cycle Bacteria in the Waters of the River Drwęca. Polish Journal of Environmental Studies. 2008. Vol. 17, No. 2. P. 215-225.

5. Hertel O. Nitrogen processes in the atmosphere. The European Nitrogen Assessment. Cambridge University Press, 2011. Vol. 9. P. 177-207. Режим доступу: http://surl.li/udrhp.

6. Mark A. S., Clare M. H., Jan W. E., Gilles B., Bleeker A., Peringe G., Bruna G. The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives. Cambridge University Press, 2011. DOI:10.1017/CBO9780511976988

7. Akbarzadeh Z., Laverman A., Rezanezhad F., Raimonet M., Viollier E., Shafei B., Cappellen P. Benthic nitrite exchanges in the Seine River (France): An early diagenetic modeling analysis. Science of the Total Environment. 2018. № 628-629. P. 580-593.

8. Huyen T., Joachim F., Meon G. Kinetics and simulation of nitrification at various pH values of a polluted river in the tropics. Ecohydrology & Hydrobiology. 2018. № 188. P. 12.

9. Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 № 721. Зареєстровано у Міністерстві юстиції України 16.05.2022 за № 524/37860.

10. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.03.1999 № 465 (зі змінами від 07.08.2013 № 748).

11. Юрченко В. О., Вирожемський В. К., Бригада Е. В., Коротченко М. В. Проблема забруднення придорожнього простору та схеми відведення та очищення стоків з автомобільних доріг та мостових переходів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2012. Вип. 83. С. 22-29.

Подяка

Дослідження було проведено в рамках виконання проєкту «StormCompetence – Підвищення професійних компетенцій дослідників у сфері управління зливовими водами для відновлення міської інфраструктури України у післявоєнний час.». Цей проєкт профінансовано програмою Swedish Institute.

УДК 631.6:627.417.4

ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ НАДІЙНОСТІ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ

Гурин В.А., Радчук М.І.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
v.a.guryn@nuwm.edu.ua

У водогосподарському комплексі меліоративних систем важливе місце займають гідротехнічні споруди, які є найбільш поширеними інженерними об'єктами, які служать для регулювання стоку та переїзду через відкриті канали. Економічна, екологічна і соціальна відповідальність цих об'єктів надзвичайно висока. Тому питанням надійності роботи гідротехнічних споруд у всьому світі і в Україні надається значна увага.

Більшість гідротехнічних споруд на території України було побудовано після 1960 року. Більш того, щороку в рік імовірність аварій (відмов) на таких спорудах мають тенденцію росту, особливо після 40-50 років їх експлуатації.

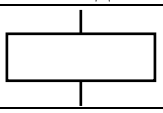
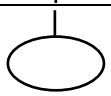
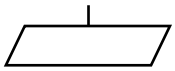
Побудова дерева відмов, меліоративних гідротехнічних споруд, дозволяє аналізувати події, які можуть призвести до функціональних відмов ГТС, до яких відносяться: перетин каналами доріг та регулювання рівнів води в каналах. Можна побудувати дерево відмов, що призводять до невиконання основних функцій меліоративних ГТС, внаслідок відмови окремих елементів. На рисунку 1 дерево відмов приведено в загальному вигляді, а умовні позначення основних логічних подій, що використані для його побудови, наведено в таблицях 1 і 2. При аналізі конкретної споруди це дерево відмов повинно опрацьовуватися вже більш детально, оскільки всі гідротехнічні споруди унікальні.

При побудові функціонального дерева відмов меліоративних гідротехнічних споруд брався до уваги досвід довготривалої експлуатації та реальний технічний стан ГТС який був отриманий комплексом польових досліджень на осушувальних системах: «Деражно-Постійне», «Печалівка», «Мельниця» Костопільського району та осушувальних систем «Безодня», «Бечаль», «Воля», «Стубелка», «Олександрія», «Шубків» Рівненського району.

Так, оскільки особливістю гідротехнічних об'єктів є нерівноцінність можливих відмов, різних структурних елементів та різні параметри ремонтопридатності, для обліку значимості відмов можна використовувати пріоритет. Слідуючи пріоритету, при аналізі надійності гідротехнічних споруд до першої відмови надаючи перевагу порушенням працездатності більш важливого елемента або ж можливості більш важкої відмови.

Процедура отримання показників імовірності відмови (безвідмовності) системи за допомогою дерева відмов полягає в оцінці імовірності реалізації головних подій. В даному випадку головних функцій споруди, а це забезпечення перетину каналами доріг та регулювання рівнів води в каналі залежно від призначення споруди за відомими ймовірностями появи базових подій (відмови).

Таблиця 1 – Умовні позначення подій

Номер події	Позначення події	Назва події	Опис подій
1		Проміжна	Проміжна подія дерева відмов
2		Базова	Подія, яка характеризує відмову окремого елемента споруди
3		Нерозглядувана	Подія, яка не розглядається в рамках заданої моделі
4		Символ переносу	Символ, що відображає перенос наступних подій

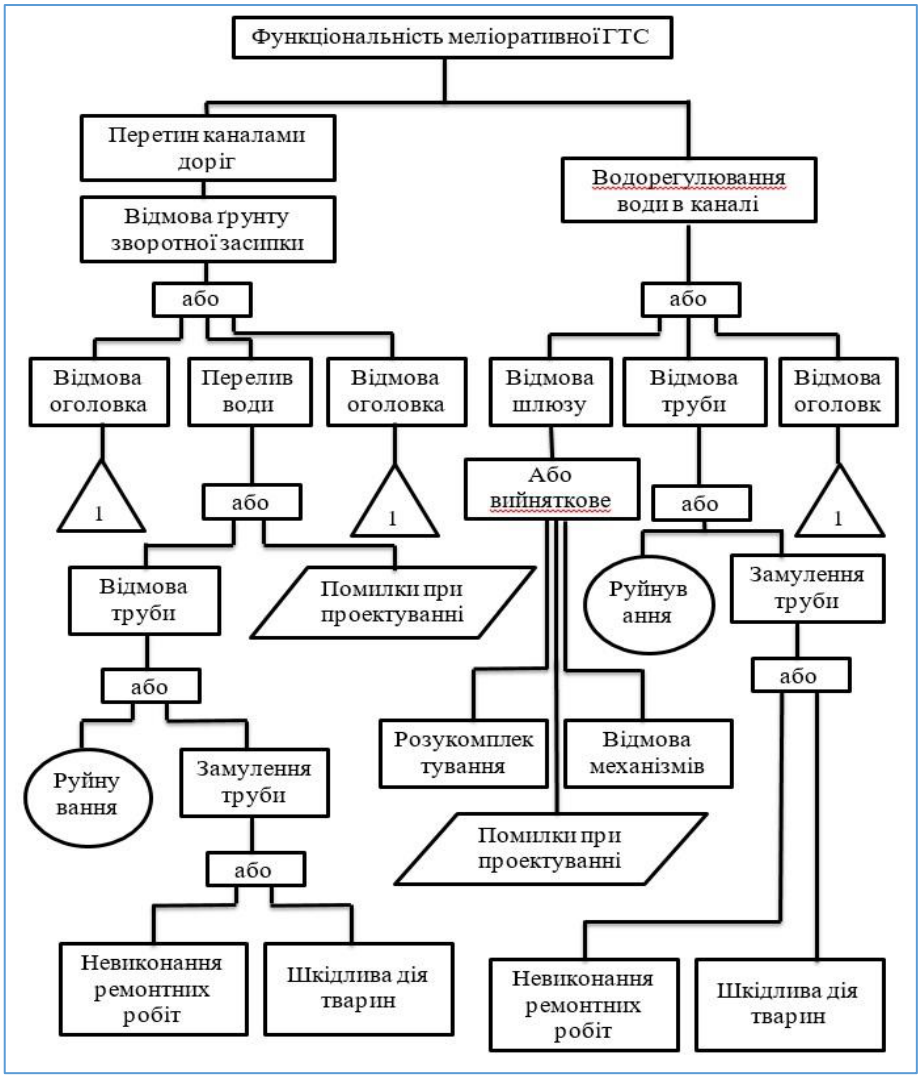


Рисунок 1 – Функціональне дерево відмов меліоративних гідротехнічних споруд

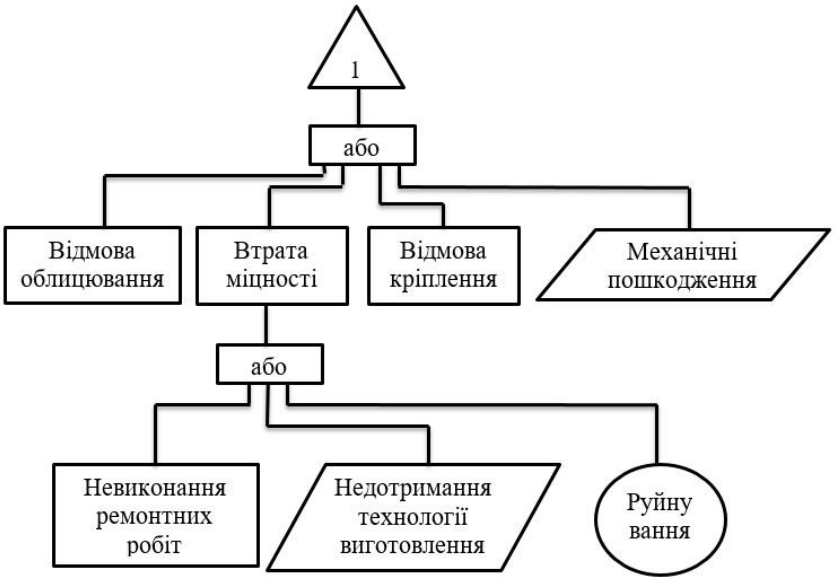
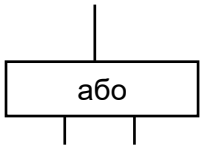


Рисунок 2 – Продовження функціонального дерева відмов меліоративних гідротехнічних споруд

Таблиця 2 – Умовні позначення варіації подій та розрахункові формули

Позначення варіанта	Назва варіанта	Опис варіанту події	Оцінка імовірнісної дії
	Лише	Подія – наслідок реалізації якої має при настанні хоча б однієї з n попередніх подій	$Q = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - Q_i)$
	Лише виняткове	Подія – наслідок реалізації якої має місце реалізація любої попередньої події але не кількох одночасно	$Q = \sum_{i=1}^{n} \left(Q_i \cdot \prod_{j=1} (1 - Q_j) \right)$

Обчислення імовірностей вихідних подій здійснювалось на основі методів параметричної теорії надійності з урахуванням статистичних даних технічного стану ГТС при довготривалій експлуатації.

Імовірно до подій-наслідків (розроблюваних подій) визначаються залежно від дії відповідних логічних варіацій реалізації подій за формулами, наведеними в таблиці 2.

Виконуючи розрахунки дерева відмов рисунку 1 та 2, отримуємо наступну імовірність виникнення подій для відмови оголовка:

$$Q_{B.Oг.} = 1 - \left[(1 - Q_{B.Обл}) \cdot (1 - Q_{B.M.}) \cdot (1 - Q_{B.Кр}) \right]$$

$$Q_{B.Oг.} = 1 - \left[(1 - 1{,}7 \cdot 10^{-2}) \cdot (1 - 8{,}1 \cdot 10^{-3}) \cdot (1 - 2 \cdot 10^{-4}) \right] = 2{,}51 \cdot 10^{-2}\ рік^{-1}$$

Ймовірність виникнення подій переливу води та, як наслідок, затоплення

проїзної частини, визначається за формулою:

$$Q_{З.Т..} = 1-\left[(1-Q_{Н.Р.})\cdot(1-Q_{Ш.Т.})\right] = 1-\left[(1-1{,}3\cdot10^{-2})\cdot(1-3{,}4\cdot10^{-3})\right] = 1{,}6\cdot10^{-2}\ рік^{-1}$$

$$Q_{В.Т..} = 1-\left[(1-Q_{З.Т.})\cdot(1-Q_{Р.Т.})\right] = 1-\left[(1-1{,}6\cdot10^{-2})\cdot(1-1{,}2\cdot10^{-3})\right] = 1{,}7\cdot10^{-2}\ рік^{-1}$$

Через те, що імовірність події «помилки при проектуванні» в даній моделі не розглядається, ймовірність затоплення проїзної частини над гідротехнічною спорудою буде визначатися ймовірністю відмови труби, і дорівнює $1{,}7\cdot10^{-2}$ рік$^{-1}$.

Відмова ґрунту зворотної засипки труби переїзду буде проявлятися в тому, суфозійний вимив та просідання ґрунту над трубою буде перешкоджати перетину відкритого каналу і дороги.

Ймовірність відмови ґрунту зворотної засипки, як елемента гідротехнічної споруди, дорівнює:

$$Q_{В.Гр.} = 1-\left[(1-Q_{В.Ог.})\cdot(1-Q_{В.Т.})\cdot(1-Q_{В.Ог.})\right]$$

$$Q_{В.Гр.} = 1-\left[(1-2{,}51\cdot10^{-2})\cdot(1-1{,}7\cdot10^{-2})\cdot(1-2{,}51\cdot10^{-2})\right] = 6{,}57\cdot10^{-2}\ рік^{-1}$$

Виконаємо розрахунки для визначення імовірності відмови функції ГТС по регулюванню рівнів води в каналі. Для цього знайдемо імовірність відмови шлюзу:

$$Q_{В.Шл.} = \left(1-\left[(1-Q_{Р.})\cdot(1-Q_{В.Мех})\right]\right)\cdot(1-Q_{Р.}) + \left(1-\left[(1-Q_{Р.})\cdot(1-Q_{В.Мех})\right]\right)\cdot(1-Q_{В.мех.})$$

$$Q_{В.Шл.} = \left(1-\left[(1-9{,}9\cdot10^{-2})\cdot(1-2{,}4\cdot10^{-3})\right]\right)\cdot(1-9{,}9\cdot10^{-2}) + \left(1-\left[(1-9{,}9\cdot10^{-2})\cdot(1-2{,}4\cdot10^{-3})\right]\right)\cdot(1-2{,}4\cdot10^{-3}) = 1{,}92\cdot10^{-1}\ рік^{-1}$$

Остаточно імовірності не виконання функції ГТС по регулюванню рівнів води в каналі:

$$Q_{В.В.К} = 1-\left[(1-Q_{В.Шл})\cdot(1-Q_{В.Т.})\cdot(1-Q_{В.Ог.})\right]$$

$$Q_{В.Ог.} = 1-\left[(1-1{,}92\cdot10^{-1})\cdot(1-1{,}7\cdot10^{-2})\cdot(1-2{,}5\cdot10^{-2})\right] = 2{,}26\cdot10^{-1}\ рік^{-1}$$

Висновки. Керуючись комплексом польових досліджень гідротехнічних споруд витратою до 10 м^3 на осушувальних системах: «Деражно-Постійне», «Печалівка», «Мельниця» Костопільського району та «Безодня», «Бечаль», «Воля», «Стубелка», «Олександрія», «Шубків» Рівненського району відповідно з функціональним деревом відмов меліоративних гідротехнічних споруд встановлена імовірність відмови перетину каналів, доріг гідротехнічними спорудами (забезпечення проїзду) яка рівна $6{,}57\times10^{-2}$ рік$^{-1}$, а імовірність відмови регулювання води в каналі ГТС рівна $2{,}26\times10^{-1}$ рік$^{-1}$.

