A photograph of a large waterfall with multiple cascades, set against a dark, moody background. The water is white and frothy as it falls.

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

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

Збірник наукових праць  
3-й випуск

A photograph of a vast field of golden wheat, ready for harvest. The stalks are tall and dense, filling the entire frame.

**Херсон - 2021**

**УДК 626/627:001**

**Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії:** зб. наук. пр. – Херсон: ХДАЕУ, 2021. - Вип. 3. – 199 с.

**Modern technologies and achievements of engineering sciences in the field of hydraulic engineering construction and water engineering:** a collection of scientific works. 3rd issue. - Kherson: KhSAEU, 2021. – 199 p.

**Редакційна колегія:**

**Кирилов Ю.Є.** - д.е.н., професор, ректор Херсонського державного аграрно-економічного університету (Херсонського ДАЕУ);

**Грановська В.Г.** - д.е.н., доцент, перший проректор, проректор з навчально-педагогічної роботи Херсонського ДАЕУ

**Аверчев О.В.** – д.с.-г.н., професор, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності Херсонського ДАЕУ;

**Бабушкіна Р.О.** - к.с.-г.н., доцент, декан факультету архітектури та будівництва Херсонського ДАЕУ;

**Шапоринська Н.М.** – к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій ФАБ Херсонського ДАЕУ;

**Ладичук Д.О.** – к.с.-г.н., доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій ФАБ Херсонського ДАЕУ.

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

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

Рекомендовано до друку вченою радою факультету архітектури та будівництва Херсонського державного аграрно-економічного університету (протокол № 10 від 31.05.2021 р.).

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

© Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2021

## ЗМІСТ

<b>Мацелюк Є.М., Чарний Д.В., Коваленко О.В., Онанко Ю.А., Марисик С.В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОРТО-ПОЛІФОСФАТНОГО ІНГІБІТОРА КОРОЗІЇ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ПИТНОЇ ВОДИ ТА СТАН СТАЛЕВИХ ВОДОВОДІВ.....	6
<b>Перерва П.Г., Рудика В.І., Кобелєва Т.О.</b> СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ РИНКУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	12
<b>Кузло М.Т.</b> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ҐРУНТОВОГО МАСИВУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ОСУШЕННЯ.....	18
<b>Заєць С.О., Юзюк С.М., Фундират К.С., Рудік О.Л.</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ СОРТАМИ СОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ РОСЛИН.....	26
<b>Синиця Р.В., Осадчий В.С., Анісімов К.І.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ СПОРУД НЕПОВНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ.....	30
<b>Sova Olena Yu.</b> INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF AGRICULTURAL PRODUCTION ON IRRIGATED LANDS.....	35
<b>Куликівський В.Л.</b> АНАЛІЗ ВПЛИВУ АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ НА ЗАЛИШКОВИЙ РЕСУРС ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ.....	38
<b>Farzaliyev M.M., Ismayilova K.A., Huseynov I.I.</b> THE ROLE OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN HYDRAULIC ENGINEERING.....	41
<b>Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В.</b> ОСНОВНІ НАПРЯМИ ВПРОВАДЖЕННЯ СТРАТЕГІЇ ЗРОШЕННЯ ТА ДРЕНАЖУ В УКРАЇНІ НА ПЕРІОД ДО 2030 РОКУ НА ІНГУЛЕЦЬКІЙ ЗРОШУВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ.....	45
<b>Гумбатов А.Г. Амирасланова А.С.</b> АНАЛИЗ И МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ МЕЛИОРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА, ПРОВЕДЕННОГО НА ПОСЕВНОЙ ПЛОЩАДИ .....	49
<b>Дмитрієв С.В.</b> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХВИЛЕЛОМІВ ЗАГЛИБЛЕНИХ ПІД РІВЕНЬ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ ВЕЛИЧИНИ ЗАГЛИБЛЕННЯ ТА ЇХ ФОРМИ.....	55
<b>Хоружий П.Д., Мацелюк Є.М., Мосійчук Я.Б., Стасюк С.Р.</b> ОЧИЩЕННЯ ФІЛЬТРАТУ ВІД ЗВАЛИЩ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	60
<b>Телима С.В.</b> ПРОГНОЗУВАННЯ ГІДРОГЕОЛОГО-ЕКОЛОГІЧНИХ ЗМІН В ПІВДЕННИХ РАЙОНАХ УКРАЇНИ В УМОВАХ РЕГІОНАЛЬНОГО ПІДТОПЛЕННЯ ҐРУНТОВИМИ ВОДАМИ.....	65

<b>Рзаев В.Р., Аскеров Х.М., Гашимов М.А.</b> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	71
<b>Федорова К. Ю.</b> ДЕЯКІ ПИТАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ.....	77
<b>Тимощук В.І., Шерстюк Є.А.</b> ПРОГНОЗ ГІДРОДИНАМІЧНОГО І ГІДРОГЕОХІМІЧНОГО РЕЖИМІВ ДІЛЯНКИ РОЗТАШУВАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД КАЛУСЬКОЇ ТЕЦ В УМОВАХ ЇХ РЕКОНСТРУКЦІЇ.....	80
<b>Чеканович М.Г.</b> НОВІ КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ДЛЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД .....	87
<b>Аверчев О.В., Ладичук Д.О., Бобошко Ю.М., Кузнецов В.В., Лейко А.М.</b> ЕКОЛОГО - ТЕХНІЧНІ ПЕРЕВАГИ МАЛОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ – ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	92
<b>Каракчи Г.Д., Слободянюк В.П., Муравьєва И.А.</b> КРИТЕРИИ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОГО КАЧЕСТВА ВОДЫ В МЕЛКОВОДНЫХ ВОДОЕМАХ ЮГА УКРАИНЫ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА КИТАЙ.....	96
<b>Сердюк В.А., Максін В.І.</b> ЗМІНА ЯКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД ТЕРИТОРІЇ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ.....	102
<b>Кирилюк В.П., Боровик П.М.</b> ЗРОШЕННЯ ЛІСОВОГО РОЗСАДНИКА.....	107
<b>Кофанов О. Є., Кофанова О. В.</b> ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКИХ ВОДОЙМ І РІЧОК ДОРОЖНІМИ СТОКАМИ Й КОМПОНЕНТАМИ ВИКИДІВ ДВИГУНІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ. ....	112
<b>Скрипчук П.М., Трохлюк Т.М., Шпак Г.М.</b> ПРОЦЕСИ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО АУДИТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ.....	118
<b>Войтенко Л.В., Копілевич В.А., Заленська Є.А., Гаць А.К.</b> ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ: МЕТОДОЛОГІЯ ТА ПРАКТИКА..	125
<b>Улько Є.М.</b> ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОМЕЛІОРАТИВНИХ ЗАХОДІВ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ.....	130
<b>Крамаренко А.В., Коган А.</b> ОПЫТ ИЗРАИЛЯ В ОРГАНИЗАЦИИ ВОДНОЙ ПОЛИТИКИ.....	136
<b>Крамаренко А.В., Шапоринская Н.Н., Керимов А.Н.</b> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ ИЗРАИЛЯ.....	140
<b>Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В.</b> НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ЕКОЛОГО-АГРОМЕЛІОРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ.....	144

<b>Онищенко А.М., Гаркуша М.В.</b> АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ РЕМОНТУ, МЕТОДОМ ГІЛЬЗУВАННЯ, ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ, ЯК РІЗНОВИДУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА.....	147
<b>Бабушкіна Р.О., Ємел'янова Т.А.</b> ОСОБЛИВОСТІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ДІЛЯНОК ЗВЕДЕННЯ МОСТОВИХ СПОРУД В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	151
<b>Янін О.Є.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГИНУ ДВОСХИЛОЇ БАЛКИ ПРИ ЗМІННІЙ ЖОРСТКОСТІ ЗА ДОВЖИНОЮ.....	155
<b>Романенко С.М.</b> СЕКРЕТ МІЦНОСТІ ДАВНЬОРИМСЬКОГО БЕТОНУ.....	160
<b>Ситник І.В.</b> СУЧАСНИЙ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ СТАН ЗРОШУВАНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ.....	163
<b>Кособродова К.С.</b> ПРОБЛЕМИ ІРИГАЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.....	166
<b>Волошин М.М., Волошина В.М.</b> СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ВПЛИВ ПЛАНОВАНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАХОВСЬКОЇ ГЕС-2 .....	172
<b>Волошин М.М., Петях А.А.</b> ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ.....	176
<b>Годованюк А.В.</b> УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ГІС.....	180
<b>Журахівський В.П.</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГИНАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ЗОВНІШНЬОЮ ГНУЧКОЮ СТАЛЕВОЮ АРМАТУРОЮ.....	186
<b>Волошин М.М., Владимірова В.М.</b> СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ.....	192
<b>Волошин М.М., Колядич А.М.</b> СИСТЕМА БУДІВНИЦТВА «3D-ПАНЕЛЬ».....	196



УДК 628.1

**Мацелюк Є.М., Чарний Д.В., Коваленко О.В.,  
Онанко Ю.А., Марисик С.В.**

*Інститут водних проблем і меліорації НААН, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОРТО-ПОЛІФОСФАТНОГО ІНГІБІТОРА КОРОЗІЇ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ПИТНОЇ ВОДИ ТА СТАН СТАЛЕВИХ ВОДОВОДІВ**

**Вступ.** Стабільність води визначає її властивості взаємодіяти разом з розчиненими в ній речовинами з внутрішньою поверхнею сталевих трубопроводів, руйнуючи її (корозія) або утворюючи на її поверхні відкладення, які складаються з карбонатів з включенням сполук заліза. Практика експлуатації трубопроводів показує, що в більшій чи меншій мірі завжди присутні обидва ці процеси.

За даними різних експлуатаційних служб, більше 80% сталевих трубопроводів питного водопостачання відпрацювали більше 30 років і піддані корозійному впливу. В окремих місцях трубопроводів утворюються свищі і товщина стінок зменшилась з 10-12 мм до 1,0-1,5 мм. Це знижує надійність подачі води споживачам, призводить до значних втрат води, підвищує ризик появи вторинних забруднень. На окремих ділянках трубопроводів відзначається наявність відкладень, які зменшують переріз трубопроводів та їх пропускну здатність, тим самим збільшуючи витрати на електроенергію.

При використанні підземних вод вторинне забруднення питної води за рахунок електрохімічної та мікробіологічної корозії майже завжди має місце.

Одним із раціональних методів покращення технічного стану діючих трубопроводів для продовження їх терміну експлуатації є стабілізація води шляхом обробки її інгібіторами корозії.

Механізм дії інгібіторів в рідких середовищах в більшості випадків полягає в гальмуванні катодних і анодних процесів електрохімічної корозії, утворенні захисних і пасивуючих плівок.

В Україні для антикорозійної та стабілізаційної обробки води в системі питного водопостачання пропонується препарат "SeaQuest Liquid", виготовлений згідно ТУ У 20.5-40502222-001:2017 (Дозвіл Держспоживслужби України № 602-123-20-1/5600) виробництва ТОВ "Нанохімічні Технології" (Україна, м. Київ). Препарат "SeaQuest Liquid" становить собою водний розчин ортополіфосфатного препарату "SeaQuest" з додаванням консервуючих кількостей гіпохлориту натрію.

Мета роботи: дослідити можливість застосування інгібіторного захисту в системах питного водопостачання за допомогою орто-поліфосфатного препарату "SeaQuest Liquid".

**Основна частина.** Матеріали і методика досліджень.

Для обробки води препаратом застосовували установку для дозування фірми "Grundfos". Для обліку води застосовували лічильник холодної води

MAGX2-T5CMN-NN485 фірми Arkon Flow Systems (Чехія). Пристрій MAGX2 має інноваційний модульний дизайн „Plug&Play”, який одночасно підходить для всіх застосувань. Для реєстрації даних в MAGX2 використовували стандартну micro Secure Digital card.

Розміщення обладнання для зберігання та дозування препарату “SeaQuest Liquid” було виконано в межах існуючих наземних та напівзаглиблених насосних станцій над артезіанськими свердловинами. Установки дозування препарату та точки вприску влаштовувались по одному комплекту в кожній насосній станції.

Оцінку стабільності води, виходячи з її хімічного складу, проводили за стандартними методиками визначення індексів стабільності Ланжельє і Різнера, індексу Паккоріуса для визначення схильності води до утворення накипу, індексу Ларсона-Скольда, який дає змогу характеризувати корозійну здатність води по відношенню до низьковуглецевої сталі, індексу Оддо-Томпсона для експрес-оцінювання схильності води до розчинення або утворення карбонату кальцію.

Для контролю ефективності процесу обробки води препаратом “SeaQuest Liquid” було передбачено вузли контролю, кожний із яких обладнаний корозійними зондами. Зонд дозволяє встановлювати і знімати зразки матеріалів в процесі роботи установки без відключення обладнання.

Оцінку швидкості корозії металу трубопроводу проводили на основі короткочасних корозійних випробувань зразків металу, ідентичного металу трубопроводів, за допомогою корозійних зондів гравіметричним методом по втраті маси зразків. Площа плоских прямокутних зразків розраховувалась за формулою:

$$S = 2(ab+bc+ac) + \pi d(ac-d), \quad (1)$$

де

a, b, c - розміри сторін зразка (від більшої до меншої), мм;

d - діаметр отворів, мм; S - площа зразка, мм<sup>2</sup>.

Зважування зразків для випробувань проводили після остаточного просушування зразків на аналітичних вагах з точністю  $2 \times 10^{-4}$  м.

Швидкість корозії матеріалу при гравіметричних випробуваннях визначалась з розрахунку на рівномірну загальну корозію за формулою:

$$Pr = \frac{8,76 \cdot 10^4 (m_1 - m_2)}{St\rho}, \quad (2)$$

де

Pr - швидкість корозії матеріалу, мм/рік; m<sub>1</sub>,

m<sub>2</sub> - маса зразка до початку випробувань і після очищення зразка від відкладень і продуктів корозії, г;

S - первісна поверхня зразка, мм<sup>2</sup>; t - тривалість корозійних випробувань, год.;

ρ - щільність матеріалу, г/см<sup>3</sup>.

Результати досліджень. За результатами досліджень встановлено, що якість водопровідної питної води, в яку регулярно в застосовуваних дозах (від 1,0 до 3,0 мг/дм<sup>3</sup>) додавався препарат “SeaQuest Liquid”, за органолептичними показниками (запах, присмак, каламутність, забарвленість) в динаміці коливалася в усіх точках відбору проб для кожного інгредієнта в межах нормативних значень та навіть при максимальних дозах реагенту залишалась стабільно високою та за середніми даними становила для каламутності  $0,37 \pm 0,06$  НОК, забарвленості  $8,6 \pm 0,2$  градуси, запах та присмак  $0,4 \pm 0,04$  бали.

За усіх режимів використання препарату “SeaQuest Liquid” у воді в усіх точках відбору проб не зареєстровано відхилень від нормативів основних фізико-хімічних показників неорганічної та органічної природи: за середніми даними рН води становив  $7,67 \pm 0,01$  од. рН, загальна жорсткість складала  $4,3 \pm 0,03$  та загальна лужність –  $4,4 \pm 0,05$  ммоль/дм<sup>3</sup>, вміст кальцію становив  $58,6 \pm 0,7$  мг/дм<sup>3</sup>, магнію –  $16,1 \pm 0,2$  мг/дм<sup>3</sup>, гідрокарбонатів –  $261,4 \pm 4,8$  мг/дм<sup>3</sup>, марганцю  $< 0,01$  мг/дм<sup>3</sup>, сульфатів –  $21,9 \pm 1,2$  мг/дм<sup>3</sup>, хлоридів –  $44,3 \pm 1,4$  мг/дм<sup>3</sup>, натрію та калію –  $44,0 \pm 2,0$  мг/дм<sup>3</sup>, хлору залишкового –  $0,35 \pm 0,02$  мг/дм<sup>3</sup>, загальна мінералізація –  $459,9 \pm 15,1$  мг/дм<sup>3</sup>.

В період спостереження якість обробленої ортополіфосфатним препаратом “SeaQuest Liquid” води в основному відповідає вимогам гігієнічних нормативів ДСанПіН 2.2.4.171-10 за винятком періодичних коливань понаднормованого вмісту заліза. В окремих пробах води вміст у воді заліза перевищував гігієнічний норматив ( $0,2$  мг/дм<sup>3</sup>) у 3-10 разів та виходив за максимально допустимий рівень ( $1,0$  мг/дм<sup>3</sup>). Динаміка зміни концентрації заліза загального свідчить, що на початковій стадії дії препарату “SeaQuest Liquid” відбувається розчинення плівки гідроксиду заліза, яка утворилася за час експлуатації на внутрішній поверхні трубопроводу, а потім проходить процес пасивації сталі.

Санітарно-токсикологічні показники якості водопровідної питної води за неорганічними та органічними компонентами за весь час спостереження в усіх точках відбору проб за середніми даними відповідали нормативам та становили для амонію –  $0,2 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup>, перманганатної окиснюваності –  $2,3 \pm 0,1$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, нітритів –  $0,09 \pm 0,01$  мг/дм<sup>3</sup> та нітратів –  $1,53 \pm 0,14$  мг/дм<sup>3</sup>.

Аналіз результатів досліджень показує, що швидкість корозії зразків у воді, обробленій препаратом “SeaQuest Liquid”, значно перевищує швидкість корозії зразків у воді, яка не містить вказаного препарату. Це підвищення складає  $2,87 - 7,15$  разів

Слід відмітити, що після витримки у воді, яка не містить препарат “SeaQuest Liquid” поверхня зразків набула світло-коричневого кольору, а після витримки у воді, яка містила препарат - чорного кольору (рис. 1).

Як відомо, світло-коричневий колір характерний для гідроксиду заліза (іржа), чорний - для сульфїду заліза (пірит). Характер відкладень на поверхні зразків теж різний: світло-коричневі відкладення більш щільні, пластинчаті, чорні - пухкі, які легко видаляються з поверхні.





Рис.1. Зовнішній вигляд зразків після витримки у підземній воді свердловин

Отримані результати дозволяють припустити наступний механізм корозійного процесу. Препарат “SeaQuest Liquid” каталізує мікробіологічну корозію, викликану сульфатредуючими тіобактеріями. Схема корозії заліза, яка відбувається в присутності бактеріальних клітин, наділених мембранно сполученими гідрогенезами (на прикладі сульфатредуючих), наведено на рис. 2.

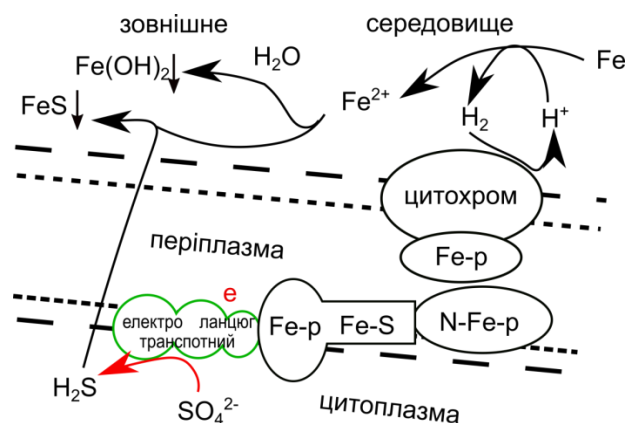


Рис. 2. Мембранна гідрогенеза і корозія заліза

При відсутності препарату вогнища корозії не пов'язані з присутністю мікроорганізмів, а виникають у результаті процесу хімічної корозії з утворенням гідроксиду заліза. Зміна середовища в результаті введення у воду препарату “SeaQuest Liquid” сприяла розвитку мікроорганізмів. У свою чергу, в процесі життєдіяльності мікроорганізми накопичили реагенти, що стимулюють біологічний корозійний процес. Як відомо, наявність клітин сульфатредуючих тіобактерій, є джерелом біогенного сірководню. Сірководень, реагуючи з металом, утворює сульфід заліза. Поверхня металу піддається пітинговій і виразковій корозії. Виразки покриваються зверху пухкими продуктами корозії, які переважно складаються з сульфїду заліза та гідроксиду заліза. У присутності кисню корозійні горбки покриваються скоринкою, що складається з гідроксиду заліза. Під шаром продуктів корозії бактерії заглиблюються в метал, руйнуючи його. Відкладення сульфїду заліза на поверхні трубопроводів (чорний колір) сприяє виникненню гальванічних пар (анода і катода), що

викликає електрохімічну корозію. Сульфід заліза при цьому служить катодом, чиста поверхня металу - анодом. Сірководень, взаємодіючи з іонами заліза, утворює нерозчинний сульфід заліза і, одночасно, мігруючи в зони з окисленим режимом, окислюється до елементарної сірки. Шари різного кольору, як наслідок симбіозу хімічної та біологічної корозії, можна спостерігати на зразках, які витримували в напірному трубопроводі НС 2 (рис. 3).



Рис. 3. Зовнішній вигляд зразків після витримки в напірному трубопроводі НС- 2.



Рис. 4. Загальний вигляд зразків після витримки в напірному трубопроводі НС -1



Рис. 5. Загальний вигляд зразків після витримки в суміші підземної і річкової вод

Звертає увагу на себе той факт, що швидкість корозії зразків, встановлених після резервуарів чистої води (РЧВ), в яких здійснювалась санітарна обробка гіпохлоритом натрію, нижча за швидкість корозії зразків, встановлених в створах свердловин. Це пояснюється тим, що дезінфектант згубно діє на мікроорганізми і мікробіологічна корозія практично відсутня (рис. 4).

Особливо наочно демонструють вплив препарату “SeaQuest Liquid” на розвиток патогенних мікроорганізмів зразки, які витримували у середовищі, яке містило суміш підземної та річкової вод (рис. 5).

**Висновки.** 1. За усіх режимів використання препарату “SeaQuest Liquid” у воді в усіх точках відбору проб не зареєстровано відхилень від нормативів основних фізико-хімічних показників за виключенням заліза, вміст якого в окремих пробах заліза перевищував гігієнічний норматив (0,2 мг/дм<sup>3</sup>) та виходив за максимально допустимий рівень (1,0 мг/дм<sup>3</sup>).

2. В умовах наявності у воді сульфатредуючих тіобактерій препарат “SeaQuest Liquid” збільшує швидкість корозії сталі в 2,9-7,2 рази; за умови додаткового знезараження води в режимі санітарної обробки гіпохлоритом натрію він знижує цей показник в 1,4-2,7 рази.

3. Застосування дослідженого препарату в зазначених умовах можливе після попереднього знезараження вихідної води.

### Список використаних джерел

1. Загороднюк К.Ю., Бардов В.Г., Омельчук С.Т. та інш. Гігієнічне обґрунтування необхідності та шляхів модернізації комунальних систем централізованого водопостачання України // Довкілля та здоров'я. 2016. № 1 (77). С. 48-54.

2. Загороднюк Ю.В., Омельчук С.Т., Кравчук А.П. та інш. Коррозионная агрессивность воды как один из основных показателей качества питьевой воды и ее нормативное регулирование в Украине // Водопостачання та водовідведення. 2009. № 4. С. 26-33.

3. Загороднюк К.Ю., Омельчук С.Т., Нікіпелова О.М., Загороднюк Ю.В. Токсиколого-гігієнічна оцінка питної води Західної фільтрувальної станції ТОВ “Луганськвода” до та після стабілізаційної обробки препаратом “Sea-Quest” // Сучасні проблеми токсикології. 2011. № 5. С. 178-179.

4. Загороднюк К.Ю., Омельчук С.Т., Загороднюк Ю.В. Влияние стабильности и коррозионной агрессивности воды на биологическую активность хлорорганических соединений, поступающих в организм с питьевой водой // Вода и экология: проблемы и решения. Санкт-Петербург, 2012. № 2-3. С. 35-36.

5. Jereb G, Poljšak B., Eržen I. Contribution of Drinking Water Softeners to Daily Phosphate Intake in Slovenia // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2017. Vol. 14 (10). p. 1186.

УДК 339.13:621.3

**Перерва П.Г., Рудика В.І., Кобелєва Т.О.***Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

## **СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ РИНКУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**Вступ.** Інноваційна економіка заснована на таких поняттях, як «знання», «принципове нововведення», на доброзичливому сприйнятті незвичайних ідей, рішучості до їх практичного впровадження [1]. У такій економіці, перебуваючи під впливом сучасних наукових знань, матеріальне виробництво піддається трансформації і принципово змінює свої технологічні основи, оскільки промисловість, що не використовує новітніх знань і інновацій, виявляється за бортом економічного і соціального прогресу. У цих умовах конкуренція все більше стає боротьбою не ресурсів, а стратегій, і інвестиції компаній все частіше направляють на створення ключових компетенцій і забезпечення своїх динамічних здібностей. Все більшу роль відіграють інноваційний потенціал, здатність породжувати більш ефективні стратегії і постійно розвивати промислове виробництво, оновлюючи його структуру і ключові бізнес-процеси у відповідь на виклики зовнішнього середовища.

Ринок електротехнічної продукції в значній мірі залежить від економічного становища країни та ключових галузей промисловості: нафтогазовидобувного сектора, енергетики, житлово-комунального господарства, агропромислового комплексу та інших. Оскільки поточна економічна криза в тій чи іншій мірі торкнувся більшість з них, скорочення обсягів споживання електротехнічних виробів уникнути, швидше за все, не вдасться. Тому дослідження та аналіз динамічних характеристик ринку електротехнічної продукції представляється важливим та актуальним.

**Основна частина.** Українська електротехнічна промисловість в силу своєї специфіки в економічному житті країни, має ряд особливостей, пов'язаних з діяльністю підприємств в умовах ринкової (конкурентної) середовища. Згідно з концепцією М. Портера, інтенсивність і стан конкуренції в електротехнічній галузі визначаються сукупністю п'яти сил, що діють на галузь в системі «виробник - постачальник - виробник - споживач - конкуренти - товари-замінники» [3]. Сила виробників електротехнічної продукції визначає внутрігалузову конкуренцію.

Електротехнічна промисловість досить слабо сконцентрована по виробникам, так як на ринку присутня велика кількість виробників - на початок 2021 р в Україні налічується понад 100 підприємств [4, 5]. Усередині галузі підприємства борються за частку на ринку, що формує конкуренцію. Надлишок виробничих потужностей, існуючий у лідерів української електротехнічної промисловості, міг би призводити до посилення конкуренції на ринку. Однак у великих виробників існує різна спеціалізація за асортиментом і орієнтація на певних споживачів, ринки збуту.

Сила постачальників сировини і напівфабрикатів для виробництва електротехнічної продукції значно впливає на виробників. Наприклад, в світовій практиці існують великі виробники електротехнічної продукції, вертикально

інтегровані з постачальниками сировини. В цьому випадку при прогнозі можна не враховувати злиття цього фактора. Однак на українському ринку спостерігається зворотна картина, коли постачальники сировини роблять значний вплив на виробників електротехнічної продукції.

В українській електротехнічній промисловості існує постійна загроза появи нових конкурентів, які можуть відібрати частку ринку у традиційних виробників, тому при прогнозі необхідно враховувати плани щодо введення нових потужностей. Загроза появи товарів-замінників на електротехнічному ринку не спостерігається, тому в цілому сила має слабку вплив на електротехнічну промисловість. Характерною особливістю української електротехнічної галузі є її горизонтальна інтеграція, тому на електротехнічну промисловість чинять сильний тиск, з одного боку, постачальники сировини, а з іншого - великі споживачі [6-9]. Як результат, сукупний вплив даних сил визначає стратегію подальшого розвитку галузі. Таким чином, всі діючі п'ять сил Портера формують високу конкуренцію в електротехнічній галузі.

Визначаючи сучасні тенденції інноваційного розвитку електротехнічного виробництва та його цільового ринку, слід визначити дві групи, кожна з яких має своє місце і значення.

1. Загальні тенденції – стосуються перспектив розвитку підприємств електротехнічної галузі. Загальні тенденції формують перспективи розвитку виробничо-комерційної діяльності підприємств.

2. Часткові тенденції – стосуються безпосередньо ринкових відносин електротехнічних підприємств з споживачами та іншими суб'єктами ринкових відносин.

Необхідно зазначити, що в рамках загальних тенденцій успішними та необхідними будуть підприємства, які зможуть імплементувати в свою виробничо-комерційну діяльність три основні тенденції: діджиталізація, розширення та людський капітал (персонал) [2]. Більш детальний розгляд вказаних тенденцій може бути зведений до наступних положень.

Перша тенденція – діджиталізація. Сьогодні основною помилкою багатьох індустріальних підприємств є нехтування ІТ-технологіями. Хоча інтеграція ІТ дасть змогу значно покращити ефективність господарської діяльності та оптимізувати процеси інтеграції між стейкхолдерами.

Другою тенденцією є розширення. З огляду на минуле, індустріальний сектор був надзвичайно активним у М&А. Згідно зі статистичними даними 2018–2020 рр., лише в США було виконано домовленостей на 70 млрд дол. США, не враховуючи кількість пропозицій, які були скасовані продавцями через пошук більш вигідних умов. Хоча суб'єкти господарювання об'єднують стратегічні ресурси для отримання суттєвих переваг над конкурентами та всі їх можливості тісно взаємопов'язані з природою їх ринків. При цьому диверсифікація не може бути виграшною стратегією, що доведено довгим списком підприємств, які опинились на межі банкрутства. Тому консолідація – найкращий шлях для розширення машинобудівельних підприємств, який дасть змогу примножити ефективність виробництва продукції. Але для успішної реалізації стратегії необхідно повністю концентрувати свої зусилля на тих можливостях і продукції, які вирізняють їх серед інших.



Третя тенденція – людський капітал (персонал). У розвинених країнах світу підприємства машинобудівної промисловості спрямовані на пошук та утримання висококваліфікованих кадрів. Наприклад, у США офіційний рівень безробіття за 2020 р. зменшився до 4,3% (на 32% менше до попереднього періоду) [1-4]. Частково ці зміни відбуваються у зв'язку з бажанням молоді працювати у високодохідних, успішних компаніях ІТ-сектора. Нестача людського капіталу матиме негативні наслідки для функціонування електротехнічних компаній, що планують інвестувати в розвиток. Оскільки для них молоді талановиті кадри стануть критичними на всіх стадіях діяльності підприємства внаслідок великих фінансових витрат на пошук фахівців. Такі заходи потребують від підприємства гнучкості в управлінні персоналом, що, як правило, означає надання молодим працівникам свободи для креативності та залучення їх до непрофільної активності. З огляду на обмеженість паливо-енергетичних ресурсів, спостерігаємо зміну світових пріоритетів машинобудування в бік електротехнічних виробів, що не тільки є інвестиційно привабливим, а й дає можливість оптимізувати систему забезпечення ресурсами господарську діяльність.

Основними частковими тенденціями інноваційного розвитку українського ринку електротехнічної продукції, на наш погляд, є наступні:

1. Створення представництв і філій. Лідери ринку відкривають філії та представництва, але кількість філій і їх динаміка менше, ніж, припустимо, на ринку будівельних матеріалів та побутової техніки.

2. Поєднання вітчизняної та імпоротної продукції. Існують тенденції до зменшення частки імпортованих електровстановлюючі виробів, для яких найбільш стійкими є пропозиції для будинків, що забезпечують програму будівництва «інтелектуального будинку» або «розумного будинку».

3. Охоплення світовими компаніями даної галузі. Є різка диференціація по конкуренції для різних товарних груп. Найбільшим її впливом охоплено електровстановлюючі вироби, в меншій мірі - низьковольтні апарати.

4. Створення виробничо-торговельних підприємств. У виробничій діяльності переважають збірка електричних щитів і виготовлення кабельних каналів.

5. Тенденція до збільшення оптових знижок, що свідчить про посилення конкуренції на галузевому ринку.

Міжнародна економічна криза створює додаткові серйозні проблеми для всіх, в тому числі і для електротехнічних компаній. Зниження попиту на продукцію веде до посилення конкурентної боротьби, збільшення значущості цінних факторів у споживчих перевагах. У такій ситуації ефективність управління діяльністю компанії на ринку промислової електротехніки є ключовим фактором її розвитку. Електротехнічна промисловість в економіці будь-якої держави необхідна для забезпечення розвитку всіх видів економічної діяльності. Особливо слід підкреслити роль електротехнічної промисловості в забезпеченні високих темпів зростання будівництва капітальних об'єктів, а також електроенергетики.

Високі темпи розвитку українського електротехнічного ринку залучають провідні міжнародні компанії: General Electric (США), Schneider Electric (Франція), Siemens (ФРН), ABB (Швеція - Швейцарія) [8-11]. Активність цих компаній

виражається не тільки в пропозиції продукції, адаптованої до умов українського ринку, але і в реалізації стратегій злиття і поглинань, створення стратегічних союзів. Розвиток електротехнічного ринку багато в чому визначається динамікою будівельного ринку, оскільки будівельний ринок є первинним для декількох сегментів ринку електротехніки: низьковольтного і розподільного обладнання, кабельно-провідникової продукції, настановних виробів і світлотехніки. Пріоритетний розвиток машинобудівного комплексу також сприятиме значному зростанню попиту на електротехнічну продукцію як в кількісному, так і в якісному відношенні.

Провідні зарубіжні фірми враховують вимоги кожної ланки системи просування електротехнічної продукції і відображають це в представляються ними супровідних документах. Наприклад, до складу документації, що подається фірмою Siemens на свою продукцію, наприклад на камери розподілу електроенергії КСВ, входить не тільки стандартний каталог, але і спеціальні доповнення до нього. У доповненнях вказуються габаритні і настановні розміри виробів, вимоги до будівельної частини проекту, способи підключення кабелів до камер і т.д. [1]

Інший приклад: фірма Schneider Electric в супровідній документації на свої розподільні осередку вказує сферу застосування, загальні відомості, опис функцій, опис конструкцій і обладнання, додаткові пристрої, дроти, підключення кабелів, умови монтажу, приклади компонувань та ін. Крім того, ці фірми пропонують матеріали про свою продукцію, що містять інформацію про результати експлуатації, надійності, організація супроводу та ін. Таке повне уявлення інформації про продукцію електротехнічного профілю дозволяє практично без участі фірм-виробників вирішувати всі питання, що виникають у споживачів цієї продукції [1].

За підсумками проведеного дослідження 78% ринку електротехнічної продукції припадає на виробництво електродвигунів, генераторів, трансформаторів, розподільних пристроїв і кабельної продукції. При цьому 35% даних виробів споживається в паливно-енергетичному комплексі та сільському господарстві. Це найбільш стійкі галузі в період кризи, на підприємства яких введені обмеження по самоізоляції не поширювалися. Тому електротехнічна продукція в цих сегментах споживання буде затребувана завжди. Наприклад, в електроенергетиці: 70% генераторів вимагає заміни; 40% повітряних і масляних вимикачів відпрацювали нормативний термін експлуатації; 80% ліній електропередач працюють неефективно через застаріле обладнання; 15% підстанцій 6-10 / 0,4 кВ знаходяться в незадовільному стані.

Додатковим драйвером тут також буде виступати зростання споживання електроенергії і перехід на енергозберігаючі технології.

Подальший розвиток українського ринку електротехнічної продукції в поточній ситуації може відбуватися за трьома сценаріями:

1. Песимістичний. Нестабільна ситуація в економіці країни через падіння цін на нафту і стрибка курсів валют, посилення впливом прийнятих обмежувальних заходів щодо зниження поширення коронавірусної інфекції, негативно позначиться на виробничій діяльності організацій і терміни реалізації запланованих

інфраструктурних проєктів. В даному випадку в галузі буде спостерігатися рецесія і ринок електротехнічної продукції очікує падіння на 25%.

2. Базовий. Реалізація базового сценарію розрахована на основі проходження кризи 2008-2009 рр. основними галузями-споживачами, а також з урахуванням того, що поступове відновлення економіки країни почнеться ближче до кінця 2021 року. При цьому варіанті розвитку подій ринок покаже падіння в 10%.

3. Оптимістичний. В оптимістичному сценарії падіння ринку очікується на рівні 3%. Спад поширення коронавірусної інфекції, скасування з середини травня режиму неробочих днів для промислових підприємств дозволить організаціям поступово вийти на нормальний режим роботи. Зростання курсів валют також може виступати додатковим драйвером для заміщення імпорту вітчизняною продукцією. В результаті виникнення відкладеного попиту ринок почне відновлюватися тільки в 2022 році.

Таким чином, незалежно від сценарію розвитку, ринок електротехнічної продукції очікує зниження через скорочення попиту, оскільки склалася в країні економічна ситуація зачіпає в більшій чи меншій мірі всі галузі промисловості, які є споживачами цієї продукції.

**Висновки.** В даний час кожна успішно розвивається розробляє власну систему стратегічного менеджменту, безперервно її вдосконалює, інвестує в неї кошти, розглядаючи її як важливу частину свого невлічлимого капіталу - інтелектуальних активів, таких як креативний потенціал персоналу, унікальні організаційні знання, інновації на всіх стадіях створення товару до руху його від виробника до споживача. Приклад провідних електротехнічних підприємств підтверджує доцільність використання ресурсного підходу на основі ключових компетенцій компанії. Економіці України для ефективного інноваційного прориву необхідний перехід на якісно новий рівень управління, формування нового типу стратегічно мислячих і динамічних менеджерів, що володіють соціальною відповідальністю, здатних забезпечити лідерство їх компаній на ринку, розвивати їх людський капітал і соціально-економічне середовище. В умовах зростаючої конкуренції важливо розвиток нестандартного мислення менеджерів, так як тільки більш нові та більш досконаліші, ніж у конкурентів стратегії можуть забезпечити успіх на сучасних ринках.