Список використаних джерел

1. Бабич Є.М., Гірський О.В. Оцінка технічного стану залізобетонних кріплень ґрунтових укосів гідротехнічних споруд в процесі експлуатації та методи його відновлення: Рекомендації. Рівне-Южноукраїнськ: НУВГП, 2009. 39 с.

2. Бабич Є.М., Гірський О.В. Пошкодження деформаційних швів залізобетонного кріплення укосів ґрунтових дамб в процесі тривалої експлуатації та їхнє відновлення. Вісник НУВГП, 2009. 435-441 с.

3. Васильев П.И., Кононов Ю.И., Железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Васильев П.И., Кононов Ю.И., Чирков Я.Н. Киев-Донецк: «Вища школа», 1982. 32 с.

4. Гурин В.А., Радчук М.І. Оцінка надійності бетонних гідротехнічних споруд за візуальним обстеження. В.А. Гурин, М.І. Радчук. Вісник НУВГП, випуск 3 (63). 210 с.

5. Гурин В.А. Оцінка надійності ребристих плит кріплення укосу водогосподарських об’єктів. В.А. Гурин, М.І. Радчук. Вісник НУВГП, випуск 1 (61). 210 с.

6. Гурин В.А., Радчук М.І. Аналіз технічного стану водопропускних та водорегулюючих гідротехнічних споруд. В.А. Гурин, М.І. Радчук. Водні ресурси України та меліорація земель, 2013.

7. ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України 2010.

8. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Держстандарт України. Київ, 1994.

9. ДСТУ 7176:2010 Водне господарство. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держспоживстандарт України. 23 с.

10. Кавешников Н.Т. Эксплуатация и ремонт гидротехнических сооружений. Москва: Агропромиздат, 1989. 272 с.

11. Стефанишин Д.В., Штильман В.Б. К оценке вероятности перелива воды через гребень плотины. Инженерно-строительный журнал. 2012. № 9(35). С. 70-78.

УДК 628.14

ПРАКТИКА ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА БІОПЛАТАХ ВІД НЕВЕЛИКИХ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Іванчук Н.В., Куницький С.О.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
n.v.medvid@nuwm.edu.ua

Перед викликами водопровідно-каналізаційного господарства стоять проблеми щодо очищення господарсько-побутових, промивних та промислових стічних вод, оптимізації конструктивних особливостей очисних споруд, розроблення нових конструктивних рішень, удосконалення й автоматизації наявних технологічних процесів очищення, підвищення ефективності функціонуючих очисних об'єктів шляхом зниження шкідливих впливів на навколишнє середовище.

Оптимізації водоочисних процесів з врахуванням особливостей складу господарсько-побутових, промивних та промислових стічних вод, їх витрати, концентрації домішок, конструктивних особливостей очисних споруд, можливості виділення газів та утворення органічного карбону, розроблення нових конструктивних рішень, удосконалення й автоматизація наявних технологічних процесів очищення та утилізації промислових і господарсько-побутових стічних вод.

Стан очисних споруд в багатьох великих та середніх містах перебувають в незадовільному стані. Через низьку ефективність та конструктивність технологічних процесів, застарілість обладнання. Через аварійність мереж, не завжди високу ефективність очищення стічних вод та утилізації їх осадів в Україні відбувається забруднення гідросфери та літосфери. Підвищення якості очищення стічних вод перед скиданням та поліпшення органолептичних їх властивостей є сьогодні дуже важливим завданням.

Під час широкомасштабного вторгнення та активних бойових дій агресора, каналізаційна мережа та очисні споруди були частково пошкоджені або виведені з ладу. У зв'язку з цим на каналізаційних спорудах порушилися режими надходження стічних вод, а хімічних склад стоків зазнав змін через перерозподіл вмісту забруднень та їх концентрацій. В ряді областей (Херсон, Миколаїв, Запоріжжя, Донецьк, Харків, Кривий Ріг, Одеса та інші) через бомбардування частково відсутнє водопостачання, а відповідно й водовідведення, що призвело до зниження витрати стічних вод і відповідно порушився їх фізико-хімічний склад.

Каналізаційні очисні споруди приймають промивні та частково очищені технологічні стічні води, які потребують розбавлення й зниження концентрації забруднень господарсько-побутовими стічними водами. Підвищення вмісту виробничих забруднень призводить до загибелі активного мулу або біоплівки, залежно від технологічної схеми очищення стічних вод. Ідея щодо забезпечення

високого ступеню очищення стічних вод за рахунок підбору оптимальних параметрів очисних споруд та їх автоматизації й адаптації до нових викликів є досить потрібною у наших реаліях життя.

Бомбардування у жовтні та листопаді 2022 року енергетичної інфраструктури західних та центральних областей України, а також півдня України в 2023 році, – призвело до нестабільності енергетичної системи, що втілилося у віялові відключення. Перебої з електроживленням впливають на насосно-силове обладнання та вносять зміни в графіки подачі стічних вод на очисні споруди й осередненість перекачування стоків між басейновими насосними станціями. Ідея адаптації каналізаційної мережі до форсованих умов роботи (віялові відключення, припинення надходження стоків через бомбардування, аварійність мереж) через вдосконалення існуючих технологічних схем очищення стічних вод та їх автоматизований контроль дозволить зберегти мікроорганізми в спорудах та уникнути потрапляння стічних вод у довкілля.

Події в 2022 році змусили велику частину населення здійснити внутрішнє переміщення до центральних та західних областей України. У великих містах (Львів, Ужгород, Тернопіль, Івано-Франківськ, Чернівці, Одеса та інші) зросла кількість внутрішньо-переміщених осіб, а відповідно і навантаження на водопровідно-каналізаційне господарство. Виник певний дисбаланс. Якщо на очисні споруди південно-східних областей України зменшилося навантаження, а зросла концентрація стоків, то на очисні у західних областях – навпаки зросло навантаження. Тому виникає необхідність у дослідженні каналізаційної мережі, витрат стічних вод, концентрації їх забруднень та корекції графіків роботи очисних споруд. Розроблення програмного забезпечення та комп'ютерно-математичних моделей дасть можливість стабілізувати й упорядкувати режими роботи очисних споруд й підвищити ефективність технологічних схем й процесів очищення води.

Слід окреслити ще одну проблему – будівництво модульних містечок для переселенців на Київщині (Буча, Ірпінь, Бородянка, Макарів), Чернігівщині (Новоселиця), Львівщині (Сихів). В містечках, від процесів життєдіяльності їх мешканців утворюються стоки, які є відносно чистими та не потребують дорогих та складних технологій для їх очищення.

В короткі терміни будівництво дороговартісних споруд не є раціональним. Тому для очистки та доочищення використаної води (стоків) доцільно застосовувати біоплато-фільтри.

Біоплато – споруди для очищення господарсько-побутових, виробничих стічних вод, забрудненого поверхневого стоку. Перевагою біоплато є те, що вони практично не потребують витрат електроенергії та хімічних реагентів, значного експлуатаційного обслуговування і забезпечують необхідну якість очищення води від широкого спектру забруднюючих речовин органічного та мінерального характеру.

Споруди для очищення води є потенційним джерелом отримання додаткових сировинних ресурсів, що розглядаються сьогодні як відходи, а також нетрадиційні енергоносії. Зокрема біоплато-фільтри можуть розглядатись як потенційні сховища органічного карбону (гумусу) (рис. 1).



Рисунок 1 – Приклад біоплато: для ставка та для басейну

Біоплато, як споруди для очищення господарсько-побутових, виробничих стічних вод, забрудненого поверхневого стоку в останні роки набувають популярності у різних країнах, зокрема Великій Британії, Китаї, Нідерландах, Японії, Норвегії, Австралії тощо.

На рисунку 2 показана умовна схема області розв'язку задачі. На межі Γ_1 розміщена перфорована труба, через яку на поверхню біоплато подається забруднена вода. Хоча вода подається в трубу під певним тиском, але витікши з труби вона вільно фільтрується в пористе середовище. Тому вважаємо, що тиск, під яким забруднена вода подається на межу Γ_1 дорівнює атмосферному. Оскільки $p_a = 0$, то гранична умова для напорів на Γ_1 : $h\big|_{\Gamma_1} = 2\ м$. На межі Γ_2 знаходиться перфорована труба, з якої викачується очищена вода. Потоки відповідно при $x = 0$ м приймаються $q_{min} = 0.13$ м/доба і при $x = 50$ м– $q_{max} = 0{,}17\ м/доба$. Це забезпечує продуктивність роботи біоплато об'ємом 160-200 $м^3$ води за добу. Межі Γ_3, Γ_4 – межі непроникності.

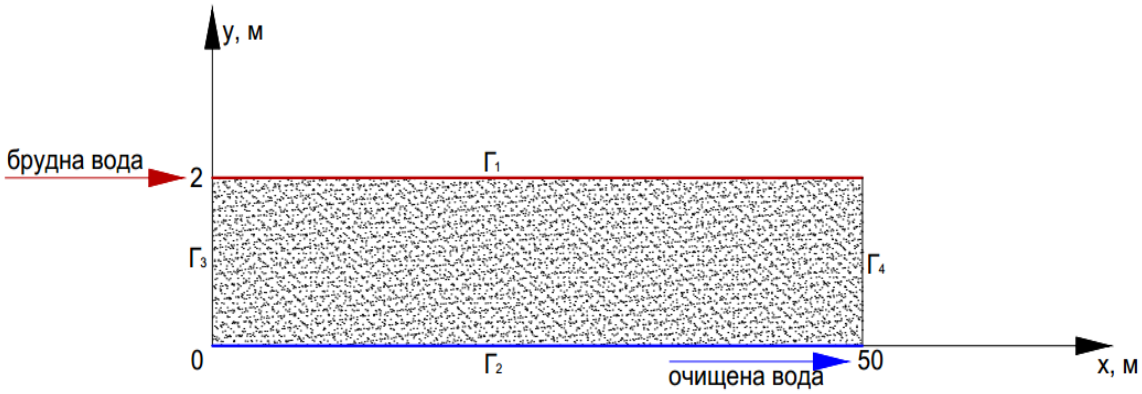


Рисунок 2 – Схематичний переріз біоплато-фільтра

На межі Γ_2 потік залежить від відстані до правого краю:

$$q\big|_{x\in\Gamma_2} = \frac{q_{min}(x - x_2)}{x_1 - x_2} + \frac{q_{max}(x - x_1)}{x_2 - x_1},$$

де q – потік рідини на одиницю довжини; $x_1 = 0$ м; $x_2 = 50$ м; $c(X,t)\big|_{X\in\Gamma_1} = 200$ кг/м^3.

Перевагою біоплато перед комплексом інших водоочисних споруд є те, що вони практично не потребують витрат електроенергії та хімічних реагентів, значного експлуатаційного обслуговування і забезпечують необхідну якість очищення води від широкого спектру забруднюючих речовин органічного та мінерального характеру.

Біофільтрація – це технологія очищення води у ставках та басейнах, при якій не використовуються хімічні реагенти та механічні фільтри. Вода, в таких басейнах або ставках, за своїми характеристиками відповідає європейським стандартам води в громадських басейнах і практично відповідає стандартам питної води. Ще однією перевагою біофільтрації є те, що при використанні цієї технології практично повністю виключається така неприємна проблема як цвітіння води.

Актуальним є дослідження суфозійно-кольматаційних процесів, що протікають у товщі фільтрувальної засипки біоплато під час фільтрування забрудненої води, з точки зору ефективності їх роботи. Математичне та комп'ютерне моделювання таких процесів пов'язане із нелінійними взаємовпливами параметрів як пористого середовища, так і параметрів самих процесів.

УДК 627.51:001.8

ПАВОДКИ ЯК НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ПРИРОДНОГО, ТЕХНОГЕННОГО ТА АНТРОПОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

Петроченко О.В.

Національний авіаційний університет, м. Київ
a_petr89@ukr.net

Надзвичайні ситуації залежно від їх походження діляться на 4 групи: природного, техногенного, соціально-політичного і воєнного характеру [1].

Надзвичайні ситуації природного характеру – це ситуації, пов'язані з небезпечними природними явищами: геологічними (вулкани, землетруси, зсуви); метеорологічними (буревії, смерчі, зливи), гідрологічними морськими та прісноводними (цунамі, паводки, селеві потоки); деградацією ґрунтів та надр; вигорянням лісів та торф'яників, зміною стану водних ресурсів та біосфери тощо.

До надзвичайних ситуацій техногенного характеру відносяться ситуації, пов'язані з небезпечними наслідками виробничої діяльності людей (аварії, вибухи, пожежі, забруднення, затоплення і підтоплення) на територіях житлових масивів, промислових майданчиків, водних та інших господарських систем, внаслідок відмови інженерних об'єктів. Причиною виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру може бути незабезпечення необхідної надійності інженерних об'єктів на стадії їх проектування, відхилення від проектних конструктивних параметрів інженерних об'єктів на стадії їх будівництва, відхилення від проектних режимів використання інженерних об'єктів на стадії їх експлуатації.

Якщо виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру є результатом ненавмисно допущених помилок працівників, головним чином через їх недостатню кваліфікацію, то відмінною рисою надзвичайних ситуацій соціально-політичного і воєнного характеру є те, що вони є наслідками навмисних скоєних злочинних дій певної групи людей. Враховуючи вказану відмінність надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру і надзвичайні ситуації воєнного характеру доцільно об'єднати під назвою надзвичайні ситуації антропогенного характеру.