Проведене дослідження сучасних тенденцій функціонування українського ринку електротехнічної продукції промисловості свідчить про великий потенціал та відповідно інвестиційну привабливість. Проте, зважаючи на негативні економічні фактори впливу на господарську діяльність, підприємства, зокрема, електротехнічного спрямування, потребують більш ретельного та зваженого прийняття рішень щодо реалізації проєктів з інвестування та розвитку.

### Список використаних джерел

1. Арманская О.В. Особенности развития рынка электротехнической продукции в условиях инновационной экономики // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. 2010. №1. С.158-163. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-rynka-elektrotehnicheskoy-produktsii-v-usloviyah-innovatsionnoy-ekonomiki>
2. Будяєв М.О. Сучасні тенденції функціонування та розвитку електротехнічної промисловості в машинобудівному комплексі України // Глобальні та національні проблеми економіки. Випуск11. 2016. С.286-290. URL: <http://global-national.in.ua/archive/11-2016/60.pdf>
3. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
4. Гончарова Н.П., Перерва П.Г., Яковлев А.И. Маркетинг инновационного процесса // Учебное пособие - К.: ВИРА-Р, 1998.- 267с.
5. Перерва П.Г., Коциски Д., Верес Шомоши М., Кобелева Т.А. Комплаенс программа промышленного предприятия.– Харьков-Мишкольц : ООО «Планета-принт», 2019. – 689 с.
6. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ В.Л., ПЕРЕРВА П.Г., КОБЕЛЕВА Т.О. Банкротство, санація та реструктуризація підприємства як економічні категорії антикризового управління // Вісник НТУ «ХП». – Харків : НТУ "ХП", 2015. – № 59 (1168). – С. 148-152.
7. Перерва П.Г. Управление маркетингом на машиностроительном предприятии / Учеб.пособие. - Харьков : «Основа», 1993. - 288с.
8. Ткачова Н.П., Перерва П.Г. Розвиток методів аналізу фактичного стану конкурентних переваг підприємства // Економіка розвитку. – 2011. – № 4. – С. 116-120.
9. Перерва П.Г. Трудоустройство без проблем (искусство самомаркетинга). – Харьков : Фактор, 2009. – 480 с.
10. Перерва П.Г. Самомаркетинг менеджера и бизнесмена.- Ростов н/Д: Феникс, 2003. - 592 с.
11. Pererva P.G. Kocziszky György, Szakaly D., Somosi Veres M. Technology transfer.- Kharkiv-Miskolc: NTU «KhPI», 2012. — 668 p.
12. Гончарова Н.П., Перерва П.Г., Яковлев А.И. Новые технологические системы: качество, потребность, эффективность. К.: Наукова думка, 1989.- 176с.
13. Перерва П.Г. Комплаенс-программа промышленного предприятия: сущность и задачи / П.Г.Перерва // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХП» : зб. наук. пр.- Сер. : Економічні науки. – Харків : НТУ "ХП", 2017.– № 24 (1246).– С. 153-158.
14. Kocziszky, György Reputational compliance / György Kocziszky, M.Veres Somosi, T.O.Kobielieva // Дослідження та оптимізація економ. процесів "Оптимум–2017" : тр. 13-ї Міжнар. конф.– Харків : НТУ "ХП", 2017. – С. 140-143.
15. Управління персоналом та економіка праці: навч. посібник / П.Г.Перерва [та ін.]; ред. М.І.Погорелов [та ін.]; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХП", 2015. – 521 с.
16. Старостіна А.О. Маркетинг: теорія, світовий досвід, українська практика: підруч.– К.: Знання, 2009.– 1070 с.
17. Экономика и организация труда / И.Н.Погорелов [и др.]. – Харьков : Фактор, 2007. – 640 с.

УДК 624.121.54:519.868

**Кузло М.Т.***Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ  
ГРУНТОВОГО МАСИВУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ОСУШЕННЯ**

**Вступ.** Натурні спостереження за процесами осушення водонасичених ґрунтових масивів показали, що розподіл фільтраційних сил від гідродинамічного потоку в тілі масиву під час будівництва осушувальних каналів залежить від швидкості влаштування екскаватором і водопроникності ґрунтів масиву. Встановлення гідродинамічної картини фільтрації в ґрунтовому масиві в процесі влаштування каналу можна виконати математичним чисельним моделюванням. За основну розрахункову схему при моделюванні був прийнятий ґрунтовий масив, у якому відбувається інтенсивна фільтрація по всій області. Така схема може відповідати реальній картині при певних умовах:

- 1) швидкому влаштуванню каналу із значним відставанням пониження рівня ґрунтових вод;
- 2) інтенсивному пониженні рівня води у водоймищі шляхом відкриття аварійних шлюзів;
- 3) різкому спаду води в каналах після проходження весняних і літньо-осінніх повенів.

**Основна частина.** Розглянемо процес осушення ґрунтового масиву шляхом влаштування каналу (рис. 1).

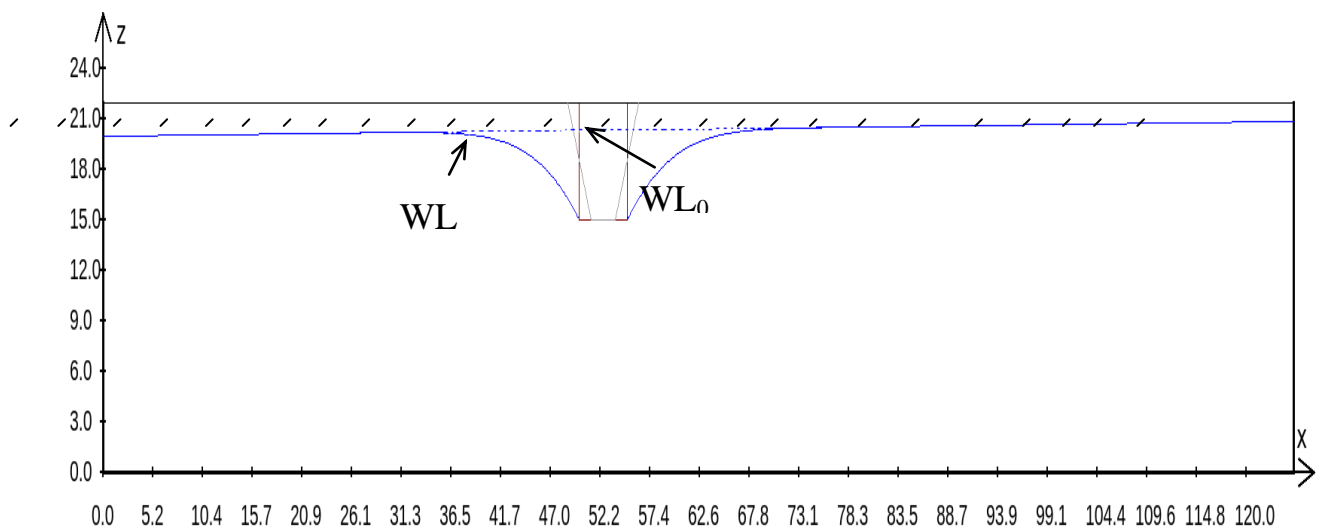


Рис. 1. Схема ґрунтового масиву при його осушенні

Для встановлення деформацій ґрунтового масиву від дії фільтраційного потоку, необхідно розрахувати поле напорів у кожній точці ґрунтового масиву і відповідні їм деформації (зміщення).



Математична модель задачі в переміщеннях на момент часу  $t = t_1$  в області нижче рівня ґрунтових вод  $\Omega_{t_1} = \{(x, z) \mid x \in (0, r), z \in (0, h(x, t_1))\}$  описується наступними диференціальними рівняннями

$$\mu \Delta u + (\lambda + \mu) \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} \right) = \gamma_w \frac{\partial H}{\partial x}, \quad (1)$$

$$\mu \Delta w + (\lambda + \mu) \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) = \gamma_{sb} + \gamma_w \frac{\partial H}{\partial z} \quad (2)$$

при таких крайових умовах

$$u(x, 0) = 0, \quad w(x, 0) = 0, \quad (3)$$

$$u(0, z) = 0, \quad u(r, z) = 0, \quad (4)$$

$$\tau_{xz}(0, z) = 0, \quad \tau_{xz}(r, z) = 0, \quad (5)$$

$$\tau_n(x, l_1(x)) = 0, \quad \sigma_n(x, l_1(x)) = \gamma_n(l_1(x) - l(x)). \quad (6)$$

Тут  $h(x, 0)$  – висота розміщення ґрунтових вод у момент часу  $t$ ;  $H(x, z)$  – напір у точці  $(x, z)$  у момент часу  $t$ ;  $\Delta$  – оператор Лапласа;  $\lambda, \mu$  – пружні сталі;  $u(x, z)$  – горизонтальні, а  $w(x, z)$  – вертикальні зміщення точки, яка у момент  $t$  знаходиться в точці  $(x, z)$ ;  $\gamma_w = \rho_w g$  – питома вага води;  $\gamma_{sb}$  – питома вага ґрунту в насиченому стані;  $\tau_{xz}$  – головні дотичні напруження;  $\sigma_n$  – нормальні напруження;  $\tau_n$  – дотичні напруження;  $l_1(x)$  – початкова товща ґрунтового масиву;  $l(x)$  – шукана висота (глибина) ґрунтового масиву в момент часу  $t$ ;  $\gamma_n$  – питома вага ґрунту в природному стані.

Дренажний канал розміщений на відстані  $r_1$  від лівої межі масиву, має ширину  $r_d$ . Відстань від дренажного каналу до правої межі масиву  $r_2$ .

Для того, щоб знайти зміщення у ґрунтовому масиві, необхідно знати напори в усіх точках масиву на певний момент часу. Для визначення напорів у змінній області  $\Omega_1 = \{(x, z, t) \mid x \in (0, r), z \in (0, h(x, t)), t > 0\}$  знайдемо розв'язок диференціального рівняння нестационарної фільтрації, що має вигляд:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = a^2 \left( \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} \right) \quad (7)$$

при таких крайових умовах:

$$H(x, z, 0) = H_1(x, z), \quad (8)$$

$$H(0, z, t) = H_0(z, t), \quad H(r, z, t) = H_r(z, t), \quad (9)$$

$$\frac{\partial H(x, 0, t)}{\partial z} = 0, \quad H(x, h(x, t), t) = h(x, t), \quad (10)$$

де  $a^2 = \frac{kh_{col}}{\mu_w}$ ;  $k$  – коефіцієнт фільтрації;  $h_{col}$  – потужність фільтраційного потоку;  $\mu_w$  – коефіцієнт водовіддачі;  $H_1(x, z)$  – розподіл напорів у початковий момент часу;  $H_0(z, t)$ ,  $H_r(z, t)$  – напори на лівій та правій межі ґрунтового масиву (відомі функції).

Для розв'язання задачі (7) - (10) потрібно знайти  $h(x,t)$  та  $H_1(x,z)$ . У зв'язку з цим розглянемо дві допоміжні задачі.

Задача 1. В області  $\Omega = \{(x,t) \mid x \in (0,s), t > 0\}$  знайти розв'язок диференціального рівняння

$$\frac{\partial h}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad (11)$$

при таких крайових умовах:

$$h(x,0) = h_0(x), \quad (12)$$

$$h(0,t) = h_0(0) - V_0 t, \quad h(s,t) = h_0(s) - V_s t. \quad (13)$$

Для знаходження розміщення рівня ґрунтових вод зліва від дренажного каналу прийемо, що  $s = r_1$ ,  $V_0 = 0$ ,  $V_s = V$  і справа від дренажного каналу -  $s = r_2$ ,  $V_0 = V$ ,  $V_s = 0$ . В обох випадках  $h_0(x)$  - початковий рівень ґрунтових вод. При цьому справа від дренажного каналу необхідне зміщення аргументу на  $r_1 + r_d$ .

Задача 2. В області  $\Omega = \{(x,z) \mid x \in (0,r), z \in (0,h_0(x))\}$  знайти розв'язок диференціального рівняння

$$\frac{\partial^2 H_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_1}{\partial z^2} = 0 \quad (14)$$

при таких крайових умовах:

$$\frac{\partial H_1(x,0)}{\partial z} = 0, \quad H_1(x,h_0(x)) = h_0(x), \quad (15)$$

$$H_1(0,z) = H_0(z,0), \quad H_1(r,z) = H_r(z,0). \quad (16)$$

Розв'язок задачі (11) - (13) з вимогою, що  $h_0(x) \in C^{(1)}(0,s)$  має вигляд

$$h(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( A_n e^{-\left(\frac{\pi n a}{s}\right)^2 t} + \frac{2}{\pi n} (V_0 - V_s (-1)^n) \left(\frac{s}{\pi n a}\right)^2 \left(1 - e^{-\left(\frac{\pi n a}{s}\right)^2 t}\right) \right) \sin\left(\frac{\pi n}{s} x\right) + h_0(0) - V_0 t + \frac{h_0(s) - V_s t - (h_0(0) - V_0 t)}{s} x, \quad (17)$$

$$\text{Де } A_n = \frac{2}{s} \int_0^s h_0(x) \sin\left(\frac{\pi n}{s} x\right) dx + \frac{2}{\pi n} (-h_0(0) + h_0(s) (-1)^n). \quad (18)$$

Для обчислень використовувались різні значення  $h_{col}$  зліва і справа від дренажного каналу. Спочатку знайдемо середнє значення рівня ґрунтових вод у дренажному каналі:

$$h_c = \frac{h(r_1,0) + h(r_1,T)}{2}, \quad (19)$$

де  $T$  - кінцевий момент часу.

Тоді зліва  $h_{lcol} = \frac{h_0(0) + h_c}{2}$ , а справа  $h_{rcol} = \frac{h_c + h_0(r)}{2}$ . Загальне значення

$h_{col}$  для двовимірної задачі задамо  $h_{col} = \frac{h_{lcol} + h_{rcol}}{2}$ .

Для знаходження початкового розподілу напорів у ґрунтовому масиві необхідно отримати розв'язок задачі, що описується формулами (14) - (16). Для цього здійснимо чисельне конформне відображення області  $\Omega = \{(x, z) \mid x \in (0, r), z \in (0, h_0(x))\}$  на параметричний прямокутник у площині  $\xi, \eta$ .

Відображення здійснюємо таким чином: задаємо  $h_\xi$  – крок сітки по  $\xi$ ,  $h_\eta$  – крок сітки по  $\eta$ . Для покращення збіжності при побудові конформної сітки вибираємо  $h_\xi = h_\eta$ .

$$\begin{aligned}\Gamma_1 : z = 0 &\Rightarrow \eta = 0, \\ \Gamma_2 : z = h(x, t) &\Rightarrow \eta = b, \\ \Gamma_3 : x = 0 &\Rightarrow \xi = 0, \\ \Gamma_4 : x = r &\Rightarrow \xi = a, \\ n &= \frac{r}{h_\xi}, \\ m &= \frac{h_{col}}{h_\eta},\end{aligned}$$

де  $n$  – кількість кроків по  $\xi$ ,  $m$  – кількість кроків по  $\eta$ .

Алгоритм побудови гідродинамічної сітки, згідно методу чисельного конформного відображення, полягає в наступному. Спочатку задаємо початкові значення координат плаваючих вузлів на сторонах параметричного прямокутника  $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \Gamma_4$ .

$$\begin{aligned}\Gamma_1 : &\begin{cases} x_{i0} = ih_\xi, \\ z_{i0} = 0; \end{cases} \\ \Gamma_2 : &\begin{cases} x_{im} = ih_\xi, \\ z_{im} = h(x_{im}, t); \end{cases} \\ \Gamma_3 : &\begin{cases} x_{0j} = 0, \\ z_{0j} = \frac{h(0, t)}{m} j; \end{cases} \\ \Gamma_4 : &\begin{cases} x_{nj} = r, \\ z_{nj} = \frac{h(r, t)}{m} j. \end{cases}\end{aligned}$$

Обчислюємо початкові координати внутрішніх вузлів різницевої сітки, використовуючи формули:

$$\begin{cases} x_{ij}^0 = \frac{1}{2}(x_{i0} + x_{im}), \\ z_{ij}^0 = \frac{1}{2}(z_{0j} + z_{nj}), i = \overline{1, n-1}, j = \overline{1, m-1}. \end{cases}$$

Уточнюємо координати внутрішніх вузлів сітки, використовуючи метод послідовної верхньої релаксації:

$$\begin{cases} x_{ij}^{k+1} = \frac{\omega}{4} (x_{i-1,j}^{k+1} + x_{i+1,j}^k + x_{i,j-1}^{k+1} + x_{i,j+1}^k) + (1-\omega) \cdot x_{i,j}^k, \\ z_{ij}^{k+1} = \frac{\omega}{4} (z_{i-1,j}^{k+1} + z_{i+1,j}^k + z_{i,j-1}^{k+1} + z_{i,j+1}^k) + (1-\omega) \cdot z_{i,j}^k, \end{cases} i = \overline{1, n-1}, j = \overline{1, m-1},$$

де 
$$\omega = \frac{2}{1 + \sqrt{1 - \rho^2}}, \quad \rho = \frac{\left( \cos \frac{\pi}{n} + \cos \frac{\pi}{m} \right)}{2}.$$

Уточнюємо координати “плаваючих” вузлів на межах.

$$\begin{cases} \Gamma_1 : \begin{cases} x_{i0} = \frac{1}{3} (-x_{i2} + 4x_{i1}), \\ z_{i0} = 0; \end{cases} \\ \Gamma_2 : \begin{cases} x_{im} = (z_{i-1,m} - z_{i+1,m}) \frac{h_\eta}{h_\xi} + \frac{1}{3} (4x_{i,m-1} - x_{i,m-2}), \\ p_{im} = \min \{ \max \{ x_{im}, 0 \}, r \}, \\ z_{im} = \max \{ h(p_{im}, t), 0 \}, \end{cases} \end{cases}$$

де величина  $p_{im}$  вводиться для того, щоб можна було задавати функцію  $h$ , визначену по змінній  $x$  лише на відріжку  $[0, r]$ .

$$\begin{cases} \Gamma_3 : \begin{cases} x_{0j} = 0, \\ z_{0j} = \frac{1}{3} (-z_{2,j} + z_{1,j}); \end{cases} \\ \Gamma_4 : \begin{cases} x_{nj} = r, \\ z_{nj} = \frac{1}{3} (-z_{n-2,j} + 4z_{n-1,j}). \end{cases} \end{cases}$$

Почергове уточнення координат внутрішніх та “плаваючих” вузлів проводимо до тих пір, поки середня відстань між попередніми та поточними точками сітки  $S$  більша від заданої точності  $\varepsilon$ .

$$S = \frac{1}{nm} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \sqrt{(x_{ij}^{k+1} - x_{ij}^k)^2 + (y_{ij}^{k+1} - y_{ij}^k)^2}.$$

Чисельний розв’язок крайової задачі (14) - (16) отримаємо шляхом побудови на сітці параметричного прямокутника в площині  $\xi, \eta$  різницевої схеми з використанням шаблону типу “хрест” та розв’язання її ітераційним методом послідовної верхньої релаксації.

Для знаходження напорів у змінній двовимірній області необхідно розв’язати задачу, що описується формулами (7) - (10). Для розв’язання даної задачі перейдемо до змінних  $\xi, \eta$ :

$$\xi = \xi(x, z), \eta = \eta(x, z). \quad (20)$$

З умов Коші-Рімана маємо:

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} = \frac{\partial \eta}{\partial z}, \frac{\partial \xi}{\partial z} = -\frac{\partial \eta}{\partial x}. \quad (21)$$

Підставивши (6.44) у (6.24), отримаємо

$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial t} = a^2 & \left( \frac{\partial^2 H}{\partial \xi^2} \left( \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 + \frac{\partial H}{\partial \xi} \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial \eta^2} \left( \frac{\partial \eta}{\partial x} \right)^2 + \frac{\partial H}{\partial \eta} \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 H}{\partial \xi \partial \eta} \frac{\partial \xi}{\partial x} \frac{\partial \eta}{\partial x} + \right. \\ & \left. + \frac{\partial^2 H}{\partial \xi^2} \left( \frac{\partial \xi}{\partial z} \right)^2 + \frac{\partial H}{\partial \xi} \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial \eta^2} \left( \frac{\partial \eta}{\partial z} \right)^2 + \frac{\partial H}{\partial \eta} \frac{\partial^2 \eta}{\partial z^2} + 2 \frac{\partial^2 H}{\partial \xi \partial \eta} \frac{\partial \xi}{\partial z} \frac{\partial \eta}{\partial z} \right). \quad (21) \end{aligned}$$

Врахувавши те, що  $\xi(x, z)$  та  $\eta(x, z)$  – спряжені гармонічні функції, матимемо:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = a^2 \left( \left( \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \eta}{\partial x} \right)^2 \right) \left( \frac{\partial^2 H}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial \eta^2} \right). \quad (22)$$

Між модулями якобіанів прямого та оберненого відображення справедливе співвідношення

$$\left( \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \eta}{\partial x} \right)^2 = \frac{1}{\left( \frac{\partial x}{\partial \xi} \right)^2 + \left( \frac{\partial z}{\partial \xi} \right)^2}. \quad (23)$$

Отже, (6.69) набуде вигляду

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{a^2}{\left( \frac{\partial x}{\partial \xi} \right)^2 + \left( \frac{\partial z}{\partial \xi} \right)^2} \left( \frac{\partial^2 H}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial \eta^2} \right). \quad (24)$$

Для (24) і відповідних крайових умов побудуємо неявну різницеву схему та отримаємо її розв'язок ітераційним методом.

Нехай, знайдено значення функції  $H$  у вузлах сітки області у площині  $xOz$  на перших  $k$  кроках по часу,  $k \geq 0$ . На кроці  $(k+1)$  задаємо початкові значення функції  $H$  у вузлах конформної сітки з урахуванням крайових умов. Провівши різницеву апроксимацію рівняння (24), отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{H_{ij}^{k+1} - H_{ij}^k}{\tau} = & \frac{a^2}{\left( \frac{x_{i+1,j}^{k+1} - x_{i-1,j}^{k+1}}{2h_\xi} \right)^2 + \left( \frac{z_{i+1,j}^{k+1} - z_{i-1,j}^{k+1}}{2h_\xi} \right)^2} \times \\ & \times \left( \frac{H_{i+1,j}^{k+1} - 2H_{ij}^{k+1} + H_{i-1,j}^{k+1}}{h_\xi^2} + \frac{H_{i,j+1}^{k+1} - 2H_{ij}^{k+1} + H_{i,j-1}^{k+1}}{h_\eta^2} \right). \quad (25) \end{aligned}$$

Позначимо



$$b_{ij}^{k+1} = \frac{a^2 \tau}{\left( \frac{x_{i+1,j}^{k+1} - x_{i-1,j}^{k+1}}{2h_\xi} \right)^2 + \left( \frac{z_{i+1,j}^{k+1} - z_{i-1,j}^{k+1}}{2h_\xi} \right)^2}. \quad (26)$$

$b_{ij}^{k+1}$  не змінюється під час ітерацій, залежить лише від конформної сітки на кроці  $(k+1)$  по часу. Для побудови ітераційного процесу виразимо  $H_{ij}^{k+1}$  з формули (25):

$$H_{ij}^{k+1} = \frac{\left( H_{ij}^k + b_{ij}^{k+1} \left( \frac{H_{i+1,j}^{k+1} + H_{i-1,j}^{k+1}}{h_1^2} + \frac{H_{i,j+1}^{k+1} + H_{i,j-1}^{k+1}}{h_2^2} \right) \right)}{1 + 2b_{ij}^{k+1} \left( \frac{1}{h_1^2} + \frac{1}{h_2^2} \right)}. \quad (27)$$

Ітерації проводимо до тих пір, поки максимальна різниця між значеннями функції на двох послідовних ітераціях більша від заданої точності  $\varepsilon$ . Але значення  $H_{ij}^k$  відоме в попередній момент часу на попередній сітці. Для знаходження  $H_{ij}^k$  у вузлі  $(i, j)$  поточної сітки використаємо інтерполяцію по чотирикутнику попередньої сітки, в який потрапляє вузол  $(i, j)$  поточної сітки. Цю операцію потрібно проводити на початку кроку  $(k+1)$ , бо сітка під час ітерацій, а отже, й розташування вузла  $(i, j)$ , незмінні. Хоча недоліком ітераційного методу для параболічних рівнянь є проблема швидкодії, в даному випадку вона несуттєва, бо побудова ітераційним методом конформної сітки займає більше часу, ніж уточнення значення функції у її вузлах при однаковій точності. Достатньо швидко збіжність ітераційного методу досягалась у процесі чисельних експериментів.

Для знаходження деформацій ґрунтового масиву від дії фільтраційного потоку необхідно розв'язати задачу, що описується формулами (1) - (6). Для цього запишемо напруження через переміщення

$$\tau_{xz} = \mu \varepsilon_{xz} = \frac{\mu}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right). \quad (28)$$

Згідно (4),  $u|_{x=0} = u|_{x=r} = 0$ , тому  $\frac{\partial u}{\partial z}|_{x=0} = \frac{\partial u}{\partial z}|_{x=r} = 0$ , отже, (6) набуде

вигляду:

$$\frac{\partial w}{\partial x}|_{x=0} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial x}|_{x=r} = 0. \quad (29)$$

Крім цього мають місце формули:

$$\sigma_n = \sigma_x n_x^2 + \sigma_z n_z^2 + 2\tau_{xz} n_x n_z, \quad \tau_n = \sqrt{P_x^2 + P_z^2 - \sigma_n^2}, \quad (30)$$

де  $P_x = \sigma_x n_x + \tau_{xz} n_z$ ,  $P_z = \tau_{xz} n_x + \sigma_z n_z$  - складові вектора напружень;  $n_x, n_z$  - напрямляючі косинуси вектора нормалі до верхньої межі  $\Omega_1$ , тобто  $n_x = -\sin \alpha$ ,  $n_z = \cos \alpha$ , де  $\alpha = \arctg(l_1'(x))$ .

Для чисельного розв'язання задачі створена програма на мові програмування C++. Результати виводяться у вигляді графіка у вікні. Є також можливість зберігати числові результати у текстовий файл. Під час виконання програми можна переглядати графік у довільний момент часу (у межах кроків за часом).

Згідно з описаним алгоритмом, проведені чисельні експерименти з визначення вертикальних зміщень поверхні ґрунтового масиву, що осушується та лінії рівних напорів області фільтрації, при наступних вхідних даних:  $r_1 = 50\text{м}$ ;  $r_d = 5\text{м}$ ;  $r_2 = 70\text{м}$ ;  $\lambda = 4615\text{КПа}$ ;  $\mu = 3075\text{КПа}$ ;  $\mu_w = 0,15$ ;  $k = 0,5\text{м/добу}$ ;  $\gamma_w = 9,8\text{кН/м}^3$ ;  $\gamma_n = 17\text{кН/м}^3$ ;  $\gamma_{sb} = 11\text{кН/м}^3$ ;  $l(x,0) = 22\text{м}$ ;  $h(x,0)|_{x < r_1} = \sqrt{400 + 0.3x}\text{м}$ ;  $h(x,0)|_{r_1 \leq x \leq r_1 + r_d} = \sqrt{415}\text{м}$ ;  $h(x,0)|_{x > r_1 + r_d} = \sqrt{400 + 0.3(x - 5)}\text{м}$ ;  $V_0 = 12,9\text{ м/добу}$ .

Результати розрахунку з визначення вертикальних зміщень поверхні ґрунтового масиву під час його осушення наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення вертикальних зміщень поверхні ґрунтового масиву

$x, \text{ м}$	0,00	1,98	3,97	5,95	7,94	9,92	11,90	13,89
$w, \text{ мм}$	12,4	12,4	12,4	12,5	12,6	12,8	12,9	13,1
$x, \text{ м}$	15,87	17,86	19,84	21,83	23,81	25,79	27,78	29,76
$w, \text{ мм}$	13,4	13,6	13,9	14,1	14,5	14,9	15,4	16,1
$x, \text{ м}$	31,75	33,73	35,71	37,70	39,68	41,67	43,65	45,63
$w, \text{ мм}$	17,2	19,0	21,7	26,2	33,2	42,6	50,7	51,3
$x, \text{ м}$	47,62	49,60	51,59	53,57	55,56	57,54	59,52	61,51
$w, \text{ мм}$	39,4	20,2	13,5	14,7	14,0	20,4	40,3	53,3
$x, \text{ м}$	63,49	65,48	67,46	69,44	71,43	73,41	75,40	77,38
$w, \text{ мм}$	53,8	46,1	36,4	28,7	23,7	20,4	18,3	16,9
$x, \text{ м}$	79,37	81,35	83,33	85,32	87,30	89,29	91,27	93,25
$w, \text{ мм}$	16,0	15,2	14,7	14,2	13,8	13,4	13,1	12,8
$x, \text{ м}$	95,24	97,22	99,21	101,19	103,17	105,16	107,14	109,13
$w, \text{ мм}$	12,5	12,3	12,0	11,8	11,6	11,4	11,3	11,2
$x, \text{ м}$	111,11	113,10	115,08	117,06	119,05	121,03	123,02	125,00
$w, \text{ мм}$	11,0	11,0	10,9	10,8	10,8	10,7	10,7	10,7

**Висновки.** З аналізу чисельних результатів розрахунків встановлено, що в процесі осушення відбувається осідання поверхні ґрунтового масиву. При цьому максимальне вертикальне зміщення досягається на невеликій відстані справа і зліва від дренажного каналу і складає до 6 см.

УДК 633.34:631.526.32:631.67

**Заєць С.О., Юзюк С.М., Фундират К.С.**  
*Інститут зрошуваного землеробства НААН*  
**Рудік О.Л.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ СОРТАМИ СОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ РОСЛИН**

**Вступ.** Соя одна із основних культур інтенсивного землеробства, яка має стратегічне значення для країн із розвиненою аграрною економікою. Її широке використання у багатьох сферах, та роль у вирішенні проблеми білка, зумовлюють важливість питань її стабільного і ефективного вирощування [1]. В умовах Степової зони товарне виробництво сої можливе виключно в умовах зрошення, що потребує значних додаткових витрат. Зважаючи на загальний напрям світової економіки на ресурсощадність та екологічну безпечність питання ефективного використання води та меліоративних систем є актуальним [2].

Беззаперечно, що продуктивність посівів та ефективність використання культурою ресурсів залежить від повноти забезпеченості рослин усіма умовами та факторами життя. А тому на даному етапі розвитку технологій у рослинництві, надзвичайно актуальним питанням є забезпечення надійного захисту посівів від впливу шкідливих організмів [3]. Посіви сої надзвичайно вразливі до впливу шкідників та хвороб впродовж всього періоду вирощування, а тому затрати на систему захисту становлять значну частку виробничих витрат, однак ефективність таких систем проявляє високу ступінь впливу. Складність питання посилена негативними наслідками, які має традиційна система захисту побудована на застосуванні хімічних препаратів. Тому зважаючи на достатньо інтенсивний розвиток системи біологічного захисту доцільним є порівняльне вивчення впливу таких систем на урожайність культури та ефективність використання провідного ресурсу в умовах зрошення – води [4].

В зоні Степу вагомим дослідженням щодо технології вирощування сої проводять заклади системи Академії Аграрних наук. На протязі останніх десятиліть в Інституті зрошуваного землеробства створено низку сортів сої, що виділяються як високою продуктивністю так і підвищеною стійкістю до хвороб, розробляються сортові технології їх вирощування. За рахунок упровадження адаптованих до зональних умов сортів можна значно збільшити в Україні виробництво зерна сої.

Метою проведених досліджень було порівняння ефективності систем хімічного та біологічного захисту посівів сої різних сортів та впливу на водоспоживання в умовах зрошення півдня України.

Дослідження проведені в Інституті зрошуваного землеробства НААН у польовій сівозміні відділу рослинництва та неполивного землеробства.

Зрошення здійснюється дощуванням водами Інгулецької зрошувальної системи. Об'єктами дослідження були сорти сої Даная, Діона та Св'ятогор. Система захисту передбачала три варіанти: контроль, без застосування фунгіцидів та інсектицидів (на фоні протруювання насіння Максим XL 035 FS (1.0 л/т), інокуляція препаратом Оптімайз в.р. (2,8 л/т) і застосування ґрунтового гербіциду Фронт'єр Оптіма к.е. (1.4 л/га)); хімічний захист – фон + Абакус (1,5 л/га) (ВВСН 50) та фунгіцид Ретенго (0,5 л/га) з інсектицидом Белт (0,1 л/га) (ВВСН 69); та біологічний захист – фон + біофунгіцид Псевдобактерін 2 (2,0 л/га) (ВВСН 50) та біофунгіцид Бактофіт (2,5 л/га) і біоінсектицид Лепідоцид-БТУ (10,0 л/га) (ВВСН 69). Інокуляцію посівного матеріалу (2,8 л/т.), проводили препаратом Оптімайз у день сівби.

Дослід був закладений за двофакторною схемою методом розщеплених ділянок у чотириразовій повторності, загальна площа ділянки становила 25,0 м<sup>2</sup>, облікової 20,0 м<sup>2</sup>. У решті в досліді застосовували зональну рекомендовану технологію вирощування культури.

Гідротермічні умови років різнилися, що характерно для зони проведення досліджень. Вище середнього температурний режим весняного періоду 2016, 2018-2019 рр. зумовлював ранню за календарними термінами сівбу культури. Проте в 2017 та 2020 рр., через відповідну динаміку наростання температур, посів проводився пізніше середніх багаторічних термінів. Подальший розвиток рослин в усі роки досліджень проходив за підвищеного температурного режиму. Особливо великим було перевищення норми температур упродовж серпня, коли у рослин сої завершувалося цвітіння та тривало формування бобів (ВВСН 69-72).

Впродовж етапів вегетативного розвитку найбільш сприятливими щодо вологозабезпечення були 2016-2017 та 2019 рр. У генеративний період росту та розвитку сої роки досліджень були переважно несприятливим щодо випадання опадів. Перевищення норми опадів спостерігалось у червні 2019 р. та липні 2018 та 2020 рр. За період вегетації культури в цілому надійшло від 81 мм опадів у 2017 р. до 248 мм у 2019 р. Коефіцієнт зволоження (М.М. Іванов) при середніх значеннях 0,3 змінювався від 0,11 та 0,17 у 2017 та 2020 рр., що притаманно для зони напівпустель, до 0,38 та 0,4 у 2019 та 2016 рр.

Для підтримання рекомендованого режиму зрошення було проведено від шести до восьми поливів, при цьому зрошувальна норма коливалася від 2,3 тис. м<sup>3</sup>/га у 2019 р. до 2,9 тис. м<sup>3</sup>/га у 2018 р.

У середньому за роки досліджень сумарне водоспоживання посівів сої складало 4913–5428 м<sup>3</sup>/га. Різні за тривалістю вегетаційного періоду сорти мали відмінності величині та структурі сумарного водоспоживання. Закономірно, що більшим було сумарне водоспоживання у середньостиглих сортів сої - Св'ятогор і Даная ( на 491 і 448 м<sup>3</sup>/га), порівняно із ранньостиглим сортом Діона (табл. 1).

Таблиця 1 – Водоспоживання сортів сої залежно від систем захисту рослин.(середнє за 2016-2020рр.)

Система захисту (В)	Складові водоспоживання, %			Сумарне водоспоживання, м <sup>3</sup> /га	Коефіцієнт водоспоживання, м <sup>3</sup> /т
	грунтов а волога	корисн і опади	зрошуван а норма		
Сорт (А) Діона					
Контроль	14,7	31,5	49,6	4913	1890
Біологічни й захист	14,9	31,5	49,5	4922	1789
Хімічний захист	15,1	31,4	49,4	4935	1732
Сорт (А) Даная					
Контроль	16,2	30,2	52,7	5362	1672
Біологічни й захист	16,3	30,1	52,7	5369	1590
Хімічний захист	16,5	30,0	52,6	5382	1546
Сорт (А) Світогор					
Контроль	16,9	29,8	52,3	5416	1908
Біологічни й захист	17,0	29,8	52,3	5421	1777
Хімічний захист	17,1	29,7	52,2	5428	1748
$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$				5239 $\pm$ 183	1739 $\pm$ 94
v.%				4,54	7,02

Дослідженнями встановлено, що запровадження біологічної та хімічної системи захисту не проявляє суттєвого впливу на загальну кількість спожитої вологи. Сумарне водоспоживання змінювалося в межах 0,9–4,4%, та було зумовлене виключно використанням запасів ґрунтової вологи – від 5 до 22 м<sup>3</sup>/га. Сорт Діона, який раніше дозрівав, потребував меншої кількості поливів та меншої зрошуваної норми 2430 м<sup>3</sup>/га, що на 380 м<sup>3</sup>/га менше, ніж у середньостиглих сортів Даная і Св'ятогор. Меншим, 736–758 м<sup>3</sup>/га, було також споживав ґрунтової вологи та надходження корисних опадів 91 м<sup>3</sup>/га. Тому дещо вищою для сорту Діона в сумарному водоспоживанні була частка корисних опадів, тоді як інші складові балансу - ґрунтова волога та зрошувана норма були меншими, у порівнянні із середньостиглими сортами Даная і Св'ятогор. Сортіві особливості в межах цієї групи не мали істотного впливу як на величину та к і на структуру водоспоживання. Як і у сорту Діона визначальною була частка зрошуваної норми 52,2-52,7%. У середньому відсоток корисних опадів був вищим, 29,7-30,0%, проте таке співвідношення визначалося умовами року.

Встановлено, що ефективність використання вологи визначається сортовими особливостями. Більш економно споживали вологу рослини сорту

Даная, у якого коефіцієнт водоспоживання становив 1546–1672 м<sup>3</sup>/т відповідно до запровадженої системи захисту. Сорти Діона і Св'ятогор потребували для формування зерна відповідно 1748–1908 та 1732–1890 м<sup>3</sup>/т води.

Проявляючи мінімальний вплив на величину та структуру сумарного водоспоживання, система захисту рослин, завдяки захисту біологічної маси та фотосинтетичного апарату, позитивно впливає на ефективність використання вологи. При застосуванні досліджуваних заходів біологічного захисту сумарне водоспоживання зменшилося 131 м<sup>3</sup>/т, а хімічного – 160 м<sup>3</sup>/т. Тому запровадження системи хімічного захисту забезпечувало зменшення коефіцієнту водоспоживання на 126–160 м<sup>3</sup>/т, а біологічного 82–131 м<sup>3</sup>/т. Вказані переваги систем захисту рослин була забезпечені збільшенням врожайності всіх досліджуваних сортів сої. Найбільшою була позитивна реакція на захист рослин сорту Св'ятогор.

Оцінюючи позитивний вплив систем захисту посівів сої на ефективність використання води, необхідно зазначити деяку перевагу системи хімічного захисту, що було зумовлено саме більш вагомим збільшенням урожайності зерна.

**Висновки.** Запровадження системи хімічного та біологічного захисту посівів сої в умовах зрошення зумовлює незначне зростання водоспоживання культури, не суттєво впливає на режим зрошення, проте значно підвищує ефективність використання води. Найменший коефіцієнт водоспоживання забезпечує використання середньостиглого сорту сої Даная – 1546 м<sup>3</sup>/т за системи хімічного захисту або 1590 м<sup>3</sup>/т при запровадженні системи біологічного захисту посівів. Вирощування сої потребує проведення 6–7 поливів зрошуваною нормою 2100–2700 м<sup>3</sup>/га. У середньому в структурі водоспоживання найбільшу частку становить зрошувана норма 49,4–52,7%, та опади – 29,7–31,5 %.

### Список використаних джерел

1. Бабич А. О. Стратегічна роль сої в розв'язанні глобальної продовольчої проблеми / А. О. Бабич, А. А. Бабич-Побережна // Корми і кормовиробництво. - 2011. - Вип. 69. - С. 11-19
2. Вожегова Р.А. Економічна ефективність виробництва сої сортів селекції інституту зрошеного землеробства НААН в Україні / Вожегова Р. А., Грановська Л.М., Миронова Л.М., Клубук В.В. Вердиш М.В. // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Грінь Д. С., 2013. – Вип. 83. – С. 35-41.
3. Нетіс В. І. Оптимізація елементів технології вирощування сої на зрошуваних землях Півдня України: автореферат дисертації на здобуття ступеня кандидата сільськогосподарських наук. 03.00.16 - екологія /Нетіс Валерій Іванович; ДВНЗ "ХДАУ". - Херсон : ДВНЗ "ХДАУ", 2018. - 20 с.
4. Дідора В. Г. Продуктивність сої залежно від біологічних препаратів та мінеральних добрив у Поліссі України / В. Г. Дідора, О. Є. Бондар, М. В. Власюк // Наукові горизонти. - 2019. - № 1. - С. 33–39.

УДК 627.5

**Синиця Р.В., Осадчий В.С., Анісімов К.І.**  
*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ СПОРУД НЕПОВНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ**

**Вступ.** Захист акваторій портів і елементів берегової інфраструктури морських міст представляє особливий інтерес. Проектування і будівництво нових конструкцій огорожувальних споруд дозволить підвищити економічну привабливість сучасних портів та здійснювати більш ефективну реконструкцію вже існуючих. У статті наданий інженерний метод, дозволяючи виконувати величину гасіння вітрових хвиль при переливе їх через верхню будову огорожувальних гідротехнічних споруд неповного вертикального профілю.

**Основна частина.** У практиці будівництва огорожувальних і берегозахисних споруд мають місце застосовуватися споруди неповного вертикального профілю, через верхню будову яких, за вдяки зниження позначки верхньої будови, дозволяється перелив гребнів хвиль с подальшою зміною їх основних параметрів. Споруди вертикального профілю, в залежності від своїх параметрів, можуть піддаватися впливу як стоячих хвиль так і хвиль, що руйнуються. У нормативному документі у існуючому керівництві, а також відомчому звіті правил, відсутні практичні рекомендації, які дозволяли би визначати величину гасіння хвиль спорудами неповного вертикального профілю.

Аналіз вітчизняних і закордонних досліджень показав, що у даному часі, ефективно не використовуються методики захисту морських акваторій конструкціями огорожувальних гідротехнічних споруд неповного вертикального профілю. Дані методики засновані на створенні зони хвильової тіні і трансформації хвиль до допустимих значень.

Допустимі параметри хвиль, які очікуються на акваторіях елементів берегової інфраструктури морських міст, що захищаються, регламентуються параметрами збереження берегів і пляжного матеріалу, а також недопущенням затоплення прибережної території, в наслідку хвильового впливу штормів рідкісної повторюваності. У випадку захисту від хвильового впливу морських портів, допустимі висоти хвиль забезпеченості 5-ть % у системі шторму, рекомендується приймати  $\leq 1,2$  (м). Дані умови регламентуються вимогами виконання швартовних операцій, а також забезпечення у момент контакту суден з причальними спорудами, допустимих складових їх швидкості підходу.

Співробітниками кафедри Гідротехнічного будівництва Одеської державної академії будівництва та архітектури була виконана науково-дослідницька робота, метою якої було створення комплексу конструкцій огорожувальних гідротехнічних споруд, призначених для захисту території заводу сільськогосподарського машинобудування від затоплення у результаті

наганих процесів і хвильового впливу зі сторони акваторії Одеського залива. У даному проекті розглядалося створення конструкцій огорожувальних гідротехнічних споруд неповного вертикального профілю (рис.1) розташованих на відстані 200 м від берегової лінії.

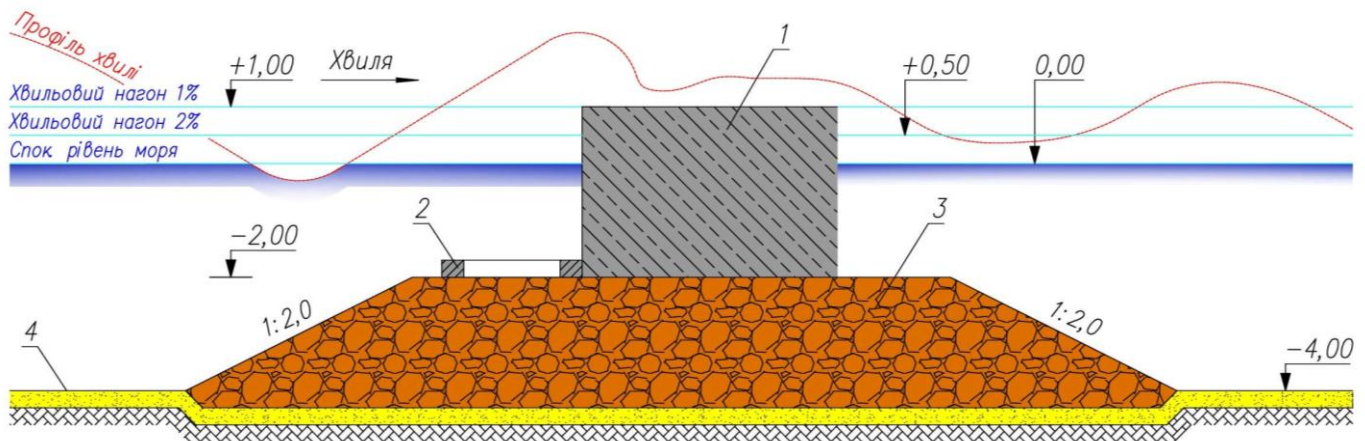


Рис. 1. Поперечний розріз конструкції огорожувальної споруди неповного вертикального профілю  
1 – бетонний масив; 2 – бермений масив; 3 – кам'яна постіль

У лабораторії кафедри «Гідротехнічного будівництва» Одеської державної академії будівництва та архітектури була створена фізична модель конструкції огорожувальної споруди неповного вертикального профілю у масштабі 1:15. Модель була схильна до масштабним впливам розрахункових параметрів хвиль при трьох розрахункових позначках рівня спокійної води і різних розмірах ширини верхньої будови. Лоток представляв собою короб прямокутного перерізу довжиною 15,0 м і шириною 1,0 м. Висота борту у лотку складала 1,0 м. З метою зручної роботи з моделлю лоток знаходиться над полом приміщення на висоті 1,0 м; хвильовий лоток обкладений скляними бічними стінками. З одного кінця лотку був розташований хвилепродуктор щитового типу, призначений для формування хвиль.

При створенні поверхневих хвиль і їх взаємозв'язків з перешкодою найбільш важливим і приваблюючим фактором є гравітаційні сили – сили тяжіння, у зв'язку з цим дані хвилі називаються гравітаційними. Вплив сил тертя, капілярності і пружності на процеси, що протікають у даних умовах, практично незначні. Так, наприклад, у відповідності до літературних джерел, вплив поверхневого тяжіння на утворення гравітаційних хвиль при швидкості поширення форми хвилі  $C > 50(\text{см} / \text{сек})$  може бути оцінено орієнтовно величиною менш 1% від дії сил тяжіння. Це дає можливість, при проведених дослідженнях на моделях явищ взаємодій гравітаційних хвиль з огорожувальними спорудами, проводити перерахунок отриманих експериментальних результатів



у натуру у відповідності до закону механічної подоби і, у по закону гравітаційної подоби Фруда.

Дослідження кінетичної картини дозволить судити про сутність фізичних явищ, що спостерігаються у споруди і за нею (акваторія, що захищається). Усі вказані вище стало визначальним при виборі режимів хвиль, кількості моделей, що досліджувалися, а також при розробці експериментів.

З метою запису елементів хвиль у дослідженнях з хвилегасіння використовувалися датчики ємкісного типу с записом хвилеграм, які дозволили проводити спостереження с записом одного процесу. Запис процесів, що досліджувалися здійснювався з частотою 1 кГц, це дозволило проводити дослідження з високою точністю оцінки параметрів хвиль. Вимірювальна система працювала у діапазоні від 0 до + 1,2 V, що дозволило позбутися появи помилок у вимірюваннях. Датчики були підключені до АЦП Е-14-140М (1Т189948) і у подальшому до комп'ютеру, у якому за допомогою програми LGraph 2 (версія 2.34.60), аналоговий сигнал перетворювався у цифровий.

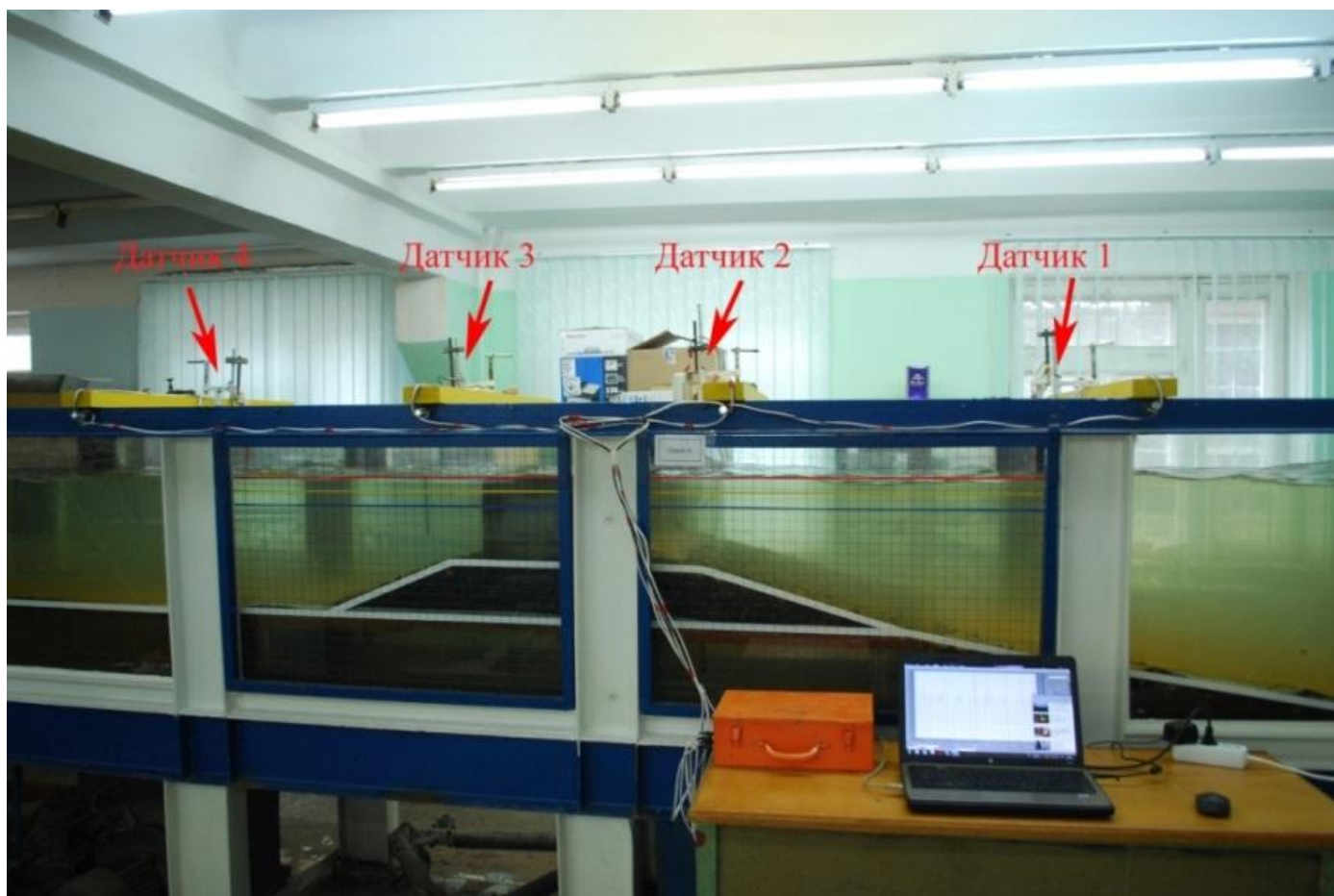


Рис. 2. Модель огорожувальної споруди неповного вертикального профілю у хвильовому лотку при розрахунковому випадку рівня води А (червона лінія)

Перед початком та по закінченню проведення кожного експерименту проводилась тарировка вимірювальних датчиків з метою отримання достовірних результатів досліджень. Тарировка датчиків послідовно здійснювалась через кожні 10 мм в діапазоні від +100 до -100 мм.

Тарировочні залежності були використані з метою обробки результатів експериментальних досліджень пов'язаних з визначенням параметрів гасіння хвиль конструкціями огорожувальних споруд неповного вертикального профілю. Для досягнення поставлених задач була написана комп'ютерна програма на мові програмування python 3 у програмному комплексі Jupyter Notebook, яка дозволила розшифрувати текстові файли з АЦП з графічною побудовою кривої хвильової залежності.

Кількість факторів, що досліджувалися зумовило кількість лабораторних досліджень, які необхідно було провести на фізичних моделях конструкцій огорожувальних споруд неповного вертикального профілю, це зумовило необхідність використання математичної теорії планування експерименту. Теорія дозволила отримати нову наукову інформацію за рахунок можливості врахування багаточисленних взаємозв'язків та взаємовпливів між сукупністю параметрів, що досліджувалися, тим саме різко скоротили кількість експериментальних досліджень. Крім того, математична теорія планування експерименту замінює інтуїтивний підхід до організації (плануванню) експерименту, науково обґрунтованою програмою дослідження. Таким чином, суб'єктивні оцінки уступають місце достатньо надійним статистичним оцінкам результатів експерименту на усіх етапах дослідження.

У відповідності до поставлених цілей роботи, був використаний 27-точечний, композиційний, трирівневий план у виді «кубу», у якому варіюються одночасно три незалежні фактори. Дві величини - висота піднесення верхньої будови відносно спокійного рівня води, що досліджувалась у інтервалі  $\Delta H=0\div 1,0$  (м) та ширина верхньої будови (бетонного масиву)  $b=4,0\div 8,0$  (м) відносяться до геометричних розмірів огорожувальної споруди. Третя величина – висота вихідної хвилі, яка змінювалась у діапазоні  $h=0,6\div 3,0$  (м). Інші фактори конструкції огорожувальної споруди (рис.1) не враховувалися. Для кожної точки плану були проведені по три експерименти з різними величинами факторів, що досліджувались.

**Висновки.** За результатами проведених експериментальних досліджень можливо зробити наступні висновки:

- використання конструкцій огорожувальних гідротехнічних споруд неповного вертикального профілю з метою захисту акваторій морських портів і елементів берегової інфраструктури морських міст є перспективним та інвестиційно привабливим;

- зниження позначки верхньої будови огорожувальної споруди дозволить зменшити фінансові витрати при будівництві нових конструкцій огорожувальних споруд;

- перелив гребнів хвиль через верхню будову огорожувальних споруд не приведе до виникнення аварійних ситуацій на акваторіях, що захищаються;

- у результаті проведених експериментальних досліджень була отримана емпірична залежність, яка може бути використана у інженерній практиці при встановленні величин гасіння хвиль що руйнуються конструкціями огорожувальних споруд неповного вертикального профілю (1):

$$h_r = 3 \cdot h_i \cdot h_b + 0,07 \cdot \Delta H + 0,013 \cdot b - 0,165 \quad (1)$$

$$h_b = (0,3 - 0,1 \cdot \Delta H - 0,01 \cdot b) \quad (2)$$

де:

$h_r$  – висота хвилі на акваторії, що захищається, м;

$h_i$  – розрахункова висота хвилі в системі розрахункового шторму, м;

$\Delta H$  – піднесення верхньої будови огорожувальної споруди неповного вертикального профілю відносно розрахункового рівня води, м;

$b$  – ширина верхньої будови огорожувальної споруди, м;

$h_b$  – допоміжний коефіцієнт, який визначається відповідно до формули (4).

При впливі на конструкції огорожувальних споруд неповного вертикального профілю стоячих хвиль (наявності в основі споруди високої кам'яної постілі), необхідно по-перше встановити величину трансформованої хвилі на кам'яній постілі за допомогою емпіричної залежності (3).

$$h_f = \left( \frac{h_i - 1,8}{1,2} \right) \cdot \left[ 0,89 - 0,225 \cdot (h_i - 1,8) - 0,21 \cdot (d_p - 1,5) + 0,134 \cdot (d - 4,5) \right] - 0,25 \cdot (d_p - 1,5) + 0,016 \cdot (d - 4,5) - 0,04 \cdot (d_p - 1,5) \cdot (d - 4,5) \quad (3)$$

де:

$h_f$  – трансформована висота хвилі над кам'яною постіллю перед верхньою будовою огорожувальної споруди, м;

$h_i$  – розрахункова висота хвилі в системі розрахункового шторму, м;

$d$  – глибина води в місці розташування огорожувальної споруди, м;

$d_p$  – висота кам'яної постілі, м.

Представлена методика може бути використана у інженерній практиці з визначення величини гасіння хвиль конструкціями огорожувальних споруд неповного вертикального профілю

UDC 330.341.1:631.67

**Sova Olena Yu.***National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine***INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF  
AGRICULTURAL PRODUCTION ON IRRIGATED LANDS**

**Introduction.** Using the new technologies for growing crops on irrigated lands is an important area of agricultural development in Ukraine. Crop production as one of the leading agro-industries plays the most important role in global food production. According to expert estimates by USDA market analysts, Ukraine is one of the world's leading grain producers [4].

As of April 30, 2021, since the beginning of the 2020/21 marketing year, 38.9 million tons of grain crops have been exported from Ukraine, which is 11.5 million tons less than in the same period of the previous marketing year [3].

Given the increasing aridity of the climate, irrigation is a key measure to intensify agricultural production in the plains of Ukraine.

**The main part.** Climate change and unstable weather make agriculture in Ukraine even more risky than it used to be. The area with insufficient humidity is expanding – it moves 100 kilometers to the north with an increase in the average annual temperature by 1°C. And according to the FAO (Food and Agriculture Organization), 70% of Ukraine's agricultural land will need additional irrigation in a few years [5].

The availability of irrigation systems will allow you to get high yields regardless of the amount of precipitation that falls during the season. According to experts, currently about 400 thousand hectares are cultivated under irrigation. However, only 100,000 hectares have been equipped with modern units, which have been installed since independence.

Today, about 270-300 million hectares are irrigated in the world, of which irrigated lands provide 40% of world food production, occupying only 18% of agricultural land. For example, in the United States, about 34 million m<sup>2</sup> of water is used outside the home per day, and most is used for irrigation. More than 50% is spent due to the inefficiency of traditional irrigation methods and systems. Irrigation innovations appear regularly as environmental requirements change. More and more countries are joining the regulated consumption of water by agriculture. Today, farmers already control their irrigation systems with displays and mobile applications [2].

Drip irrigation is the most common irrigation system in the world – it is used on an area of over 6 million hectares. The very concept of drip irrigation was developed by Israeli engineer Simha Blass, who found that slow and balanced watering significantly increases yields. NaanDanJain (Israel) has already developed a comprehensive irrigation solution when the underground or ground drip belt and sprinkler system are combined. Israeli company Tal-Ya Water Technologies, has developed a reusable plastic tray for collecting dew from the air, which reduces the need for water crops by 50% [7].

Modern solar systems offer useful tools to improve water management, they are equipped with electronic monitoring devices capable of providing real-time data on water levels in tanks, sampling rates and water levels in the well, which can eventually lead to regulatory decisions, which allow you to remotely avoid excessive water intake.

FAO is urging governments to review their incentive schemes for fossil fuels in favor of green subsidies. After all, solar panels produce energy even in periods when irrigation is not required, opening up significant opportunities for running mills, water purifiers and refrigeration plants. And all this contributes to the development of rural areas and increase incomes [2].

In Ukraine, the area of available irrigated land is about 2.17 million hectares, of which only a quarter is actually irrigated – 505 thousand hectares. Most of the land to be irrigated is in the Kherson region (426.8 thousand hectares), Zaporizhzhia region (240.7 thousand hectares) and Odessa region (226.9 thousand hectares).

In a separate problem, experts highlight the write-off of inactive irrigation systems. They have not been working for a long time, but due to the bureaucratic system they cannot be written off. However, it is actually irrigated: in the Kherson region 72.4% of these lands (which is the highest in Ukraine), in the Zaporizhzhia region – 20.9%, in the Odessa region – 17.2% [8]

The results of a number of researches are development and wide introduction in production of the newest, adapted to arid conditions of the zone of the Southern Steppe of Ukraine systems of agriculture, rational and ecologically safe nature use, preservation of fertility of soils and environment; development of new genetic and biotechnological methods of selection, due to which more than 70 varieties and hybrids of wheat, corn, soybeans, alfalfa, perennial cereals, tomatoes, cotton, which are competitive and adapted to the conditions of the southern region and irrigation [1].

Today, about 90% of agricultural enterprises operate on leased land [5]. Uncertainty that it will be possible to continue managing leased land tomorrow and the impossibility to buy it under current legislation is constrained by the intention to invest in the modernization of the restoration or expansion of irrigation systems. The open domestic land market will become a driver of the irrigation market in the future, as farmers will not be afraid to invest in irrigation systems that will be installed on their own land.

**Conclusions.** The use of information technology allows to increase yields, productivity, efficiency of management decisions, rational use of resources, protect the environment. They can significantly help in solving a large number of tasks related to the planning, forecasting, analysis and modeling of agricultural processes.

Solving the problems of water reclamation subcomplex requires significant financial resources. It is necessary to establish a partnership between the owners inter-farm hydraulic structures and business entities to accelerate the introduction of drip systems irrigation, to carry out innovative and technological modernization of domestic irrigation systems. In order to attract extra-budgetary funds, it is expedient to create and implement bilateral international innovation and investment programs, which will contribute to the innovation and technological modernization of irrigation systems.

The state program for the development of horticulture, viticulture and hop-growing in Ukraine provides support through partial reimbursement of the cost of works on the construction of wallpaper and installation of drip irrigation systems and purchase of materials necessary for such works. It is noted that today Ukrainian machine-building plants produce irrigation equipment, which is already available for purchase under the partial compensation program (up to 25%). This program, according to the ministry, will be maintained in 2021 too.

According to the Ministry of Economic Development, Trade and Agriculture of Ukraine, it is planned to introduce new high-quality programs in the field of irrigation: partial compensation of the cost of capital investments in irrigation infrastructure and drainage; soft loans for the construction of irrigation facilities and rehabilitation of drainage systems; providing government portfolio guarantees to entities that do not have adequate collateral.

The urgent tasks are to unify the regulatory framework for environmentally friendly irrigation, drainage and management of irrigation or drainage. Restoration of irrigation will open good prospects for Ukraine in the Ukrainian agricultural sector: only the regulation of irrigation on an area of 500-550 thousand hectares will allow us to produce additional agricultural products by 8-10 million tons annually.

### References

1. Вожегова Р.А., Коковіхін С.В. Зрошуване землеробство – гарант продовольчої безпеки України в умовах змін клімату. Вісник аграрної науки. 2018. № 11. С. 28-34. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-04>
2. Герасименко І. Глобальне потепління по-українськи, або де взяти воду? URL: <https://agravery.com/uk/posts/author/show?slug=globalne-poteplinna-po-ukrainski-abo-de-vzati-vodu>
3. Експорт з України зернових, зернобобових та борошна. Офіційний сайт Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. URL: <https://agro.me.gov.ua/ua/investoram/monitoring-stanu-apk/eksport-z-ukrayini-zernovih-zernobobovih-ta-boroshna>
4. Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. Вип. 71. 212 с.
5. Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2020. Вип. 73. 256 с.
6. Колтунович О.С. Інноваційно-технологічна модернізація індустрії зрошуваного землеробства та імплементація зарубіжного досвіду у вітчизняну практику. Екологічний менеджмент. 2017. № 4. С. 37-40.
7. Ткачова Є. Інноваційні технології у сфері зрошення URL: <http://agro-yug.com.ua/archives/13048>
8. Українсько-китайське інвестиційне співробітництво у сфері іригації. URL: <https://aucc.org.ua/ukrayinsko-kitayske-investitsiyne-spivrobotnitstvo-u-sferi-irigatsiyi/>
9. The 7th International scientific and practical conference «Modern science: problems and innovations» (September 20-22, 2020). SSPG Publish, Stockholm, Sweden. 2020. 485 p.

УДК 624.014:620.193

**Куликівський В.Л.***Поліський національний університет, м. Житомир, Україна*

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ НА ЗАЛИШКОВИЙ РЕСУРС ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ**

**Вступ.** Корозія металевих виробів, елементів конструкцій становить серйозну проблему, оскільки завдає значної економічної та екологічної шкоди у провідних галузях промисловості країни. Корозійне пошкодження металоконструкцій відбувається у будь-яких кліматичних умовах, а швидкість руйнування визначається як зовнішніми чинниками агресивного середовища, так і внутрішніми факторами (схильність металевих конструкцій, деталей різної форми до корозії, особливими електрохімічними характеристиками).

Прямі втрати від корозії включають витрати на заміну конструкцій, обладнання, деталей машин, що зазнали атмосферного впливу, а також витрати на антикорозійний захист. Непрямі втрати від корозії пов'язані з простоем і ремонтом обладнання, споруд, усуненням наслідків виробничих аварій, що сталися через вплив агресивного середовища. У зв'язку з цим підвищуються вимоги до експлуатаційно-технічної надійності машин, обладнання і металоконструкцій, довговічності, безпеки та їх корозійної стійкості. Збільшення металоємності таких галузей, як металургія, будівельна, хімічна, нафтохімічна, целюлозно-паперова, переробна, сільськогосподарська, де металоконструкції експлуатуються в середовищах підвищеної агресивності, призводить також до зростання втрат від корозії і витрат на усунення небажаних наслідків.

**Основна частина.** Розвиток корозійних процесів обумовлюють різноманітні чинники, пов'язані зі ступенем агресивності середовища: відносна вологість повітря, час періодичного зволоження поверхні сталі, забрудненість атмосфери агресивними газами ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ), запиленість, температурні коливання, наявність у повітрі солей, бактерій, значення кислотності рН водних плівок конденсату води.

Головною причиною корозії є зволоження поверхонь металу, особливо в місцях скупчення пилу і бруду (горизонтальні листи, елементи ферм та балок).

Дослідженнями встановлено, що найменший корозійний знос спостерігається у суцільних та гладких перерізів круглих і прямокутних труб. Ефективні також коробчасті замкнуті перерізи з двох кутників і закриті зверху коробчасті елементи з гнутих профілів. Найменш корозійностійкі прокати з Г-подібною формою та швелери зі щілинами, Н-подібні профілі. Корозійний знос зменшується більше ніж удвічі при заміні традиційних типів елементів металоконструкцій із двох Г-подібних профілів на трубчасті. На ступінь корозійного зносу впливає також положення металоконструкцій щодо горизонту. При різному куті нахилу до горизонту знос горизонтально

розташованого елемента конструкції і знос похило розташованого суттєво відрізняються.

Аналіз результатів багаторічних спостережень дозволив виділити типові дефекти сталевих конструкцій, поверхонь, які фарбуються та готових лакофарбових покриттів:

- наявність вузьких проміжків між конструктивними елементами (в яких можливе виникнення інтенсивної щілинної корозії, натікання іржі на пофарбовану поверхню);

- утворення місць накопичення та застою води;

- наявність відкритих зазорів в болтових з'єднаннях між монтажними накладками та частинами конструкцій (можливе виникнення інтенсивної щілинної корозії);

- виникнення корозійних ямок (пітінгу) і кратерів на сталевій поверхні (рис. 1);

- механічні дефекти-відколи, розщеплення, прокатні розшарування, грубий профіль зварювального шва, зовнішні пори у шві, кратери на початку і в кінці зварного шва, гострі кромки отворів після свердління;

- недостатній ступінь абразивно-струминного очищення металеві поверхні, залишки прокатної окалини, іржі, старого покриття;

- недостатній або занадто грубий профіль очищеної поверхні. Зниження шорсткості призводить до мінімізації площі зчеплення фарби з підкладкою і погіршення адгезії. Підвищена шорсткість обумовлює збільшення витрати фарби для досягнення необхідної товщини покриття;

- наявність сольових та маслянистих забруднень металеві поверхні;

- механічні пошкодження покриття на конструкціях у результаті виконання транспортних, вантажно-розвантажувальних операцій;

- незадовільна адгезія до металеві підкладки, спучування і відлущування покриття, розтріскування, кратери у покритті, засміченість та наявність в покритті сміття, залишків абразиву;

- термічне пошкодження покриття зварюванням, термічною правкою.

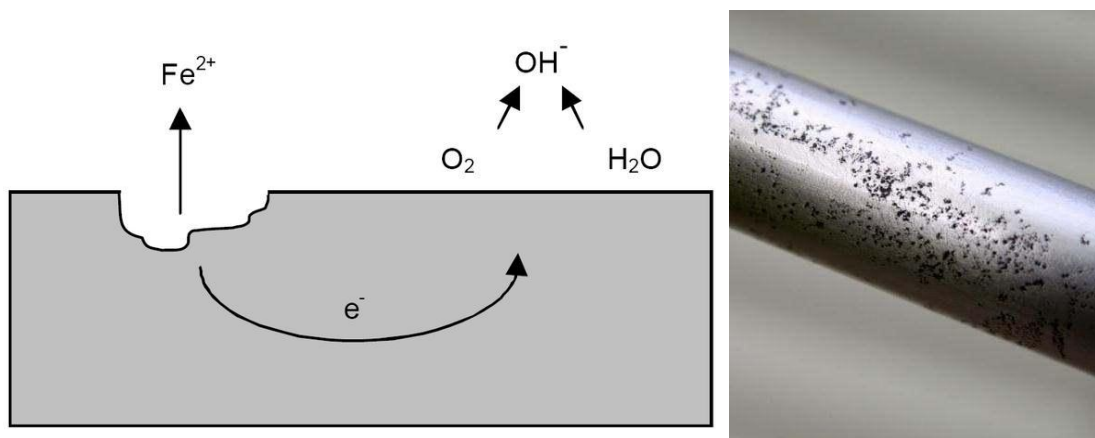


Рис. 1. Механізм виникнення пітінгу (корозійних ямок), під впливом кисню



Найбільшу стійкість проти атмосферної корозії мають леговані сталі, що містять хром, нікель та мідь. Значно підвищують корозійну стійкість сталі – молібден, ванадій, бор (більше 0,5 %). Підвищення вмісту вуглецю (до 0,5 %) практично не впливає на корозійну стійкість металу.

Закордоном корозійностійкі марки сталі випускають металурги Німеччини (Ratinaх-37), Австрії (Korallhin), Польщі (12 HJA), Угорщини (Korall). У США застосовують атмосферостійку леговану кортенівську сталь (Cor-Ten – торгова марка United States Steel Corp.).

Проаналізувавши реалізовані проекти, із застосуванням кортенівської сталі, можна стверджувати, що вже через місяць після монтажу, металоконструкції покриваються іржею (рис. 2).



Рис. 2. Атмосферна корозія металевих зразків (кортенівської сталі) з плином часу

Швидкість корозії істотно залежить від умов навколишнього середовища, тому колір сталі Cor-Ten змінюється, з плином часу, від оксамитових, бронзових тонів до насичено-брунатного (рис. 3).



Рис. 3. Зміни кольору оксидного шару на сталі Cor-Ten у часі в сільськогосподарському (а) та промисловому (б) середовищі

Склад кортенівської сталі відповідає вітчизняним аналогам марки ХСНД зі знизеним вмістом кремнію і додаванням марганцю та алюмінію. Внаслідок атмосферної корозії в початковий період експлуатації на поверхні сталі утворюється тонкий шар іржі, під яким формується захисна плівка оксидів хрому і нікелю, яка запобігає подальшому корозійному руйнуванню.

**Висновки.** Під час виробництва багатьох металоконструкцій використання дорогих корозійностійких матеріалів найчастіше є економічно не вигідним. У більшості випадків застосовуються недорогі вуглецеві або низьколеговані сталі, які в тій чи іншій мірі схильні до корозії, у тому числі атмосферної. Проведений аналіз показує, що використання спеціалізованих корозійностійких матеріалів (легованих сталей) становить лише 20...25 % від усієї сукупності методів корозійного захисту.

На сьогоднішній день найбільш ефективним рішенням для підвищення терміну служби деталей і конструкцій є застосування захисних покриттів. Подібні покриття повинні володіти високою атмосферою стійкістю, вологостійкістю, витривалістю по відношенню до агресивних середовищ, мати високу адгезію до металу, високу міцність на згин та удар, забезпечувати довгий термін експлуатації (не менше 20...25 років). У багатьох випадках металеві вироби експлуатуються в умовах підвищених навантажень на їх поверхню, що створює додаткові вимоги до зносостійкості покриттів. В зв'язку з цим розробка недорогих і простих технологічних рішень зі створення високоефективних, функціональних захисних шарів та покриттів на сталях є актуальним напрямком подальших досліджень із підвищення ресурсу металоконструкцій.

УДК 626/627:620.9

**Farzaliyev M.M., Ismayilova K.A.**

*Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Amelioration*

**Huseynov I.I.**

*Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan*

## **THE ROLE OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN HYDRAULIC ENGINEERING**

**Abstracte** The role of resource conservation in the modern economy is due to the need to develop and build a holistic model of resource-saving construction management, which is based on the consistent consideration of factors that reduce resource and energy consumption at all levels and stages of construction management.

The engine of the globalization process is the modernization and transition of the world economy, primarily in industrialized countries, to a new technological order, which, along with high-quality updating the technological base, increasing the

efficiency of production and the competitiveness of the economy is intended to ensure an improvement in the quality of life and living environment.

The transfer of the construction industry to an energy and resource-saving development path is associated not only with changes in the regulatory and technical documentation, but also with the methodological base, an integral part of which is the conceptual apparatus. In particular, in the construction science appeared and received their development of the concept of "energy saving", and then "resource saving", "energy and resource saving". It should also be noted that it is necessary to clarify these terms, since it is obvious the fact that energy resources are part of the concept of "resources", and in scientific the literature often uses these terms in different contexts. It is important to analyze both the concept of "resources" and concepts related to their savings. Enlarged, you can subdivide all resources into material and energy (primary and secondary), intellectual, labor, information, financial, temporary, traditional and non-traditional. Resources include workers, infrastructure, working environment, information, suppliers and partners, natural and financial resources; material resources such as improved production and supplies; intangible resources, such as intellectual property; resources and mechanisms to facilitate innovative continuous improvement

On terminology in the field of resource and energy conservation the following concepts and definitions also apply:

- resource management;
- resource content of products;
- resource intensity of products;
- resource efficiency of products;
- raw materials;
- fuel;
- energy;
- the efficiency of the object;
- the effectiveness of management decisions;
- rational use of resources;
- resource-saving technology;
- recycling technology;
- organization of production;
- organizational and technological preparation of production;
- energy intensity;
- energy saving technology;
- economic assessment of resource conservation;
- savings;
- energy saving technology;
- economic assessment of resource conservation.