До надзвичайних ситуацій антропогенного характеру відносяться ситуації, пов'язані з наслідками протиправних дій антиконституційного, терористичного та воєнного спрямування: насильницька зміна чи повалення конституційного ладу; здійснення або загроза терористичного акту (збройний напад, підпал житла та виробничих споруд, руйнування чи пошкодження об'єктів житлово-комунального та виробничого призначення, викрадення зброї та вибухівки, захоплення та утримання важливих об'єктів тощо); військова агресія у вигляді застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час якої виникають вторинні фактори ураження (руйнування житлових та виробничих будинків, гребель, дамб, засобів комунікацій тощо).

Наслідки надзвичайних ситуацій будь-якого походження та характерної групи, а також ефективність заходів захисту від них визначають користуючись спільним науково-методичним інструментарієм.

Наслідки надзвичайних ситуацій діляться на втрати, які визначаються у фізичних показниках і збитки, які відповідають втратам та визначаються у грошових одиницях. В свою чергу втрати, а також відповідні втратам збитки діляться на соціальні, екологічні та економічні.

Загальний збиток $З$ від надзвичайної ситуації розраховують за формулою (1), керуючись рекомендаціями [2].

$$З = \sum_{\eta=1}^{N} З_{\eta} = \sum_{\eta=1}^{N} \left(З_{\eta}^{Сц} + З_{\eta}^{Екл} + З_{\eta}^{Екн} \right) , \quad (1)$$

де η – порядковий номер зони, ураженої внаслідок надзвичайної ситуації; N – кількість уражених зон внаслідок надзвичайної ситуації; $З$ – загальний збиток від надзвичайної ситуації тис. грн.; $З_{\eta}$ – зональний (об'єктний) збиток в η-й зоні ураження, який складається з соціального $З_{\eta}^{Сц}$, екологічного $З_{\eta}^{Екл}$ і економічного $З_{\eta}^{Екн}$ збитків, завданих надзвичайною ситуацією в η-й зоні, тис. грн.

Усі показники ефективності заходів захисту від надзвичайної ситуації є гіпотетичними, тобто прогнозованими у разі здійснення захисних заходів. Першим (початковим) показником ефективності заходів захисту від надзвичайної ситуації є загальний відвернений (захисними заходами) збиток $ВЗ$, який розраховують за формулою:

$$ВЗ = \sum_{\eta=1}^{N} ВЗ_{\eta} = \sum_{\eta=1}^{N} \left(ВЗ_{\eta}^{Сц} + ВЗ_{\eta}^{Екл} + ВЗ_{\eta}^{Екн} \right) , \quad (2)$$

де $ВЗ$ – відвернений збиток від надзвичайної ситуації, що охоплює N зон ураження, тис. грн.; $ВЗ_{\eta}$ – зональний (об'єктний) відвернений збиток в η-й зоні ураження, який складається з соціального $ВЗ_{\eta}^{Сц}$, екологічного $ВЗ_{\eta}^{Екл}$ і економічного $ВЗ_{\eta}^{Екн}$ відвернених збитків, в η-й зоні ураження, тис. грн.

За результатами здійснення захисних заходів маємо таке цілком очевидне співвідношення показників:

$$ВЗ \le З; \quad ВЗ_{\eta} \le З_{\eta}; \quad ВЗ_{\eta}^{Сц} \le З_{\eta}^{Сц}; \quad ВЗ_{\eta}^{Екл} \le З_{\eta}^{Екл}; \quad ВЗ_{\eta}^{Екн} \le З_{\eta}^{Екн}. \quad (3)$$

В подальшому розрахований за формулою (2) загальний відвернений (захисними заходами) збиток $ВЗ$ приймається як гіпотетичний дохід, який використовується у розрахунках основних показників ефективності заходів захисту від надзвичайної ситуації: прибутку $Пр$; рентабельності $Р$ та індексу R рентабельності інвестицій в захисні заходи:

$$Пр = ВЗ - I_{зх}; \quad (4)$$

$$Р = \frac{Пр}{I_{зх}} = \frac{ВЗ - I_{зх}}{I_{зх}} ; \quad (5)$$

$$R = \frac{ВЗ}{I_{зх}} , \quad (6)$$

де $I_{зх}$ – загальна сума інвестицій в здійснення захисних заходів, тис. грн.

З (5) і (6) видно, що рентабельність P та індекс рентабельності інвестицій R знаходяться у співвідношенні:

$$P = R - 1 \quad (7)$$

Розглядаючи можливість визначення паводків як надзвичайних ситуацій природного, техногенного та антропогенного характеру, скористаємось результатами попередніх досліджень. В роботі [3] проведено аналіз термінологічних визначень стихійних явищ, пов'язаних з підвищенням рівня води у водотоках та затопленням територій, згідно якому зроблено висновок, що паводок і повінь не завжди повторюються в один і той же сезон гідрологічного року, тобто вони не пов'язані з часом як, наприклад, весняне водопілля. Тому їх не можна вважати фазами водного режиму річки. Зосереджуючи увагу на фізичній сутності паводку та послідовності нанесення ним різної за характером шкідливої дії, в роботі [3] запропоновано таку назву паводку.

Паводок – стихійний динамічний процес формування водного режиму водотоку, що містить: стадію зростання витрати та рівня води у водотоку внаслідок інтенсивного зовнішнього надходження води до водотоку; стадію досягнення найбільших витрат та рівнів води у водотоку, що часто супроводжується затопленням населених пунктів та низинних територій; стадію спаду витрати та рівня води у водотоку, що може супроводжуватись зсувами ґрунту.

При цьому повінь не може відбуватись без паводку, вона є складовою паводку і має всі ознаки другої (кульмінаційної) стадії паводку. В процесі проходження паводку вода спочатку інтенсивно надходить з верхніх горизонтів територій у нижні (перша стадія паводку), поки не затопить низинні території (друга стадія паводку або повінь).

Повінь – стадія паводку, на якій досягаються найбільші витрати та рівні води у водотоку, що часто супроводжується затопленням населених пунктів та низинних територій.

Назви таким гідрологічним явищам як паводок і повінь давали наші предки, усвідомлюючи їх фізичну сутність.

Па (пішла) **вод**ок (вода). **По** (повно) **в**інь (води).

Отже в наукових працях, орієнтованих на пошук та наукове обґрунтування ефективних заходів захисту від шкідливої дії «високої води», слід використовувати термін паводок як універсальний.

Загально відомо, що паводки відносяться до надзвичайних ситуацій природного характеру.

Проте, враховуючи можливість визначати наслідки від паводків та ефективність заходів захисту від них за спільним з іншими надзвичайними ситуаціями науково-методичним інструментарієм, а також усвідомивши фізичну сутність паводків за результатами досліджень [3], можна попередньо припустити, що паводки відносяться до надзвичайних ситуацій як природного, так і техногенного та антропогенного характеру.

До остаточного висновку щодо можливості враховувати паводки як надзвичайні ситуації техногенного та антропогенного характеру можна дійти шляхом аналізу двох нижче наведених надзвичайних ситуацій.

Прорив греблі Банцяо – надзвичайна ситуація техногенного характеру на греблі Банцяо, що сталася в Китаї 8 серпня 1975 року. Обвал греблі стався внаслідок дії гідростатичних та гідродинамічних сил. Він спричинив третій за кількістю смертей паводок в історії, який вразив загальну кількість населення 10,15 мільйонів осіб і затопив близько 30 міст і округів площею 12000 км². За оцінками, кількість загиблих коливається від 26000 до 240000 людей. Паводок також спричинив руйнування від 5 до 6,8 мільйонів будинків [4].

Підрив греблі Каховської гідроелектростанції – надзвичайна ситуація антропогенного характеру, яка відбулась 6 червня 2023 року під час російського вторгнення до України, розцінюється як воєнний злочин російської армії. За різними джерелами у зоні катастрофи опинилося 16000 людей та близько 80 населених пунктів у яких частину будинків було зруйновано за затоплено потоком води.

В обох вище наведених надзвичайних ситуаціях спочатку потоком води (паводком) було зруйновано та пошкоджено прибережні смуги, житлові будинки, господарські споруди, рослинний ґрунт, а потім було затоплено низинні прирічкові території, що дає можливість стверджувати що великі руйнівні паводки – це надзвичайні ситуації природного, техногенного та антропогенного характеру.

Посилання

1. Безпека життєдіяльності: Навч. посіб. За ред. В.Г. Цапка. 3-тє вид., стер. Київ: Знання, 2004. 397 с.

2. Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 р. № 175.

3. Петроченко О.В., Петроченко В.І. Аналіз термінологічних визначень стихійних явищ, пов’язаних з підвищенням рівня води у водотоках та затопленням територій. Екологічна безпека та природокористування. 2021. №4 (40), С. 140-148.

4. I-hui Ting, Monsoons over China, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994, ISBN 0-7923-1757-2, OCLC 25631301.

УДК 504.062

ЗАХОДИ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ВІД ВИСНАЖЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ У ВІЙНІ ЯК ВНЕСОК У ПЕРЕМОГУ

Ромащенко М.І.[1], **Яцюк М.В.**[1], **Поліщук В.В.**[1], **Пантелеєв В.П.**[2], **Конаков Б.І.**[2]

[1]*Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ*
[2]*Київський аграрний університет НААН України, м. Київ*
bernstain@ukr.net

Перехід бойових дій в Україні від фази відсічі наступу агресора до фази жорстокої тривалої війни на виснаження (виснаження (англ. ***exhaustion***) усіх наявних ресурсів) обумовлює необхідність запровадження обґрунтованих дій із збереження, раціонального використання та відтворення наявних ресурсів України, зокрема і водних. Світовий досвід свідчить, що при затягуванні військових дій супротивники використовують стратегії збереження власних водних ресурсів – та проводять цілеспрямовані дії до вичерпання/виснаження/виведення з ладу водогосподарської інфраструктури- водних ресурсів противника із використання в своїх цілях негативних наслідків погіршення їх стану та виснаження як дієвого інструменту впливу на перебіг бойових дій, суспільну думку та настрої, примусу до капітуляції.

Нижче наведено бачення щодо переліку необхідних технічних, управлінських та інноваційних заходів із попередження та подолання загрози виснаження (погіршення стану) водних ресурсів України внаслідок військової агресії рф.

Виснаження водних ресурсів Під фактором виснаження водних ресурсів розуміється зменшення поверхневого стоку нижче мінімально допустимого рівня або скорочення запасів підземних вод [1], погіршення їх якості у результаті антропогенного забруднення [2]. Виснаження водних ресурсів розглядається як обмежувальний чинник для використання для їх використання для різноманітних цілей [1].

Загальні принципи використання водних ресурсів в Україні регламентуються Водним та Кримінальним кодексами, іншими законами та іншими нормативними документами України [3, 4]. Так Кримінальним кодексом України (ст. 242) передбачено відповідальність за порушення правил охорони вод (водних об’єктів), якщо це спричинило забруднення поверхневих чи підземних вод і водоносних горизонтів, джерел питних, лікувальних вод або зміну їхніх природних властивостей, або виснаження водних джерел і створило небезпеку для життя, здоров'я людей чи для довкілля [4]. Головною метою управління річковими басейнами України [15] є досягнення «доброго» екологічного стану вод річкових басейнів шляхом їх відновлення, зниження забруднення та виснаження водних ресурсів, збалансованого водокористування секторами економіки з урахуванням необхідності досягнення Цілей сталого розвитку та кліматичної стійкості [5]. При розробці даних планів необхідно враховувати фактор виснаження водних ресурсів,

виконати його оцінку та врахувати його вплив у запропонованих заходах на досягнення «доброго» стану водних ресурсів [15].

Вплив військових дій рф на виснаження водних ресурсів України. Війна значно посилила притаманний Україні процес виснаження водних ресурсів, що сформувався внаслідок впливу зміни клімату на зменшення річкового стоку та інфільтраційного живлення підземних вод і, відповідно, доступних об'ємів до використання запасів поверхневих та підземних вод [18]. Це відбулось також і через руйнування водної інфраструктури, яка є життєво важливою для водозабезпечення різних галузей економіки, а особливо для сільськогосподарського сектора південних регіонів України. Руйнація гребель та повне зневоднення Каховського, Печенізького, Курахівського та інших водосховищ і водойм призвели до виснаження та втрати доступних до використання запасів поверхневих вод на 20 км^3, або більше ніж на половину закумульованих запасів. Зневоднення Каховського водосховища також стало причиною виснаження і запасів підземних вод в Запорізькій та Херсонській областях через припинення інфільтраційного живлення наявних тут водоносних горизонтів водою Каховського водосховища. Загалом внаслідок військової агресії рф без джерел сталого та повноцінного водопостачання для забезпечення життєдіяльності населення частково або повністю залишились Херсонська, Запорізька, Миколаївська, Дніпропетровська, Донецька області та АР Крим. Наслідки впливу процесу виснаження водних ресурсів через бойові дії рф для цих регіонів наглядно ілюструються ситуацією в АР Крим, після припинення подачі дніпровської води в АР Крим. Через його анексію рф, почався період хронічного водного дефіциту, що негативно впливає на його екологію та умови проживання населення. Без дніпровської води клімат на півострові став більш спекотним і посушливим, виснаження підземних джерел води призвело до засолювання ґрунтів та збільшення площ солончаків [9].

Окреме місце в ланцюгу впливу військових дій рф на виснаження водних ресурсів Україні займають питання прямого та опосередкованого їх забруднення. Особливо актуальне це питання для непідконтрольних та тимчасово окупованих територій півдня України (Донецька, Запорізька, Херсонська, Миколаївська області), а також Чорнобильської зони відчуження. Збір фактів про стан та забруднення водних ресурсів на цих територіях є важливим завданням [7] для цілей відстоювання справедливої правової оцінки порушення агресором міжнародного гуманітарного права.

Обов'язком України, як сторони, яка потерпає від війни проти неї, є не лише вжиття заходів (дій) із протистояння агресії та переривання бойових дій на її території, а й ліквідація наслідків пошкодження водних джерел, водних об'єктів, водної інфраструктури та збирання доказів про нанесену шкоду та запровадження заходів зі зменшення негативного впливу виснаження водних ресурсів внаслідок військових дій рф.