The introduction of energy-saving technologies into the economic activities of both enterprises and individuals at the household level is one of the important steps in solving many environmental problems - climate change, air pollution (for example, emissions from thermal power plants), depletion of fossil resources, etc. Typically,

businesses implement the following types of technologies that provide significant energy savings:

1. General technologies for many enterprises related to the use of energy (variable speed motors, heat exchangers, compressed air, lighting, steam, cooling, drying, etc.).

2. More efficient energy production, including modern boiler houses, cogeneration (heat and electricity) and trigeneration (heat, cold, electricity); replacement of old industrial equipment with new, more efficient one.

3. Alternative energy sources.

The energy saving mode is especially relevant for mechanisms that part of the time work with reduced load - conveyors, pumps, fans, etc. There are many devices that allow you to reduce losses during the operation of electrical equipment, the main of which are capacitor banks and variable frequency drives. Variable frequency drives with built-in energy optimization functions flexibly change the speed depending on the real load, which can save up to 30-50% of energy consumption. At the same time, replacement of the standard electric motor is often not required, which is especially important when modernizing production facilities. Such energy-saving electric drives and automation equipment can be implemented in most industrial enterprises and in the housing and utilities sector: from elevators and ventilation units to enterprise automation.

Scientists have developed an installation, during the operation of which part of the heat that goes into the pipe after combustion in the production of natural gas is used to generate additional energy that can provide illumination of five sixteen-story buildings.

Energy-saving technologies in construction are of a complex nature, including wall insulation, energy-saving roofing, energy-saving paints, double-glazed windows, economical heating and surface cooling systems. One of the most common energy-saving technologies with great potential for improvement in the housing construction industry is boiler houses. Modern technologies can significantly reduce energy consumption, reduce maintenance costs, and even increase efficiency. In addition, replacing a boiler house often allows a company to switch from environmentally dirty and expensive coal or fuel oil to cheaper and cleaner fuels such as gas or wood pellets. It also gives great savings if, instead of free-standing central heating points, an individual heating point is placed in the building, equipped with modern silent pumps, compact and efficient plate heat exchangers. When organizing ventilation in a building, systems of recuperation (utilization for reuse) of exhaust air heat and variable performance of air handling units are used, depending on the number of people in the building. These systems allow you not to waste heat generated by people, lighting fixtures, retail and office equipment, and thereby reduce heat consumption from an external source - a heating network or boiler room. There are other ways to use electricity more rationally, not only in production, but also in everyday life. So, "smart" lighting systems have been known for a long time. The energy-saving effect is based on the fact that the light turns on automatically exactly when it is needed. The switch has an optical sensor and a microphone. During the

day, when the light level is high, the lighting is turned off. At dusk, the microphone is activated. If noise occurs within a radius of up to 5 m (for example, footsteps or the sound of a door being opened), the light will automatically turn on and stay on while the person is in the room. These lighting systems use energy efficient lamps.

The above methods and aspects are also applicable in hydraulic engineering. If you take any hydraulic facility, you need to consider the importance of drawing up a strategic direction. Should be noticed, that hydraulic engineering structures (GTS) are a type of engineering structures designed to ensure different types of water use (water use) and / or to combat the harmful effects of water by influencing the regime and properties of natural water bodies and the water they contain.

As a strategic direction of innovative development of hydraulic engineering facilities, the following aspects can be distinguished

- Reconstruction of the canal structures to meet the requirements of class Va waterways of international importance
- Contribution to the process of increasing the sustainability of the navigational technical characteristics of the E40 main waterway along the entire length to increase the intensity of interregional and international transport using water transport
- Development of the hydropower potential of the canal
- Modernization of the dredging fleet for effective work in difficult soil conditions (III-V groups)
- Implementation of innovative energy-saving technologies
- Implementation of information systems aimed at optimizing the use of resources and increasing the efficiency of production management
- Implementation of innovative and advanced technologies in hydraulic engineering

Conclusions and Recommendations. Organization of energy saving on a national scale is an extremely difficult task. Energy saving is gradually turning into an urgent need from a popular slogan. The lack of electricity and natural gas during periods of severe cold snaps, the global fight against greenhouse gas emissions dictate the need for a radical change in attitudes towards energy conservation. Energy saving goals coincide with other goals of municipalities, such as improving the environmental situation, increasing the efficiency of energy supply systems, etc.

## References

1. Опарина Л.А. Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве.
2. Порфирьев Б. «Зеленая» экономика: реалии, перспективы и пределы ростаю
3. <https://ria.ru/20081205/156573930.html>
4. <https://www.dneprobug.by/activity/>

УДК 626.81/84:631.67

**Козленко Є.В.***Інститут зрошувального землеробства НААН***Морозов О.В., Морозов В.В.***Херсонський державний аграрно-економічний університет*

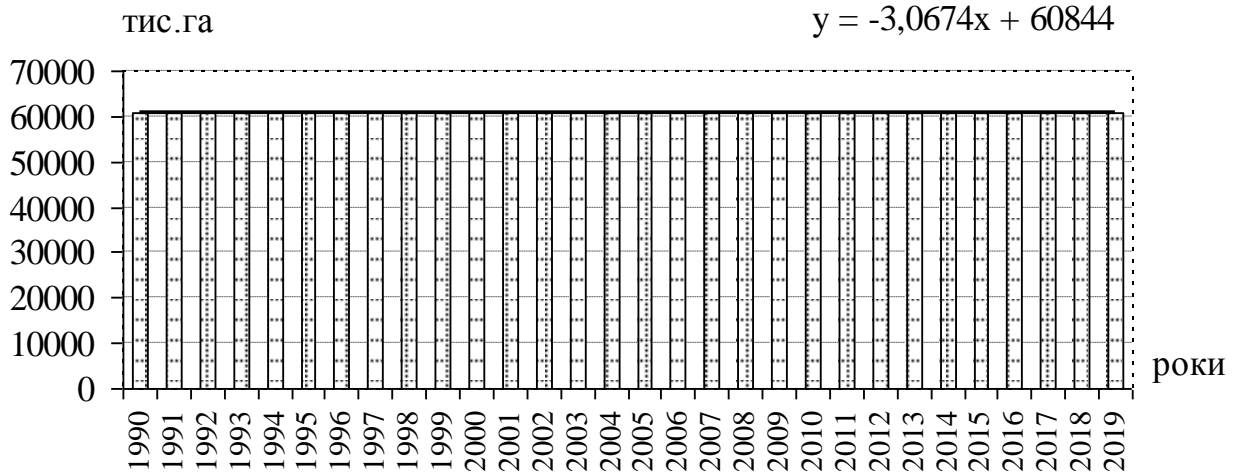
## **ОСНОВНІ НАПРЯМИ ВПРОВАДЖЕННЯ СТРАТЕГІЇ ЗРОШЕННЯ ТА ДРЕНАЖУ В УКРАЇНІ НА ПЕРІОД ДО 2030 РОКУ НА ІНГУЛЕЦЬКІЙ ЗРОШУВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ**

**Вступ.** В несприятливих природних умовах Південного регіону України, які ще й надалі погіршуються внаслідок глобальних та регіональних змін клімату, сталий розвиток сільського господарства можливий лише через відновлення та модернізацію зрошувальних і дренажних систем та подальший розвиток зрошувального землеробства. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року, яка схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 688-р. (далі – Стратегія) визначає стратегічні напрями державної політики щодо зрошення та дренажу, забезпечення сталого екологічно збалансованого розвитку землеробства в Україні. Одним з основних шляхів реалізації Стратегії є відновлення та збільшення площ зрошуваних земель, дренажних систем і, на фоні збереження та відтворення родючості ґрунтів, підтримка наукових досліджень в цьому напрямку [1]. Згідно Стратегії всі наявні в Південному регіоні України зрошувальні системи (в тому числі Інгулецька зрошувальна система) мають розглядатися як такі, що підлягають реконструкції та модернізації.

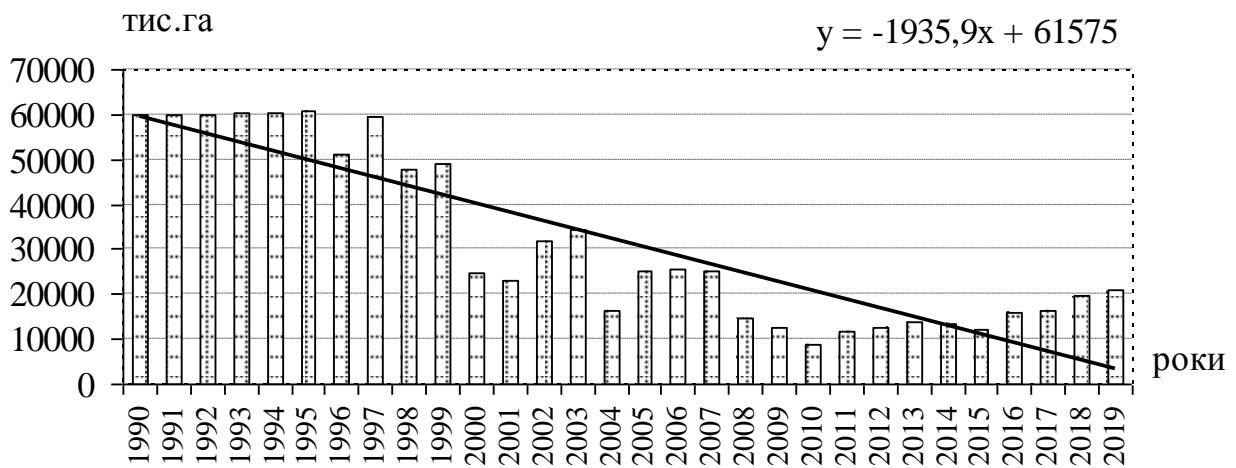
**Основна частина.** Одна з перших зрошувальних систем, побудованих в Україні - Інгулецька зрошувальна система (далі – ІЗС) – працює вже сьомий десяток років, але, незважаючи на свій вік, має високий потенціал і перспективи розвитку. ІЗС налічує 60 тисяч гектарів зрошуваних земель (42 тис. га в Миколаївський та 18 – в Херсонський областях), які повністю поливалися до 90-х років минулого сторіччя. На даний час Інгулецькому масиві поливається близько 20 тис. га, що складає 30 % від наявних площ зрошення (рис. 1).

Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року (завдання 2) передбачає модернізацію міжгосподарських мереж, а завдання 4 - будівництво нових внутрішньогосподарських зрошувальних систем на міжгосподарських зрошувальних системах. Обидва вищезазначені завдання передбачають модернізацію головних насосних станцій - заміну насосно-силового обладнання, а також модернізацію головних та розподільних каналів із здійсненням заходів з влаштування протифільтраційних облицювань на каналах [2].

а) площі зрошуваних земель



б) фактичні площі поливу



в) площі зрошуваних земель, що не поливались

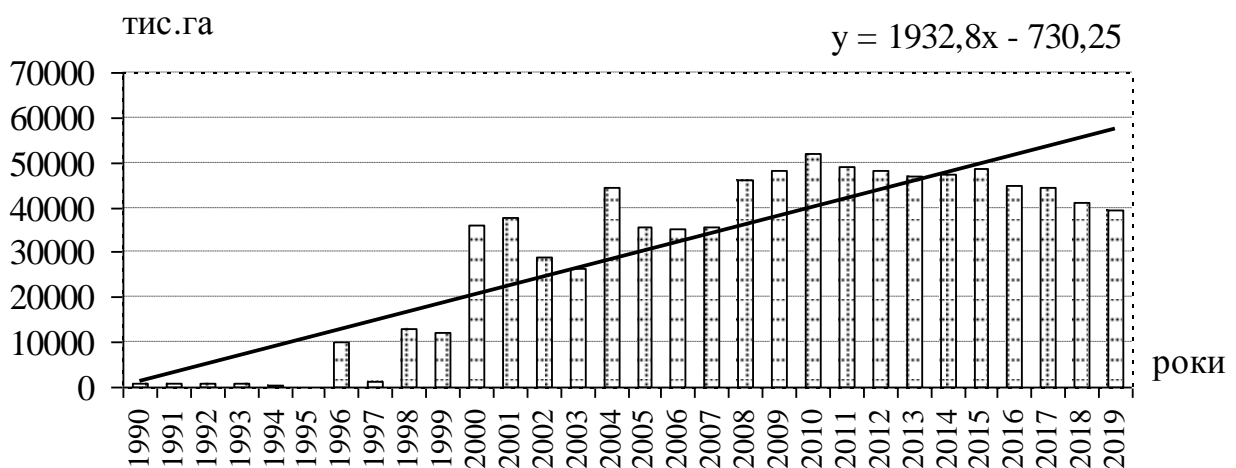


Рис. 1. Динаміка площ зрошуваних земель на Інгулецькому зрошуваному масиві

Головна насосна станція ІЗС потребує заміни основного насосно-силового обладнання, 40 відсотків якого працює ще з 1956 року та відпрацювало 2-3 нормативні терміни. Магістральний та переважна більшість розподільних каналів, які облицьовані монолітним бетоном і залізобетонними плитами, потребують капітального ремонту, а саме, обладнання сучасним протифільтраційним облицюванням.

Внаслідок того, що більшість сільгосптоваровиробників не використовують науково обґрунтовані сівозміни для зрошувального землеробства та відповідні режими зрошення, виникає ситуація, коли деякі розподільні канали не здатні забезпечити всіх водокористувачів поливною водою своєчасно і в повному обсязі, тому що канали не розраховані на такий режим роботи. А з відновленням площ поливів на системі вказана проблема стане ще актуальнішою та буде стосуватися всіх розподільних та магістрального каналів. Виходячи з вищеприписаної ситуації, існує нагальна потреба до застосування всіма сільгосптоваровиробниками на ІЗС науково-обґрунтованих сівозмін для зрошувального землеробства та відповідних режимів зрошення. В першу чергу, вищезазначений захід надає можливість забезпечити всіх водокористувачів поливною водою своєчасно і в повному обсязі. Не менш важливим є те, що науково обґрунтований підхід до зрошувального землеробства може забезпечити припинення процесу деградації поливних земель, збільшення врожайності сільськогосподарських культур та, відповідно, зменшення їх собівартості. Вченими Інституту зрошувального землеробства НААН науково обґрунтовані водозберігаючі та ґрунтозахисні режими зрошення, які пройшли дослідно виробничу перевірку та довели свою ефективність на землях ІЗС та інших зрошувальних системах Південного регіону України (В.А. Писаренко, Р.А. Вожегова, П.В. Писаренко, С.В. Коковіхін та ін. [3, 4]).

В сучасних умовах варіант формування якості зрошувальної води «Промивка 30 діб з антирічкою», який застосовувався на ІЗС в період 1988-2010 рр., є набагато більш затратним у порівнянні з діючим наразі варіантом «промивка зверху на весь поливний період» та проблематичним за технічними причинами [5]. Але, і при відновленні проектних площ поливу, цей варіант за вищевказаними причинами економічно та екологічно неефективний. Виходячи з вищезазначеного, слід запропонувати при відновленні площ поливу на ІЗС до проектного рівня застосувати новий «гібридний» варіант формування якості поливної води на Інгулецькій зрошувальній системі. При його реалізації слід забезпечити нормативну якість води в джерелі зрошення – річці Інгулець (зверху ГНС) на весь період водозабору ГНС (тобто, поливний період). Це може здійснюватися шляхом застосування типового Регламенту промивки, що застосовується на ІЗС з 2011 року по нинішній час. Обсягу промивної води буде недостатньо для подачі її Головною насосною станцією в канал. Тому, при роботі ГНС 3-ма і більше агрегатами працює «антирічка», тобто нестача води зверху буде компенсуватися дніпровською водою, що завдяки роботі ГНС буде поступати знизу по руслу р. Інгулець.



Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року (завдання 8) передбачається відновлення дренажних систем у зоні зрошення. Заходи з модернізації на існуючих системах горизонтального дренажу в зоні зрошення мають здійснюватися лише на тих зрошувальних системах, у межах яких рівні ґрунтових вод залягають на критичних або близьких до них глибинах та є загроза підтоплення та вторинного засолення зрошуваних земель і ґрунтів [2]. Це також є актуальним для ІЗС, тому що значна частина дренажних ділянок закритого горизонтального дренажу на ІЗС не функціонує в проєктному режимі або не працює зовсім [6].

Протягом третього етапу реалізації Стратегії (2025-2030 роки) передбачається здійснення комплексу заходів щодо створення інформаційних систем у сфері водного господарства, інформаційних баз даних, результатів наукових досліджень, нових технологій меліоративного землеробства та зрошення, статистичних даних про стан ґрунтів, еколого-меліоративний стан територій, технічний стан об'єктів інженерної інфраструктури меліоративних систем та оновлення стратегічних засад здійснення моніторингу вод та навколишнього природного середовища (у частині моніторингу зрошуваних та осушуваних земель) [2]. В цьому напрямку актуальним і новим питанням є формування експертних систем еколого-агромеліоративного моніторингу (ЕАММ) зрошуваних земель та моніторингу ефективності зрошення і дренажу.

**Висновки.** Інгулецька зрошувальна система, незважаючи на свій вік, має високий потенціал, перспективи розвитку та цілком придатна до відновлення проєктних площ зрошення (60 тис. га) шляхом виконання заходів, які передбачені Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року.

### Список використаних джерел

1. 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-p#Text>
2. План заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року: затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21.10.2020 р. № 1567-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1567-2020-p#Text>
3. ДСТУ 7890:2015. Зрошуване землеробство. Режими зрошення. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 11 с.
4. ДСТУ 7888:2015. Зрошувальне землеробство. Зрошувальні норми. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 13 с.
5. Морозов В.В., Козленко Є.В. Інгулецька зрошувальна система: покращення якості поливної води: монографія. Херсон: ПП «ЛТ-Офіс», 2015. 210 с.
6. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми та перспективи розвитку: монографія / за ред. О.В. Морозова. Херсон: Айлант, 2020. 204 с.

УДК 631.432:631.6:519.87

**Гумбатов А.Г. Амирасланова А.С.***Азербайджанское Научно-Производственное Объединение Гидротехники и Мелиорации, г. Баку, Азербайджан***АНАЛИЗ И МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ МЕЛИОРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА, ПРОВЕДЕННОГО НА ПОСЕВНОЙ ПЛОЩАДИ**

**Введение.** При освоении земель, вновь вовлеченных в посевной оборот, для обоснования проводимых мелиоративных мероприятий и соответственно для улучшения мелиоративного состояния земель, всегда есть необходимость в проведении визуального осмотра данной территории, исследовании территории по мелиоративным, гидрогеологическим, геологическим и др. показателям, систематизировании собранных данных, оценке их различными способами и методами. Обоснование мелиоративных мероприятий, особенно проводимых в почвах с тяжелым гранулометрическим составом, проявляют себя в результате влияния антропогенных процессов при дальнейшем их освоении, и показывают необходимость обобщения результатов по показателям действующих факторов и научно-обоснованному анализу этих процессов [1,2]. Известно, что в природе большинство показателей и их признаки в той или иной форме прямо, обратно, функционально и корреляционно взаимосвязаны и зависимы.

**Основная часть.** Площадь в 350 га, выбранная для проведения мониторинга, на территории Уджарского района Азербайджанской Республики ранее использовалась под пастбища и никакие мелиоративные мероприятия здесь не проводились. Согласно правилам мелиоративного мониторинга были собраны данные по водно-физическим показателям почв, засолению и солонцовости почв, минерализации грунтовых вод, о состоянии растений и каждый фактор, принятый как предмет исследований по отдельности с математико-статистической точки зрения анализировался [1,2,3,4,5].

С целью проведения статистической оценки фактических данных, взятых из 8 различных точек исследуемой площади, на основании программного пакета Office Excel были определены минимальное, максимальное,  $X_{\text{ср}}$ -среднеарифметическое значение,  $\sigma$ -дисперсия,  $\sigma^2$ -среднее квадратическое отклонение,  $m$ -средняя ошибка и др. статистические показатели [6,7].

Обобщая результаты лабораторных анализов образцов почв, взятых из площадей зимних пастбищ исследуемого района по гранулометрическому составу по 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 см слоям, выявлено, что в 0-80 см слое залегают тяжелые почвы, лишь в 80-100 см слое - почвы средне-глинистые (таблица 1).

При оценке гранулометрического состава почвы использовалась классификация Н.А.Качинского. Было принято процентное содержание фракций с размерами частиц  $< 0,01$  мм (таблица 1).

Таблица 1 - Изменение гранулометрического состава по почвенному профилю на территории исследуемого района, (%)

Глубина, см	Статистические показатели					
	мин.	макс.	Среднее квадратическое отклонение	Дисперсия	Среднее значение	Средняя ошибка, m
0-20	18.8	72.8	16.70	278.94	48.30	5.90
20-40	22	72.4	17.21	296.02	49.53	6.08
40-60	22.4	87.6	23.81	566.81	45.85	8.42
60-80	9.6	85.6	25.65	657.96	48.25	9.07
80-100	6	76.8	24.57	603.57	39.23	8.69

Ввиду того, что при оценке почвы содержание гумуса является одним из основных критериев, его показатели были определены на основании химического анализа образцов почв, взятых из исследуемой площади. Результаты математико-статистического анализа приведены в таблице 2.

Согласно мелиоративным категориям, почвы с содержанием гумуса в пределах 0.5÷3.4 % считаются, как почвы с малым содержанием гумуса и мелиоративное состояние почвы как неудовлетворительное оценивается лишь при угрозе ухудшения.

Таблица 2 - Изменение гумуса по почвенному профилю на исследуемой площади (%)

Глубина, см	Статистические показатели					
	мин.	макс.	Среднее квадратическое отклонение	Дисперсия	Среднее значение	Средняя ошибка, m
0-20	1.9	3.4	0.556	0.309	2.669	0.197
20-40	1.6	3	0.548	0.300	2.147	0.194
40-60	0.5	2.5	0.635	0.403	1.838	0.225

Степень засоления почв по плотному остатку была определена по данным результатов полной водной вытяжки образцов почв, взятых из исследуемой площади. Результаты лабораторных анализов почв, по плотному остатку и их математико-статистический анализ приведены в таблице 3.

В результате проведенных исследований было выявлено, что почвы зимних пастбищ подвержены засолению в различной степени. На этой территории в основном распространены слабо- и средне- засоленные почвы. На территории проведения мониторинга прослеживается уменьшение плотного

остатка по солевому профілю сверху вниз, т.е. с 1,455% (0-20 см слой) до 0,982% (80-100 см слой).

Таблица 3 - Показатели плотного остатка, ионов хлора и сульфат ионов, полученные в результате анализов образцов почв, взятых из исследуемой площади, (%-ах)

Статистические показатели	Плотный остаток						Cl	SO <sub>4</sub>
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100	0-100	
мин.	0.268	0.412	0.398	0.308	0.312	0.420	0.013	0.262
макс.	3.404	1.940	1.478	1.644	1.932	1.924	0.261	1.019
Среднее квадратическое отклонение	1.175	0.572	0.403	0.491	0.603	0.620	0.093	0.306
Дисперсия	1.380	0.327	0.163	0.241	0.363	0.384	0.009	0.094
Среднее значение	1.455	0.974	0.839	0.906	0.982	1.031	0.099	0.574
Среднее отклонение	0.514	0.344	0.296	0.320	0.347	0.364	0.033	0.108

Выявление содержания вредных солей в почвах на территории проведения мониторинга показало, что на площадях зимних пастбищ степень вредности солей изменяется в пределах 15.49÷ 79.44 %, а среднее значение составляет 58,32%. Изменение содержания вредных солей по почвенному профилю в одной из точек исследуемого района показано на рисунке.

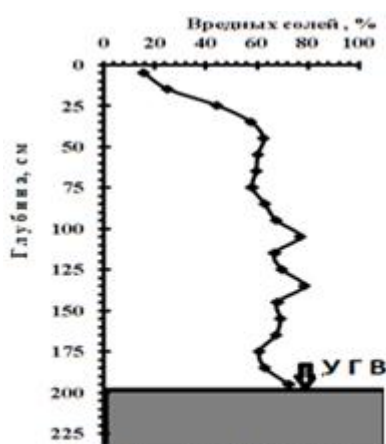


Рис. Изменение содержания вредных солей по профилю

Для определения степени солонцеватости почв на площадях мониторинга была использована известная в мелиоративном почвоведении классификация И.Н.Антипова-Каратаева по оценке и классификации солонцовых почв.

Образцы почв, взятые из 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 см слоя исследуемой площади были проанализированы по содержанию обменного натрия (%-ах) в емкости поглощения и оценены с математико-статистической точки зрения. На основании результатов анализов была выявлена слабая солонцеватость почв (таблица 4).

Одновременно в период мониторинга исследовались выращиваемые культуры, и по состоянию они визуально были оценены и сгруппированы как: плохое, среднее и хорошее состояние. При исследовании факторов, влияющих на урожайность хлопчатника, этот фактор при отборе образцов почв тоже учитывался.

Как известно, что при выращивании сельскохозяйственных культур учитывается их солеустойчивость (хлопчатник считается солеустойчивой культурой), и поэтому определяется корреляционная зависимость между

степеню засолення ґрунту і ростом хлопчатника (висотою куста хлопчатника) (таблиця 5)

Таблиця 4 - Изменение степени солонцеватости почв (изменение содержания обменного натрия в %-ах в емкости поглощения) по профилю на исследуемой площади

Глубина, см	Статистические показатели					
	мин.	макс.	Среднее квадратическое отклонение	Дисперсия	Среднее значение	Средняя ошибка, м
0-20	1.26	14.19	4.27	18.26	8.18	1.51
20-40	5.70	10.26	1.73	2.99	8.26	0.61
40-60	5.35	15.30	3.22	10.38	9.47	1.14
60-80	4.79	10.43	1.60	2.55	8.32	0.57
80-100	5.24	16.30	3.45	11.92	10.90	1.22

Таблиця 5 - Состояние хлопчатника (на основании среднего показателя по площади) на площади мониторинга и данные по плотному остатку, хлору и сульфатам

Вариант	Количество кустов в 1 м	Количество бутонов	Вес хлопка в одном бутоне, г	Высота куста, см	Плотный остаток %		Cl, % 0-100 см	SO <sub>4</sub> , % 0-100 см
					0-100 см	0-20 см		
1	6	6-7	3,5-4,2	80	0.853	0.466	0.088	0.456
2	11	14-15	3,5-4,2	60	1.916	2.81	0.220	1.019
3	5	6-7	3,5-4,2	50	1.243	1.908	0.099	0.733
4	11	16-18	3,5-4,2	67	1.924	3.404	0.261	0.974
5	14	3-4	3,5-4,2	120	0.420	0.672	0.013	0.262
6		14-16	3,5-4,2	75	0.974	1.554	0.058	0.563
7	11	9-10	3,5-4,2	64	0.481	0.556	0.017	0.317
8	12	13-15	3,5-4,2	87	0.436	0.268	0.033	0.266
Коэффициент корреляции r:					-0.6	-0.5	-0.5	-0.6

На основе данных таблицы, методом Пирсона определена корреляционная связь между высотой куста хлопчатника и показателем плотного остатка (0-100, 0-20 см слое), между хлором и сульфатом (0-100 см слое) и было выявлено, что обратная корреляция по плотному остатку составляет  $r=-0.6$  и  $r=-0.5$ , а по хлору и сульфату  $r=-0.5$  и  $r=-0.6$ , что показывает влияние засоления на рост хлопчатника.

Известно, что высокая урожайность хлопчатника и других сельскохозяйственных культур зависит от многих факторов – агротехнических и мелиоративных мероприятий, от степени проведения организационно-

хозяйственных работ, технологии посева и др. На исследуемой площади во время мониторинга согласно правилам вместо 4-5 кустов хлопчатника на 1 п.м., насчитывалось 7, а иногда и 10-13 кустов.

На изменивших свое назначение площадях зимних пастбищ, расположенных на исследуемой территории, объемный вес почв верхнего слоя изменяется в пределах 1,21- 1,34, а подпокровного слоя 1,29-1,45 г/см<sup>3</sup>. Анализ этого показателя показал некоторые изменения. Как известно каждый год на площадях, используемых под сельскохозяйственные культуры, проводится вспашка на одну и ту же глубину (20-25 см), и в результате орошения мелкие частицы оседая в нижних слоях, приводят к уплотнению почв. С другой стороны по причине 20-30 ходов в год сельскохозяйственных машин происходит затвердение и дальнейшее уплотнение пахотного слоя почвы.

Если объемный вес 0-50 см слоя почвы, вновь используемых площадей, составлял 1,3-1,35 г/см<sup>3</sup>, то после уплотнения почвы это значение увеличивалось до 1,5-1,6 г/см<sup>3</sup>, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур на 20-40%.

Ввиду большой площади соприкосновения ленты гусеничных тракторов с почвой они создают давление на почву не более 0,04 – 0,05 Мпа (0,4-0,5 кг/см<sup>2</sup>), а среднее значение давления на почву, создаваемое колесными тракторами составляет 0,08-0,12 Мпа (0,8-1,2 кг/см<sup>2</sup>).

При плотности 0-20 см слоя почвы в 1-1,41 г/см<sup>3</sup>, несколько ходов сельскохозяйственных машин приводят к повышению твердости почвы до 1,8-5 раз в зависимости от ее механического состава [4]. Так как на этих, изменивших свое назначение землях, ранее не проводились какие-либо мелиоративные мероприятия, то существует большая потребность в выравнивании посевных площадей, а также предотвращении потерь воды, вымывания питательных веществ, процессов эрозии и устранения отрицательных факторов.

Используя с этой целью лазер борону, можно достичь более точного выравнивания поверхности площади, которая сохраняется на протяжении 4-5 лет.

В результате исследований выявлено, что среднее значение глубины залегания уровня грунтовых вод на площадях мониторинга составляет 2 м, а среднее значение минерализации 15 г/л и более.

При проведении оценки, используемые критерии были уточнены для климатических зон и почвенно-гидрогеологических условий площадей проведения мониторинга, и согласно полученным значениям показателей на основе соответствующих классификаций было выявлено хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное состояние почв.

Определение указанных статистических показателей очень важно для разработки научных основ проводимых мелиоративных мероприятий, так как, например, при определении, что среднее арифметическое значение является качественным или количественным показателем необходимо учитывать дисперсию.

В тоже время, используя среднее значение степени засоления и учитывая, что рассчитанная промывная норма обеспечивает 50% площади, то для случая рассоления площади с 90%-ой обеспеченностью необходимо рассчитать количество солей в расчетном слое по формуле:  $X_p = X_{cp.} + \sigma t$  [7]. Здесь:  $X_p$  - количество солей, в %-ах от веса почвы,  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение,  $t$  – табличная функция. Учитывая указанную формулу и соответствующую таблицу, в 0-100 см расчетном слое количество солей будет равным  $X_p = X_{cp.} + \sigma t = 1.031 + 0.620 \cdot 1.86 = 2.18$  (более 47 %). Проверка достоверности статистических показателей по собранным материалам определяется по соответствующим формулам  $P = \pm \frac{100m}{X_{cp.}}$ ,  $t = \frac{x_{cp.}}{m}$ . Р-при

вычислении показателя достоверности на уровне значения 0,05, учитывая соответствующее допустимое значение свободной степени и других показателей, по результатам математико-статистического анализа и на основе соответствующей таблицы критерий Стьюдента теоретические показатели (так как  $t_{фак.} > t_{теор.}$ ) со статистической точки зрения считаются надежными.

**Выводы.** Подготовка научно-обоснованных мелиоративных и других мероприятий для проведения мониторинга на посевной площади, показывает необходимость более обобщенного анализа собранных данных и особенно важность их математико-статистической оценки.

### Список использованных источников

1. Мамедов Г.Ш., Гашимов А.Д., Джафаров Х.Ф. – Экомелиоративна оценка засоленных и солонцеватых почв. Баку, 2005, 180 с.(на азербайджанском языке).
2. Ахмедзаде А.Д., Асланов Р.С., Гулиев З.В., Гашимов А.Д., Вердиев А.А. и др. Руководство по организации рационального использования земель, вовлеченных в новый посевной оборот. Баку, 2017, 158 с. (на азербайджанском языке).
3. Азизов Г.З., Гулиев А.К. Засоленные почвы Азербайджана, их мелиорация и повышение плодородности. Баку, 1999, 76 с. (на азербайджанском языке).
4. Намазов Ф.А. Сельскохозяйственная техника модуль 1-тракторы и автомобили. Гянджа, 2012, 412 с. (на азербайджанском языке).
5. Бехбудов А.К., Джафаров Х.Ф. Мелиорация засоленных земель. Москва, «Колос», 1980, 238 с.
6. Смирнов, В.А. Прикладная статистика в пакете анализа MS Excel: учебное пособие/ В.А Смирнов – Пенза, 2008. -88с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Изд. «Колос», Москва, 1968. с. 336.

УДК 627.4:519.87

**Дмитрієв С.В.***Одеська державна академія будівництва та архітектури***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХВИЛЕЛОМІВ ЗАГЛИБЛЕНИХ ПІД РІВЕНЬ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ ВЕЛИЧИНИ ЗАГЛИБЛЕННЯ ТА ЇХ ФОРМИ**

**Вступ.** Призначенням гідротехнічних берегозахисних споруд є захист берегів водойм від небезпечних природних явищ (впливу хвиль, льоду, течій), які можуть призводити до важких наслідків для берегової інфраструктури. В даний час накопичений великий досвід експлуатації подібних споруд, в тому числі і негативний. До негативних наслідків можна віднести розмиви берегів, небажане відкладення наносів, що транспортуються водним потоком, порушення водообмінних процесів уздовжберегової лінії, пошкодження і руйнування самих споруд, екологічні проблеми, що пов'язані з техногенним втручанням в середовище проживання багатьох видів флори і фауни тощо.

Таким чином, всебічний аналіз роботи існуючих берегозахисних споруд, заснований на досвіді їх експлуатації та розробка нових, є актуальною проблемою, вирішення якої допоможе зменшити ризики виникнення аварійних ситуацій і можливих екологічних проблем зони узбережжя водойм у майбутньому.

**Основна частина.** Довжина морської берегової лінії в межах м. Одеса становить понад 30км. За своїм функціональним призначенням виділяється кілька зон: рекреаційні та промислові, пов'язані з портовою інфраструктурою. Вибір берегозахисних споруд в тому чи іншому випадку визначався експлуатаційними вимогами. Так, комплекс берегозахисних споруд рекреаційної зони включає до себе піщаний або галечниковий пляж, буни, що встановлені з кроком, в середньому, від 100 до 350м, підводний хвилелом, заглиблений під спокійний рівень води на глибину від 0,2 до 0,6м (Рис. 1А).

Мисові форми, що виступають в море, або облицьовані з/б плитами, або захищені кам'яною начеркою, або бетонним боєм. Місцями встановлені хвилевідбійні стінки. Захисні портові моли підносяться над спокійним рівнем моря (Рис. 1Б). Вік більшості конструкцій перевищує 50 років.

Робота присвячена аналізу роботи берегозахисної споруди типу хвилелом з різними параметрами, що змінюються. На першому етапі розглядався існуючий заглиблений під воду бетонний хвилелом трапецеїдального профілю, одна грань якого, з морської сторони, нахилена, друга, з боку акваторії, що захищається - вертикальна. Конструкція хвилелому представлена на Рисунку 2. Змінюваними параметрами були величини заглиблення гребеня хвилелому під спокійний рівень води. Досліджувалися параметри гасіння вихідної хвилі хвилеломом. Контрольованим параметром була максимальна висота хвилі за хвилеломом на акваторії, що захищається. Хвильовий вплив визначався гідродинамічними умовами району Одеської затоки і характеризувався



напрямок, довжиною, висотою і періодом хвилі 1% забезпеченості в системі розрахункового шторму. Висота хвилі становила 2.4м, довжина - 24.5м.