Це має бути передбачено планами повоєнної відбудови України, які повинні включати організаційно-технологічні заходи щодо зменшення втрат від виснаження водних ресурсів внаслідок військових дій рф за наступними напрямами:

Запобіжні:

– державне регулювання використання води для цілей забезпечення потреб у воді різних споживачів в умовах військового стану;

– збереження та раціональне використання непошкоджених та оновлених водних обєктів;

– введення та дотримання стандартів якості води для умов воєнного стану;

– здійснення заходів з захисту водних обєктів та джерел водопостачання від пошкодження їх агресором на підконтрольних територіях.

Відновлювальні (заходи відновлення водних ресурсів як пріоритет державної політики України в повоєнний період):

– оцінювання стану водних об'єктів, встановення рівнів виснаження водних ресурсів (градація рівнів виснаження) в тому числі під впливом військових дій;

– розробка та впровадження еколого-економічної оцінки виснаження водних ресурсів в тому числі під впливом військових дій (використання фактрору виснаження при розробці планів управління річковими басейнами);

– проведення техніко-економічних досліджень та розробка планів відновлення водних об'єктів та інфраструктури;

– наукове обгрунтування прогнозів потреби у послугах з подачі води користувачам;

– розробка методології повоєнної ревіталізації територій та планів оздоровлення водних ресурсів та екосистем, обгрунтування змін (проведення реформи) тарифів на послуги з подачі води;

– укріплення стійкості елементів водно-меліоративного комплексу до пошкоджень, нарощування потенціалу водопостачання, внесення відповідних змін до плану заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 [9];

– відбудова зрошувальних систем на звільнених територіях, оновлення (реконструкція) осушувальних систем, за принципом «краще, ніж було» (англ. ***build back better***);

– застосування сучасних технологій та обладнання з очищення природної і стічної води;

– відображення реалізованих заходів щодо оздоровлення водних ресурсів у звітах водогосподарських організацій про реалізацію Планів управління річковими басейнами, у Звітах підприємств про управління, використання Індексу ризику ESG бізнесу [10] у країні піку RepRisk [11] при оцінюванні водного ризику;

– проведення розмінування територій, очищення водних джерел та водних обєктів від забруднень, ремонт та заміна зруйнованих та пошкоджених об'єктів інфраструктури, впровадження ефективних підходів до оптимізації процесу виробництва питної води в умовах воєнного стану [12].

Інформаційне забезпечення

– фіксування, документування та оцінювання фактів пошкодження водних об'єктів та збитків, нанесених діями противника, подання відовідних даних до органів статистики, ведення бухгалтерського, податкового, управлінського обліку витрат, втрат та ресурсів;

– налагодження технологічного, управлінського та фінансового контролю (аудиту) діяльності щодо зниження втрат України від виснаження водних ресурсів.

Окремою складовою планів повоєнної відбудови України мають стати заходи з підвищення водозабезпечення територій, а саме:

– розробка та реалізація техніко-економічних обгрунтувань та проєктів – відновлення Каховського та інших водосховищ;

– розробка та реалізація техніко-економічних обгрунтувань та проєкті залучення водних ресурсів р. Дунай;

– відновлення водорегулюючої та водоакумулюючої здатності Полісся та ін.

Залишаються актуальними також завдання щодо збору фактів про стан та забруднення водних ресурсів на підконтрольних, а в перспективі і звільнених територіях, організації та ведення спеціального моніторингу за процесами виснаження вод в тому числі і через погіршення їх якості та виконання екологічної оцінки стану водних ресурсів [13], як складових резильєнтності водогосподарського комплексу щодо покращення стану водних ресурсів [14].

Інноваційний аспект запропоновних дій обумовлений впровадженням заходів комплексного інтегрованого характеру щодо мінімізації впливу процесу виснаження на стан водних ресурсів в річкових басейнах, як складові водної безпеки України:

– пріоритет – впровадження запобіжних заходів;

– локалізація водних об’єктів за ступенем ураження від військових дій;

– розробка та реалізації інфраструктурних ресурсоощадливих проектів, стимулювання зменшення витрат водних та матеріальних ресурсів;

– перехід на водоощадливі режими використання водних ресурсів, нарощування обсягів оновлених ресурсів при реалізації успішних рішень

– зниження водоємності галузей, які залежать від використання водних ресурсів,

– переміщення виробництва продукції на території із достаніми водними ресурсами,

– подолання впливу виснаження водних ресурсів, дотримання високих темпів реалізації проектів із відновлення,

– збирання достовірних даних про водні ресурси, як основи стимулювання процесу залучення інвестицій та широке застосування інновацій у сфері збереження води [16] та ін.

Висновок. Запропоновані заходи із зниження втрат від виснаження водних ресурсів є важливою складовою підвищення воєнно-економічного потенціалу України та дієвим засобом впливу на перебіг бойових дій, а також можливість забезпечення перемоги у війні на виснаження на суспільну думку та настрої. Розробка проектів та провадження запропонованих заходів, із подолання наслідків війни у відтворенні водних ресурсів України, матимуть позитивний вплив на міжнародну підтримку та залучення зовнішніх інвестицій для їх впровадження. Проте найважливішим заходом щодо переривання процесів виснаження та забруднення водних ресурсів України є припинення війни та наша перемога [11].

Посилання

1. Хільчевський В.К. Управління транскордонними водними ресурсами: навч. Посібник. Київ: ДІА, 2024. 208 с. ISBN: 978-617-7785-51-3.

2. Словник-довідник сучасних екологічних та природоохоронних термінів [укл. Гончаренко Г. Є., Совгіра С. В.]. Київ: Наук. світ, 2010. с.

3. Водний Кодекс України від 6 червня 1995 року № 213/95-ВР [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text

4. Кримінальний Кодекс України від 5 квітня 2001 року № 2341-III [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text

5. Державне агентство водних ресурсів України: досягнення у 2023 та плани на 2024. Публічний звіт про результати діяльності Держводагентства у 2023 році. [Електронний ресурс]. URL: https://davr.gov.ua/fls18/publicreport2023.pdf

6. Окупований Крим як «виклик екології». Як російська війна проти України впливає на глобальний клімат [Електронний ресурс]. URL: https://www.radiosvoboda.org/a/krym-vyklyky-ekolohii-ahresia-rosii-vplyv-na-hlobalnyi-klimat/33217392.html

7. Про вплив війни та клімату на водну безпеку в Україні 22.09.2023 [Електронний ресурс] – URL: https://www.chng.darg.gov.ua/_pro_vpliv_vijni_ta_klimatu_na_0_0_0_2152_1.html

8. Мисковець І. Я. Раціональне водокористування та охорона водних ресурсів України після військових дій [Електронний ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/378219166_RACIONALNE_VODOKORISTUVANNA_TA_OHORONA_VODNIH_RESURSIV_UKRAINI_PISLA_VIJSKOVIH_DIJ/fulltext/65ce1ba9476dd15fb33a7a7f/RACIONALNE-VODOKORISTUVANNA-TA-OHORONA-VODNIH-RESURSIV-UKRAINI-PISLA-VIJSKOVIH-DIJ.pdf?origin=scientificContributions

9. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 688-р. Київ. [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Tex 10

10. Panteleev V.P., Derun I.A., Romashchenko M.I., Polishchuk V.V.. The role of ESG-Businnes reporting in water management Land Reclamation and Water Management, 1 (2024), pp. 66-75.

11. Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії. Доктор наук з державного управління, доцент Зелінський С. Е. Кропивницький. 2022 [Електронний ресурс] – URL: https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskoyi-agresiyi.pdf

12. Маврикін Є.О. Дослідження ефективності та обґрунтування оптимальних технологічних параметрів застосування діоксиду хлору у водопідготовці. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії [Електронний ресурс]. URL: https://drive.google.com/file/d/1tvRVnDfL7f_JKncbOHUpbjBeuL7Sv3WE/view

13. Вплив війни на акваторію Азовського моря (червень 2022, результати аналізу проб вод) [Електронний ресурс]. URL: https://svidok.org/notes/vpliv-viini-na-akvatoriiu-azovskogo-moria-cerven-2022-rezultati-analizu-prob-vod-2654

14. Khvesyk, Mykhailo, Obykhod, Hanna, & Omelchenko, Alla (2024). Zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky naselennia u systemi rezylientnoho pryrodokorystuvannia [Ensuring Environmental Safety of the Population within a Resilient Natural Resource Management System]. Demohrafiia ta sotsialna ekonomika. Demography and Social Economy, 4 (58), 165-179.

15. Керівництво по підготовці економічного аналізу для розробки плану управління річковим басейном URL https://www.euwipluseast.eu/images/2020/09/PDF/EUWI_UA_Guidance_Economic_analysis_UA.pdf

16. Звіт Глобальної комісії з економіки води (2024). Report from the Global Commission on the Economics of Water, published on Thursday,16.10.2024. URL https://watercommission.org/

17. Крадії води: як росіяни позбавляють нас водних ресурсів 15:53 27 Черв. 2022 [Електронний ресурс]. URL https://rubryka.com/article/russians-steal-ukrainian-water/

18. Ромащенко М.І., Гусев Ю.В., Шатковський А.П., Сайдак Р.В., Яцюк М.В., Шевченко А.М., Матяш Т.В. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. Меліорація і водне господарство, 2020, 1, с. 5-25.

УДК 613.3:553.7:615.378

МОЛЕКУЛЯРНИЙ ВОДЕНЬ: КОРИСТЬ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ ГІДРОГЕОЛОГІЇ

Овчиннікова Н.Б.

Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ
nbovch@ukr.net

З моменту відкриття (у 2007 році), що молекулярний водень (H_2) має специфічні антиоксидантні властивості, численні дослідження показали, що H_2 має сприятливий вплив на здоров'я різних видів тварин та людини. Молекулярний водень, як вважають японські вчені (2011 р.), є новим антиоксидантом для ефективного зниження окисного стресу з потенціалом для покращення мітохондріальних захворювань. Мітохондрії – це крихітні електростанції всередині клітин, які беруть участь у виробництві енергії і відповідальні за клітинне дихання. Якщо мітохондрії починають функціонувати з порушеннями, людський організм насилу витримує фізичні навантаження, при цьому все більш активно проявляється його старіння. І навпаки: чим кращий стан мітохондрій, тим більше моложава людина.

За час від відкриття властивостей H_2 був організований Інститут молекулярного водню (Molecular Hydrogen Institute) — це науково обґрунтована некомерційна організація, звільнена від оподаткування [https://molecularhydrogeninstitute.org/]. Науковці з водню усього світу об'єдналися для обговорення та визначення міжнародних стандартів молекулярного водню. Для досягнення цієї мети у вересні 2016 року було створено Міжнародну асоціацію зі стандартів водню (International Hydrogen Standards Association [https://www.intlhsa.org/]), згідно якій терапевтичну дію має вода за умови, що вона насичена молекулярним воднем у концентрації не менше ніж 0,5 мл/л.

Присутність молекулярного водню у воді фіксується зниженням рівня окисно-відновного потенціалу (ОВП, Eh). Значення ОВП, так само як і pH, є важливим для визначення якості води. Подібно до того, як pH визначає відносний стан води щодо отримання або приєднання протонів (тобто іонів водню, H^+), ОВП (Eh) вказує відносний стан води щодо отримання або приєднання електронів. Розчин із вищим (позитивнішим) ОВП може окислювати розчин із нижчим ОВП. Наприклад, розчин з Eh +700 мВ є антиоксидантом для розчину +900 мВ, який є антиоксидантом для розчину з Eh +1100 мВ.

Взаємозв'язок між ОВП і pH (Water Desirable for the Human Body in Terms of Oxidation-Reduction Potential to pH Relationship, Japan, 2006) досліджували у зразках плазми крові, амніотичної рідини, слини, сечі, овочів, фруктів, продуктів тваринництва, рибних продуктів і, також, різних видів комерційних напоїв. Було встановлено, що зразки (рослинні, тваринні, людські) перебували в області системи відновлення щодо рівноважного рівня ОВП, що означає, що рослини і

тварини, включаючи людину, мають ***відновну*** характеристику з точки зору ОВП. Тому, японські вчені запропонували, щоб концептуальний тип води, що має відновну характеристику з точки зору ОВП і, одночасно, значення pH в діапазоні – від слабкої кислотності до слабкої лужності – класифікувати як **«життєво важливу воду»**, що є аналогом рідини людського тіла.

Як відомо, найбільш поширені у земній корі та атмосфері гази – азот (N_2), кисень (O_2), діоксид вуглецю (CO_2), і метан (CH_4). До менш розповсюджених, однак таких, що інколи створюють невеликі газові ***скупчення*** відносяться молекулярний водень (H_2), гелій (He), сірководень (H_2S), важкі вуглеводні та деякі інші. До третьої за розповсюдженістю групи відносяться гази – доволі розповсюджені, але такі, що можуть створювати тимчасові скупчення під час утворення – аміак (NH_3), так званий «чадний газ» (CO), монооксид азоту (NO), хлор (Cl_2), фтороводень (HF), пари сірки та інші.

Природний молекулярний водень може мати різне походження (різний генезис):

1) Біохімічне походження. Для діяльності бактерій, які викликають водневе бродіння, необхідна присутність у складі підземних порід органічної речовини. Для кожної групи бактерій (водневого, метанового бродіння, десульфатизаторів, денітрифікаторів та ін.) необхідні свої оптимальні умови життєдіяльності (температура, тиск, сольовий склад підземних вод та інші умови);
2) Хімічне походження. Такі природні процеси, вважається, протікають поблизу поверхні Землі. Молекулярний водень утворюється переважно під впливом дії кислих вод на самородні метали;
3) Метаморфічне походження, тобто це – утворення газів у підземних умовах під дією високих температур та тиску. Молекулярний водень, зокрема, може мати і вулканічне походження.

Умови формування природних газів доволі різноманітні, процеси утворення йдуть повсюдно, однак у зв'язку з тим, що гази надзвичайно рухливі, генетично чисті скупчення природних газів практично відсутні.

Отже, теоретично, є усі підстави для виявлення природних підземних вод, які містять молекулярний водень. На практичному рівні нічого не відомо про наявність таких «водневих» природних вод в Україні. У першу чергу це можна пояснити тим, що геологічні завдання при пошуку та опробуванні підземних питних або мінеральних вод ніколи раніше не містили вимоги для з'ясування якісного та кількісного вмісту молекулярного водню.