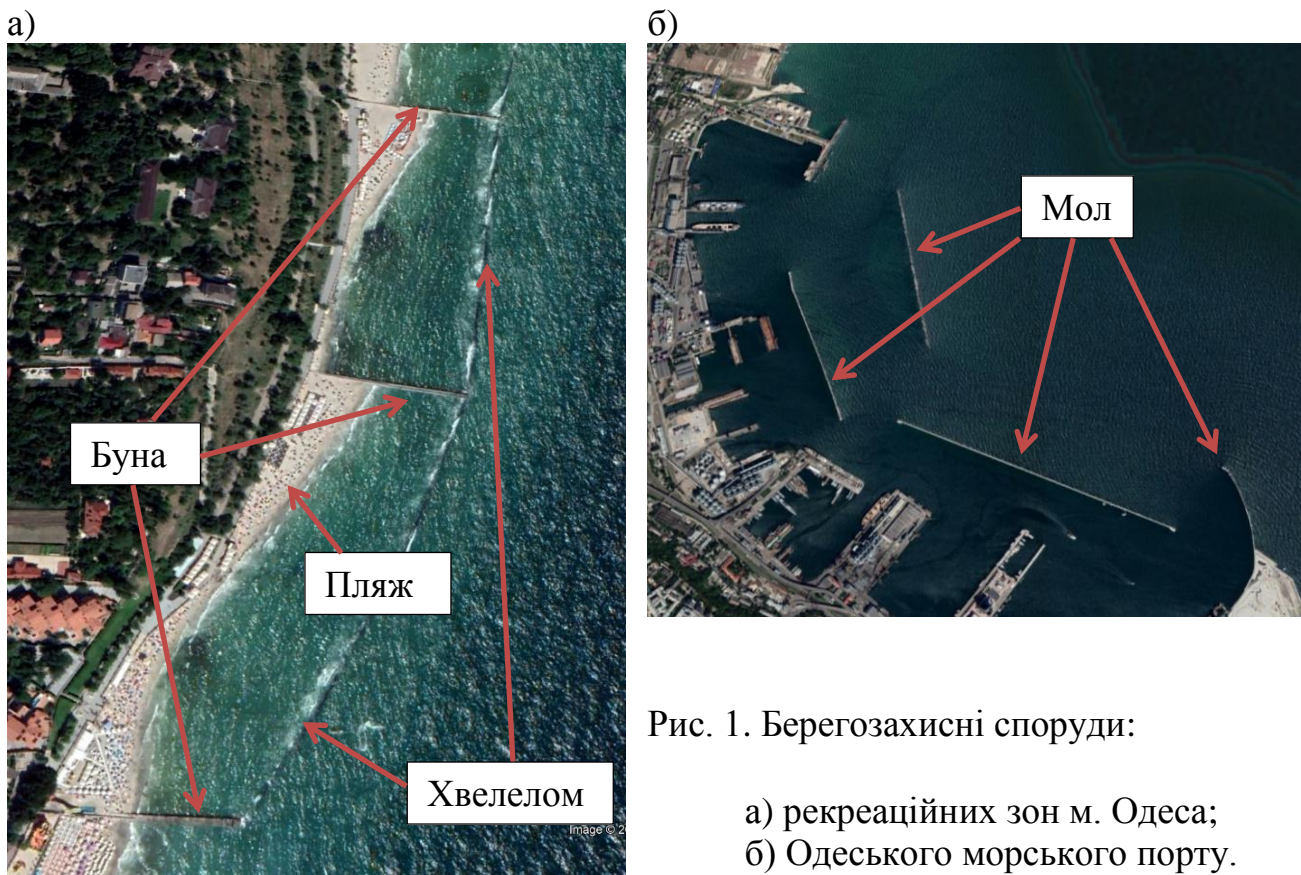


Рис. 1. Берегозахисні споруди:

- а) рекреаційних зон м. Одеса;  
б) Одеського морського порту.

На другому етапі кут нахилу  $A$  був представлений в 4 варіантах:  $90^\circ$  (прямокутний профіль),  $71^\circ$ ,  $52^\circ$ ,  $34^\circ$ . Вибір кутів був обумовлений такими міркуваннями:

- обсяг бетону, використовуваного для будівництва берегозахисної споруди, не повинен був перевищувати обсяг, який використовується в загальній схемі типової споруди;
- ширина гребеня берегозахисної споруди не повинна була бути менш ніж 0,6м;
- висота берегозахисної споруди не повинна змінюватися.

Тому, ширина гребеня також буда змінною: 0.6м, 1.33м, 2.07м, 2,8м.

Відмітка дна і рівня води (на початковому етапі) встановлювалися незмінними.

Довжина ділянки моделювання була обрана 75м. Моделювання хвилі починалося на відстані 25 метрів від берегозахисної споруди. Висота зони моделювання становила 8 метрів. (Рис. 3).

Математичне моделювання виконувалося в програмному комплексі Ansys Fluent, що реалізує метод скінчених обсягів. Для моделювання положення вільної поверхні застосовувався метод VOF (Volume-of-Fluid), в якому, в якості

опції маркера, використовується об'ємна частка рідини в осередку розрахункової сітки  $C$ : при  $C=1$  – елемент заповнено рідиною, при  $C=0$  – елемент порожній. Міжфазній межі відповідає ізоповерхня  $C=0,5$ .

Тривалість моделювання визначалася виходом за межі домену моделі, як мінімум, перших 5 хвиль, що відповідало приблизно 40 секундам від початку експерименту. Після цього вважалося, що початкові умови перестають впливати на результати моделювання. Часовий крок моделі - 0,01 сек. Запис результатів експериментів для подальшого аналізу проводився з інтервалом 0,1 сек. Крок сітки скінчених обсягів для різних експериментів від 0,05 до 0,1 м.

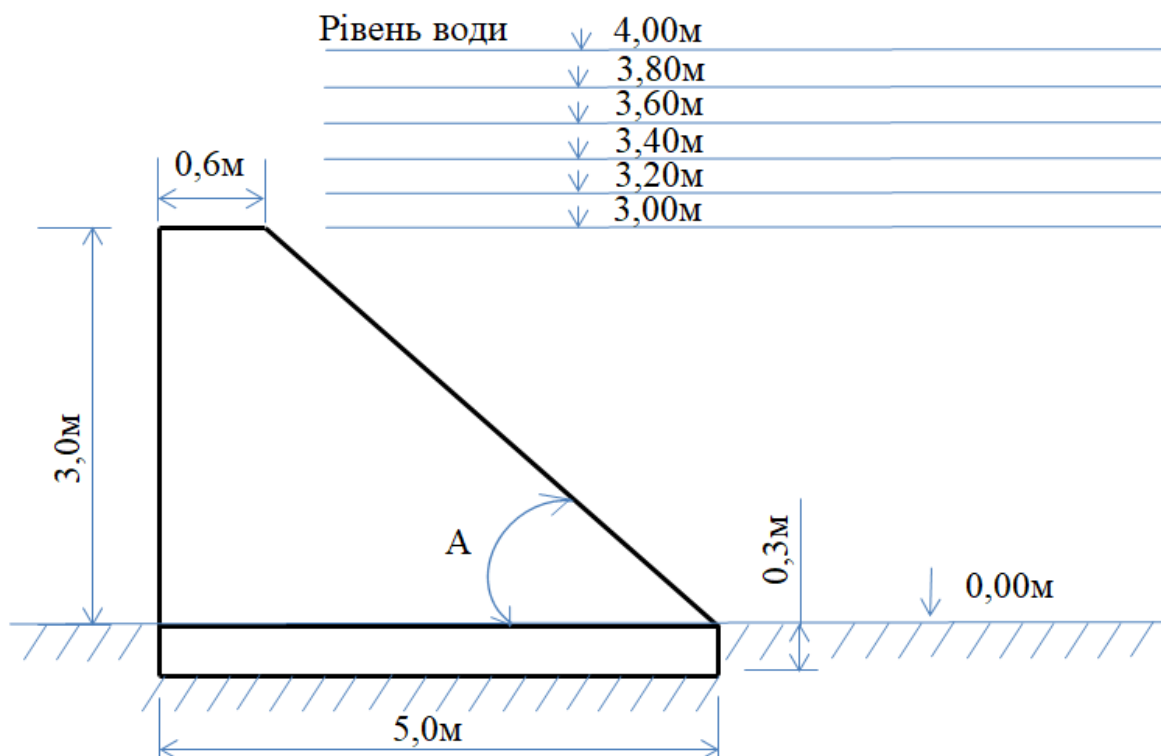


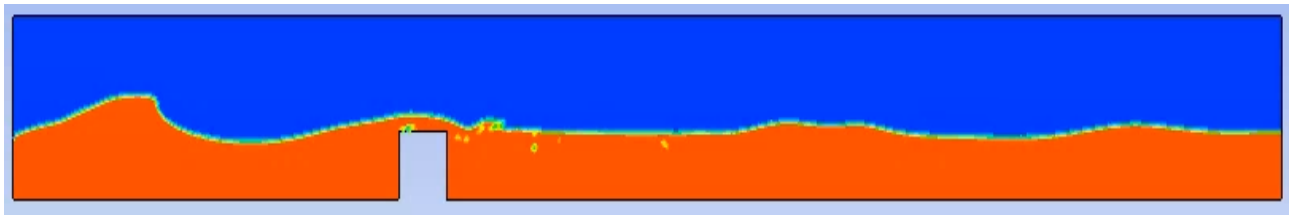
Рис. 2. Модель хвилелому – типова споруда. Змінний параметр - заглиблення під спокійний рівень води

Крок сітки скінчених об'ємів - 10 см. Загальна кількість елементів біля 60000. Часовий крок моделі - 0,01 сек.

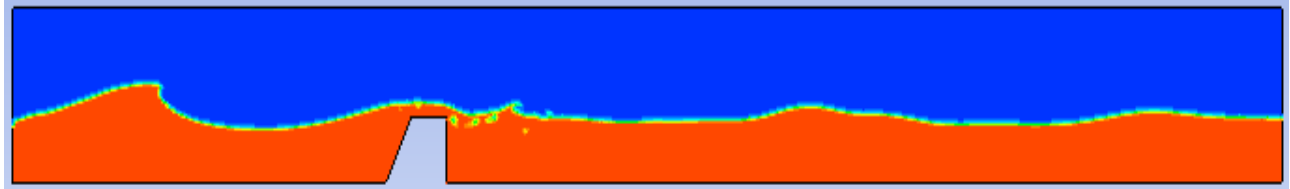
Для аналізу було обрано декілька тимчасових відміток протягом експерименту - 20, 22,5, 25, 27,5, 30 сек. Оцінювалася форма вільної поверхні в кожен момент часу і рівень у вільній поверхні в контрольних точках по шляху руху хвилі за хвилеломом.

Висота початкової хвилі 2,4 м, довжина 24,5 м.

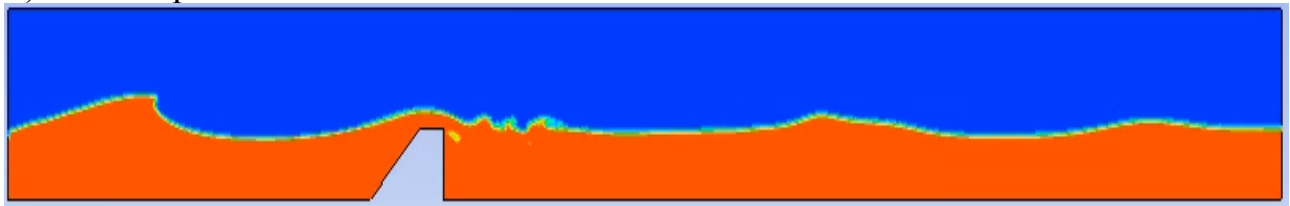
Для прикладу, вибірккові результати наведені на Рисунках 4 і 5. Аналогічні результати формувалися для кожного, визначеного програмою експерименту, тимчасово кроку, початкового рівня вільної поверхні води і форми хвилелому. Загальна кількість експериментів - 24.



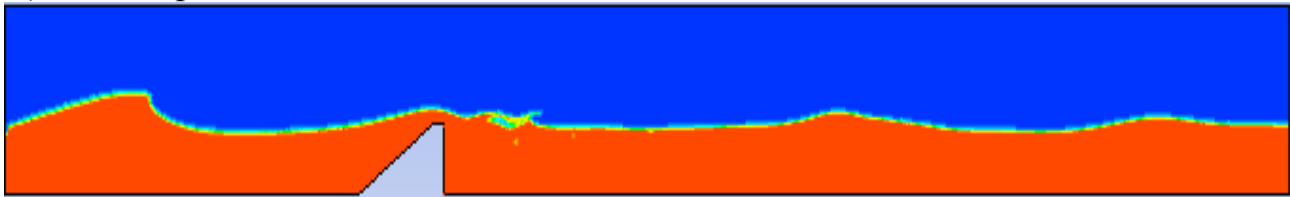
А) Нахил грані  $90^\circ$



Б) Нахил грані  $71^\circ$



В) Нахил грані  $52^\circ$



Г) Нахил грані  $34^\circ$

Рис. 4. Форма вільної поверхні (25сек від початку експерименту, Початкова позначка рівня води 3м)

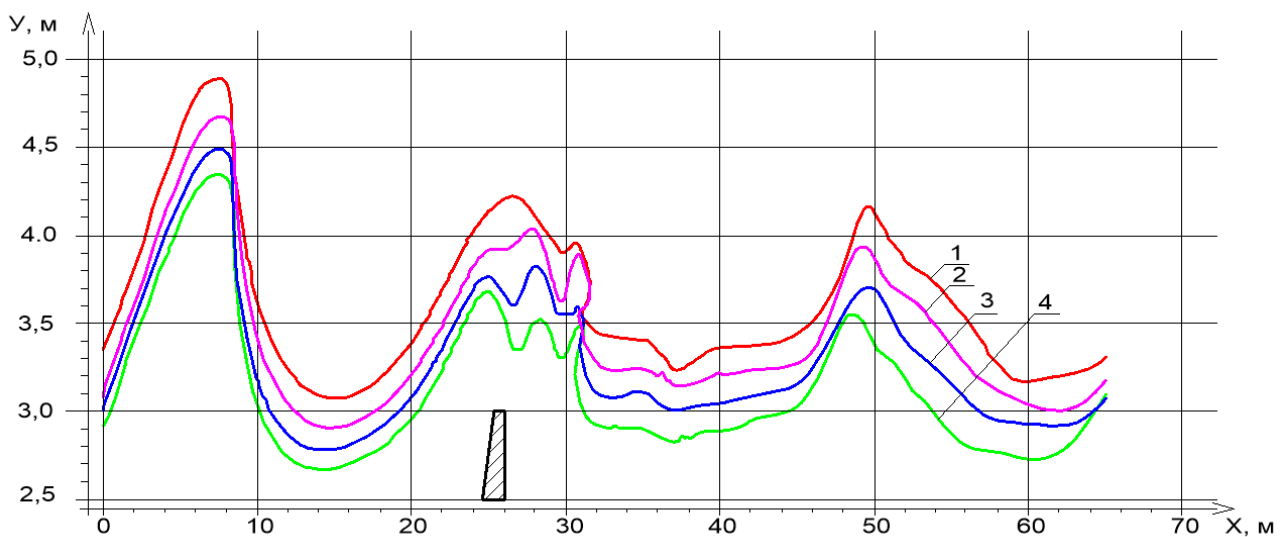


Рис. 5. Рівень вільної поверхні (20сек. від початку експерименту, нахил грані -  $34^\circ$ )

1. Початкова позначка води - 3,6м.
2. Початкова позначка води - 3,4м.
3. Початкова позначка води - 3,2м.
4. Початкова позначка води - 3,0м.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень встановлено, що обрані для аналізу змінювані параметри системи: висота хвилі, початковий рівень вільної поверхні води (перевищення рівня води над гребенем хвилелому), параметри форми хвилелому (кут нахиленої грані, ширина гребеня хвилелому) суттєво впливають на трансформацію хвилі за хвилеломом

Захист берегової лінії може забезпечити коректне моделювання з усіма можливими навантаженнями і впливами. Для цього були використані можливості сучасного програмного комплексу ANSYS Fluent. В процесі моделювання були отримані: положення вільної поверхні води, що визначає межу між двома фазами вода-повітря, в будь який проміжок моделювання у часі з інтервалом 0,1сек. і швидкості змінних течій води на всіх ділянках домену моделювання з тим же часовим інтервалом.

Всі позначки середньої лінії рівня води за хвилеломом були вищими відносно початкового положення в усіх варіантах моделювання. Це свідчить про підйом середньої лінії хвилі після трансформації її берегозахисною спорудою. Були відмічені коливання глибини западини перед берегозахисною спорудою. При підвищенні початкового рівня води створювані хвилі могли з більшою ефективністю проходити через хвилелом, і менше піддавалися гасінню.

Відмічається деяке збільшення довжини хвилі безпосередньо за хвилеломом. Після чого, протягом розрахункового терміну моделювання, довжина хвиль майже не змінювалась.

Можливі вітрові нагоні явища можуть істотно збільшувати висоту води над хвилеломом, разом з тим, також, ця висота води може змінюватися внаслідок осідання конструкцій споруди відносно проектних відміток як по всій довжині, так і на окремих ділянках.

Значним був вплив нахилу грані хвилелому на величину гасіння початкової хвилі. Нахил грані в  $90^\circ$  (вертикальна грань) був відзначений як найефективніший варіант виконання хвилелому с точки зору гасіння хвилі. Отримані при його використанні в процесі моделювання параметри хвилі за хвилеломом були найбільш сприятливі при всіх початкових рівнях поверхні води. Середній показник відміток висоти хвилі протягом всього процесу моделювання за хвилеломом був найменшим. Нахил грані в  $34^\circ$  був відзначений як досить ефективний для низьких початкових рівнів поверхні води. Зі збільшенням заглиблення гребеня під спокійний рівень води його ефективність значно зменшувалася.

Форма хвилелому (його поперечний розріз) та величина заглиблення гребеня під спокійний рівень води, також, мають вплив на напрямки та величини швидкостей підводних течій з обох сторін хвилелому що досліджується. Причому ці фактори змінюються продовж кожного експерименту в залежності, в тому числі, від зміщення по фазі початкової хвилі. Досліджувані траєкторії руху води впливають на можливість виносу пляжного матеріалу за межі території, що захищається і потребують додаткового аналізу та зіставлення з натурними спостереженнями.

УДК 628.31

**Хоружий П.Д., Мацелюк Є.М., Мосійчук Я.Б., Стасюк С.Р.***Інститут водних проблем і меліорації  
Національної академії аграрних наук України, Київ*

## **ОЧИЩЕННЯ ФІЛЬТРАТУ ВІД ЗВАЛИЩ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

**Вступ.** Перехідний період, встановлений Директивою ЄС про звалища (Директива 1999/31/ЄС), закінчився 16 липня 2009 року - це означає, що відтепер усі європейські звалища повинні відповідати узгодженим вимогам або бути закритими. Старі місця звалищ, які не відповідають чинним нормам, потребують модернізації. Модернізація необхідна з точки зору збору і переробки фільтрату та звалищного газу із вилученням метану (парниковий газ), шляхом вилучення з нього енергії, що суттєво зменшить екологічне навантаження на ґрунт, підземні води та атмосферу, надає благо людині та навколишньому середовищу.

Нинішні потужності звалищ України вичерпані та будуть компенсовані будівництвом сміттєпереробних заводів. Утилізація відходів на сміттєзвалищах повинна розглядатися як остання інстанція для поводження з відходами і повинна здійснюватися лише для відходів, що не підлягають переробці.

**Основна частина.** Атмосферні опади, сонячне тепло, розігрівання загальної маси складованих відходів сприяють протіканню на полігонах поховання твердих побутових відходів (ТПВ) непередбачуваних фізико-хімічних і біохімічних процесів, продуктами яких є численні токсичні хімічні сполуки в рідкому, твердому і газоподібному стані. У процесі зберігання на полігонах відходи здатні перетворюватися в речовини з іншими фізико-хімічними і токсичними властивостями, що представляє серйозну загрозу біосфері, існуванню людини.

В результаті перерахованих факторів, а також за рахунок різних біохімічних, хімічних реакцій і фізичних процесів (конденсація, вилуговування, фільтрація, розчинення тощо) у тілі ТПВ, покладених на полігоні, утворюється рідкий продукт, що отримав назву фільтрату.

Склад фільтрату залежить від терміну експлуатації полігону (від стадії розкладання відходів), характеру складованих відходів і обсягу надходження поверхневих та ґрунтових вод. Аналіз показників забрудненості фільтрату свідчить, що діапазон концентрацій хімічних елементів, які входять до складу фільтрату, досить широкий.

Висока мінералізація і великі концентрації хлоридів є характерними особливостями фільтрату полігонів ТПВ: рН - 8,12 од.рН, ХСК - 7448,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, азот амонійний - 426,68 мг/дм<sup>3</sup>, хлориди - 3616,21 мг/дм<sup>3</sup>, залізо - 11,64 мг/дм<sup>3</sup>, цинк - 3,69 мг/дм<sup>3</sup>.

Сильно забруднений фільтрат полігонів ТПВ не є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів. У той же час значення показників



ХСК і БСК свідчить про високий ступінь забруднення фільтрату органічними речовинами, які за сприятливих умов можуть виступати в якості поживного середовища для хвороботворної мікрофлори і привести до її масового розвитку. Тому очищення фільтрату полігону ТПВ має велике значення.

З огляду на те, що фільтрат забруднений і органікою, і солями, назвати якийсь один метод очищення неможливо. Для даної мети можуть бути використані методи біологічної очистки (аеробні та анаеробні), мембранна очистка, гальванокоагуляція та комбінований метод. Зазвичай фільтраційні води проходять попередню механічну очистку, а після основної очистки проходять адсорбційну або ультрафільтраційну доочистку, знезараження.

За попередніми розрахунками об'єм фільтрату звалищ від обласних центрів України складає 118-177 м<sup>3</sup>/доб (орієнтовно 43-64 тис.м<sup>3</sup>/рік) [1].

Критичний аналіз можливих напрямків очищення фільтрату від існуючих звалищ показав, що серед методів очистки фільтрату доцільно виділити глибоку очистку з використанням фільтраційних систем зворотного осмосу та аеробне біологічне очищення з транспортуванням на подальше використання чи міські очисні споруди каналізації. Розглянемо запропоновані методи.

Досвід влаштування систем глибокої очистки стічних вод з використанням фільтраційної системи зворотного осмосу, що свідчить про можливість затримувати близько 99% органічних та неорганічних домішок. Під час фільтрації крізь мембрану потік розподіляється на очищену воду (пермеат) та концентрат (рис. 1, 2). Отриманий пермеат відновлюється на біотопах та зливається у поверхневі водойми або використовується для поливу озелененої території. Отриманий концентрат, у кількості 10-30% від вихідної води, повинен утилізуватись [2].

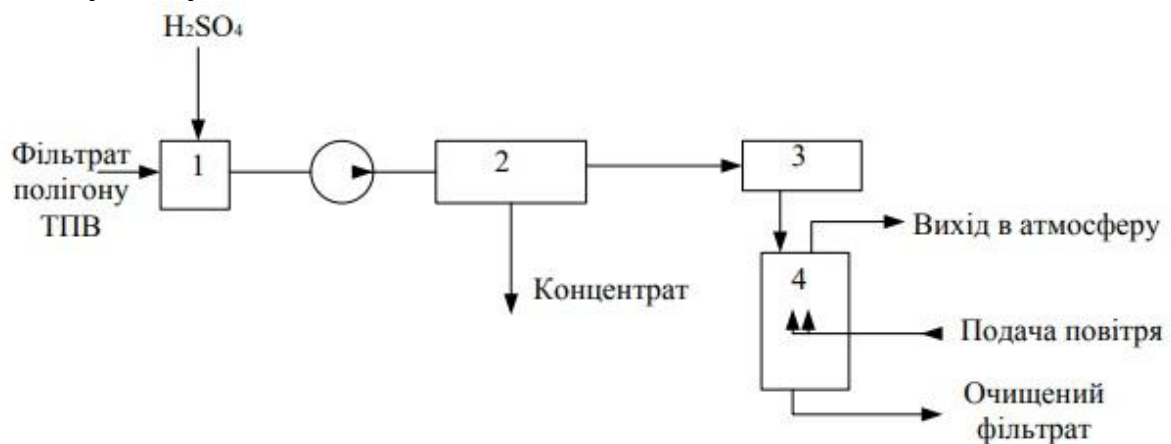


Рис. 1. Схема очистки фільтрату полігону ТПВ методом зворотного осмосу: 1 – приймальний резервуар; 2 – установка зворотного осмосу; 3 – збірник очищеного фільтрату (пермеату); 4 – дегазатор



Рис. 2. Модульна установка зворотного осмосу [3]

В основу обробки фільтрату покладений метод зворотного осмосу з попередньою глибокою підготовкою для збільшення терміну експлуатації мембран та зменшення потреби у мийних розчинах. Для доведення концентрації розчину солей до величин, що дозволяють їх утилізацію, передбачений спеціальний електродіалізний концентратор-роздільник. Концентрація органічних забруднень зменшується шляхом двоступінчастого біологічного очищення із завислою та прикріпленою мікрофлорою. Далі у тонкошаровому відстійнику відбувається коагуляція колоїдних та механічних домішок, знезалізнення, знезараження гіпохлоритом натрію. Фільтруванням крізь піщаний фільтр, вугільний фільтр та мікрофільтр фільтрат доочищується від органічних та механічних домішок.

Після подальшого декальціювання та доочищення від важких металів в Na-катионитовому фільтрі фільтрат надходить у електродіалізатор для часткового знесолення та концентрування солей до концентрації  $250 \text{ г/дм}^3$ . Після цього фільтрат надходить у зворотноосмотичний апарат та можливий скид пермеату у водойму. Із розсолу, що утворюється у електродіалізаторі, реагентним методом можна отримати  $\text{CaCO}_3$  та  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  для використання в будівництві та для коагуляції, а кристалізацією видалити солі  $\text{NaCl}$  та  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Отриманий сульфат натрію  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  відповідає технічному продукту 1 та 2 сортів, а розчин кухонної солі  $\text{NaCl}$  може бути використаний для отримання сухої солі або електрохімічного одержання хлору та каустичної соди або гіпохлориту натрію. Якість фільтрату, що є вихідною сировиною для отримання зазначених вище продуктів, змінюється у часі, що істотно впливає на процес очищення [4].

Ступінь очистки фільтрату на таких спорудах становить: ХСК - від  $7300 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  до  $15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ; хлориди – від  $3010 \text{ мг/дм}^3$  до  $20 \text{ мг/дм}^3$ ; амоній – від  $1300 \text{ мг/дм}^3$  до  $10 \text{ мг/дм}^3$ .

У міжнародній практиці поширення набули аеробні методи біологічного очищення фільтратів: вони гнучкі у використанні, швидко входять у

стаціонарний режим роботи, підлаштовуються під змінний склад та витрату, простіші конструктивно та значно дешевші за анаеробні.

Успішного застосування набули аеровані лагуни для очищення фільтратів полігонів. За 30 місяців неперервної експлуатації аерованої лагуни для очищення фільтратів полігону Вгун Posteg (Уельс, Великобританія) було очищено близько 26 000 м<sup>3</sup> фільтрату, що становить в середньому 900 м<sup>3</sup>/міс або 30 м<sup>3</sup>/добу. Максимальний добовий притік фільтрату становив 150 м<sup>3</sup>/добу.

Об'єм аерованої двома плаваючими поверхневими аераторами потужністю 11 кВт кожен лагуни становив 1000 м<sup>3</sup>. Дно і стінки лагуни були покриті водонепроникною мембраною із поліетилену низького тиску. Період очищення становив не менше 10 діб та був практично повністю в автоматичним.

Очищену в аерованій лауні воду автоматизованою каналізаційною насосною станцією перекачували в каналізаційний колектор і далі вони надходили на малі сільські комунальні очисні споруди. Після спільного очищення із побутовими стічними водами відбувався скид зворотних вод у річку рибогосподарського виду водокористування, населену лососевими рибами (рис. 3).

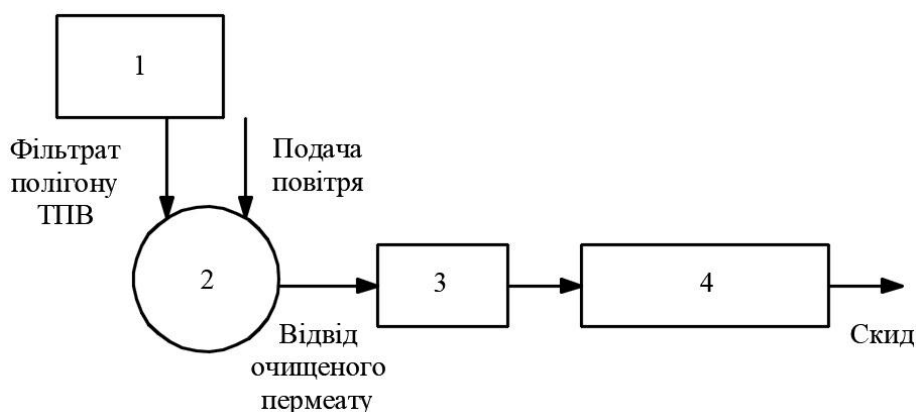


Рис. 3. Принципова схема очищення фільтратів в аеробних лагунах: 1 – тіло полігона ТПВ; 2 – ставок-накопичувач (аеробна лагуна); 3 – блок змішування; 4 – міські очисні споруди

Ступінь очистки фільтрату на таких спорудах становить: ХСК - від 5500 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 15-153 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; БСК<sub>5</sub> – від 3700 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (макс. сягало 10000 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) до 18-50 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; залізо – від 242 мг/дм<sup>3</sup> до 3,2 мг/дм<sup>3</sup>; цинк – від 4,9 мг/дм<sup>3</sup> до 0,2 мг/дм<sup>3</sup>; амоній – від 130-600 мг/дм<sup>3</sup> до 9,4 мг/дм<sup>3</sup> [5; 6].

Запропоновані методи очищення фільтрату надають можливість доочищати воду до якості, дозволеної для поливу території звалища, міських зон зелених насаджень і т.д. Вибір методу очищення базується на основі порівняльного аналізу техніко-економічних розрахунків із врахуванням вимог до якості очищеної води для конкретного об'єкта.

Для обробки осаду у цілях його знезараження та зневоднення використовують анаеробний стабілізатор, відстійник-рециркулятор, центрифуги. Отриманий осад рекомендується до використання в якості добрива.



Паралельно з будівництвом сміттєпереробних заводів слід розробляти план заходів на період після закриття полігону, що розрахований на строк не менш 30 років (строк може бути зменшений або збільшений залежно від технічного стану полігону після закриття й інформації про поширення забруднюючих речовин за межі полігону).

**Висновки.** Фільтрати полігонів являють серйозну загрозу для поверхневих і підземних водних ресурсів, у багатьох випадках з невидимим довгостроковим ефектом. Відсутність доступних і ефективних технологій та бізнес-моделей призвело до неадекватного поводження і незаконного захоронення відходів, попри цілий ряд директив ЄС, що стосуються поводження з твердими побутовими відходами. Хоча обсяги фільтратів, в порівнянні з муніципальними стічними водами, значно менші, їх токсичність і концентрованість становить серйозну загрозу для здоров'я людини та навколишнього середовища.

Фахівці відзначають, що при розробці способів знешкодження місць, забруднених відходами, потрібно проведення наукових досліджень, спрямованих на реалізацію нових ідей. Різноманітність і складність завдань не дозволяють дати загальні рекомендації – для кожного випадку потрібна своя конкретна стратегія, а основною метою очищення фільтрату є можливість його використання.

### Список використаних джерел

1. Управління та поводження з відходами. Частина 3. Полігони твердих побутових відходів: навчальний посібник / Петрук В. Г. та ін. // Вінниця : ВНТУ, 2016. 137 с.
2. Солодовник М.В. Существующие технологии очистки фильтрационных вод полигонов твердых бытовых отходов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2007. №3. С.70-73.
3. Landfill leachate treatment. URL: <http://rochem.vn/> (дата звернення: 23.05.2021).
4. Середа А.С. Двостадійне очищення інфільтратів сміттєзвалищ в аеробних лагунах та міських очисних спорудах: дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 21.06.01. Львів: Львівська політехніка, 2018. 177 с.
5. Robinson H.D., Grantham G. The treatment of landfill leachates in on-site aerated lagoon plants: experience in Britain and Ireland // Water Resources.1988. № 22 (6). P. 733–747.
6. Батищев В.В., Кияшкин В.И., Довгань С.А. Фильтрационные процессы в районах полигонов ТБО // Полигонные технологии захоронения отходов: 2-й межд. конг. по управлению отходами, 5–8 июня 2001 г.: тез. докл. Москва: ЗАО «Фирма Сибиико Интернэшнл», 2001. С.139–140.

УДК 627.51:[504.4:556.166](477.7)

**Телима С.В.***Інститут гідромеханіки НАН України*

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ГІДРОГЕОЛОГО-ЕКОЛОГІЧНИХ ЗМІН В ПІВДЕННИХ РАЙОНАХ УКРАЇНИ В УМОВАХ РЕГІОНАЛЬНОГО ПІДТОПЛЕННЯ ГРУНТОВИМИ ВОДАМИ**

**Вступ.** Як відомо, підтоплення земель ґрунтовими водами в Україні є найбільш поширеним та небезпечним екзогенним процесом. Особливо активно цей негативний процес відбувається на території Херсонської області. За останні десятиріччя підтоплення земель в Херсонській області охопило значну частину її території і в наш час становить серйозну екологічну проблему [1, с. 71; 2, с.89]. Серед регіонів України Херсонська область має найбільший показник водно-екологічного навантаження, при якому об'єм водокористування до 4-ох разів перевищує ресурси поверхневих і підземних вод місцевого формування. Переважно це обумовлено створенням Каховського водосховища з регіональним підпором підземних вод до 15м, мережі зрошувальних систем, магістральних каналів та невпорядкованого водокористування, які корінним чином змінили гідрологічні умови та уповільнили водообмін в активній зоні осадової товщі водовмісних порід.

В результаті значна кількість земель опинилася в зонах підтоплення і потенційного перезволоження [1, с. 73]. Так, за станом на 2015- 2020 рр. в області підтоплено більше 70 % території та більше, ніж 260 міст та населених пунктів загальною площею до 1200 тис.га, що майже в 20 раз більше у порівнянні з 1982 роком. Як показують дані моніторингу за екологічним станом області, щорічний приріст підтоплених територій складає 50 тис.га. Сукупність природних та техногенних факторів, основними з яких є слабка природна дренажність, зміна кліматичних умов, створення різних водоймищ, втрати з комунальних мереж, практична відсутність ефективних дренажних систем, численні іригаційні споруди та невпорядковане зрошення обумовлюють на сьогоднішній день подальше підтоплення області. Складна гідрологічно-меліоративна обстановка, що склалася на даній території, потребує проведення відповідних прогнозних розрахунків зміни режиму ґрунтових вод та розробки комплексу заходів щодо захисту земель та населених пунктів від цього негативного явища.

**Основна частина.** Одним із підходів до прогнозування подальшого підтоплення є прогноз на основі аналізу темпів підйому рівнів ґрунтових вод за багаторічний період спостережень. Аналіз режимних спостережень стосовно темпів підйому рівнів ґрунтових вод показав, що в межах Краснознам'янської зрошувальної системи темпи підйому рівнів ґрунтових вод становлять 0.3 – 1,0м/рік, а на прилеглих територіях – 0,1 – 0,3 м/рік при середніх значеннях відповідно 0,65 та 0,2 м/рік. На Каховській зрошувальній системі темпи підйому рівнів ґрунтових вод складають приблизно до 0,08 м/рік, а на

прилеглих територіях - в середньому 0,15 м/рік. На тих ділянках, де ґрунтові води залягають у пліоценових пісках та вапняках, а четвертинні відклади обводнюються лише на незначних ділянках, середньорічний приріст складає близько 0.1 – 0.2 м/рік. Таким чином, можна вважати, що по даним аналізу багаторічних спостережень на зрошувальних землях середньорічні темпи підйому рівнів ґрунтових вод складають від 0.1 до 0.5 м/рік, а на прилеглих територіях – від 0.1 до 0.3 м/рік. Виходячи із отриманих даних стає можливим виконати довгостроковий прогноз шляхом лінійної екстраполяції можливого підтоплення зрошувальних земель та прилеглих територій станом на 2030 рік ( $t = 10$  років). Так, на Краснознам'янській системі можна чекати підйому рівнів до 5.0 м, на прилеглих територіях - до 2.0 м; на Каховській системі - на зрошувальних землях - до 8.0 м, на прилеглих територіях - до 1.5 м.

При обґрунтуванні задач прогнозу підйому рівнів ґрунтових вод основним критерієм є допустима глибина їх залягання,  $N_{кр}$ , яка залежить від характеру експлуатації ділянки потенційного підтоплення та існуючих природних і техногенних факторів, що впливають на цей процес. При цьому повинно виконуватись наступне співвідношення:

$$[Z - (h + \Delta h)] < N_{кр} \quad (1)$$

де

$Z$  - відмітка поверхні землі, м;  $h$  - відоме значення рівня ґрунтових вод на початок прогнозу, м;  $\Delta h$  - прогнозний підйом рівнів ґрунтових вод на визначений період часу, м;  $N_{кр}$  – нормативно допустима (критична) глибина залягання рівнів ґрунтових вод, м.

Нормативна величина  $N_{кр}$  на зрошуваних землях Херсонщини залежить від багатьох факторів. Так, для прісних ґрунтових вод при наявності дренажних систем вона складає 2.0 м і більше; для слабо- мінералізованих вод - 2.5 м і більше; для ґрунтових вод з підвищеною мінералізацією (сухий залишок більше 3.0 г/л) - 3.0 м і більше; для ґрунтових вод різної мінералізації при  $pH > 8$ , що обумовлює содове засолення ґрунтів, - більше 3.0 м; на рисових системах  $N_{кр}$  дорівнює 1.6-1.7 м.

Приведені дані прогнозу на основі аналізу темпів щорічного підйому рівнів ґрунтових вод говорять про те, що на тих ділянках зрошення та прилеглих територіях, де в сучасних умовах рівні ґрунтових вод знаходяться на глибинах до 3.0 - 5.0 м від поверхні землі, існує достатній ризик повного підтоплення територій. Необхідно відмітити, що приведений аналіз прогнозу є досить наближеним, виходячи з тих міркувань, що не враховувався вплив фільтрації з магістральних та розподільчих каналів, як додаткового джерела інфільтраційного живлення ґрунтових вод та прискорення їх підйому. Проте, сучасний стан цих гідротехнічних споруд є таким, що фільтраційні втрати з них вважаються одними із основних чинників підтоплення території області. Згідно балансових розрахунків водообміну на зрошувальних землях слідує, що підйом рівнів формується у часі із врахуванням співвідношення між

інфільтраційним живленням ґрунтових вод і коефіцієнтом водовіддачі та із врахуванням перетікання в неогеновий водоносний комплекс.

Схематизація сучасних гідрогеологічних умов в межах області дозволяє використати у цьому випадку гідродинамічну схему трьохшарового пласта з перетіканням. Перший шар – водоносний горизонт ґрунтових вод з вільною поверхнею, що залягає в обводненій товщі четвертинних відкладів; другий шар – слабопроникний водотривкий шар червоно-бурих глин незначної потужності; третій шар - водоносний горизонт у неогенових відкладах, який є основним горизонтом, води якого використовуються для централізованого забезпечення питною водою населення області.

Таким чином, водоносна товща порід, що залягає вище регіонального водотривкого шару сарматських глин, може бути представлена як трьохшарова у розрізі область фільтрації з граничними умовами третього роду в плані, які відображають взаємозв'язок ґрунтових вод з Каховським водосховищем та магістральними каналами. При цьому переважаючим є вертикальний водообмін, а горизонтальна складова потоку набагато менша у порівнянні з вертикальною. Ця різниця обумовлена тим, що еолово-делювіальна товща четвертинних відкладів характеризується різкою фільтраційною анізотропією з переважаючим значенням коефіцієнтів фільтрації у вертикальному напрямку. На основі вищесказаного можна вважати, що режим ґрунтових вод на досліджуваній території має квазістаціонарний характер, як при підйомі, так і при спаді рівнів ґрунтових вод. Тому на більшості підтоплених ділянок подальший підйом рівнів ґрунтових вод буде обумовлений, в першу чергу, величиною додаткового інфільтраційного живлення на його поверхню із врахуванням взаємозв'язку з водоносним горизонтом в неогенових відкладах, як регіональною дреною.

У зв'язку з тим, що характер і інтенсивність живлення залежать від положення рівнів ґрунтових вод (потужності зони аерації) доцільно розглядати два типи живлення: при великих глибинах залягання РГВ і при незначних глибинах при наявності дренажу для підтримання РГВ на відповідних глибинах від поверхні землі. Численні натурні спостереження показують, що при глибокому заляганні РГВ (більше 3-4 м) живлення ґрунтових вод фактично відбувається протягом усього року. При цьому із збільшенням глибини ця величина приймається постійною. При неглибокому заляганні РГВ живлення відбувається в основному в період зрошення, хоча деяка частина живлення поступає і після закінчення зрошення за рахунок вологопереносу в зоні аерації на поверхню ґрунтових вод. На основі аналізу численних даних прийнято, що величина інфільтраційного живлення за межами масивів зрошення за рахунок атмосферних опадів та втрат із каналізаційно-водопровідної мережі, а також зрошення присадибних ділянок в середньому складає  $3.4 \times 10^{-4}$  м/добу. Регіональна оцінка інфільтраційного живлення в межах області показує, що зрошення збільшує живлення в 1.6-3 рази і тому зумовлює регіональний підйом рівнів ґрунтових вод до критичних глибин [3, с. 146-148].

В цілому, приведені дані про стан підтопленості області за період від 1982 до 2015-2020 років дозволяють простежити динаміку розвитку цього процесу за

вказані 30 років на основі запропонованої схеми вертикального водообміну в насичено-ненасиченій товщі із врахуванням визначеного вище додаткового інфільтраційного живлення на поверхню ґрунтових вод.

Як і слід було чекати, має місце збільшення площ підтоплення на 2020 рік у порівнянні з 1982 р. Такі ділянки розташовані в межах Інгулецької зрошувальної системи, а також на південному сході в Чаплинському та Генічеському районах. Підпорний вплив Каховського водосховища на Лівобережжі розповсюджується на 12-15 км, а на Правобережжі Дніпра – на 3-8 км. Вплив регіонального підпору ґрунтових вод поширився на значні площі на Лівобережжі від північних районів області до Чорного моря. При цьому площі підтоплених земель розташовані в основному в зоні взаємодії основних магістральних каналів. Аналогічно з 1982 роком залишились підтопленими землі в Білозерському районі та в районах, що належать до приморської частини області, де має місце уповільнення висхідного розвантаження регіонального потоку підземних вод. Практично непідтопленими залишились лише площі на сході Лівобережжя та в центральній частині Правобережжя. Слід також відмітити, що у приморській зоні біля Сивашу, як регіональної дрени, всі населені пункти знаходяться у підтопленому стані. Ширина смуги підтоплених земель у цих зонах складає 2-8 км. Фактично сформувався безстічний регіон, в межах якого внаслідок існуючого техногенного живлення ґрунтових вод відбувається їх інтенсивний підйом. При цьому єдиною основною висхідною статтею водного балансу на даній території є лише випаровування, що обумовлює регіональне засолення ґрунтів.

Для оцінки впливу підйому рівнів на зрошуваних землях на прогнозний період були розв'язані обернені задачі на основі моделі раптового підйому рівнів ґрунтових вод на системах [3, с. 143]. Максимальний вплив на прилеглі території обчислюється за умов, коли на визначеній відстані (**L**) підйом рівнів наближено рівний нулю. Для розрахунків ц величина була вибрана рівною 0.05 м. В результаті чисельних розрахунків були отримані наступні значення **L**: Каховський масив - відповідно мінімальна і максимальна відстань становить наближено 972 і 1350 м; Сірогозький масив - відповідно 810 і 999 м; Асканійсько – мелітопольська рівнина Каховської системи - відповідно 918 і 1242 м; Присивашська рівнина Каховської системи - відповідно 875 і 1053 м; Краснознам'янська система - відповідно 875 і 972 м; по даним обробки режимних спостережень на Каховській системі - 945 м.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновки, що на прогнозний період вплив від зрошуваних земель на прилеглі території буде розповсюджуватись на відстанях від 800 до 1350 м, що пов'язано, в першу чергу, з низькими фільтраційними властивостями водоносного горизонту в горизонтальному напрямку (середнє значення коефіцієнту рівнепровідності у горизонтальному напрямку дорівнює 20 м<sup>2</sup>/добу). Приведені результати прогнозного моделювання підйому рівнів ґрунтових вод на 10-15 років дозволяють зробити висновки щодо ризику можливого підтоплення зрошувальних земель та прилеглих територій на визначений час: на Інгулецькій

системі потенційно підтопленими можуть виявитися 43.25% земель; на Краснознам'янській – 72.83%; на Каховській - 7%; на Каланчацькій - 50.6%; на Правобережній системі - 12% земель, а всього по області - 26% від загальної площі зрошувальних земель. Припускаючи, що вказані темпи підйому рівнів ґрунтових вод залишаться постійними на найближчі 10-15 років, основні масиви зрошуваних земель з глибинами залягання менше 5.0м від поверхні землі можуть виявитись підтопленими. В межах зрошувальних систем орієнтовано можна чекати підйому рівнів ґрунтових вод від 1.2 до 7.5м при існуючих нормах зрошення та фільтраційних втратах в приканальних зонах, а на богарних землях – 1.2-3.6м.

В цілому наведені дані свідчать про те, що майже по всій території області може скластися досить критичне еколого-гідрогеологічне становище, що призведе до порушення нормальної життєдіяльності регіону, ускладнення експлуатації аграрно-промислового комплексу, населених пунктів та інших об'єктів різного призначення.

Окрім того, згідно офіційних даних на території Херсонської області розташовано більше 200 потенційно-небезпечних об'єктів, які за певних обставин можуть створити реальну загрозу виникнення аварій і надзвичайних ситуацій. На території області потенційно-небезпечними об'єктами є підприємства харчової, хімічної, нафтопереробної, легкої та машинобудівної промисловості, ділянки накопичення відходів житлово-комунального господарства, склади пестицидів, добрив, паливно-мастильних матеріалів, поля фільтрації, сміттєзвалища та інші. При цьому підйом рівнів активізує також забруднення і погіршення якості поверхневих та підземних вод.

Очевидно, що єдиним ефективним заходом захисту потенційно-небезпечних об'єктів є дренаж. Згідно існуючих даних, на зрошуваних землях області, в приканальних зонах та в населених пунктах використовується горизонтальний, вертикальний та комбінований дренаж. Виходячи із гідрогеологічних умов по території області у більшості випадків більш ефективним є вертикальний дренаж. Вертикальний дренаж застосовується для захисту від підтоплення м.Скадовська, в ряді населених пунктів Голопристанського, Скадовського, Новотроїцького і Генічеського районів, на зрошувальних масивах, зонах рисосіяння та в приканальних зонах.

В цілому, для вірогідного захисту потенційно-небезпечних об'єктів області обґрунтованим є використання вертикального та комбінованого дренажу [4, с. 49; 5, с. 33].

Проте, як показує аналіз проведених досліджень та отриманих результатів, крім застосування дренажних заходів по захисту вказаних об'єктів, головним повинно бути розробка та реалізація комплексу заходів по поліпшенню екологічної ситуації в області в цілому, які повинні мати масштабний та системний характер, а саме:

1. Реконструкція систем магістральних каналів, включаючи Північно-Кримський, Краснознам'янський, Каховський, Чаплинський канали для забезпечення максимального зменшення фільтраційних втрат з цих каналів;

2. Реконструкція розподільчої зрошувальної мережі для зменшення втрат води на фільтрацію із цієї розподільчої системи;
3. Оптимізація та контроль за нормами зрошення з метою зменшення втрат зрошувальних вод на інфільтраційне живлення ґрунтових вод;
4. Реконструкція недіючих і діючих зараз рисових зрошувальних систем, які негативно впливають на екологічний стан прилеглих районів;
5. Реконструкція і відновлення систем вертикального дренажу із врахуванням умов водовикористання і технічного стану зрошувальних систем з метою зменшення техногенного живлення ґрунтових вод знизу з напірних горизонтів і таким чином зниження темпів підйому рівнів ґрунтових вод як на зрошувальних землях, так і на прилеглих територіях;
6. Повна реконструкція Інгулецької зрошувальної системи, яка характеризується великими фільтраційними втратами.

**Висновки.** Для запобігання подальшого підтоплення території Херсонської області необхідно провести науковообґрунтований прогноз розвитку небезпечних процесів внаслідок шкідливої дії вод та питань захисту різних об'єктів шляхом організації ефективних заходів по усуненню основних причин та факторів, що формують цей процес. В плані рекомендацій щодо подальших досліджень доцільно, на нашу думку, створення дослідних ділянок для визначення процесів вологопереносу в зоні аерації на зрошувальних землях в сучасних умовах; визначення фільтраційних втрат з магістральних каналів та оцінка їх впливу на прилеглі території на основі нових уявлень про водообмін; створення локальних та регіональних постійнодіючих геофільтраційних моделей Херсонської області.

### Список використаних джерел

1. Телима С.В. Сучасні тенденції в оцінці закономірностей формування процесів підтоплення земель в південних районах України.Зб.наук.праць "Вісник РДТУ", 2007.- С.71-78.
2. Балюк С.А., Ромащенко М.І., Трускавецький Р.С. Меліорація ґрунтів. Систематика, перспективи, інновації. Херсон, 2015.-668с.
3. Телима С.В. Визначення інфільтраційного живлення ґрунтових вод по даним режимних спостережень на землях зрошення.Наук.техн.зб."Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки", Київ, КНУБА, 2011, вип.16.- С.142-148.
4. Телима С.В. Розрахунки систематичного вертикального дренажу при захисті від підтоплення ґрунтовими водами земель зрошення та забудованих територій. Зб.наук.праць "Екологічна безпека та природокористування", Київ, КНУБА,2018, вип.27, №3.-С.49-58.
5. Telyma S., Voloshkina O., Anpilova Ye., Efimenko V., Yakovlev Ye. Forecasting emergency situation connected with regional flooding by groundwater in Southern Ukraine. Abstracts of International May Conference on Strategic Management-IMCSM20,September25-27,2020,Bora,Serbia.-P.33-34.

УДК 626.81:330.131.5

**Рзаев В.Р., Аскеров Х.М.***Азербайджанское Научно-Производственное Объединение Гидротехники и Мелиорации, г. Баку, Азербайджан***Гашимов М.А.***Азербайджанский государственный экономический университет, г.Баку, Азербайджан*

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**Введение.** Благоприятные природно-климатические и рельефные условия очень большой части Азербайджанской Республики обеспечивают интенсивное развитие сельскохозяйственного производства за счёт расширения ирригационных и мелиоративных работ. При этом обеспечивается интенсивное развитие сельскохозяйственного производства в горных и предгорных районах республики. Однако, часто невозможно получить высокие урожаи сельскохозяйственных культур при небольшом количестве осадков даже при высоких агротехнических мероприятиях на плодородных землях горных и предгорных районов. С другой стороны, рельеф этих регионов не позволяет орошать поля за счёт строительства крупных оросительных систем. В таких условиях в некоторых предгорных и горных регионах страны, включая водные ресурсы с ограниченными водными ресурсами, повышение урожайности сельскохозяйственных культур в первую очередь связано с местным водоснабжением (малые реки, родники, артезианские скважины, ручьи, дождевая и талая вода) в зависимости от его широкого использования [1, с.10-12]. Из-за очень слабого развития речных сетей на Апшеронском полуострове население использует подземные воды для питья, хозяйственных нужд и орошения садов. В других регионах страны малые водные источники используются для орошения пахотных земель. Однако, в последнее время строительство ирригационных систем за счёт небольших источников воды получило широкое распространение в горных и предгорных районах страны, особенно в Гейгёль, Шемахинском и Шекинском районах. Наша страна имеет большие резервы ресурсов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и растениеводства при малом орошении. Опыт показывает, что прекрасные и значительные сельскохозяйственные площади можно орошать за счёт эффективного использования небольших источников воды и грунтовых вод.

**Основная часть.** Поскольку строительство этих небольших ирригационных систем, созданных в пределах одного или нескольких хозяйств за счёт существующих источников воды, не требует больших капитальных вложений, строительство этих систем осуществляется в основном фермерскими хозяйствами за свой счёт [2, с.79-110]. Работы по строительству малых внутрихозяйственных и межхозяйственных малых оросительных систем в



горных и предгорных районах были технически и экономически эффективными. Эти преимущества истекают из следующего. Благоприятные условия рельефа в горных и предгорных районах (наличие естественных котлованов) с малым количеством грунта, бетона и т.д. позволяет создавать озёра из строительных материалов. Примером этого являются 11 малых ирригационных систем, созданных в нескольких фермерских хозяйствах Шемахинского района. Расчёты показывают, что на каждые 1000 м<sup>3</sup> воды малых оросительных систем в их строительство было вложено в среднем 35,8 тысяч манатов капитальных вложений (150-500 тысяч манатов для отдельных озёр). Напротив, в водохранилищах, созданных в стране для крупных поливов, эта цифра колеблется в пределах 100-250 тысяч манатов, что в 2-5 раз больше, чем в малых оросительных системах [4, с.91].

Одна из важностей небольших ирригационных систем, построенных в горных и предгорных районах, заключается в том, что созданные здесь водохранилища (из-за благоприятных условий рельефа) не позволяют затоплять сельскохозяйственные угодья по сравнению с водохранилищами, построенными на равнинах. Кроме того, поскольку транспортировка воды осуществляется в основном по водопроводу (в зависимости от рельефа засеянных площадей), сети открытых каналов не могут оставаться ниже земельных участков [3, с.76-78]. Одно из преимуществ небольших ирригационных систем это низкие потери воды и более эффективное использование имеющихся водных ресурсов. Расчёты показывают, что с поверхности воды, собранной в озёрах и водохранилищах до 3-4% происходит испарение. Существующие местные оросительные системы позволяют снизить потери воды при транспортировке её на короткие расстояния по трубопроводам и внутренним поверхностным водонепроницаемым каналам. По приблизительным оценкам, эффективность малых оросительных систем, созданных в горных и предгорных районах страны, составляет не менее 0,8-0,9. Это означает, что только 10-20% воды, взятой из резервуаров, теряется на утечку и испарение. Однако эффективность ирригационных систем в стране не превышает 0,50-0,55. Это свидетельствует о потере более 45-50% воды, забираемой из водных источников в республике [4, с. 94].

Одним из преимуществ мелкомасштабного орошения в горных и предгорных районах является возможность орошения больших площадей из-за нехватки водных ресурсов. Высокая влажность в Шемахинском, Гёйгёль и Шекинском районах по сравнению с районами с экстенсивным орошением позволяет увеличить урожайность в 1,5-2 раза за счёт проведения одного-двух поливов на полях виноградных, овощных и кормовых культур. Например, в Шемахинском районе общая поливная норма на гектар для получения высокого урожая винограда (помимо 2-х поливов вегетации, одна влага используется для творческого полива), если требуется 3-3,5 тыс. м<sup>3</sup> воды, на участках, где применяется постоянное орошение, необходимо использовать вдвое больше, т.е. 6-7 тыс. м<sup>3</sup> воды. Из-за больших потерь воды в крупных ирригационных системах по сравнению с местными ирригационными системами, требуется

брать больше воды на гектар. Расчеты показывают, что при малых ресурсах воды в Шемахинском районе, на каждый 1 миллион м<sup>3</sup> можно орошать 250-300 га виноградников, тогда как, таким количеством воды можно орошать только 90-100 га на территориях, где развито орошение. Все это указывает на то, что в горных и предгорных районах можно орошать больше пахотных земель с меньшими водными ресурсами. Помимо ирригации из небольших ирригационных систем, созданных на фермах, формируются условия для развития таких хозяйств, как рыболовство и птицеводство. Кроме того, одним из важных аспектов водохранилищ, построенных и планируемых к строительству на фермах, является то, что они, хотя и в меньшей степени, благоприятно влияют на микроклимат хозяйств. Все это показывает, что меры, принимаемые в области малых оросительных систем, имеют большое экономическое значение.

Орошение пахотных земель с использованием небольших ирригационных систем оказало значительное влияние на интенсификацию сельского хозяйства. Применение мелкомасштабного орошения повысило себестоимость продукции и увеличило чистую прибыль с гектара. Об этом свидетельствуют данные отчеты экономической эффективности ирригации с помощью ирригационных систем, построенных в нескольких фермерских хозяйствах Шемахинского района. (Таблица 1.) По данным управления эксплуатации Шемахинских ирригационных систем на каждые 100 м<sup>3</sup> воды, доставленной на виноградники региона, расходовалось 65,5 тыс. манатов, но в Газахском и Товузском районах, где развита ирригация, этот показатель был в 2,1-1,9 раза ниже. Производство продукции на сумму больше, чем каждые 100 м<sup>3</sup> воды, потребляемой в Шемахе, в первую очередь связано с тем, что на гектар требуется меньше воды, чем в других регионах и отсутствие засоленных почв оказывает сильное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

По данным ОАО Мелиорации и Водного Хозяйства Азербайджанской Республики эффективность малых оросительных систем в горных и предгорных районах составляет 0,8-0,9. Для сравнения можно показать, что в целом по стране коэффициент полезного действия ирригационных систем не превышает 0,5-0,55, то есть 45-50% забираемой из источников воды теряется при транспортировке на орошаемой территории. Одним из важных преимуществ небольших ирригационных систем в горных и предгорных районах является возможность орошения больших площадей меньшим количеством воды. Помимо полива водоёмы можно эффективно использовать для купания и рыбалки. Для этого очень важно создать определенный биологический режим воспроизводства и откорма рыб. Наряду с вышеуказанной работой, необходимо повысить их продуктивность в водоёмах за счёт искусственного вскармливания. В стране более 350 естественных озёр и водохранилищ, из них в 100-150 можно выращивать ценные виды рыб. По нашим оценкам, благодаря построенным водохранилищам в Шемахинском районе можно искусственно добывать 700-800 центнеров рыбы в год. Да, здесь невозможно производить товарную рыбную продукцию, но за счёт этих

водоёмов можно удовлетворить потребности определенной части местного населения в рыбе. С этой целью может быть использован опыт Российской Федерации и Республики Молдова, где развито озерное рыболовство и хозяйства по добыче промысловой рыбы из водоёмов. Эти хозяйства производят в 4-5 раз больше рыбной продукции с гектара водоёмов за счёт искусственного кормления, чем в естественных водоёмах. В связи с этим рыбоводство – одно из самых прибыльных отраслей в хозяйствах этих республик.

Таблица 1 - Показатели инвестиций в строительство  
мелкомасштабных водохранилищ

Места, на территории которых созданы водохранилища	Объём водохранилищ млн.м <sup>3</sup>	Инвестиции в строительства водохранилищ тыс.манатов	Манат за каждые 1000 м <sup>3</sup> объёма водохранилищ
Бадирлинское водохранилище	3,0	147,2	490
Демирчилерское водохранилище	1,0	95,2	352
Водоохранилище Хильмили Номер 1	1,0	71,8	718
Водоохранилище Хильмили Номер 2	3,0	45,4	152
Набурское водохранилище	0,5	23,6	472
Заголовчайское водохранилище	6,0	253	422
В среднем по водохранилищам	14,5	636,2	438

Строительство вышеупомянутого участка водохранилищ также влияет на улучшение микроклимата, и на базе таких объектов создаётся широкий спектр условий для развития населения, отдыха и туризма. Орошение сельскохозяйственных культур небольшими ирригационными системами оказывает большое влияние на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, снижение затрат, увеличение чистой прибыли с гектара орошаемых земель. Влияние малых ирригационных систем на эффективность сельскохозяйственной продукции можно увидеть на примере ирригационных систем, построенных в Шемахинском районе [2, с. 10-13].

Как уже отмечалось, производство сельскохозяйственной продукции в Шемахинском районе страны осуществляется в основном на залежных землях из-за ограниченной возможности расширения орошаемых сетей с учетом условий рельефа. Кроме того, несмотря на своевременное соблюдение агротехнических правил, широкое использование передовых методов и технологий, применение минеральных удобрений, а также ряда других факторов, влияющих на интенсификацию производства, из-за недостаточного количества осадков, особенно, в летние месяцы невозможно добиться высокой

производительности. В связи с этим одним из важных факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур в будущем является организация полива на базе малых оросительных систем. За счёт масштабного строительства таких водохранилищ в Шемахинском районе удалось увеличить площадь орошаемых земель с 2,7 тыс. га до 7,5 тыс. га, т.е. в 2,7 раз. Исследования, проведенные в Шемахинском районе, показали, что в результате орошения растений небольшими оросительными системами продуктивность была выше, чем на засушливых почвах. Сравнительные экономические показатели растениеводства представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнение эффективности растениеводства на орошаемых и неорошаемых землях Шемахинского района (в манатах)

Индикаторы	Водохранилища		
	Демирчилерское	Заголовчайское	Хильмили
Стоимость продукта, полученного с 1 га			
<i>С орошаемых земель</i>	2780	2660	3040
<i>С неорошаемых земель</i>	2340	1940	2160
Себестоимость продукции с 1 га			
<i>С орошаемых земель</i>	1640	1080	1860
<i>С неорошаемых земель</i>	1620	1060	1860
Стоимость 1 ц продукта			
<i>С орошаемых земель</i>	2240	1540	2320
<i>С неорошаемых земель</i>	2420	1960	2740
Доход с 1 га площади			
<i>С орошаемых земель</i>	1140	1580	1160
<i>С неорошаемых земель</i>	720	860	320
Уровень рентабельности (по стоимости)%			
<i>С орошаемых земель</i>	51,0	101,6	50,0
<i>С неорошаемых земель</i>	29,7	43,9	11,7

Растениеводство осуществляется на основе различных орошений. Чтобы иметь возможность сравнивать эти системы, нецелесообразно основывать все затраты (инвестиционные и текущие затраты) на сопоставимых абсолютных показателях. Следовательно, эффективность малых ирригационных систем следует сравнивать с точки зрения 1000 м<sup>3</sup> воды на 1 га площади. Вышеупомянутые небольшие ирригационные системы играют важную роль в повышении продуктивности и эффективности сельскохозяйственного производства и экономии воды для сельскохозяйственных культур [4, с.98-99].

Наши исследования показывают, что на строительство маленькой ирригационной системы «Демирчилер» вложено 95,3 тысяч манатов, на «Хильмили» и «Набурское» - 71,3 тыс. и 23,6 тыс. манатов. Урожайность орошаемых земель по сравнению с неорошаемыми в Набурском водохранилище составляет на 20,1, в Демирчилерском на 24, а в Хильмили на 38 центнеров больше. Расчёты показывают, что 866 тысячи манатов было выделено на строительство 1 гектара орошаемых сетей на территории Демирчилерского водохранилища, 730 тысяч манатов – на площадь орошения

Набурского водохранилища, 1426 тысяч манатов на площадь орошения Хильмилинского водохранилища. Благодаря инвестициям в водное хозяйство, с каждого гектара водохранилища Набур было произведено на 38% больше продукции, на водохранилище Демирчилер – на 40% и на водохранилище Хильмили – 81%, а также 666 802 138 манатов с каждого гектара орошаемой площади получена дополнительная чистая прибыль. Инвестиции в строительство малых оросительных систем за счёт дополнительной чистой прибыли окупились по всем водохранилищам в течение года.

Если оценивать экономическую эффективность вложений в строительство водохозяйственных систем с точки зрения народного хозяйства, то эти меры будут более эффективными. Исследования показывают, что с каждого гектара орошаемых виноградников было собрано на 3,2 тонны больше урожая на территории водохранилища Хильмили, 2,1 тонны водохранилища Набур и 1,7 тонны на площади водохранилища Демирчилер и это в общем составляет соответственно – 1,78; 1,04; 0,84 тыс. манатов дополнительной чистой прибыли. Коэффициент эффективности инвестиции оросительных систем за счёт дополнительного чистого дохода составил 80 тыс. по Демирчилерскому водохранилищу, по водохранилищам Хильмили и Набур - 100 тысяч манатов.

**Выводы.** Комплексный анализ реальных материалов по эффективности строительства малых оросительных систем требует важности расширения строительства таких систем и в других регионах страны. Правда, большинство из 135 малых водохранилищ, построенных в нашей республике, вышли из строя из-за отсутствия ремонта. Однако, восстановление этих систем, обеспечение современными технологическими средствами и использование мирового опыта в этой области является одним из важных факторов. В результате при особой поддержке государства строительство малых ирригационных систем в горных и предгорных районах очень эффективно как с точки зрения краткосрочного развития водных ресурсов, так и с экономической точки зрения.

### Список использованных источников

1. Ахмедзаде А. Д., Гашимов А.Д, Энциклопедия: Мелиорация и Управление Водными Ресурсами, Баку – 2016.
2. Адыгёзьялов Ф.С. Методика определения общеэкономической эффективности материальных вложений в реконструкцию внутрихозяйственных оросительных систем / Научные публикации АЗМИУ, № 2, Баку -2002,3.
3. Гахраманов Ю.В. Пути повышения эффективности ирригационных систем в контексте новых производственных отношений. / Материалы научно-практической конференции «Перспективы развития мелиорации и управления водными ресурсами в Азербайджане»
4. Велиева С.А. Способы повышения эффективности вложения инвестиций в водохозяйственное строительство в Азербайджане. Монография. Баку – 2015.

УДК 502.171:556

**Федорова К. Ю.**

*Одеський національний морський університет*

## **ДЕЯКІ ПИТАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ**

**Вступ.** Вода – основа життя, без якої неможливе існування людини.

Вода займає понад 70 % поверхні землі, а на частку прісної води доводиться менш, ніж 3 % від загальної кількості.

При цьому приблизно 70 % прісної води перебуває у формі льодовиків, що утруднює її використання.

Ось чому питання раціонального використання водних ресурсів є актуальними для усіх країн планети. Земля.

**Основна частина.** 23 жовтня 2000 року Європейський Парламент та Рада Європейського Союзу прийняли Директиву, яка встановлює основи для діяльності Співтовариства в області водної політики.

Вода відрізняється від інших комерційних продуктів і є скоріш за все, спадщиною, яка вимагає охорони та відповідного поводження. Дійсно, вода – найцінніший природний ресурс. Чотири стихії породили життя на Землі: вогонь, земля, повітря та вода. Причому вода з'явилася на нашій планеті на кілька мільйонів років пізніше, ніж повітря або ґрунт.

«Немає природного тіла, яке могло б порівнятися з водою за впливом на хід основних найграндіозніших геологічних процесів» – казав академік В. І. Вернадський.

Здавалося б, вода вже вивчена людиною, але вчені до сих пір знаходять найдивніші факти про цей природний елемент.

Наприклад, дивним є той факт, що вода – це єдині речовина на Землі, щільність якого у твердому стані менша, ніж у рідкому. Саме тому лід не тоне, а водоймі не промерзають до самого дна.

Вода відіграє важливу значущу роль для нашої планети. Головний споживач води на Землі – це людина. Значення води у житті людини просто величезне. У першу чергу – це ресурс життєдіяльності людини, тому що без чистої питної води людство приречене на вимирання. Проблема доступності води для людини, що населяє нашу планету, з роками стає усі більш суттєвою.

У Директиві зазначено, що виникає необхідність у законодавстві, яке містить питання екологічної якості поверхневих вод у країнах співтовариства, тому що за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) нині 1,2 млрд осіб не мають її у достатній кількості, мільйони людей вмирають щорічно від хвороб викликаних розчиненими у воді речовинами. У січні 2008 року на Всесвітньому економічному форумі ООН (World Economic Forum Annual Meeting 2008), який проходив у Швейцарії, зазначалося, що до 2025 року населення більш ніж половини країн світу буде зазнавати нестачу чистої води, а до 2059 року – 75 %.

Вже з 2000 р. з'являються програми заходів, спрямованих на раціональне управління прісноводними ресурсами та їх охорону.

Верховна Рада України ввела у дію Постанову під назвою Водний Кодекс України».

Згідно із Законом від 16.10.2012 р. усі води на території України є національним надбанням Українського народу, однією з природних основ його економічного розвитку і соціального добробуту.

В умовах нарощування антропогенних навантажень на природне середовище виникає необхідність розробки і додержання особливих правил користування водними ресурсами, раціонального їх використання та екологічно спрямованого захисту.

Проблема чистої води з кожним роком стає більш актуальною: Так наприклад, вчені вважають, що у найближчі 30 років танення льодовиків (одні з основних запасів води на Землі) призведе до значних коливань у рівні багатьох рік, таких як Брахмапутра, Ганг, Хуанхе, що поставить півтора мільярди мешканців Південно-Східної Азії під загрозу нестачі питної води. При цьому вже зараз витрати води, наприклад, з ріки Хуанхе, настільки великі, що вона періодично не дістається моря.

Для того, щоб уникнути водної кризи, розробляються нові технології очищення та дезінфекції, її опріснення, а також методи її повторного використання. Проте окрім наукових вишукувань необхідні дієві методи організації контролю над водними ресурсами країн: на жаль, у більшості країн використанням та плануванням водних ресурсів займається кілька організацій (так, у США цим зайнято понад 20 різних федеральних агенцій). Зокрема, Марк Шеннон (Mark Shannon) та його колеги з університету Іллінойсу в Ербане-Шампейн (США) провели огляд нових наукових розробок та систем нового покоління у наступних галузях: дезінфекція води та видалення патогенів без використання надлишкової кількості хімічних реагентів та утворення токсичних побічних продуктів; знайдення та видалення забруднюючих речовин у низькій концентрації; повторне використання води, а також опріснення морської води та води з внутрішніх водойм. Що важливо, ці технології мають бути відносно недорогими та придатними до використання у країнах, що розвиваються.

Ще двадцять років тому назад в Україні над проблемами водоочищення взагалі не задумувалися навіть спеціалісти. Води було багато, наявність ресурсів прісної води у країні дозволяла не піднімати це питання на повістку дня як першочергове та невідкладне. Але якість вітчизняної води з кожним роком погіршується. За даними наглядових органів Комітету з природних ресурсів від 20 до 50 % питної води не задовольняє санітарним нормам. Не відповідає нормам і стан близько 30 % поверхневих та 23 % підземних джерел питного водопостачання.

Перша причина – зношеність систем водопостачання та недосконалість технологій водоочищення.

Друга – погіршення якості води у водних об'єктах питного призначення.

Встановлено, що понад 4000 видів речовин можуть викликати забруднення води. У випадку перевищення припустимої норми хоча б за одним з трьох показників шкідливості: санітарно-токсикологічним, загально-санітарним або органолептичним, вода вважається забрудненою.

Окрім поверхневих вод постійно забруднюються і підземні води, у першу чергу в районах значних промислових центрів. Забруднюючі речовини можуть проникати у підземні води різними шляхами: при просочуванні промислових та господарсько-побутових стоків з сховищ, ставків-накопичувачів, відстійників та ін., по затрубному простору несправних свердловин, через поглинаючі свердловини, карстові воронки та ін.

До природних джерел забруднення належать сильно мінералізовані підземні води або морські води, які можуть просочуватися у прісні незабруднені води при експлуатації водозабірних споруд та відкачуванні води зі свердловин.

Важливо підкреслити, що забруднення підземних вод не обмежується площею промислових підприємств, сховищ відходів тощо, а розповсюджується вниз за течією на відстань до 20-30 км і більше від джерела забруднення. Це створює реальну загрозу для питного водопостачання.

Забруднення водних екосистем представляє суттєву небезпеку для усіх живих організмів і, зокрема, для людини. Для здоров'я людини несприятливі наслідки при використанні забрудненої води, а також при контакті з нею,

### **Висновки.**

Завданням водного законодавства є регулювання правових відносин з метою забезпечення збереження науково обґрунтованого, раціонального використання вод для потреб населення і галузей економіки.

Значну перешкоду містять і закони про охорону навколишнього середовища: У багатьох країнах суворо заборонено повторне використання води для комунальних потреб. Проте, через нестачу водних ресурсів змінюється й це ставлення до проблем збереження води. Так, у США повторне використання води щорічно зростає на 15 %.

Таким чином, можна дійти висновку, що актуальність проблеми збереження водних ресурсів на сьогоднішній день є дуже гострою. Питання, пов'язане з щорічним збільшенням споживання води та скороченням доступної питної води повинне знаходитися під постійною увагою та контролем. Необхідно піклуватися про збереження природних джерел прісної води. Необхідно удосконалювати застарілі методи очищення, які не відповідають сучасному темпу розвитку галузі.

Зупинити стихійний розвиток подій допоможуть лише знання про те, як ними керувати. У випадку з екологією, ці знання повинні оволодіти масами, значною частиною суспільства, що можливо лише через всезагальну екологічну освіту людей.



Залишається сподіватися, що у найближчі роки наука та технології дійсно суттєво просунуться вперед – адже навіть залишаючись допоки для багатьох майже непомітним, привид водної кризи давно вже бродить не лише Європою, але й усім світом.

### Список використаних джерел

1. World Economic Forum Annual Meeting 2008. The Power of Collaborative Innovation. Davos, Switzerland 23-27 January [Електронний ресурс] <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Проблемы чистой воды в мире и актуальные задачи гидроэкологии [Электронный ресурс] <http://bibliofond.ru/view.aspx??id=37235>.
3. Директива № 2000/60/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС (Люксембург, 23 октября 2000 г.).
4. Директива № 2006/118/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС (Страсбург, 12 декабря 2006 г.).

УДК 556.3:550.84:51-74

**Тимощук В.І., Шерстюк Є.А.**

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,  
м. Дніпро, Україна*

## **ПРОГНОЗ ГІДРОДИНАМІЧНОГО І ГІДРОГЕОХІМІЧНОГО РЕЖИМІВ ДІЛЯНКИ РОЗТАШУВАННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД КАЛУСЬКОЇ ТЕЦ В УМОВАХ ЇХ РЕКОНСТРУКЦІЇ**

**Вступ.** Робота виконана у зв'язку з оцінкою умов проектного будівництва огорожувальних споруд другого ярусу золошлаковідвалу Калуської ТЕЦ та впливу його реконструкції на гідродинамічний і гідрогеохімічний режими.

Метою роботи є прогнозна оцінка гідрогеологічних умов ділянки золошлаковідвалу та змін її гідродинамічного і гідрогеохімічного режимів в умовах проектової реконструкції золошлаковідвалу.

Оцінка впливу золошлаковідвалу та його реконструкції на гідродинамічний та гідрогеохімічний режими, розрахунки фільтрації крізь огорожувальні споруди виконані з використанням чисельного геофільтраційного та геоміграційного моделювання на базі програмних комплексів MODFLOW і Phase2.

Золошлаковідвал Калуської ТЕЦ розташований у м. Калус Івано-Франківської області за межами промайданчика ТЕЦ у верхній частині заплави р. Сапогів. Він збудований в 1967 р. і призначений для роздільного складування золених і шлакових матеріалів. Золошлаковідвал розділений на

секції – золу № 1 та № 2, шлакову та аварійну (резервну). Спочатку гідротехнічна споруда була утворена трьома дамбами, що перегороджують заплаву р. Сапогів, і відділяють аварійну, шлакову і золу секції. Ємність шлакової секції – 18,8 тис. м<sup>3</sup> при відмітці заповнення 294,0 м, ємність золової секції – 406 тис. м<sup>3</sup> при відмітці заповнення 291,0 м, ємність аварійної секції – 41 тис. м<sup>3</sup>.