Однією з характеристик води, яка містить розчинений молекулярний водень, є те, що вона демонструє знижений або негативний окислювально-відновний потенціал (ОВП), як вже було сказане вище.

Складність сучасної ситуації полягає в тому, що практично увесь накопичений у геологічних фондах України матеріал не містить і відомостей про ОВП підземних питних і, навіть, мінеральних вод.

Така ж проблема існує і в інших країнах, навіть у тих, де вимога щодо даних по ОВП внесена у регулюючі документи. Хоча, слід відмітити, що саме ця проблема виникла не так давно: Польща – 2006 рік, Чехія – 2001, Словакія – 2006, Німеччина – 2016.

ОВП є одним з найважливіших параметрів, що характеризують гідрогеохімічні умови в системах підземних вод. Дослідження ОВП надає інформацію про походження лікувальних вод і може бути корисним для захисту цих цінних природних ресурсів.

Слід зауважити, що ще зовсім недавно, приблизно два десятиліття тому, вимірювання ОВП в польових умовах, було і складним, і доволі коштовним лабораторним дослідженням.

Станом на зараз ситуація сильно змінилась. У вільному пролажу тепер доступні портативні і недорогі пристрої для вимірювання ОВП.

ОВП-метри не дуже поширені серед хіміків, оскільки вони вимірюють лише потенціал розчину, а не конкретний іон або молекулу. Це особливо вірно для розчинів, які мають низьку провідність, і коли концентрації окисно-відновних пар є низькими. І це має місце, коли іони H_2 і H^+ є окисно-відновними парами, оскільки ці концентрації відносно малі. Якщо предметом дослідження **є молекулярний водень**, то кращим методом тестування є просто вимірювання концентрації молекулярного водню.

На щастя, велика популярність щодо вживання для пиття вод, насичених штучним молекулярним воднем, в останні десятиріччя зробила революцію і у виникненні недорогих портативних пристроїв для вимірювання концентрації водню у воді.

Таким чином, пошук та відкриття родовищ «водневих» питних або лікувальних вод у наш час можуть значно спроститись і стати дешевшими.

Увага дослідників до вивчення впливу присутності молекулярного водню у воді на здоров'я «підсвітила» проблему недостатньої вивченості окисно-відновного потенціалу (ОВП) природних вод, зокрема лікувальних вод. А, також, проблеми зв'язку ОВП з pH та окисно-відновними парами у воді (H_2/H^+; Fe_{2+}/Fe^{3+} та іншими парами). Цей напрямок досліджень є надзвичайно перспективним для розширення знань про властивості природних вод та їх позитивного впливу на біологічні об'єкти, в тому числі здоров'я людини і, навіть, активізації біопродукційного процесу в рослинництві.

УДК 556.535:556.06

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД Р. ІНГУЛ (В СЕРЕДНІЙ ТЕЧІЇ) ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ В ПЕРЕДВОЄННИЙ ПЕРІОД

Яров Я.С., Гращенкова Т.В.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса
slavikyarov82@gmail.com

Річка Інгул протікає по території Кіровоградської та Миколаївської областей і впадає в р. Південний Буг біля гирла, в межах м. Миколаїв. Річка має такі параметри: довжина 354 км; площа водозбору 9890 км^2; загальне падіння 150 м; середній ухил водної поверхні 0,4 ‰, середній зважений – 0,4 ‰; коефіцієнт звивистості – 1,71; середня висота водозбору – 130 м; загальна довжина вододільної лінії – 515 км, коефіцієнт розвитку – 1,46; густота яружно-балочної мережі становить 0,75 км/км^2. Басейн складений гранітами, гнейсами, вапняками, мергелями, пісками, глинами.

Клімат помірно континентальний, зима м'яка, з частими відлигами, літо тепле, сухе. За сучасним геоботанічним районування території України басейн р. Інгул переважно знаходиться в межах степової посушливої дуже теплої зони, лісова рослинність є в дуже малій кількості. Басейн р. Інгул має значний ступінь урбанізації, розташовано чимало об'єктів природно-заповідного фонду (РЛП «Приінгульський», «Єланецький степ», десятки заказників, пам'яток природи).

В господарському відношенні в басейні р. Інгул значно поширене сільське господарство, по різним адміністративним районам в структурі площ сільгоспугідь домінує рілля (80-90 %), на пасовища припадає 6-19 % площ, на сіножаті – до 2 %.

Для задоволення господарських потреб водні ресурси р. Інгул поповнюються за рахунок перекидання стоку р. Дніпро по каналу «Дніпро-Кіровоград» (щорічно – до 50 млн м.^{3}), в басейні р. Інгул збудовано багато малих ставків і водосховищ, найбільшими з яких є Кропивницьке (площа водозбору 987 км^2, площа дзеркала при НПР 260 га, об'єм води 4,2 млн м^3) і Софіївське (площа басейн 6100 км^2, площа дзеркала при НПР 470 га, об'єм води 36 млн м^3). Меншими за розмірами і значенням є Докучаєвське та Інгульське водосховища.

В басейні р. Інгул розташовано 10 водозаборів та 12 скидів стічних вод (з яких 2 скиди – «нормативно очищених» вод, 7 скидів – «забруднені, недостатньо очищені» стоки, 2 скиди – «недостатньо очищені але з біологічним очищенням», 1 скид – «забруднені, без очистки»).

Основними підприємствами-водокористувачами в басейні р. Інгул є: Інгульська уранова шахта, КП «Кропивницьк-водоканал».

Для дослідження було взято пост р. Інгул – с. Софіївка, питний водозабір м. Новий Буг, Софіївське водосховище, 163 км від гирла на межі Кіровоградської і Миколаївської областей (2010-2021 рр.). Для дослідження були взяті 41 інгредієнтів: фізико-хімічні показники, головні іони, біогенні речовини, показники забруднення, важкі метали, радіоактивні ізотопи. Моніторинг якості

води здійснює Регіональний офіс водних ресурсів у Миколаївській області. Всього за період було опрацьовано 145 проб води, в середньому відбиралось 12 проб води за рік.

Таблиця 1 – Зміна концентрацій гідрохімічних показників р. Інгул в пункті с. Софіївка (2010-2021 рр.)

Вміст		Середнє	Максимальне	Мінімальне
Температура	°С	12,8	30	0
pH	од. pH	8,38	8,96	7,94
Прозорість	см	37,2	41	3,7
Мутність	мг/дм^3	2,04	6,41	0,029
Запах	бали	1	1	1
Кольоровість	°	21,6	44,1	0
Зав.речовини	мг/дм^3	11,5	42	0
Амоній сол	мг/дм^3	0,09	0,517	0
Нітрити	мг/дм^3	0,06	0,63	0
Нітрати	мг/дм^3	4,15	16,3	0
Розчинений кисень	мгO_2/дм^3	12,3	29,1	2,8
	% насичення	117	255	34,2
Перманганатна окиснюваність	мг O_2/дм^3	10,2	16,4	5,13
ХСК	мг O_2/дм^3	30,8	52,1	13,5
$БСК_5$	мг O_2/дм^3	2,93	9,42	0,62
Жорсткість	мг-екв/дм^3	11,9	15,1	5,9
Сухий залишок	мг/дм^3	1416	1700	733
Сульфати	мг/дм^3	513	659	237
Хлориди	мг/дм^3	161	213	78,7
Кальцій	мг/дм^3	122	164	82
Магній	мг/дм^3	71,2	103	7,29
Гідрокарбонати	мг/дм^3	361	433	201
Натрій	мг/дм^3	229	316	113
Калій	мг/дм^3	8,56	24,6	2,67
Фосфати	мг/дм^3	0,67	2,4	0,019
Залізо загальне	мг/дм^3	0,2	1,15	0,04
Хром VI	мг/дм^3	0	0	0
Хром III	мг/дм^3	$1{,}38 \cdot 10^{-5}$	0,002	0
Мідь	мг/дм^3	0,005	0,06	0
Цинк	мг/дм^3	0,039	0,81	0
Нікель	мг/дм^3	0,018	0,09	0
Марганець	мг/дм^3	0,048	0,132	0
Кадмій	мг/дм^3	$5{,}5 \cdot 10^{-6}$	0,0006	0
АПАР	мг/дм^3	0,038	0,093	0
Нафтопродукти	мг/дм^3	0,0076	0,133	0
Цезій-137	пКі/дм^3	2,02	4,97	1,08
Стронцій-90	пКі/дм^3	6,18	14,1	0
Кремній	мг/дм^3	4,30	9,74	0,826
Алюміній	мг/дм^3	0,015	0,228	0

Фізико-географічні умови басейну річки Інгул не є однорідними, тому хімічний склад води вздовж річки змінюється, відчуваючи сезонні зміни, посилені антропогенним впливом. Основним фактором формування гідрохімічного складу води є водний стік, передусім, його внутрішньорічний розподіл.

За наявними даними спостережень була складена кореляційна матриця взаємних концентрацій пар окремих гідрохімічних показників. Аналіз показав наявність 12 корелятивно значимих зв'язків: для пар показників «кисень (мг/дм^3)» : «кисень, %» (0,76); «твердість» : «сухий залишок» (0,83); «твердість» : «сульфати» (0,76); «твердість» : «хлориди» (0,66); «твердість» : «кальцій» (0,76); «твердість» : «магній» (0,68); «сухий залишок» : «сульфати» (0,89); «сухий залишок» : «хлориди» (0,78); «сухий залишок» : «кальцій» (0,64); «сухий залишок» : «магній» (0,6); «сухий залишок» : «натрій» (0,64); «сульфати» : «хлориди» (0,74). За знаком всі ці зв'язки є прямими (при зростанні одного показника пари зростає й вміст іншого показника. На нашу думку, зв'язок між вмістом розчиненого кисню в мг/дм^3 та % насичення – очевидний, бо це два різних способи вираження концентрації кисню; стосовно інших корелятивно значимих зв'язків – можна дійти висновку, що режим змін концентрації головних іонів у воді р. Інгул протягом року досить стабільний, коли щорічно подаються великі обсяги вод р. Дніпро та скидних дренажних вод з Інгульської шахти, хімічний склад яких більш менш сталий у часі і вплив фаз водності та сезонних процесів водного, гідрохімічного та гідробіологічного режиму власне р. Інгул на цьому фоні є незначними в плані формування вмісту у воді головних іонів. В будь-якому разі отримані результати є цікавими і потребують додаткового вивчення.

Оцінка якості вод р. Інгул за наявним комплексом гідрохімічних показників була проведена за широко методом комбінаторного індексу забруднення (КІЗ), який дозволяє класифікувати якість води за повторюваністю і кратністю забруднення окремими гідрохімічними показниками, виділити пріоритетні забруднювальні речовини.

Метод КІЗ передбачає здійснення оцінки комплексності забруднення води в створі за допомогою умовного коефіцієнта комплексності, вираженого відношенням числа забруднювальних речовин, вміст яких перевищує функціонуючі в країні нормативи, до загального числа інгредієнтів, визначених програмою дослідження.

Використання методу КІЗ з метою встановлення рівня якості води водних об'єктів передбачає проведення триступеневої класифікації: за ознаками повторюваності випадків забруднення; за кратністю перевищення нормативів ГДК; за характером забрудненості води окремими хімічними речовинами.

За методом КІЗ було здійснено статистичну оцінку якості води р. Інгул – с. Софіївка, питний водозабір м. Новий Буг, Софіївське водосховище за 2010-2021 рр. за рибогосподарськими нормами ГДК (табл. 2). Було отримано, що, в цілому, за цей період з 21 показника для 16 відзначались випадки перевищень ГДК різної інтенсивності, тому показник комплексності забруднення склав 73 %.

Таблиця 2 – Оцінка якості води р. Інгул, с. Софіївка (2010-2021 рр.) за методом КІЗ (рибогосподарські норми ГДК)

n=21; n′=16; K=76,2 %; КІЗ=73; ПКІЗ=3,48; клас якості ІІІб – «брудна»											
Показник	O_2	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K+	SO_4^{2-}	Cl^{-}	∑M	NO^{2-}	NO_3^{-}	NH_4^{+}
ГДК	6	180	40	120	50	100	300	1000	0,02	9,1	0,39
N	145	145	145	144	144	145	145	145	145	145	145
N′	2	0	141	143	0	145	0	142	116	16	1
H_i	1,38	0	97,2	99,3	0	100	0	97,9	80	11	0,7
Оцінні індекси	1	1	4	4	1	4	1	4	4	2	1
K_i	0,53	0,68	1,78	1,9	0,17	5,13	0,53	1,41	2,81	0,46	0,22
Оцінні індекси	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1
Оцінні бали S_i	1	1	4	4	1	8	1	4	8	2	1
Показник	P_{min}	$Fe_{заг}$	НП	ХСК	$БСК_5$	СПАР	Cu	Zn	Cr	Mn	
ГДК	1	0,05	0,05	20	2,25	0,2	0,01	0,01	0,001	0,01	
N	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	
N′	32	143	2	140	84	0	5	130	0	139	
H_i	22,1	98,6	1,38	96,5	57,9	0	3,44	89,7	0	95,9	
Оцінні індекси	2	4	1	4	4	1	1	4	1	4	
K_i	0,67	3,99	0,15	1,54	1,3	0,19	0,51	3,86	0	4,77	
Оцінні індекси	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	
Оцінні бали S_i	2	8	1	4	4	1	1	8	1	8	

За окремими показниками рівень забруднення води, згідно отриманих оцінних індивідуальних балів Si розподілився так:

– за вмістом розчиненого кисню, кальцію, калію, хлоридів, азоту амонійного, нафтопродуктів, СПАР, міді, хрому фіксувалась «одинична забрудненість низького рівня», вода «слабко забруднена»;

– за вмістом азоту нітратного, фосфатів фіксувалась «нестійка забрудненість низького рівня», вода «забруднена»;

– за вмістом магнію, натрію, мінералізації, ХСК, БСК фіксувалась «характерна забрудненість низького рівня», вода «брудна»;

– за вмістом сульфатів, азоту нітритного, заліза, цинку, марганцю фіксувалась «характерна забрудненість середнього рівня», вода «дуже брудна».