Після заповнення секцій до проектних відміток для подальшої експлуатації золошлаковідвалу були виконані первинні огорожувальні дамби по його периметру для складування золошлакових матеріалів в обсязі 460 тис. м<sup>3</sup> в шлаковій секції, 1200 тис. м<sup>3</sup> в золовій секції і 36 тис. м<sup>3</sup> в аварійній.

При вичерпанні ємностей робочим проектом 1982 р. було передбачено нарощування I ярусу золошлаковідвалу з розділенням золової секції на дві окремі – № 1 і № 2. Проектні рішення повністю не реалізовані. На даний момент виконано нарощування I ярусу тільки в двох секціях – шлаковій і золовій № 1. Ці секції знаходяться в експлуатації – в шлакову секцію організовано скидання шлакової і золошлакової пульпи, в золу секцію № 1 – золової пульпи. Аварійна секція і зола секція № 2 на даний момент не експлуатуються.

**Основна частина.** Геологічна будова, гідрологічні та інженерно-геологічні умови території визначаються повсюдним поширенням четвертинних елювіально-делювіальних відкладень, що залягають в основі обводненої товщі сучасних техногенних утворень, представлених складованими до золошлаковідвалу золою і золошлаковими матеріалами.

Гідрологічні умови ділянки характеризуються розвитком четвертинного водоносного горизонту, приуроченого до елювіально-делювіальних суглинків та гравійно-галечникових відкладень в їх підшві, гідравлічно зв'язаних зі складованими обводненими золошлакоматеріалами, що визначає роль останніх у формуванні гідродинамічного та гідрохімічного режимів ділянки.

При дослідженні гідродинамічного та гідрохімічного режимів ділянки золошлаковідвалу в умовах його реконструкції використана реалізована у програмному комплексі MODFLOW чисельна модель геофільтрації, яка представляє собою модель тривимірного потоку підземних вод постійної щільності в пористому середовищі і описується рівнянням [1,2]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (1)$$

де

$k_{xx}$ ,  $k_{yy}$  і  $k_{zz}$  – гідравлічні провідності у напрямку координатних осей  $X$ ,  $Y$  і  $Z$ ; (L/T);  $h$  – шукана функція напору (L);  $W$  – одинична витрата потоку (T<sup>-1</sup>): для вхідного потоку  $W > 0$ , для вихідного потоку –  $W < 0$ ;  $S_s$  – питома ємність пористого середовища (L<sup>-1</sup>);  $t$  – час (T).

Рівняння, що описує перехід від моделі тривимірного нестационарного

потоків підземних вод до моделі переносу розчиненої речовини, має вигляд

$$\frac{\partial(\theta C^k)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \theta D_{ij} \frac{\partial C^k}{\partial x_j} \right] - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i C^k) + q_s C_s^k + \sum R_n, \quad (2)$$

де

$C^k$  – концентрація розчиненої речовини  $k$ ;  $\theta$  – ефективна пористість;  $t$  – час;  $x_i$  – відстань уздовж відповідних осей декартових координат;  $D_{ij}$  – тензор коефіцієнтів гідралічної дисперсії;  $v_i$  – швидкість фільтрації,  $v = q_i / \theta$ ;  $q_s$  – витрата на одиницю об'єму водоносного горизонту;  $C_s^k$  – концентрація джерела або поглинача розчиненої речовини;  $\sum R_n$  – реакція хімічної взаємодії.

З урахуванням просторового положення границь розміри модельованої області визначені в межах умовних прямокутних координат 1000...6000 м у широтному і меридіональному напрямках при загальній площі 25,0 км<sup>2</sup>. Розміри розрахункових блоків прийняті 50x50 м, що дозволило з достатньою детальністю відобразити конфігурацію секцій золошлаковідвалу та огорожувальних споруд, а також гіпсометрію поверхонь модельованих шарів, контури гідродинамічних границь і рівневі поверхні водоносних горизонтів. Структура моделі відповідно до геологічної будови і характеру залягання водоносних горизонтів приведена до шестишарової товщі, враховує проектоване нарощування шлакової і золових секцій золошлаковідвалу. У якості нижньої границі прийнята умовна поверхня в межах товщі водотривких неогенових глин.

При вирішенні задач нестационарної фільтрації розрахунковий час відповідав періоду від початку реконструкції або будівництва II ярусу нарощування золошлаковідвалу до його заповнення до відміток 302,5 і 298,5 м відповідно для аварійної, шлакової і золової секцій № 1 та золової секції № 2, становив 10 років (4000 діб) в межах загального розрахункового періоду 25 років (10000 діб).

Прогноз гідродинамічного режиму в умовах проектованого нарощування другого ярусу золошлаковідвалу до відміток 303,0 і 299,0 м із заповненням його чаші до відміток 302,5 і 289,5 м відповідно для золошлакової, золової № 1 та золової № 2 секцій свідчить про очікуваний підйом рівня води безпосередньо навколо золошлаковідвалу з можливим підтопленням прилеглої території (рис. 1, а) [3,4]. При досягненні проектних відміток поверхні золошлаковідвалу ( $t = 4000$  діб) рівень води в межах огорожувальних споруд ярусів нарощування секцій золової № 2 і шлакової та золової № 1 сягає відміток відповідно 296,9...298,5 та 300,8...301,9 м, а на прилеглий території знаходиться на відмітках 291,6...298,5 м, що відповідає підвищенню рівнів води відносно їх існуючого положення на величину до 1,0...1,4 м в межах смуги шириною до 500 м, до 1,5...2,5 м в межах смуги до 100 м від золошлаковідвалу, та до 5,0 м – в контурах споруд.

При середній мінералізації води, що надходить із золошлаковідвалу, (за результатами вишукувань) 618,0 мг/л, в елювіально-делювіальних відкладеннях формування ореолу з підвищеною мінералізацією ґрунтових вод відбувається безпосередньо навколо золошлаковідвалу в межах смуги шириною до 150 м на його бокових контурах, та до 200 м – уздовж русла р. Сапогів. Для підземних вод алювіального водоносного горизонту, приурочених до гравелисто-галечникових відкладень, значення мінералізації і вмісту сульфат-іону  $SO_4^{2-}$ , встановлені за даними розрахунків в умовах існуючого розсіювання розчинених речовин, становлять відповідно 323,0...617,0 і 40,0...110,0 мг/л при зафіксованих на період проведення інженерно-геологічних вишукувань фактичних значеннях – відповідно 508,0 і 65,8 мг/л.

За умови проектуваного наросування огорожувальних дамб очікувані зміни в розподілі мінералізації і вмісту сульфат-іону  $SO_4^{2-}$  в межах досліджуваної території можуть бути охарактеризовані як несуттєві, оскільки при збереженні існуючого загального вигляду в розподілі розчинених речовин мінералізація і вміст сульфат-іону характеризуються величинами, що не перевищують значень 615,0 і 118,0 мг/л.

На кінцевий період експлуатації золошлаковідвалу мінералізація підземних вод вздовж р. Сапогів на відстані 1,0 км від золошлаковідвалу характеризується величиною 350 мг/л, а вміст сульфат-іону – 75...100 мг/л, що фактично відповідає існуючому стану в розподілі оцінюваних компонентів (рис. 1,б).

Характер фільтрації і положення кривої депресії в тілі огорожувальних споруд визначаються гідравлічною проникністю насипних ґрунтів і золошлакового матеріалу в тілі первинних дамб і дамб I-го ярусу наросування, наявністю в основі дамб I-го ярусу шлакового тюфяку та укладеного на поверхні їх верхового укусу шару шлаку, а в умовах проектуваного наросування дамб II-го ярусу – відносним положенням відміток заповнення шлакової і золових секцій.

В умовах наросування II-го ярусу золошлаковідвалу до відміток огорожувальних дамб 299,0 і 303,0 м і відміток заповнення секцій 288,5 і 302,5 м прогнозований підйом рівня води в існуючих первинних дамбах і дамбах I-го ярусу наросування досягає 0,7...2,6 м; наслідком чого може бути підтоплення і затоплення низових ділянок огорожувальних споруд.

Згідно з результатами розрахунків, максимальний підйом рівнів ґрунтових вод, за виключенням аварійної секції, характерний для ділянок огорожувальних споруд I-го ярусу, верхові укуси яких викладені зі шлаку, що не чинить відповідного опору для фільтрації води крізь тіло дамб.

В умовах наросування огорожувальних дамб до проектних відміток 299,0 і 303,0 м суттєвий приріст питомих витрат відбувається на ділянках північної дамби золової секції № 1, східної дамби секції № 2 і південних дамб золових секцій № 1 і № 2, величина яких досягає  $q_d = 0,00322...0,00995$  л/с на 1 п.м.

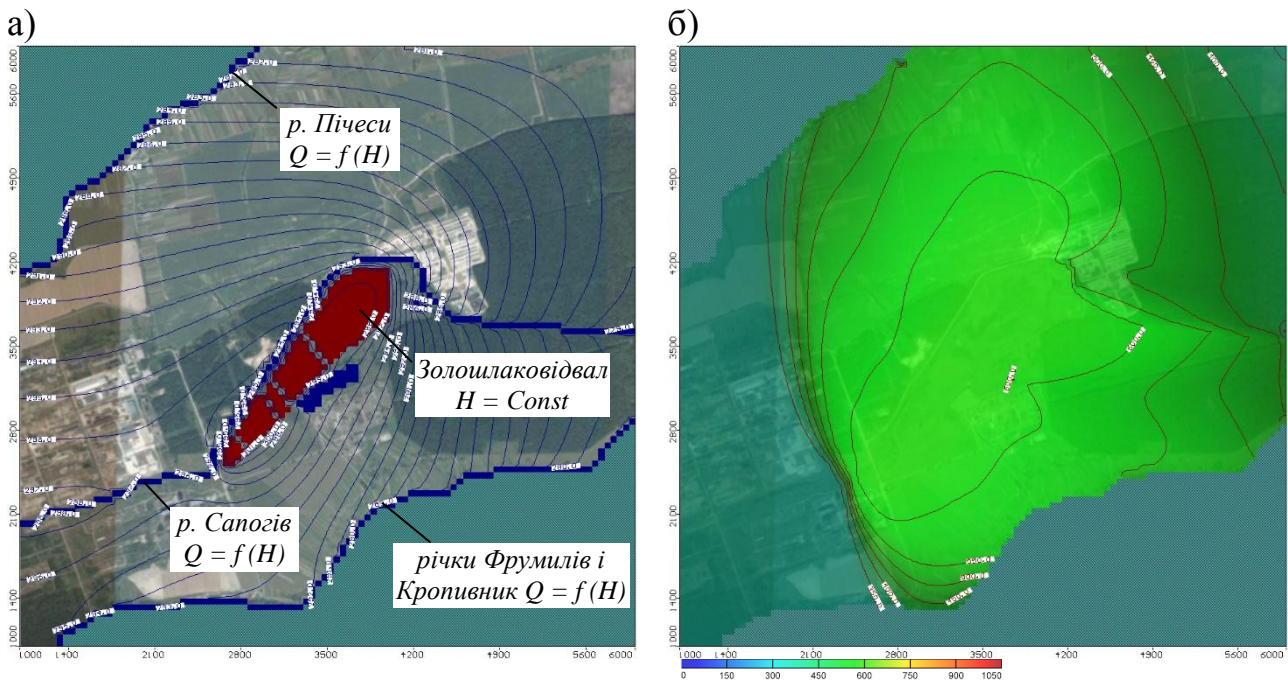


Рис. 1. Прогнозне положення рівневої поверхні четвертинного водоносного горизонту (а), м, та мінералізація підземних вод алювіальних гравійно-галечникових відкладень на кінець проектованого терміну експлуатації золошлаковідвалу, мг/л

При цьому в шламовій секції спостерігається зниження питомих витрат, що пов'язане з віддаленням контуру з підпертим рівнем (контур живлення) від контуру низового укосу (контур дренажу) огорожувальних споруд при відносно незначному перевищенні (до 1,5 м) проектованими відмітками заповнення шлакової секції золошлаковідвалу (302,5 м) відміток поверхні шлакоматеріалів в цій же секції в існуючих умовах (301,0 і 301,9 м).

Для забезпечення стійкості споруд [5-7] в умовах нарощування II-го ярусу і зменшення фільтраційних втрат з чаші доцільне застосування комплексу заходів, до складу яких входять зведення протифільтраційного екрану на верхових укосах дамб (рис. 2) і закладення горизонтального трубчатого дренажу (рис. 3) в основі дамб нарощування.

Зважаючи на результати прогнозних розрахунків закладення протифільтраційного екрану слід передбачати на верхових укосах північних дамб золових секцій № 1 і № 2, а також східної (низової) дамби секції № 2, де очікується максимальний підйом рівня ґрунтових вод в тілі огорожувальних споруд.

Встановлено, що при закладенні протифільтраційного екрану на верховому укосі дамб II-го ярусу нарощування зі сторони обвідного каналу р. Сапогів, виконаного з геомембрани з коефіцієнтом фільтрації не вище  $1,0 \cdot 10^{-11}$  см/с, забезпечується зниження рівнів в межах первинних дамб і дамб I-го ярусу до відміток їх підосви, при цьому величини питомих фільтраційних витрат на низовому контурі огорожувальних споруд не перевищують  $q_r = 0,000161$  л/с.

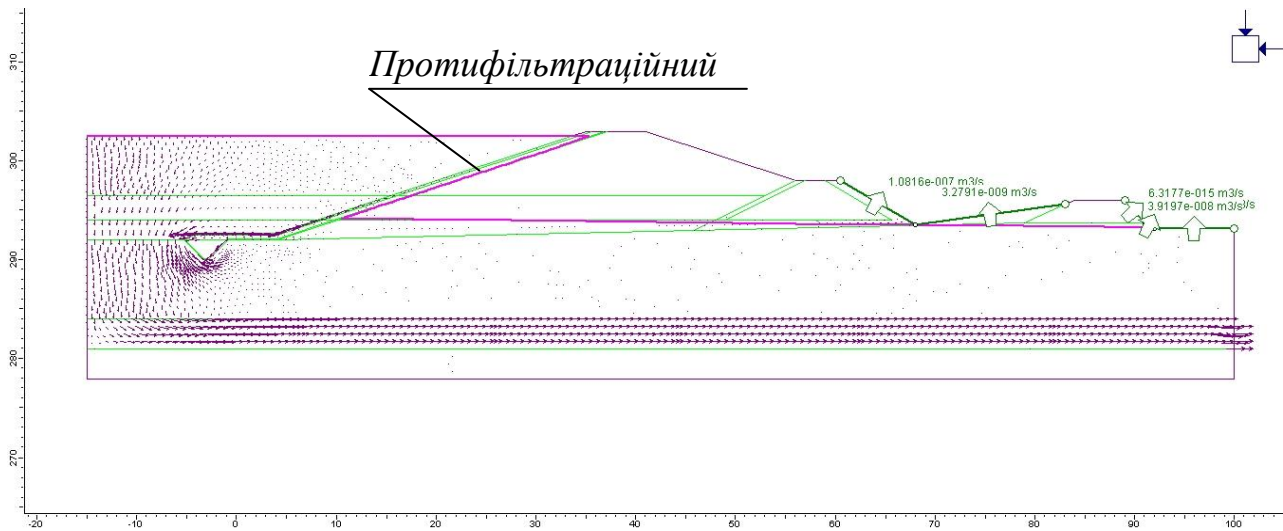


Рис. 2. Витрати на контурі розвантаження при закладенні противільтраційного екрану на верховому укосі дамби нарощування

Закладення горизонтального трубчатого дренажу в основі дамб II-го ярусу нарощування доцільне на південному контурі золошлаковідвалу, де розташований канал освітлених вод. Для ефективної роботи горизонтального дренажу його положення повинно визначатись контуром сполучення проєктованих дамб з верховим укосом дамб I-го ярусу нарощування, а на ділянках їх відсутності – верховим укосом первинних огорожувальних дамб.

Встановлено, що робота горизонтального трубчатого дренажу діаметром 200 мм, закладеного на відмітці сполучення підшови проєктованої дамби нарощування з дамбою I-го ярусу (південний контур золової секції № 2) забезпечує при дренажному водовідборі  $q_d = 0,001$  л/с на 1 п.м. дрени зниження рівня води в тілі дамби I-го ярусу до його існуючого положення при одночасному зниженні фільтраційних витрат на контурі розвантаження.

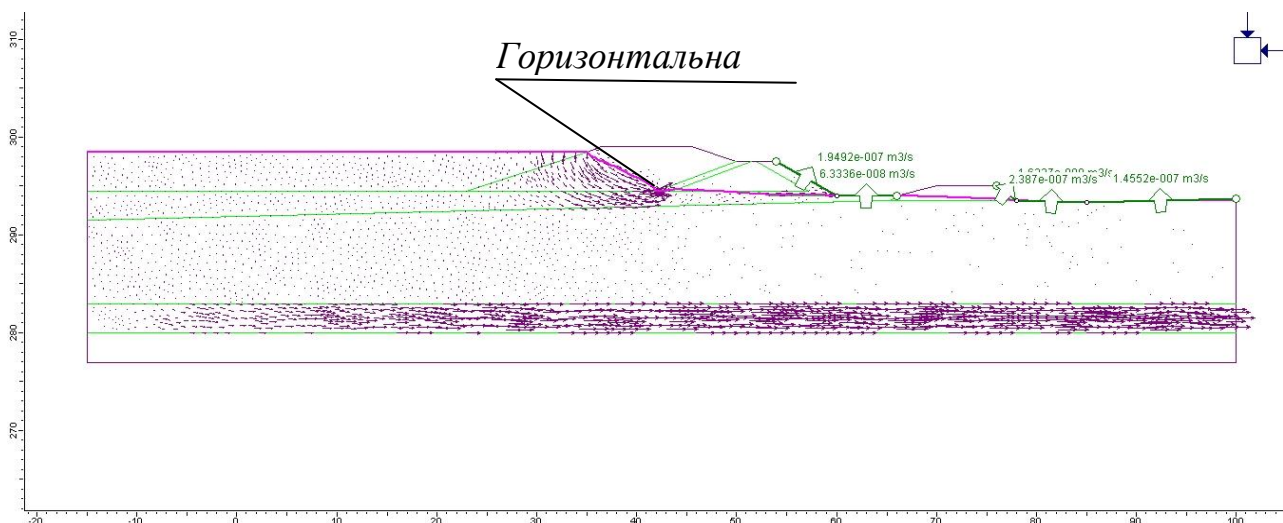


Рис. 3. Розрахункове положення рівня ґрунтових вод і витрати на контурі розвантаження при роботі горизонтального трубчатого дренажу в основі проєктованої дамби



**Висновки.** За результатами виконаних розрахунків встановлено, що в умовах реконструкції гідротехнічних споруд Калуської ТЕЦ очікуваний підйом рівня води навколо золошлаковідвалу до 1,0...1,5 м в межах 500-метрової зони з можливим підтопленням безпосередньо прилеглої території.

Очікувані зміни мінералізації і вмісту сульфат-іону в підземних водах межах досліджуваної території можуть бути охарактеризовані як несуттєві, оскільки при збереженні існуючого загального вигляду в розподілі розчинених речовин мінералізація і вміст сульфат-іону в абсолютному вираженні не перевищують значень 615,0 і 118,0 мг/л.

Для забезпечення стійкості огорожувальних споруд в умовах нарощування II-го ярусу і зменшення фільтраційних втрат з часі доцільне застосування комплексу заходів, до складу яких входять зведення протифільтраційного екрану на верхових укосах дамб і закладення горизонтального трубчатого дренажу в основі дамб проектного нарощування.

### Список використаних джерел

1. Лившиц В.М., Белокопытова Н.А. и др. Методические рекомендации по моделированию на ЭВМ фильтрации подземных вод в слоистых толщах. – Днепропетровск: ДО ИМР, 1987.
2. Ломакин Е.А., Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации. – М.: Недра, 1988. – 228 с.
3. Норватов Ю.А. Изучение и прогноз техногенного режима подземных вод (при освоении месторождений полезных ископаемых). – Л.: Недра, 1988. – 261 с.
4. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях / Комплекс. н-и и конструктор.-технолог. – т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. – М. : Стройиздат, 1991. – 272 с. : ил. – (Справ. пособие к СНиП).
5. Руководство по проектированию золоотвалов тепловых электрических станций / П 20-74, ВНИИГ. – Л.: Энергия, 1974. – 140 с.
6. Тимошук В.И. Закономерности геофильтрации в зоне гравитационно нагруженных участков хвостохранилищ и отвалов горных пород / В.И. Тимошук, Е.А. Шерстюк // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2012. – № 4 – С. 30-36.
7. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.

УДК 624.01:626.8

**Чеканович М.Г.***Херсонський державний аграрно-економічний університет*

## **НОВІ КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ДЛЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД**

**Вступ.** Значну частину будівельних конструкцій гідротехнічних споруд, цивільних і промислових будівель складають залізобетонні балки. Збільшення навантажень, знос і пошкодження балок викликають необхідність їх підсилення для можливості подальшої експлуатації. Крім того, конструкції і елементи підсилення можуть застосовуватися і при виготовленні нових залізобетонних балок. Тому удосконалення існуючих систем підсилення балок і розробка нових представляється актуальним завданням у будівництві на сьогодні і в перспективі [1,2].

Широко відомі конструкції зовнішнього підсилення балок у вигляді зтяжок шпренгелів, комбінованих зтяжок [2]. Такі конструкції підсилення мають попереднє напруження, і їм властивий недостатній відгук у вигляді реакції на зовнішнє навантаження балки. При цьому згадані конструкції підсилення неефективні особливо на дію поперечних сил.

**Основна частина.** Завданням дослідження є розробка нових конструктивних вирішень систем підсилення залізобетонних балок, які дозволяють збільшити ефект підсилення за рахунок використання енергії зовнішнього навантаження на балку. При цьому пропонується альтернативний шлях вирішення проблеми до традиційного попереднього напруження зовнішніх елементів підсилення.

У рамках вирішення проблеми розроблено ряд конкретних способів підсилення залізобетонних балок, що передбачають саморегульований поперечний і поздовжній обтиск балки за рахунок енергії зовнішнього навантаження та більш повного використання властивостей міцності матеріалів [3].

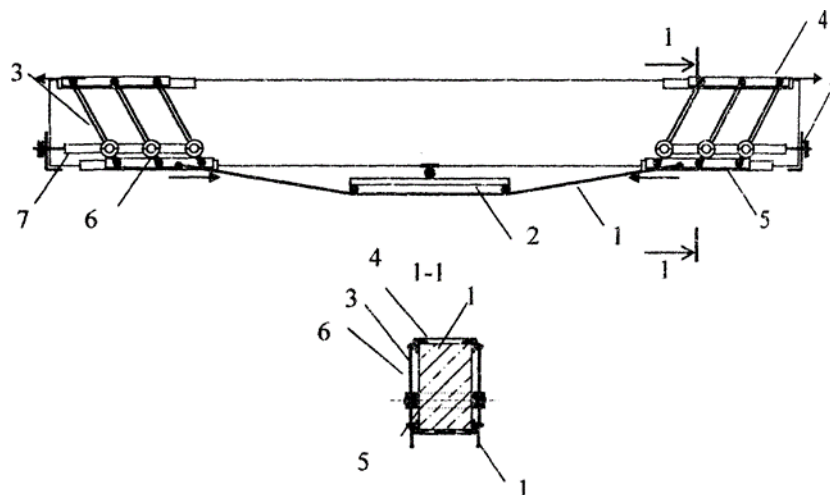
Для підвищення міцності та жорсткості балки поперечна зовнішня арматура виконується у вигляді просторової стрижневої шарнірної поворотної конструкції, що охоплює зовні балку з можливістю творення поперечного обтиску і включає симетрично розміщені у вертикальній площині з обох боків балки жорсткі хомути, шарнірно з'єднані по кінцях з верхньою і нижньою горизонтальними рамами, що контактують з кутовими закладними деталями, відповідно, верхньої і нижньої грані балки, а в середній частині хомути шарнірно з'єднані з осями повороту, закріплені на нижній половині балки у приопорній зоні, при цьому зтяжка закріплена анкерами до нижньої рами, а в місцях взаємодії закладних деталей балки і рам нанесене антифрикційне покриття для зменшення сил тертя.

Пристрої саморегулювання в прольоті балки і на її приопорних ділянках конструктивно пов'язані між собою, що створює єдину взаємопов'язану



систему поздовжнього і поперечного обтиску балки. Сила обтиску залежить від величини зовнішнього навантаження. Тут енергія зовнішнього навантаження перетворюється в енергію обтиску конструкції, що протидіє її руйнуванню.

Конструкція такої регульованої обтисненої балки із зовнішньою арматурою і саморегулюючими напруження пристроями наведена на рис. 1.



- 1 — зовнішня арматура у вигляді сталевий з'язки; 2 - натяжний елемент;  
3 - жорсткі хомути; 4,5- відповідно верхня та нижня горизонтальні рами;  
6 – осі повороту; 7-планки для закріплення осей повороту.

Рис. 1. Регульованообтиснена залізобетонна балка

Саморегулювання балки полягає в підсиленні ефекту деформування арматури, де до традиційного розтягу арматури від видовження нижньої грані балки при навантаженні додається видовження, викликане відхиленням арматури у вертикальній площині. Відхилення вписується в кут, утворений променями, кожний з яких проходить через дві опорні точки, що лежать на лінії кривизни нижньої грані балки. Чим ближче розташовані точки контакту одного променя – ланки з балкою і чим більша відстань між крайніми точками закріплення

короткої арматури, тим більше вертикальне відхилення арматури і, відповідно, більше її напруження. Але при цьому збільшується навантаження на закладні деталі балки і збільшується проліт між середніми точками опор, що її підтримують. У результаті розширюється діапазон регулювання величини обтиску бетону при навантаженні балки (рис. 2-5).

Під навантаженням зібрана балка прогинається і внутрішні опори виштовхують жорсткі ланки зовні балки донизу. Лінійні жорсткі ланки описують зовні лінію кривизни балки і мають значно більше видовження, ніж нижня грань балки. Цим досягається підсилене реагування конструкції на зовнішнє навантаження. Арматурна сталь значно видовжується і збільшує обтиск бетону, що підвищує жорсткість і тріщиностійкість конструкції. При

знятті навантаження конструкція фактично не має суттєвого попереднього напруження, яке б викликало помітну повзучість матеріалів і негативно впливало б на їх міцність. У цілому, деформації розтягу арматури складаються з деформацій розтягу нижньої грані балки та деформацій, викликані відхиленням арматури у вертикальній площині. Обпирання залізобетонного тіла балки на проміжні опори сприяє підвищенню її несучої здатності.

Застосування запропонованої конструкції розширює діапазон регулювання зусилля обтиску бетону, знижує деформативність, забезпечує високу жорсткість, тріщиностійкість і міцність балки в процесі експлуатації за рахунок розширення діапазону саморегульованого напруження арматури і обтиску бетону при навантаженні, дозволяє ефективно використати властивості міцності бетону та сталі.

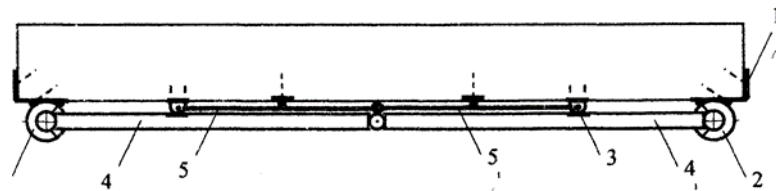


Рис. 2. Загальний вигляд балки з жорсткою арматурою, з'єднаною шарнірами

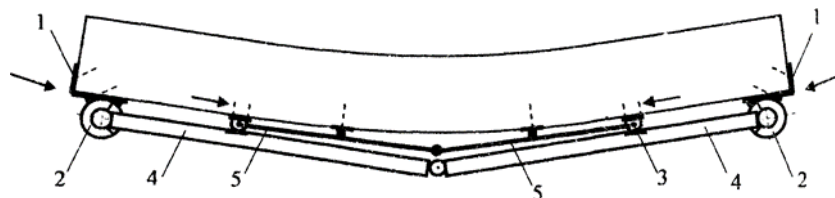


Рис. 3. Балка з жорсткою арматурою, з'єднаною шарнірами, в напружено-деформованому стані

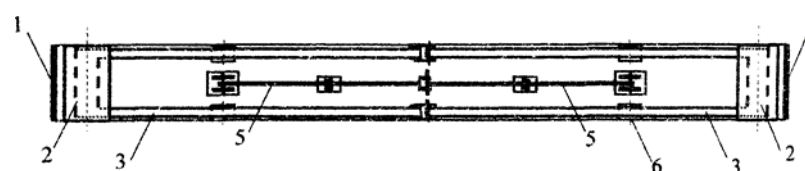
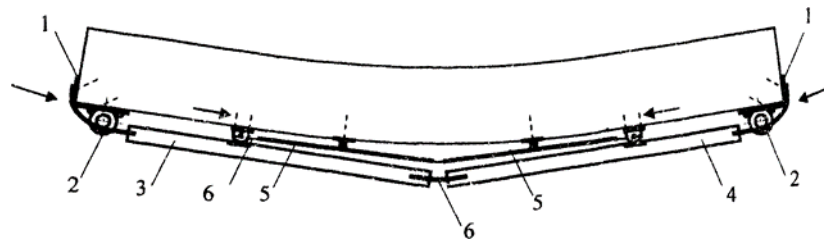


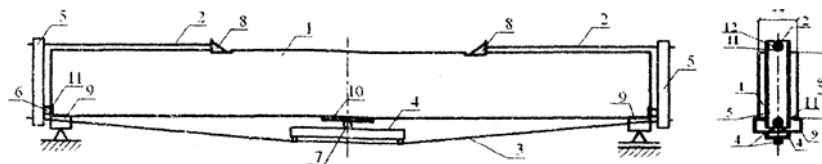
Рис. 4. Загальний вигляд балки з жорсткою арматурою, з'єднаною шарнірами знизу



1 – закладними пластинами; 2 – кінцеві шарніри, що виконують функцію елементів опор балки; 3 – проміжні опори; 4,5- жорсткі ланки робочої арматури; 6 – гнучка сталеві стрічка, яка на кінці має пластинчасту пружину

Рис. 5. Балка з жорсткою арматурою, з'єднаною пластинчастими пружинами, в деформованому стані

Негативним наслідком дії згинального моменту на балку є не тільки утворення тріщин у зоні чистого згину, а й надмірний стиск верхньої фібри балки, що викликає появу тріщин та сколювання бетону захисного шару. Для попередження такого явища пропонується підсилення залізобетонної балки у вигляді саморегульованих затяжки в нижній розтягнутій частині та розтяжки у верхній стисненій частинах балки. Загальний вигляд такої конструкції підсилення наведений на рис 6.



1 - залізобетонна балка; 2 - затяжка; 3 - розтяжка; 4, 5- нижня та бокові траверса; 6, 7-котки;

Рис. 6. Загальний вигляд балки, підсиленої затяжкою та розтяжкою збоку та з торця

Конструкція підсилення складається з затяжки, розтяжки, траверс по середині прольоту балки та по її торцях, а також котків [5].

Залізобетонну балку виготовляють традиційно із закладними деталями в нижній грані по середині прольоту, а також по нижніх кутах балки у вигляді кутиків. До закладних деталей закріплюють котки для передачі зусиль обтиску від траверс.

Для дослідження розтяжка і затяжка можуть виконуватися з арматурної сталі класу А-240 діаметром 12. Затяжка та розтяжка виконують роль

зовнішньої арматури балки. Розтяжка закріплюється до верхньої поздовжньої арматури каркасу балки через куттик 75 x 55 мм, який приварюється полочкою до арматури, інший кінець розтяжки закріплений на боковій траверсі, яка виконана зі швелеру №5 довжиною 235 мм. Бокова траверса взаємодіє з балкою через коток (діаметром 25 мм), що розміщується на відстані 23 мм від нижньої грані балки. До нижньої частини траверси закріплена затяжка, яка взаємодіє з балкою через траверсу (швелер №5, довжиною 300 мм) та коток (діаметром 25 мм). При монтажі надають незначне попереднє напруження арматурі затяжки та розтяжки шляхом натягу в місці її закріплення на боковій траверсі з наступною фіксацією положення гайками. Дана конструкція є симетричною і утворює суцільну взаємопов'язану систему.

Під навантаженням балка деформується. У результаті прогину балки нижня траверса опускається, відхиляючи арматуру затяжки одразу в двох точках контакту. Відбувається значне видовження арматури. На торцях балки, у місцях розташування котків, виникає розпир, що створює горизонтальний обтиск балки. Пропорційно до плечей бокової траверси в арматурі розтяжки виникає зусилля розтягу, що призводить до розвантаження верхньої стиснутої фібри балки. При знятті зовнішнього навантаження попереднє напруження фактично зникає.

Таким чином, запропонована конструкція підсилення дозволяє перерозподіляти зусилля балки шляхом прискореного натягу арматури затяжки та розтяжки під дією зовнішнього навантаження, створити обтиск нижньої фібри, підвищити несучу здатність, тріщиностійкість та довговічність залізобетонної балки.

**Висновки.** Запропоновані і розроблені нові конструктивні вирішення підсилення залізобетонних балок для гідротехнічних та інших споруд, які дозволяють збільшити і підсилити залежність ефекту підсилення від величини енергії зовнішнього навантаження. Отримані конструкції можна кваліфікувати як автоматично регульовані за величиною опору згинаючому моменту і поперечної сили залежно від величини зовнішнього навантаження.

### Список використаної літератури:

1. Онуфриев Н. М. Усиление железобетонных конструкций помышленных зданий и сооружений.- Ленинград, 1965.-342 с.
2. Гольшев А.Б., Ткаченко И.Н. Проектирование усиленных несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений. - К.: Логос, 2001 .-172с
3. Чеканович М.Г Патент України №85640 на винахід "Саморегульованообтиснена залізобетонна балка" від 10.02.2009. Бюл.№3.
4. Чеканович М.Г, Чеканович О.М. Патент України №75653 на винахід "Балка" від 15.05.2006. Бюл.№5.
5. Чеканович М.Г., Патент України №77115 на винахід "Конструкція балкова" від 16.10.2006. Бюл.№10.

УДК [620.92:551.55]:502

Аверчев О.В., Ладичук Д.О., Бобошко Ю.М., Кузнєцов В.В., Лейко А.М.  
Херсонський державний аграрно-економічний університет

## ЕКОЛОГО - ТЕХНІЧНІ ПЕРЕВАГИ МАЛОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ – ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОЇ ПРОДУКЦІЇ

**Вступ.** Виробництво екологічно-чистої та високоякісної продукції харчування є важливою проблемою в багатьох країнах світу. Для отримання такої продукції необхідне застосування низки вимог та умов – чистота земель, органічні засади землеробства, енергозабезпеченість [1,2].

Херсонщина не є густонаселеною (38.1 осіб/км<sup>2</sup>) – тож виникає потреба енергозабезпечення в «точках», куди не доцільно тягнути електромережі і вартість обслуговування таких мереж є досить значною. Крім цього, Херсонщина, з огляду на те, що 70% територій є підтопленими в різних варіантах та показниках, не завжди ефективно і раціонально веде боротьбу з проявами цього техногенного екологічного негативу. Саме за рахунок використання малої вітроенергетики із системою енергонакопичення наша область може досить ефективно і енергоощадним шляхом вирішити певні завдання ліквідації цієї соціально-екологічної проблеми [3,4].

**Основна частина.** Херсонська область степовий і приморський регіон, має постійні вітрові поля, які, на жаль, не досліджені і не покладені на картографічний матеріал для визначення перспективних територій без певних обмежень і застережень.

Середня швидкість вітру на Херсонщині значна і складає: від 3,5 до 5 м/с, більше, ніж в Україні (3-4 м/с). Основні встановлені характеристики вітрового режиму області наведені на рисунках 1-3.

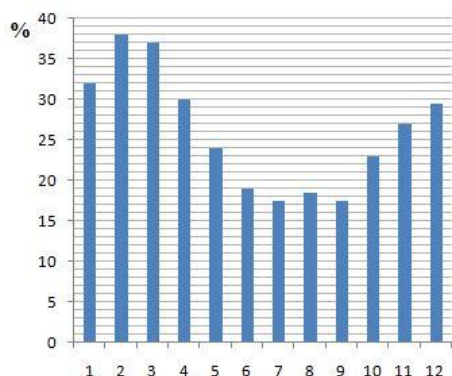


Рис. 1. Частина вітрів, пригідних для вітроенергетики по місяцях

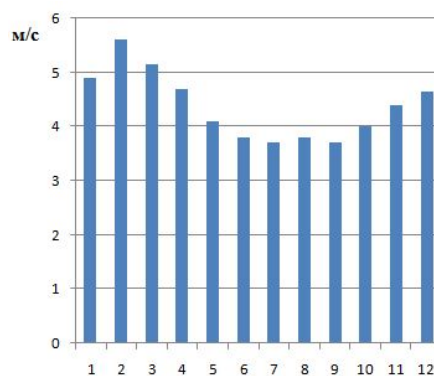


Рис. 2. Середні швидкості вітру по місяцях

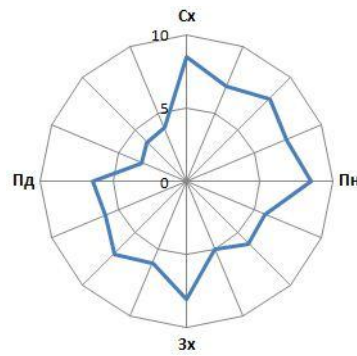


Рис. 3. Повторність напрямлення вітру по румбам в %

В підсумку наведених передумов виникла необхідність у проведенні теоретичних та практичних дослідженнях в лабораторних та польових умовах, які б дозволили сформулювати особливості застосування вітроенергетичних установок для отримання екологічно чистої продукції на екологічно безпечних територіях. Такі дослідження проводились протягом 2012 – 2019 років.