В цілому, якість води р. Інгул відповідала показнику КІЗ 73 балів, ПКІЗ – 3,48 балів, що з врахуванням відсутності речовин-ЛОЗ вказує на приналежність досліджуваного водного об’єкта до ІІІ б класу якості води («брудна») і непридатність її вод для безпечного ведення рибництва.

Домінування за ступенем забруднення сульфатів, азоту нітритного, заліза, цинку і марганцю при тому, шо по цим речовинам дуже часта повторюваність випадків перевищень ГДК та одночасно невисокий показник середньої кратності перевищень ГДК може вказувати на те, що сам процес забруднення відбувається

рівномірно по кратності і постійно по повторюваності у часі. Можливі джерела надходження сульфатів, заліза, цинку, марганцю – скидні дренажні води з уранової Інгульської шахти. Аналогічні процеси відбуваються в р.Тиса, коли в неї аварійно потрапляють скиди вод з шахт Румунії (Байя Борша). Стосовно високого ступеня забрудненості вод р. Інгул – с. Софіївка, питний водозабір м. Новий Буг азотом нітритним, то це можна пояснити потраплянням у річку стічних вод з боку населених пунктів і агропідприємств, адже більшість офіційних водоскидів відносяться до категорії «неочищені» або «недостатньо очищені». Також другорядною причиною може бути наслідок значного розвитку на водосборі річки сільського господарства – застосування добрив, засобів захисту рослин, які періодично змиваються до русла річки з поверхневим і підземним стоком.

УДК 633.34:631.4

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПОСІВАХ СОЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Тараріко Ю.О., Зосимчук М.Д., Сорока Ю.В., Митя Т.В., Середа С.В., Вдовиченко О.П.

Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ
agroresurs@bigmir.net

В сучасних умовах господарювання виробничники масово переходять до вирощування декількох експорто-орієнтованих культур, в переважній більшості це кукурудза на зерно, соняшник, ріпак озимий, пшениця озима, соя. Серед вищевказаних культур саме соя є культурою, яка здатна істотно покращити азотний баланс ґрунту без застосування мінеральних добрив. Решта культур характеризуються достатньо великими показниками виносу елементів живлення на формування одиниці врожаю.

Для зони Західного Полісся соя є достатньо новою культурою, адже ще 20-25 років тому її вирощування тут вважалося дуже ризикованим. Основним стримуючим чинником вирощування сої на зерно в регіоні Західного Полісся є низька природна родючість більшості ґрунтових відмін, підвищена кислотність та легкий механічний склад ґрунту, обмежені теплові ресурси тощо. Разом з тим, у зв'язку з потеплінням клімату, з'явилась реальна можливість вирощувати сою в цій зоні і вона має усі перспективи зайняти свою нішу серед інших культур.

Соя за певних умов майже не потребує внесення азотних добрив. Наприклад, при застосовуванні інокулянтів, потреба у внесенні азотних добрив взагалі відпадає. Крім того, соя після себе залишає у ґрунті до 60-80 кг на 1 га азоту, тому вона є відмінним попередником для наступних культур у сівозміні.

У зв'язку з тим, що в ґрунтах зони Полісся не містяться симбіотичні бульбочкові бактерії Rhizobiumjaponicum, внесення бактеріальних препаратів обов'язкове.

Отже, питання вирощування сої у зоні Західного Полісся є актуальним і до останнього часу недостатньо вивченим, як і підбір сортів за групами стиглості, ефективність удобрення, інокуляції та застосування регуляторів росту рослин тощо.

Метою наших досліджень було встановити можливість та доцільність вирощування нових високопродуктивних сортів сої різної групи стиглості та ефективності застосування фосформобілізуючих та азотфіксуючих препаратів біологічного походження на осушуваних землях зони Західного Полісся.

На Сарненській дослідній станції ІВПіМ НААН у 2021 р. розпочато вивчення можливості вирощування сої на осушуваних дерново-підзолистих та торфових ґрунтах за умови обмежених теплових ресурсів.

У досліді вивчали 4 (не ГМО) сорти сої Канадської селекції (Sevita genetics) та 1 Американської селекції: Юнка (вегетаційний період 85 днів, необхідна кількість теплових одиниць 2350 CHU); Астор (вегетаційний період 105 днів,

необхідна кількість теплових одиниць – 2500 CHU); Ніагара (вегетаційний період 108 днів, необхідна кількість теплових одиниць – 2600 CHU); Нептун (вегетаційний період 120 днів, необхідна кількість теплових одиниць – 2700 CHU); SB_{142} – сорт Американської селекції (вегетаційний період 125 днів, необхідна кількість теплових одиниць – 2750 CHU).

Вищевказані сорти сої вивчали у 2-х ідентичних за схемою дослідах з вивчення потенціалу урожайності нових сортів сої різної групи стиглості та ефективності азотфіксуючих та фосформобілізуючих препаратів на осушуваних торфових та дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах, які є найбільш поширеними в зоні Західного Полісся, що робить отримані дані репрезентативними для усього регіону. У дослідах вивчали ефективність препаратів Райс Пі і Різофікс.

При виборі сортів сої за групою стиглості слід зважати на основні показники, які характеризують теплозабезпеченість рослин протягом вегетаційного періоду, до яких належать середньомісячні температури повітря та їхні аномалії, дати початку та завершення різних температурних періодів, зокрема вегетаційного (теплого) та періоду активної вегетації, суми активних та ефективних температур та інші.

Спираючись на дані Сарненської дослідної станції ІВПіМ, можна стверджувати, що при нинішніх показниках теплозабезпеченості вегетаційного періоду в зоні Західного Полісся можливе достигання ультраранніх та ранньостиглих сортів сої з тривалістю вегетаційного періоду до 100 днів. Однак слід мати на увазі, що фактично за період вегетації посіви теплолюбних культур використовують активного тепла менше тієї кількості, що надходить в райони зони Західного Полісся. Це пов’язано з тим, що період вегетації обмежується весняними та осінніми заморозками, які можуть бути відмічені навіть після переходу середньодобової температури повітря через 10°С.

З метою встановлення потенціалу урожайності досліджуваних сортів сої на дерново-підзолистих ґрунтах мінеральні добрива вносили в нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{35}P_{60}K_{90}$ на торфових ґрунтах. Попередником в обох випадках була кукурудза на зерно.

Загалом було одержано високі показники урожайності зерна сої по усіх досліджуваних сортах, що були висіяні на осушуваних дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах. Найвищі показники урожайності було одержано по сортах ранньої групи стиглості, а саме сорти Юнка та Астор – 45,1 та 45,0 ц/га відповідно (рис. 1).

По сортах більш пізньої групи стиглості – Ніагара та Нептун було одержано нижчі показники урожайності – 34,3 та 37,6 ц/га відповідно. Сорт Американської селекції Sb_{142} (самий пізньостиглий з досліджуваних сортів) забезпечив нижчу порівняно з сортами Канадської селекції урожайність – 27,5 ц/га).

Слід також зазначити, що у дослідах на дерново-підзолистих ґрунтах доводилось проводити десикацію посівів по таких сортах як Астор, Ніагара, Нептун та Sb_{142}. Серед досліджуваної лінійки сортів лише сорт Юнка потягом періоду досліджень забезпечив одержання зерна з вологістю 14,2-14,6 % без проведення десикації.

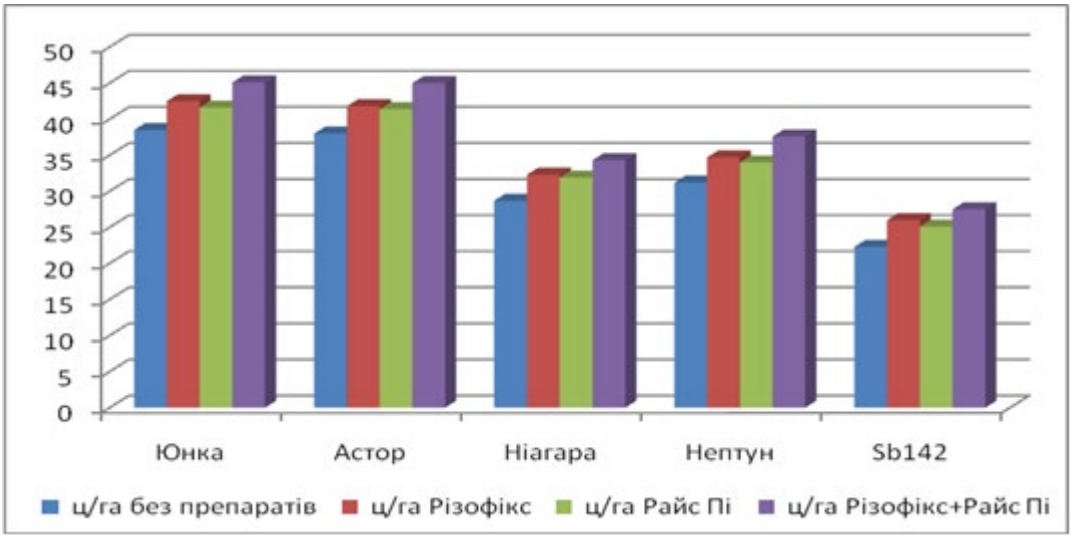


Рисунок 1 – Вплив азотфіксуючих та фосформобілізуючих препаратів на урожайність сої в умовах осушуваних мінеральних ґрунтів, середнє за роки досліджень

Стосовно досліджуваних біопрепаратів, на дерново-підзолистих ґрунтах вищу ефективність одержано при застосуванні інокулянту Різофікс, збільшення урожайності від його застосування по досліджуваних сортах становило 3,5-4,0 ц/га. Дещо менш ефективним виявилось застосування фосформобілізуючого препарату Райс Пі, збільшення урожайності від його застосування по досліджуваних сортах становило 2,8-3,4 ц/га. За поєднання інокулянту Різофікс та фосформобілізуючого препарату Райс Пі збільшення урожайності по досліджуваних сортах становило 5,2-7,0 ц/га.

Результати досліджень на органогенних ґрунтах. Ґрунтово-кліматичні умови на осушуваних торфовищах кардинально відрізняються від ґрунтів мінерального походження на суходолі, розташованому в безпосередній близькості від них. Дослідження станції з можливості вирощування сої на торфових ґрунтах у перший же рік виявили низку обмежуючих чинників і ризиків, без врахування яких можлива часткова, або повна втрата урожаю.

Урожайність досліджуваних сортів сої на осушуваних торфових ґрунтах наведено на рисунку 2.

На відміну від дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтів, на торфових ґрунтах одержано відносно невисокі показники урожайності зерна сої по усіх досліджуваних сортах. Особливо низькі показники урожайності, порівняно з дерново-підзолистими ґрунтами, відмічено у більш пізньостиглих сортів, а саме Нептун та $Sb_{142.}$

Причиною цього є те, що уже в першій декаді вересня на осушуваних торфових ґрунтах протягом 2-х років поспіль були відмічені аномально ранні перші осінні заморозки, які фактично припинили вегетацію усіх досліджуваних сортів сої. На період першої декади вересня сформувати найбільшу кількість фізіологічно-стиглого насіння встиг лише найбільш ранньостиглий сорт із даної лінійки, а саме сорт Юнка. Його урожайність в розрізі варіантів становила – 21,0-26,2 ц/га.

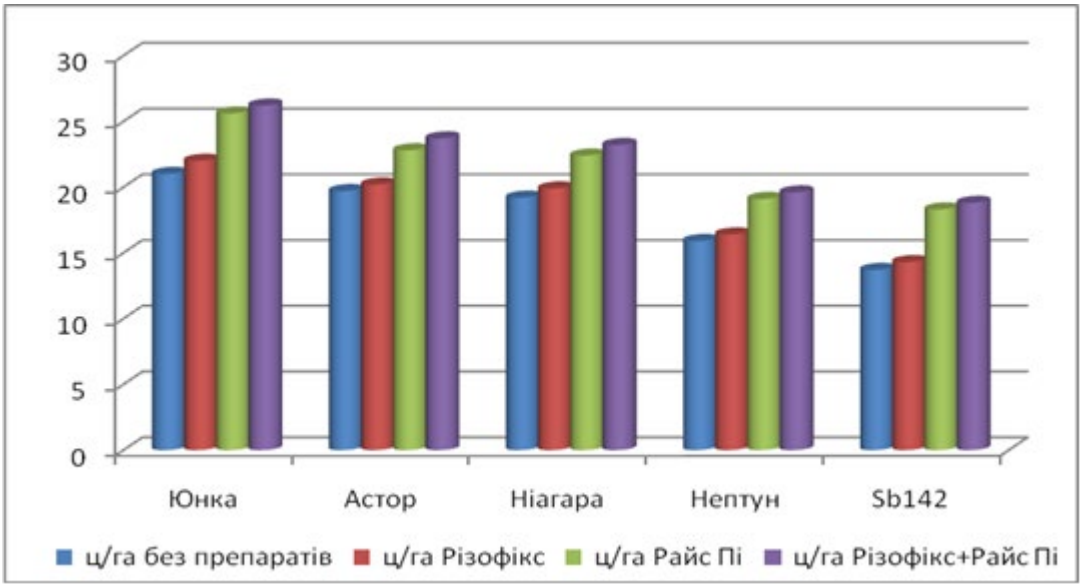


Рисунок 2 – Вплив азотфіксуючих та фосформобілізуючих препаратів на урожайність сої в умовах осушуваних торфових ґрунтів, середнє за роки досліджень

Однак, навіть по сорту Юнка був істотний недобір урожаю, оскільки вегетація була припинена в момент інтенсивного наливу зерна. Так, маса 1000 насінин сорту Юнка на дерново-підзолистих ґрунтах становила 185-190 грам, а на торфових цей показник досяг лише 140-145 грам. По решті більш пізньостиглих сортів (Астор, Ніагара, Нептун та Sb_{142}) рослини не встигли сформувати фізіологічно стигле насіння у бобах верхнього ярусу.

Стосовно досліджуваних біопрепаратів, то вищу ефективність на торфових ґрунтах, порівняно з обробкою насіння інокулянтом Різофікс, забезпечило застосування фосформобілізуючого препарату Райс Пі. Дещо низька ефективність інокуляції на торфових ґрунтах пояснюється високим вмістом азоту. Тоді як вища ефективність фосформобілізуючого препарату Райс Пі обумовлена наявністю у торфовому ґрунті фосфору в важкодоступних формах (віваніт), який внаслідок дії бактерій, що є в складі даного препарату, переходить у більш доступні для рослин форми.

Таким чином, дослідження проведені Сарненською дослідною станцією на осушуваних торфових ґрунтах показали, що ультраранні сорти сої з тривалістю вегетаційного періоду 75-85 днів встигали сформувати фізіологічно стигле зерно до настання стійких заморозків. На прилеглих дерново-підзолистих ґрунтах достигали навіть більш пізньостиглі сорти з вегетаційним періодом 100-105 днів.

УДК 631.6:627.417.4

БЕРЕГОВЕ УКРІПЛЕННЯ РІЧОК ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ПЛИТАМИ: ОЦІНКА ДЕФОРМАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТУ

Гурин В.А., Радчук М.І.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
v.a.guryn@nuwm.edu.ua

Для захисту берегових укосів водойм від руйнування течіями та хвилями, а також для зменшення шорсткості живого перерізу (збільшення пропускної здатності) водойм застосовують облицювання. Бетонне облицювання є універсальним способом укріплення, що забезпечує гідроізоляцію, захист від ерозії та підвищення пропускної здатності. Об'єктом дослідження є залізобетонні плити: укріплення укосів штучно створеного каналу річки Устя в межах міста Рівне, (Україна), який введено в експлуатацію у 1974 році. Запропоновано метод оцінки деформаційних характеристик ґрунту основи берегового укріплення залізобетонними плитами, зокрема його стійкості до зсувів, осідання, ерозії тощо. Така оцінка дозволяє прогнозувати стабільність залізобетонних гідротехнічних споруд, зокрема плит укріплення укосів річок та каналів.

Твердість основи в польових умовах визначали за допомогою твердоміра Рев'якіна (рис. 1). Твердомір оснащений механічним пристроєм запису, який дозволяє одночасно фіксувати значення сили тиску на ґрунт та проникнення плунжера.



Рисунок 1 – Твердомір Рев'якіна Ю.Ю.

Діаграму, записану пишучим пристроєм твердоміра при використані плунжера, можна апроксимувати двома прямими ОА і АВ / (рис. 2), котрі характеризують дві фази деформації ґрунту.

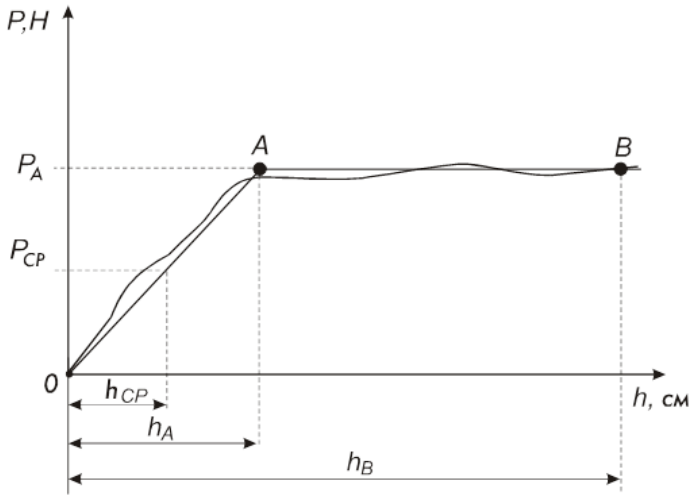


Рисунок 3 – Діаграма твердості ґрунту

У перебігу першої фази (ділянка ОА), внаслідок спочатку пружного, а потім пластичного ущільнення ґрунту під наконечником опору F зростає пропорційно лінійної деформації λ. Кінець першої і початок другої фази характеризуються невеликим перехідним періодом, протягом якого перед наконечником утворюється конусоподібний наріст з сильно ущільненого ґрунту (ущільнене ядро). У другій фазі (ділянка АВ) ґрунт деформується конусоподібним наростом, який розклинюється, зміщуючи в сторони і натрапляючи при цьому на постійний опір. У другій фазі – зростання деформації відбувається без збільшення опору F і ґрунт продовжує деформуватися під дією постійного тиску. Таким чином, у другій фазі деформації ґрунту стає результатом не стільки навантаження, скільки часу його дії.

Перша фаза в кілька разів коротше другої, однак має велике практичне значення, оскільки деформація ґрунту, як правило, не виходить за межі першої ділянки діаграми. Шляхом обробки цієї ділянки діаграми отримують показники, що характеризують здатність ґрунту чинити опір стисканню. Твердість ґрунту Т (Н / см2) визначають за формулою:

$$T = \frac{P_{cp}}{S};$$

де: P_{cp} – середнє навантаження (сила) відповідає середньому значенню h_{cp} на ділянці ОА, Н;

S – площа поперечного перерізу наконечника твердоміра, см^2.

Однак більш обґрунтованим теоретично, тобто відбиваючим фізичну сутність процесу стиску ґрунту зануренням в ґрунт наконечника, є інший показник – коефіцієнт об’ємного стиснення ґрунту. На основі аналізу діаграм неважко встановити, що сила опору стиснення ґрунту в межах першої фази залежить як від лінійної деформації ґрунту, так і від площі (площа поперечного

перерізу наконечника) S і, отже, пропорційна обсягу стискання (витісненої ґрунту).

Pcp знаходиться за законом Гука:

$$P_{cp} = У_{cp} \cdot G_n;$$

де $У_{cp}$ – величина деформації пружини;

G_n – жорсткість пружини, Н/см.

Конструктивні особливості укріплення укладання залізобетонних плит виконане на шар щебню завтовшки 15 см, а також на шар насипного піску. Опорний зуб укріплений каменем. Шви між плитами заповнені цементним розчином. Вимірювання твердості ґрунту основи між плитами берегового укосу проводилося у характерних контрольних точках деформацій та в місцях, де таких деформацій не спостерігалося. Розраховані параметри ґрунтової основи дозволяють сформулювати наступні висновки.

Висновки. Дослідження деформацій основи берегового укосу підтверджує відповідність отриманих даних нормативним документам (ДБН В.2.4-3:2010, 2006; СНиП 2.02.02-85, 1987). Випинання окремих плит укосу пояснюється дією виштовхувальних сил, спричинених розвиненою кореневою системою дерев, що ростуть уздовж схилу.

Випинання окремих плит укосу пояснюється дією виштовхувальних сил, спричинених кореневою системою дерев, що ростуть уздовж схилу.

Список використаних джерел

1. Гурин В.А., Радчук М.І. Оцінка надійності бетонних гідротехнічних споруд за візуальним обстеженням. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. № 4(64). 2013. С. 30-36.

2. ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України 2010. С. 20-29.

3. Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А. Москва: Стройиздат, 1973. 628 с.

УДК 628.1

ОТРИМАННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ БЕЗПЕЧНОЮ ВОДОЮ З УНІКАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ

Вихованець Б.О.[1], Яцюк М.І.[2], Мацелюк М.Є.[2]

[1]*Науково-дослідний центр Бориса Вихованця, м. Київ*
[2]*Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ*
aqua.brk@gmail.com

На момент початку повномаштабного вторгнення, НДЦ Бориса Вихованця займався розробленням і виробництвом унікальних систем водопідготовки. Брудна вода, після глибокого очищення, відновлювалась по електролітному складу, набувала унікальних властивостей завдяки стабільному електронодонорному показнику (від'ємний редокс потенціал) і насичення води молекулярним воднем. Також здійснювалось проектування та виробництво систем очистки і водопідготовки для великих житлових об'єктів.

З перших днів вторгнення директор та співробітники НДЦ Бориса Вихованця стали добровільно на захист України. З того часу і по цю мить займаємося проблематикою водопостачання питної унікальної води у екстремальних умовах.

Існує відомий афоризм: «Якщо позбавити населення води, то вже через три дні можна брати місто голими руками». Саме так діє ворог. У часи війни вода перетворюється на зброю.

Яскравим прикладом цьому є підрив греблі ДніпроГЕСу, що було зроблено для ізоляції військ і знищення міста під час Другої світової війни. У ході війни ворог цілеспрямовано знищує інфраструктуру водопостачання, щоб підкорити та деморалізувати населення.

Це на власному досвіді відчули міста Чернігів, Миколаїв, Маріуполь (де спроби відновити водопостачання не мали успіху) та інші міста, такі як Харків, Буча, Ірпінь, та Слов'янськ. У всіх містах порушення водопостачання значно ускладнює оборону і повсякденне життя населення.

На фоні війни, яка досі триває в Україні, питання водопостачання стало критичним, особливо для міст зі зруйнованою інфраструктурою, прифронтових зон, медичних шпиталів та бойових підрозділів ЗСУ. У зв'язку з цим, НДЦ Бориса Вихованця разом з Інститутом водних проблем і меліорації НААН на чолі з Яцюком Михайлом Васильовичем розробили у короткий термін мобільну систему (далі – Систему) водопідготовки в екстремальних умовах WAW WATER.

Сферою застосування Системи є цивільний сектор (дитячі садки, школи, лікарні, громадський та житловий сектор, бомбосховища, підрозділи МВС, МНС тощо), військовий сектор (батальйон, штаб, взвод, рота, автономні центри управління).



Система призначена для забезпечення населення питною водою в екстремальних умовах (з наявних джерел будь-якої якості, непридатних для пиття: річки, озера, струмки, болота, ставки, отруєні колодязі, калюжі та інше) з використанням вітчизняної технології очищення та водопідготовки (патент України № 127325), яка дозволяє:

– очистити воду від важких металів, оксидів, органіки та мікроорганізмів, розчинених отруйних речовин, в т.ч. у газоподібному стані, трупних отрут, хлорних сполук, радіонуклідів і нітратів;

– забезпечити оптимальну мінералізацію, збагачення магнієм та кальцієм, від-новлення електролітного балансу та лужності 7,5-9,5 pH, пом'якшення води (жорсткість від 60 до 100 ppM), збагачення її молекулярним воднем (найсильнішим детоксикантом та відновником).

Залежно від якості вхідної води, Система за добу може виробляти від 500 до 1500 л унікальної питної води.

Переваги Системи:

- український виробник, застосування запатентованих українських технологій;
- конкурентна ціна;
- продукування унікальної питної води;
- легкість обслуговування;
- можливість швидкого масштабування обладнання і розташування його у бомбосховищах, багатоповерхівках, біля джерел води.

Системи протягом трьох років повномасштабного вторгнення передавалися в бойові підрозділи Збройних Сил України, спецпризначенцям, підрозділам ССО та Національної гвардії, а також Головному управлінню розвідки. Ці системи бездоганно себе проявили в екстремальних умовах, забезпечуючи військових питною водою з джерел, які зазвичай непридатні для вживання.

Окрім того, Системи відіграли велику роль в оптимізації логістики в бойових підрозділах та у прифронтових зонах. У ситуаціях, коли підвіз води ускладнений, ці системи продемонстрували свої переваги, дозволяючи забезпечити безперебійний доступ до чистої води без залежності від традиційних шляхів постачання. Завдяки їхнім високим технологічним характеристикам, WAW WATER суттєво підвищує ефективність виконання бойових завдань і забезпечує життєві потреби військових. Про ефективність роботи Систем свідчить також велика кількість звернень на потребу не тільки від військових, але й від громадських організацій.

Основні напрямки співпраці і завдання НДЦ Бориса Вихованця та Інституту водних проблем і меліорації НААН:

1. Інтеграція мобільної системи водопідготовки:

– Спільна розробка планів впровадження системи у цивільних та військових секторах, включаючи школи, лікарні, бомбосховища, батальйони та штаби ЗСУ.

2. Дослідження якості води:

– Організація спільних досліджень на наявність небезпечних забруднюючих речовин у доступних водних джерелах (річки, озера, відстійники тощо) для визначення необхідності в очищенні.

3. Обладнання для водопідготовки:

– Розробка рекомендацій щодо оптимізації роботи мобільних водоочисних установок за різних умов, включаючи екстремальні.

4. Технологічна підтримка та вдосконалення:

– Співпраця в розвитку та вдосконаленні вітчизняних технологій очищення та водопідготовки, що використовуються в системі, для покращення ефективності та безпеки.

5. Гуманітарні програми:

– Спільні ініціативи по реалізації гуманітарних проектів, спрямованих на забезпечення питною водою постраждалих населення, а також медичних установ у прифронтових зонах.

6. Промислова співпраця:

– Співпраця з українськими виробниками для розширення виробництва компонентів мобільних систем водопідготовки, що сприятиме національному розвитку та зниженню витрат.

7. Аналіз ефективності:

– Моніторинг та оцінка результатів впровадження системи водопідготовки, включаючи якість отриманої води та задоволення потреб населення і військових.

8. Наукові дослідження:

– Проведення спільних наукових досліджень для вивчення впливу очищеної води з унікальними властивостями на здоров’я людей та військових, а також її вплив на відновлення інфраструктури.

9. Інформаційна співпраця:

– Створення інформаційних матеріалів і ресурсів для підвищення обізнаності про важливість доступу до чистої води та технологій її очищення в умовах війни.

Для реалізації проекту «Безпечна і унікальна вода для фронту і цивільних» важливим є залучення до співпраці профільних фондів, а також інших громадських, державних і політичних структур. Це дозволить створити потужну коаліцію для забезпечення військових та цивільного населення якісною питною водою в умовах війни.

Основні напрямки залучення до співпраці:

1. Профільні фонди:

– Співпраця з міжнародними та національними фондами, які спеціалізуються на гуманітарній допомозі, забезпечить фінансування і ресурси для розвитку проекту. Це дозволить масштабувати впровадження мобільних систем водопідготовки в прифронтових зонах, де потреба у воді найбільш гостра.

2. Громадські організації:

– Включення активістів та волонтерських організацій, які працюють у сфері допомоги, забезпечить ширше висвітлення проблеми та залучить увагу суспільства до ініціативи. Це також допоможе організувати доставку води до кінцевих споживачів та навчання з використання обладнання.

3. Державні структури:

– Співпраця з державними органами, зокрема Міністерством охорони здоров'я та Міністерством внутрішніх справ, дозволить інтегрувати проект у стратегію безпеки питної води та забезпечити юридичну підтримку та регуляторні можливості.

4. Політичні структури:

– Залучення політичних партій та представників органів влади може сприяти лобіюванню законодавчих змін, які полегшать реалізацію проекту, а також залучити необхідну фінансову підтримку з бюджетів на місцевому та національному рівнях.

5. Наукові та освітні установи:

– Співпраця з університетами та науковими центрами забезпечить підтримку в дослідженнях та розробках, що стосуються водопідготовки, а також принесе нові рішення та інноваційні технології в проект.

– Залучення цих структур до співпраці дозволить значно підвищити ефективність проекту, створити стійкі механізми забезпечення питною водою для військових і цивільного населення, а також покращити якість життя в умовах війни.

УДК 631.6:626.8

РЕЗУЛЬТАТИ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ОРГАНІЗАЦІЙ ВОДОКОРИСТУВАЧІВ УКРАЇНИ

Ромащенко М.І.[1], **Сайдак Р.В.**[1], **Пантелеєв В.П.**[2]

[1]*Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ*
[2]*Київський аграрний університет НААН України, м. Київ*
bernstain@ukr.net

Створення та функціонування організацій водокористувачів (ОВК) в Україні відбувається як важлива складова реалізації Реформи зрошення [1] згідно з положеннями відповідного Закону України [2]. Перші підсумки роботи ОВК та основні напрями подальшого розвитку ОВК наведені за публікаціями у новинних статтях та спеціальних виданнях за регіонами України.

Результати діяльності ОВК. За даними Державного агентства України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм станом на початок 2025 р. всього створено/зареєстровано 56 ОВК, з них: 47 на зрошенні та 9 на осушенні. «Інгулецька» – найбільша в Україні ОВК за площею обслуговування, розташована в Миколаївській та Херсонській областях, має зону обслуговування 121,5 тис. га в у межах зрошувальних систем: Інгулецької – 60,8 тис. га; Явкинської – 50,3 тис. га; Спаської – 10,4 тис. га [3].

Відбулося розширення площ зрошуваних земель, запровадження нових видів зрошення (спринклерне зрошення) – Полтавська та Черкаська області [4, 5]. Зазначається суттєве збільшення площі сільськогосподарських земель з регульованим водним режимом, можливість гарантовано отримувати стабільні врожаї картоплі, гречки, пшениці, ріпаку – Житомирська область [6].

Зазначається залучення інвестицій, впровадження нових енерго- і водоощадливих технологій та раціональніше використання водних ресурсів, отримано 11 сучасних енергоощадних насосів, які дозволять заощадити щонайменше 10-15 % енергоресурсів та води; запроваджено систему підґрунтового краплинного зрошення – Одеська область [7], отримано поліетиленові водопровідні труби для заміни застарілих – Харківська, Черкаська області [8, 9]; відбувається оновлення непрацюючої меліоративної мережі – Київська область [10]; проведено роботи з відновлення каналів, очищення дренажних колекторів для покращення функціонування системи – Волинська область [11]; зазначено зростання урожайності культур; відбулося зменшення неефективного використання водних ресурсів, мінімізуючи втрати через витікання та випаровування – Одеська область [7]; як негативний момент слід розглядати що через високий тариф на воду для поливу 15 грн/м^3 відбулася відмова ОВК від зрошення – Дніпропетровська область [12].

Перспективи розвитку ОВК. Планується збільшення площ поливу – Одеська, Полтавська області [4, 7]; удосконалення сівозміни – Одеська область [13], збільшення обсягів виробництва основних сільськогосподарських культур на 15-20 %, виробництво органічної продукції на 20-35%, утричі зменшення вартості

подачі води для зрошення, зменшення собівартості продукції через зниження витрат та втрат води та електроенергії при подачі води – Полтавська область [14]; передбачається зростання врожайності культур на зрошенні Харківська, Миколаївська та Херсонська області [8, 15]; планується постачання нового обладнання для впровадження водо- та енергозберігаючих технологій, зокрема автоматизованої самохідної системи зрошення та обладнання для сонячних електростанцій. Завдяки цій техніці будуть збільшені площі поливу на 93 га, зменшено споживання води на 30 % і електроенергії на 10 % – Полтавська область [4]; заплановано отримання дощувальної машини барабанного типу та очікується поставка ще чотирьох машин кругової дії. Це дозволить відновити зрошення на площі понад 200 га, зменшити втрати води до 5 % і скоротити витрати на обслуговування інженерної інфраструктури на 10 %, досягти збільшення врожайності кукурудзи в середньому на 60 центнерів з га, а гібридного соняшнику – на 3 центнери з га; передбачається розвиток та інноваційне оновлення зрошувальних систем як один із пріоритетних напрямів аграрного сектору – Черкаська область [16]; планується відновлення функціонування понад 20 км меліоративних каналів – Чернігівська область [17]; вважається доречним забезпечення прозорості систем управління, встановлення справедливих тарифів та залучення інвестицій в меліоративний сектор – Миколаївська та Херсонська області [15]; спроможні ефективно утримувати застарілі та зношені системи, проведення технічної інвентаризації систем – Черкаська область [5]; необхідним вважається залучення інвестицій й грантів для реконструкції та заміни застарілого обладнання, покращення швидкості і безперебійності подачі води на рисові поля – Одеська область [13]; виникає потреба підключення фронтальної дощувальної машини, встановлення двох систем краплинного зрошення та чотирьох дощувальних машин – Харківська область [8]; передбачається облаштування системи краплинного зрошення на площі 308 га та впровадження системи дистанційного моніторингу обладнання, використання технологічних інновацій та можливостей енергоменеджменту – Миколаївська та Херсонська області [15].

Юридична перешкода діяльності ОВК. Потрібно подолати бюрократичні процедури з передачею майна меліоративних систем у власність ОВК. Повноваження з управління зрошувальними та осушувальними системами мають повністю перейти до Державного агентства меліорації та рибного господарства України. Також потребує врегулювання питання щодо процедури ініціювання створення ОВК на мережах де не проводяться поливи або водорегулювання.

Основні напрями розвитку ОВК. Розвиток ОВК як важливий напрям подальшого реформування системи зрошення та осушення в Україні спирається на підтримку суспільства, держави та різноманітних грантових програм. Створення ОВК має базуватись на принципах інтегрованого управління водними ресурсами [19, 20], а розвиток та відбудова систем зрошення і дренажу, що отримані ОВК у власність, повинні відбуватись виключно на новій техніко-технологічній основі [18], за поетапного введення тарифів на послуги з подачі/відведення води, використання податкових, кредитних та інших пільг у разі впровадження водокористувачами маловідходних, безвідхідних, енерго- і ресурсозберігаючих технологій [19] та розроблених сценаріїв організації ОВК користувачами дренажних послуг [20]. Слід підтримати запропоновані можливості

розповсюдження державного фінансування на ОВК в частині запровадження тимчасових дотацій на період реформи на утримання ОВК з метою вирівнювання прав на справедливий тариф для всіх водокористувачів, стимулювання розробки та реалізації комплексних проєктів реконструкції та відновлення меліоративних мереж та гідротехнічних споруд на них, реалізації програм навчання та підвищення кваліфікації із впровадження нових стандартів водокористування та водозбереження, а також забезпечення механізмів доступу до кредитів на вигідних умовах для реалізації інноваційних проектів з відновлення та розвитку систем зрошення і дренажу [22].

Висновки. Незважаючи на те, що розширення мережі ОВК в Україні розглядається як важливий фактор успіху реформи управління меліорацією [1], насправді цей процес не став каталізатором нарощування площ поливу, а перетворився на дуже складну процедуру набуття водокористувачами прав власності на об'єкти меліоративної інфраструктури. Відновлення та модернізація зрошувальних та осушувальних систем ОВК здійснюються у вкрай недостатніх обсягах, що не призводить до збільшення площі зрошуваних та осушених земель до рівня достатнього для виконання завдань Стратегії [1], хоча і на сучасних техніко-технологічних засадах за поліпшення використання енергетичних та водних ресурсів та зростання урожайності. Прискорення процесу створення ОВК дозволить сільгосптоваровиробникам нарощувати обсяги виробництва сільськогосподарських культур на основі відновлення наявного потенціалу меліоративного фонду та підвищення продуктивності меліорованих земель, що стане вагомим внеском як в національну, так і світову продовольчу безпеку [21].

Потрібна подальша реалізація Стратегії [1] також в частині безумовної передачі меліоративних систем у власність ОВК та вдосконалення управління об'єктами міжгосподарської частини меліоративних систем, магістральними та розподільними каналами, насосними станціями тощо, на основі застосування економічно обґрунтованих тарифів на послуги з подачі/відведення води.

Посилання

1. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Урядовий кур'єр. 2019. № 170. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text
2. Про організації водокористувачів та стимулювання гідротехнічної меліорації земель. Закон України від 17 лютого 2022 року № 2079-IX. Київ. [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2079-20#Text.
3. Зрошення на Миколаївщині та Херсонщині: аграрії утворили найбільшу в Україні організацію водокористувачів 13 листопада 2024, URL: https://suspilne.media/mykolaiv/879099-zrosenna-na-mikolaivsini-ta-hersonsini-agrarii-utvorili-najbilsu-v-ukraini-organizaciu-vodokoristuvaciv/
4. Зрошення – ключ до успіху: досвід ОВК «Рейн» на Полтавщині25.12.2024 URL: https://pl.darg.gov.ua/_zroshennja_kljuch_do_uspihu_0_0_0_3659_1.html
5. Реформа меліорації на Черкащині: 17 організацій водокористувачів та відновлення зрошення на площі понад 10 тис. га. Прес-служба ОДА14.01.2025 URL: https://ck-oda.gov.ua/novyny-cherkaskoyi-oblasti/186352/
6. На Житомирщині сформовано першу в Україні організацію водокористувачів у зоні осушення 08 Лютого 2024 URL: https://oda.zht.gov.ua/news/na-zhytomyrshhyni-sformovano-pershu-v-ukrayini-organizatsiyu-vodokorystuvachiv-u-zoni-osushennya
7. Зрошення на Одещині: інноваційні технології та підтримка міжнародних партнерів ubryachka URL: https://www.facebook.com/groups/1796035600719254/posts/3994261437563315/

8. Програма USAID з аграрного і сільського розвитку – АГРО 30 сентябрь 2024 г. · Відновлюємо зрошення на Харківщині! URL: https://www.facebook.com/usaid.agro/posts/pfbid026BSDtn3ZcKjoGkAFmqi9gabSftku96W4iQPmiqXDBVv2kLqwK2No1VWZxXCjxye6l?locale=ru_RU

9. На Черкащині успішно втілюється меліоративна реформа завдяки участі в Програмі USAID АГРО Прес-служба ОДА URL: https://ck-oda.gov.ua/sh-hospodarstvo/zavdyaki-programi-usaid-agro-na-cherkashhini-uspishno-vtilyuyetsya-meliorativna-reforma/

10. На Київщині почали відновлювати меліоративну мережу, яка не працювала понад 30 років 26 Серпня, 2024 URL: https://www.growhow.in.ua/na-kyivshchyni-pochaly-vidnovliuvaty-melioratyvnu-merezhu-iaka-ne-pratsiuvala-ponad-30-rokiv/

11. На Волині створили перші організації водокористувачів 19 Серпня 2024, URL:https://business.rayon.in.ua/news/733237-na-volini-stvorili-pershi-organizatsii-vodokoristuvachiv

12. На Дніпропетровщині відмовляються від зрошення через дорогу воду18 липня 2024, URL: https://agroportal.ua/news/ukraina/na-dnipropetrovshchini-vidmovlyayutsya-vid-zroshennya-cherez-dorogu-vodu

13. Виробникам рису з Одещини передали у власність зрошувальну систему 27 грудня 2024 URL: https://kurkul.com/news/37578-virobnikam-risu-z-odeschini-peredali-u-vlasnist-zroshuvalnu-sistemu

14. На Полтавщині збільшують площі поливу під вирощування овочів і пряних культур 27 грудня 2024, URL:https://superagronom.com/news/20074-na-poltavschini-zbilshuyut-ploschi-polivu-pid-viroschuvannya-ovochiv-i-pryanih-kultur

15. Під час зборів водокористувачів Інгулецької, Спаської та Явкинської зрошувальних систем було створено організацію водокористувачів «Інгулецька». ОВК з найбільшою меліоративною системою відкритого типу в Україні URL: https://www.ucab.ua/ua/pres_sluzhba/novosti/pid_chas_zboriv_vodokoristuvachiv_inguletskoi_spaskoi_ta_yavkinskoi_zroshuvalnikh_sistem_bulo_stvoreno_organizatsiyu_vodokoristuvachiv_inguletska__ovk_z_naybilshoyu_meliorativnoyu_sistemoyu_vidkritogo_tipu_v_ukraini

16. Зрошення – в пріоритеті URL:https://ck-oda.gov.ua/sh-hospodarstvo/zavdyaki-programi-usaid-agro-na-cherkashhini-uspishno-vtilyuyetsya-meliorativna-reforma/

17. Чернігівщина приєдналася до реформи гідротехнічної меліорації: в регіоні створено першу організацію водокористувачів. URL:https://cg.gov.ua/index.php?id=503303&tp=page

18. Шатковський А.П., Журавльов О.В., Черевичний Ю.О., Ретьман М.С., Щербатюк М.В., Любіцький В.В. Стан галузі зрошення у контексті російської збройної агресії проти України. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «ВОДА ДЛЯ МИРУ», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів 21 березня 2024 р., с. 45-47.

19. Ромащенко М.І., Пантелеєв В.П., Сайдак Р.В. Основи формування тарифів у зрошенні та дренажу за інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «ВОДА ДЛЯ МИРУ», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів 21 березня 2024 р., с. 63-65.

20. Жовтоног О.І., Матяш Т.В., Поліщук В.В., Клімов С.В., Турченюк В.О., Салюк А.Ф. Оцінка можливостей щодо створення ОВК на багатофункціональних дренажних системах поліського регіону. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «ВОДА ДЛЯ МИРУ», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів 21 березня 2024 р., с. 106-108.

21. Дехтяр О., Воропай Г., Усатий С. Створення організацій водокористувачів: нові можливості для агровиробників. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «ВОДА ДЛЯ МИРУ», присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів 21 березня 2024 р., с. 67-68.

22. Пропозиції щодо змін у законодавстві в галузі розвитку організацій водокористувачів. Вих. N° 12 від 28 лютого 2024 року URL: file:///C:/Users/Acer/Downloads/DOC-20250303-WA0000.%20(2).pdf


НОТАРІУС
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ
І МЕЛІОРАЦІЇ