Перш за все маємо відмітити певні, характерні для існуючих систем вітрової генерації електричних потужностей, обов'язкові складові технічного та техногенно-еколого-безпекового характеру.

1. Існуючі на сьогодні системи вітрової генерації електроенергії, найбільш поширені у світі, маючи опосередковану потужність 1 – 5 МВт, мають і досить сильні негативні «механічний» та «інфразвуковий» ефекти.

Перший з них (умовно – «механічний») пов'язаний з досить великими кінцево-коловими швидкостями лопатей цих вітряків, що сягають в робочому режимі до 50 – 250 м/сек.. У разі їх розміщення в межах територій, що є складовими шляхів міграції птахів, вітряки можуть завдавати птахам досить великих втрат.

Друга складова знову ж пов'язана з впливом великої «лінійної» швидкості лопатей у поєднанні з незначною обертовою швидкістю, що є причиною генерації потужних низькочастотних полів звукових коливань (інфразвук), які вже негативно впливають на психологічний та фізіологічний стан людини.

Саме тому такого роду вітрові генеруючі системи змушені розміщувати на досить великих відстанях від населених місць.

А це, в свою чергу, змушує вирішувати ще дві технічні проблеми, які мають певний опосередкований вплив на природокористування, а саме приведення вихідних параметрів вітрових електрогенераторів до показників загальної системи енергозабезпечення того чи іншого регіону (синхронізація за напругою та частотою струму), а також побудову ліній електропередач, що мають з'єднувати вітрові енергосистеми з лініями регіонального (державного) енергозабезпечення або безпосередньо з користувачем цієї енергії. А ці лінії потребують і відчуження земель, і створення систем захисту тощо.

Запропоновані системи вітрової генерації енергії практично не мають всіх зазначених вище обмежень, оскільки зразу ж розроблялись за завданням



отримання «вітрової енергетики» в конкретній точці споживання без «потреб синхронізації та ліній електропередач». Крім того, запропоновані розробки виключають будь-який «механічний вплив» на птахів, навіть на територіях «коридорів перельоту», оскільки мають «кінцево-колові (лінійні) швидкості» на два порядки нижчі, а при нагальній потребі вертикальні лопаті в силу їх незначних розмірів взагалі можуть бути технічно закритими сітками-екранами. З огляду на зазначені вище «параметри» вітрова система такого типу не здатна генерувати «звукове сміття».

З іншої сторони представленими розробками передбачається не пряме генерування електроенергії, а «накопичення енергії» або за рахунок «підняття на певний рівень та накопичення водних ресурсів» (за принципом роботи гідроакумулюючих електростанцій), або накопичення стиснутого до певних безпечних параметрів тиску повітря у ресиверах, які з допомогою «пнемо-рушійних» механізмів і «надають енергетичні послуги» у будь-який потрібний час та у потрібній кількості.

З метою досягнення поставлених цілей був створений проект «Вітрила» та розроблена модель вітряка із підвищеним ККД та інноваційною конструкцією (автори: Бобошко Ю.М., Бобошко С.Ю.).

Ідея базується на багатомісячному досвіді людини і наочних прикладах природи. Концептуальним підходом, що визначає гнучкість у забезпеченні варіацій потужності, виробництва та ефективності експлуатації є використання модульності вітроагрегатів, що працюють у певній системі повітряної турбіни, запропонованої до розгляду та впровадження.



Рис. 4. Один з етапів випробування вітроенергетичної системи з вертикальною віссю обертання «Вітрила»

Під час випробувань виготовлених в заводських умовах зразків був вперше виявлений ефект взаємодії модулів з підвищенням ККД використання енергії вітрового потоку, що стало основою патенту – ВЕУ «Системи «Вітрила».

Були розглянуті два основних типи розміщення систем роторів для створення модульних агрегатів, що одержали назву "Вітрила": карусельного типу і клиновидного. Попередні оцінки річної потужності таких конструкцій в умовах Херсонської області та порівняльні характеристики вітроагрегатів стандартної конструкції з горизонтальною віссю турбіни з однаковою охоплюваною площею  $S = 24 \text{ м}^2$  наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Порівняння річної потужності стандартних вертикальних ВЕУ та проектного зразка

"Вітрила"		Стандартні	
Карусельного типу	Клиноподібного типу	Тихохідні	Швидкохідні
5245 кВт·год	6650 кВт·год	2430 кВт·год	4617 кВт·год

Тож, системи «точкового енергозабезпечення» конкретних територій є особливо привабливими і максимально ефективними, і в першу чергу для таких регіонів, як Херсонщина, де всі обмеження з позицій негативів застосування «велико-потужної» вітроенергетики для запропонованих систем «малої вітрової енергетики» просто зникають.

**Висновки.** Аналіз ринку вітроенергетики виявляє переважаючий попит на малі вітроенергетичні установки (до 100 кВт). Розвиток малої вітроенергетики у Херсонській області має величезний потенціал у вирішенні соціально-екологічних проблем Херсонщини.

Проект ВЕУ «Вітрила» дозволяє підвищити ефективність використання енергії вітру протягом року з можливістю урахування специфіки вітрового потенціалу місцевості. Проект ВЕУ «Вітрила» є економічно вигідним за рахунок використання уніфікованих агрегатів та вузлів, тим самим проявляє гнучкість у забезпеченні варіацій потужності, виробництва та ефективності експлуатації за рахунок використання.

Проект ВЕУ «Вітрила» може бути успішно використаний для вирішення завдань сталого розвитку проблемних територій Херсонщини: економічно вигідне енергозабезпечення з високою екологічною безпекою для віддалених територій органічного землеробства комплексного типу (рослинництво та тваринництво з системами первинної переробки за сертифікованими технологіями), автономним водопостачанням фермерських господарств насосами на базі ВЕУ «Вітрила» тощо; дренаж та водовідведення із зон підтоплення; місцеве крапельне зрошення; централізоване водопостачання сіл, а за певних умов - навіть районних центрів.



## Список використаних джерел

1. Rodale R. Testimony. New York State public hearing in the matter of organic foods. New York City, Dec 1, 1972.
2. Безус Р.М. Екологічно чисті продукти як складова сталого розвитку країни. *Экономические науки / Экономика АПК.* - [Електроний ресурс] – Режим доступу: [http://www.rusnauka.com/25\\_NPM\\_2009/Economics/51314.doc.htm](http://www.rusnauka.com/25_NPM_2009/Economics/51314.doc.htm).
3. Швень Н.І. Оцінка вітрових ресурсів на території України, просторово-часовий аспект / Н.І. Швень, К.В. Петренко // *Відновлювана енергетика.* – 2007.- № 3. – С. 43-46.
4. Ракоїд О.О. Методичні рекомендації з комплексної агроекологічної оцінки земель сільськогосподарського призначення / О.О. Ракоїд. – К.: Логос, 2008. – 51 с.

УДК 626.22

**Каракчи Г.Д., Слободянюк В.П., Муравьёва И.А.**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

### **КРИТЕРИИ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОГО КАЧЕСТВА ВОДЫ В МЕЛКОВОДНЫХ ВОДОЕМАХ ЮГА УКРАИНЫ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА КИТАЙ**

**Вступление.** Официальная информация, опубликованная Государственным агентством водных ресурсов, содержит анализ запасов пресной воды (на душу населения) в 195-ти странах мира. Украина в этом списке занимает 111-е место. Однако, невзирая на этот достаточно весомый показатель, существует риск дефицита пресной воды в ряде южных регионов страны, в частности это Одесская, Херсонская, Николаевская, Днепропетровская и Запорожская области. Даже сейчас, как сообщает Госагентство, в центре и на севере Одесской области часть населенных пунктов пользуется привозной питьевой водой, причем ситуация в этих регионах только ухудшается и практически нет надежд на ее улучшение. Этот прогноз также подтверждают специалисты Института водных проблем и мелиорации, увязывая его с негативными тенденциями мирового масштаба, вызванные различными причинами, в частности глобальным потеплением [3] и нерациональным использованием водных ресурсов. Если такие тенденции сохранятся, то к 2050 году в Украине площадь засушливой и очень засушливой зоны возрастет на 20-30%, а к 2100 году останется лишь часть Волинского Полесья со статусом влажного региона. Если не отнестись должным образом к проблеме воды, не начать формировать и реализовывать политику современного, экономного, рационального водопользования, то уже в

ближайшие 10-15 лет Украина ощутит на себе результаты дефицита пресной воды.

**Основная часть.** Для решения задачи перераспределения стоков рек необходимо освоить значительное количество накопительных ёмкостей естественного (озера и пруды) и искусственного (плотинные гидроузлы) происхождения. Как показывает мировой опыт, в условиях неравномерного распределения источников пресной воды (иногда и значительным их удалением от центров потребления), бесперебойное функционирование водно-хозяйственных комплексов на базе водохранилищ возможно только при соответствующем качестве воды, управление которым должно стать основной задачей в водной стратегии Украины. Только в результате реализации принятых сейчас своевременных мер, удастся свести к нулю или уменьшить до безопасного уровня влияния отрицательных природных и антропогенных факторов на качество пресной воды в этих водоемах.

Выводы, которые следуют из всего выше сказанного, указывают на то, что подготовку к приближающемуся реальному дефициту пресной воды нужно инициировать уже сейчас, начав с разработки генеральной программы освоения водоемов с пресной водой. Условно такую программу логично разделить на три, функционально однородные составные части:

1. административная деятельность, включающая в себя законодательные, правовые, экономические, инвестиционные и тому подобные аспекты;

2. гидрологическое и экологическое направления, включающие в себя результаты всевозможных наблюдений за источником пресной воды, разработка стратегий уменьшения всех видов потерь, особенно в преддверии глобальных природных изменений, а также определение текущих целей и формулировка рекомендаций;

3. гидротехническое и мелиоративное, технико-экономические инструменты, включающие в себя разработку технологий для достижения целей, сформулированных в пункте 2, а также проектирование необходимых для этого гидротехнических сооружений.

Работа в административном направлении уже началась, - как отмечают в Государственном агентстве водных ресурсов Украины усилен контроль за качеством воды, сбрасываемой прямо в поверхностные водные объекты, так как именно в них ежегодно сбрасывается около 5 млрд м<sup>3</sup> стоков, включающих неочищенные сточные воды объемом около 1 миллиарда м<sup>3</sup>. Кроме этого Госводагенство меняет сами принципы управления водными ресурсами, - это реформирование системы мониторинга качества поверхностных вод и переход от административно-территориального принципа управления водными ресурсами к бассейновому аналогу.

В отношении второй составляющей, без которой невозможно разработать оптимальный вариант комплексного использования пресноводных источников, необходимо отметить, что имеется большое количество глубоких и детальных многофакторных длительных наблюдений и исследований. В

частности, для озер юго-запада Украины накоплен богатый материал выполненных за длительный период времени и продолжающихся в настоящее время наблюдений за изменениями химических, физических, механических и биологических факторов.

Третий условный пункт можно рассматривать как инструмент, с помощью которого на административно-правовой базе условного пункта 1 и с учетом рекомендаций условного пункта 2 разрабатываются: А) технология поддержания требуемого качества воды в закрытом водоеме и В) проектирование инженерных гидротехнических сооружений, обеспечивающих эти требования. Воды закрытых водоемов широко используются многими субъектами хозяйственной деятельности для различных целей (в частности это питьевое водоснабжение, орошение земель сельскохозяйственного назначения, разведение водоплавающей птицы, рыбное хозяйство, скотоводство и т.п.), причем схемы такого водопользования, особенно комплексного, не всегда экономически целесообразны.

Во второй половине прошлого столетия уже делались попытки решить задачу улучшения качества воды в некоторых естественных водохранилищах Одесской области (в частности озера Сасык и Китай), с целью приспособить их для хозяйственных нужд. Однако, в то время не были разработаны технические принципы решения подобных задач, не было ни мощных ЭВМ, ни программных комплексов, позволявших рассчитывать плановые течения в протяженных мелководных водоемах, в связи с чем результат оказался нулевым. Попытка проанализировать уже существующие (сложившиеся) схемы водопользования, либо разработать новый вариант для будущих проектов, предпринята в предлагаемой работе.

Для решения задачи выбора схемы использования пресной воды водоема, были сделаны следующие допущения:

- для расчетов использовалась известная математическая теория линейного программирования, раздел – управление ресурсами;

- для численного примера базовой моделью служило озеро Китай [2, 4];

- полный объем водохранилища, приведенный к его площади равен  $100 \cdot 10^6$

- чтоб проиллюстрировать методику, были выбраны только два вида товарной продукцией, для получения которой использовались воды озера Китай: пшеница на орошаемых землях и разведение рыбы (карпа), хотя в реальных условиях число водопользователей может быть практически любым;

- все технико-экономические показатели взяты в открытых источниках до 2017, носят демонстрационный характер и не претендуют на 100% полноту;

- характеристики товарной продукции имеют следующие численные значения:

  - средней урожайностью пшеницы -  $3,8 \text{ т/га} = 38 \text{ центнеров/га}$ ,

  - средняя оросительная норма (на 1 га поливной площади) -  $3000(\text{м}^3/\text{га})/\text{сезон}$ ,

  - себестоимость пшеницы на юге Украины - 3700 грн/тонна,

рентабельность – 35%,

стоимость зерна на европейских рынках 187 \$/тонна = 187\*27 грн/\$ = 5000 грн/тонна,

стоимость зерна в Украине с учетом рентабельности - 3700\*1.35 = 5000 грн/тонна,

цена поливной воды (среднемировая) – 0,2 \$/м<sup>3</sup>,

цена поливной воды на юге Украины (по некоторым данным) – 0,27 \$/м<sup>3</sup>.

Так как объектом настоящего исследования является модель озера Китай, площадь зеркала которого условно принята 6 000га, а средняя оросительная норма напрямую связана с орошаемой площадью, равной по некоторым данным 20 000га, необходимо эту норму связать с площадью озера через переходной коэффициент. Очевидно, что он будет равен:

$$K_0 = 20\ 000/6\ 000 = 3,33$$

Таким образом, валовый приход средств от реализации товарной продукции (в расчетах приняты характеристики пшеницы) будет равен:

$$R_1 = 3700\text{грн/тонна} * 3,8\text{тонна/га} * 1,35 * 3,33 = 63\ 200\text{грн/га} = 6,32\text{грн/м}^2;$$

Примем верхнюю оценку, равную  $R_1 = 6,5\text{грн/м}^2$

Следовательно, каждый квадратный метр зеркала озера даст в сезон 6,5грн/м<sup>2</sup> валового прихода, или 1,95грн/м<sup>2</sup> орошаемой площади (не путать с прибылью). Аналогичным образом оценим валовый приход от реализации товарной продукции (в расчетах приняты характеристики пресноводной рыбы - карпа). В сезон, при усиленном кормлении, каждый гектар зеркала озера, предусмотренного для разведения карпов, рыбопродуктивность которых оценивается примерно в 3тонны/га, причем коэффициент рентабельности равен 1,2 (20%). Для расчетов принята оптовая цена продукции принята 20 000грн/тонна. Отсюда легко рассчитать валовый планируемый приход, равный:

$$R_2 = 20\ 000\text{грн/тонна} * 3\text{тонна/га} * 1,20 = 72\ 000\text{грн/га} = 7,2\text{грн/м}^2;$$

Примем верхнюю оценку, равную  $R_2 = 7,5\text{грн/м}^2$

Расчетная схема характеризуется следующими параметрами (все объемы воды приведены к зеркалу водохранилища) и обозначениями, которые соответствуют требованиям теории линейного программирования [1]:

-  $x_1$  и  $x_2$  – объемы воды нетто, необходимый для полива пшеницы и разведение рыбы соответственно;

- для полива зерновых необходимо иметь объем воды брутто в поливной сезон  $1,1*x_1 + 0,2*x_2 \leq 64*10^6 \text{ м}^3$ , где первое слагаемое – это необходимый объем воды в сезон для полива пшеницы с учетом потерь в системе, а второе слагаемое – все виды потерь в водоеме, включая фильтрацию;

- для разведения рыбы необходимо иметь объем воды брутто в й сезон  $0,3 \cdot x_1 + 1,2 \cdot x_2 \leq 36 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , где первое слагаемое – все виды потерь водоеме в сезон, включая фильтрацию, а второе слагаемое – объем воды, необходимый (с учетом загрязнения) в сезон для выращивания рыбы;

- перевод площади зеркала водохранилища в объемы производится по приближенной формуле  $1,5 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 180 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ ;

Таким образом задача сводится к поиску максимума функции:  $F = R_1 \cdot x_1 + R_2 \cdot x_2$  (или с учетом численных значений коэффициентов  $F = 6,5 \cdot x_1 + 7,5 \cdot x_2$ ) следующих ограничениях:

$$1,5 \cdot x_1 + 2,0 \cdot x_2 \leq 180$$

$$1,1 \cdot x_1 + 0,2 \cdot x_2 \leq 64$$

$$0,3 \cdot x_1 + 1,2 \cdot x_2 \leq 36$$

*Смножитель  $10^6$  будет учтен в конечных результатах исследования.*

Эта задача легко решается графическим методом, для этого построим область допустимых решений ABCD, ограниченную прямыми:

$$1,5 \cdot x_1 + 2,0 \cdot x_2 = 180$$

$$1,1 \cdot x_1 + 0,2 \cdot x_2 = 64$$

$$0,3 \cdot x_1 + 1,2 \cdot x_2 = 36$$

Выпуклый четырехугольник ABCD ограничивает зону возможных сценариев реализации проекта, однако только в точке В будет наблюдаться совокупный максимальный валовый расчетный приход, оценка которого равна  $479 \cdot 10^6$  грн.

Алгоритм решения оптимизационной задачи линейного программирования выполняется путем перебора вершин выпуклого многогранника в многомерном пространстве. В последней оценочной строке есть отрицательные оценки, поэтому нужно сделать первую итерацию симплекс-метода. Выбираем столбец с наименьшей оценкой, а затем разрешающий элемент – по наименьшему отношению свободных членов к коэффициентам столбца (последний столбец). Итерации, которые здесь не приводятся, выполняются до тех пор, пока в последней строке будут отсутствовать отрицательные члены, так как это индикатор того, что найден максимум функции F.

Представим результаты последней итерации, после выполнения которой в последней строке будут только положительные члены:

F	x1	x2	x3	x4	x5	B
0	0,0	0,0	1,0	-0,95	-1,82	180
0	1,0	0,0	0,0	0,95	0,16	64
0	0,0	1,0	0,0	-0,24	0,79	36
1	0,0	0,0	0,0	4,40	6,97	479,4

В последнем плане строка **F** уже не содержит отрицательных значений, поэтому можно уверенно сказать, что план  $x_1 = 55 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ ,  $x_2 = 16,2 \cdot 10^6 \text{ м}^2$  является максимально возможным, а целевая функция для принятых в этом примере исходных данных будет равна:

$$6,5 \cdot 55 \cdot 10^6 + 7,5 \cdot 16,2 \cdot 10^6 = 479,4 \cdot 10^6 \text{ грн,}$$

иными словами такой будет расчетная приходная часть проекта, разработанного для открытого водоема с целью осуществления 2-х видов хозяйственной деятельности – рыбоводства и земледелия. Два вида деятельности выбраны только с одной целью - сделать пример наглядным, в частности на 2-х мерной модели графически четко показана область (см. рис. 1) возможной реализации проекта, показав одновременно максимум целевой функции. На практике количество неизвестных может быть любым.

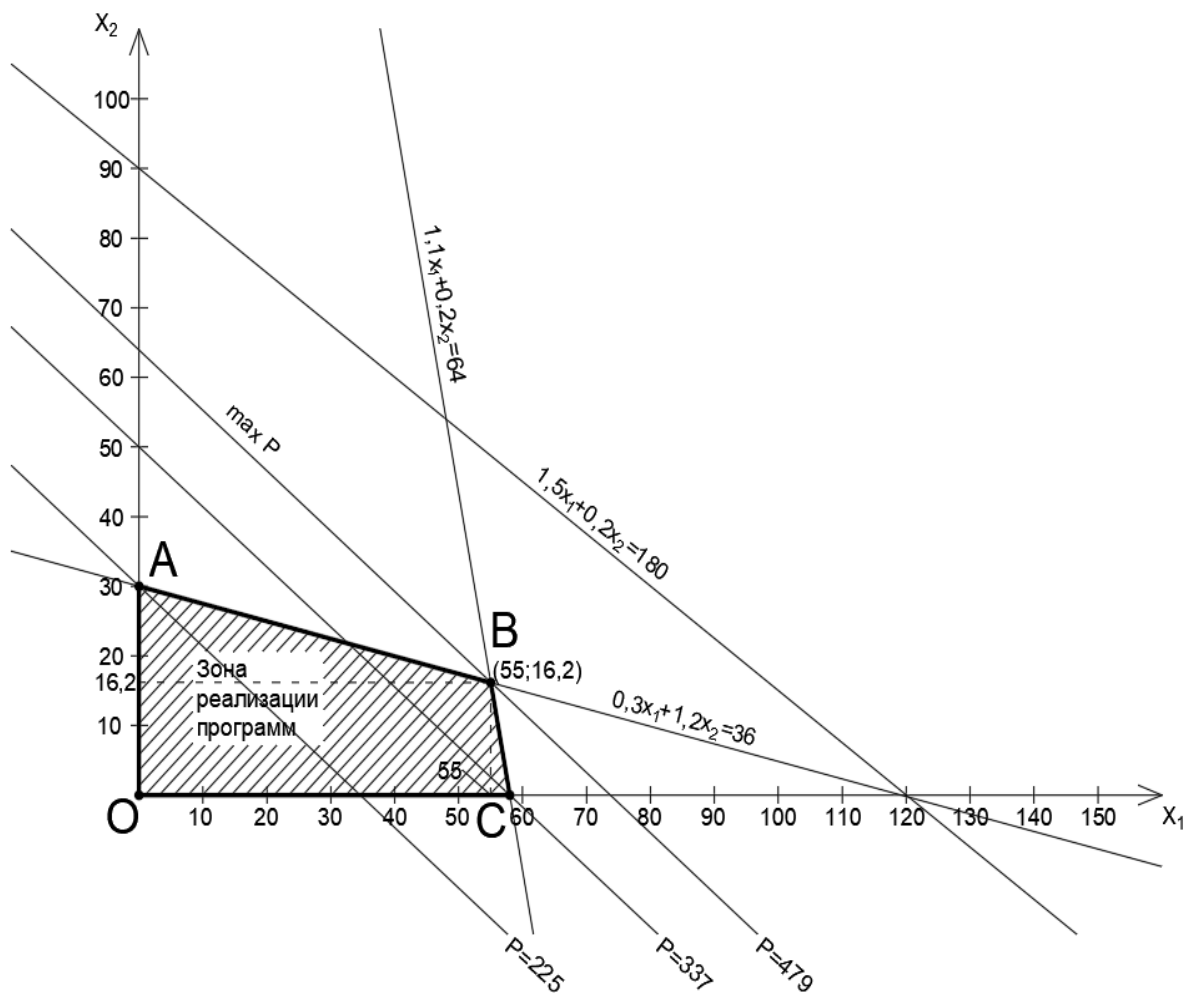


Рис.1 Зона возможностей реализации программ

Когда все объемы и их назначение уточнены, можно приступать к разработке технологии бесперебойного функционирования водно-хозяйственного комплекса на базе водохранилища, поддерживая

соответствующее качество воды путем регулирования основными факторами, определяющими это качество. В качестве основных факторов, обычно технологи рассматривают химические, физические, механические и биологические, от их происхождения зависит степень их управляемости, а от природы – технологические аспекты управления.

**Выводы.** Таким образом, получив технологические схемы, можно приступать к следующему, третьему этапу генеральной программы - проектированию гидротехнических сооружений, способных надежно и гарантированно реализовать эти схемы, целью которых будет являться достижение необходимого качества воды в водоеме в соответствии с требуемыми показателями и поддержание это качества в период осуществления водопользователями своей хозяйственной деятельности. Только такой подход, когда соблюдаются все требования (включая эксплуатационные), предъявляемые к подобного рода проектам, обеспечит достижение максимальной рентабельности в период всего срока функционирования водного комплекса.

### Список использованных источников

1. Шахман, І. О. Обґрунтування стратегії водогосподарських заходів на території нижнього Подніпров'я в умовах глобального потепління. Розрахунок складових водного балансу озера Китай / Шахман І.О., Лобода Н.С. // Український гідрометеорологічний журнал. No 6, 2019. –С. 210-216.
2. <https://nv.ua/ukraine/events/defitsit-vody-cherez-10-15-let-i-pustyni-cherez-80-kakie-problemy-s-vodosnabzheniem-zhdut-ukrainu-2459126.htm>.
3. <https://cyberleninka.ru/article/n/factory-formirovaniya-kachestva-vody-v-iskusstvennom-vodoeme-1>.
4. Гопченко, Е. Д. Водные ресурсы северо-западного причерноморья (в естественных и нарушенных антропогенной деятельностью / Е.Д.Гопченко, Н.С. Лобода // Киев: КНТ, 2005. –188 с.

УДК 556.31:69

**Сердюк В.А., Максін В.І.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

### **ЗМІНА ЯКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД ТЕРИТОРІЇ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ**

**Вступ.** Часто досліджуючи вплив певного об'єкта (підприємство, споруда тощо) на довкілля враховується той фактор, що цей об'єкт побудований та має визначені просторові межі, встановлені потужності та вже впливає на довкілля:

будь-то незначний вплив чи навпаки суттєвий. Можемо вирахувати ризик виникнення негативних впливів на довкілля, розробити план дій у разі виникнення надзвичайної ситуації, але в той же час, не враховуються фонові концентрації забруднюючих речовин та параметри довкілля до появи цього об'єкта на території. А це має вагоме значення, так як потрібно відслідковувати ланцюг міграції забруднюючих речовин і виявити першоджерело забруднення території чи особливості її природних параметрів, що дуже важливо при проведенні наступних досліджень. Адже стверджувати, що кінцевий об'єкт, який знаходиться на цій території її «забруднив» буде не правильно й спотворюватиме дані подальших моніторингових досліджень, що зводить нанівець оцінку впливу об'єкта на довкілля.

**Основна частина.** Законодавчо не врегульоване проведення досліджень параметрів довкілля території перед початком будівництва об'єкта. В той же час, Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» встановлено, що у разі прийняття рішення про провадження планованої діяльності, до якої відносяться будівництво, реконструкцію, технічне переоснащення, розширення, перепрофілювання, ліквідацію (демонтаж) об'єктів, інше втручання в довкілля, окрім певних випадків заміни морально застарілого обладнання, котре вичерпало свої технічні ресурси, але при цьому не збільшилися просторові параметри та в майбутньому (практично підтвердиться безпосередніми вимірюваннями чи фактичними показниками) не призведе до збільшення кількісних та якісних показників нових видів небезпечних відходів, збільшення чи появи нових джерел викидів в атмосферне повітря та скидів забруднюючих речовин у водні об'єкти, мікробіологічного, шумового, вібраційного, світлового, теплового та радіаційного забруднень, а також випромінення (Закон України, 2017).

Відповідно провести дослідження якості води на території під час будівництва без спорудження свердловин немає змоги, але в той же час доцільно провести заміри якості води з колодязів чи свердловин (створивши спостережну мережу), що найближче розташовані до будівельного майданчика перед початком виконання, під час та після завершення робіт.

Безпосереднє будівництво відноситься до планованої діяльності, по відношенню до якої має здійснюватися післяпроектний моніторинг відповідно до отриманого висновку з оцінки впливу на довкілля. Післяпроектний моніторинг має здійснюватися відповідно до розробленого та погодженого плану післяпроектного моніторингу із уповноваженими суб'єктами державного моніторингу – Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України.

Наприклад, об'єктом моніторингових досліджень візьмемо нове будівництво свинокомплексу № 10, що знаходиться за межами населеного пункту Яблунівської селищної ради Баришівського району Київської області (Робоча документація, 2018). Для розробки плану післяпроектного моніторингу необхідно вивчити технологію виробництва, яка планується використовуватися та дослідити основні забруднюючі компоненти, щодо тваринницьких комплексів актуальним буде дослідження в підземних водах нітратів, нітритів, аміаку та



іонів амонію, наявність патогенних мікроорганізмів, а на етапі проведення будівельних робіт – вміст нафтопродуктів.

Залежно від показників та вимог сформованих у висновку з оцінки впливу на довкілля, для здійснення моніторингу підземних вод, котрий є складовою загального післяпроектного моніторингу, визначаються точки відбору (свердловини, колодязі, озера, ставки, річки тощо) та періодичність здійснення досліджень. Якщо періодичність не встановлено у висновку, йде прив'язка до ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10, 2010).

Точки відбору визначаються залежно від наявності свердловин, колодязів чи поверхневих водних об'єктів, за допомогою яких здійснюватиметься водозабезпечення підприємства, з підземних, інколи поверхневих водних об'єктів, які знаходяться по лінії направлення водного потоку згідно гідрогеологічних карт та, як правило, розташованих на територіях найближчих житлових забудов чи на межах території житлових забудов (Гідрогеологічна карта, 2017).

Для створення спостережної мережі формуються точки відбору проб на спостережних чи експлуатаційних свердловинах (під час діяльності підприємства), у разі неможливості відбору проб води зі свердловин, проби відбираються із колодязів.

Мінімально необхідно встановити хоча б 3 точки відбору проб води зі спостережних свердловин чи колодязів (рисунок).

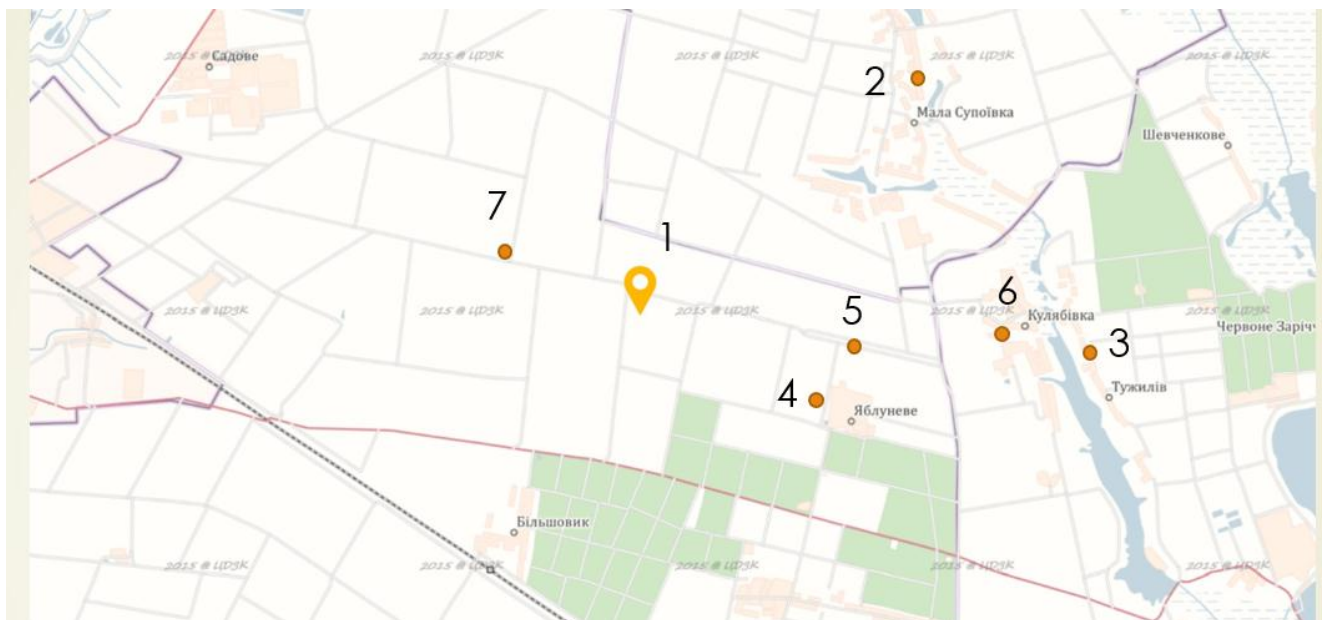


Рис. 1. Місцезнаходження свиногокомплексу та точки відбору проб води: Точка № 1 – свиногокомплекс № 10 за межами населеного пункту с. Яблунове, Баришівський р-н, Київської області. Точка № 2 - поверхневий водний об'єкт, ставок Малий Супій, поблизу с. Гостролуччя, Баришівський р-н, Київська обл. Точка № 3 (колодязь)- с. Тужилів, колодязь № 1, Яготинський р-н, Київська обл. Точки №№ 4 (колодязь) і 5 (колодязь, хутір) – с. Яблунове, Баришівський р-н, Київська обл. Точка № 6 (колодязь) – с. Кулябівка, Яготинський р-н, Київська обл. Точка № 7 (колодязь) - с. Дубове, Баришівський р-н, Київська обл.

Періодичність моніторингу встановлюється або висновком з ОВД (в даному випадку 7 років), або береться прив'язка до термінів здійснення державного моніторингу довкілля та встановлюється терміном на 3 роки (тобто мінімальний термін). Період здійснення моніторингу можна продовжити залежно від бажання підприємства, а також здійснювати корегування досліджуваних показників, якщо протягом 2-3 років не було встановлено факту перевищення концентрації у воді певних досліджуваних показників (таблиця).

Таблиця 1 - Дослідження якості води колодязів та поверхневого водного об'єкта, що розташовані найближче до свиногокомплексу № 10 (проби відібрані під час будівництва свиногокомплексу)

Показники	Точка № 2	Точка № 3	Точка № 4	Точка № 5	Точка а № 6	Точка № 7	Норматив
Колірність	260*	0,67	12,7	9,3	13,33	2,67	≤ 20
Запах при 20 °С, бали	1	0	0	1	0	1	≤ 2
Запах при 60 °С, бали	5*	0	1	1	5*	4*	≤ 2
Каламутність, мг/дм <sup>3</sup>	0,49	0,12	0,49	3,05*	0,61	0,49	1,5 мг/дм <sup>3</sup>
Водневий показник (рН)	67,68	7,12	7,83	6,69	7,12	7,42	6,5 - 8,5
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	30,0	118,0	426,0	26,0	308,0	150,0	≤ 1000
Загальна твердість, мг/дм <sup>3</sup>	3,3	7,6*	14,2*	3,2	14,0*	7,5*	≤ 7
Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,435*	0,009	0,275*	0,435*	0,049	0,000	≤ 0,2
Азот нітритний, мгN/дм <sup>3</sup>	0,059	0,019	0,015	0,004	0,409	0,058	≤ 0,5
Азот нітратний, мгN/дм <sup>3</sup>	15,28	30,83	6,66	17,44	40,58	39,38	≤ 50,0
Азот амонійний, мгN/дм <sup>3</sup>	0,169	0	0,855*	0,413	0,184	0,490	≤ 0,5
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	28,57	89,53	11,43	9,52	82,86	97,15	≤ 250
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	34,12	10,99	5,21	109,30	212,5 4	137,36	≤ 250
Свинець, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,008	0,001	0,0004	0,010	0,003	≤ 0,010

\* перевищення нормативу.

Враховуючи, що відсутні дані по фоновим концентраціям забруднюючих речовин у поверхневій водоймі, якість відібраної води прирівнювали до

нормувань, що встановлюються для питної води. Відстань від будівельного майданчика до точок відбору проб більше 1500 м.

Як видно із таблиці, вода найгіршої якості із поверхневого водного об'єкта: перевищення показників по колірності в 13 разів, запаху при 60 °С – в 2,5 рази, заліза загального – в 2 рази. В той же час спостерігаються перевищення по загальній твердості (точки № 4 та № 6) та залізу загальному (точки № 4 та № 5) – близько 2 разів. Показник азоту амонію перевищує встановлену норму в 1,7 рази в точці відбору проб № 4. Нафтопродукти у воді відсутні. Усі інші показники, в тому числі мікробіологічні, знаходяться в межах встановленої норми та відповідають вимогам, встановленим до питної води.

**Висновки.** Під час виконання будівельних робіт можливе забруднення підземних вод нафтопродуктами при пересуванні техніки територією, в той же час у поверхневій водоймі та колодязях, з яких відбиралися проби води, вміст нафтопродуктів не виявлено, а концентрація свинцю в межах встановленої норми. Це свідчить про те, що вплив техніки несуттєвий, адже вантажно-розвантажувальні та будівельно-монтажні роботи здійснювалися протягом короткого часу, а рух техніки здійснювався по встановленому маршруту. Найбільш невідповідної якості була вода у точці № 2 (поверхнева водойма) та точка № 4 с. Яблуневе Баришівський район, Київської області по показникам загальної твердості та загальному залізу майже в 2 рази, показнику азоту амонійному – в 1,7 рази. Точка № 4 розташована на відстані 1750 м від будівельного майданчику. Отримані дані будуть братися за основу під час проведення подальших досліджень, в тому числі під час здійснення безпосередньої діяльності об'єкта дослідження. Відхилення від отриманих даних можуть слугувати основою для визначення негативного впливу досліджуваного тваринницького комплексу на довкілля.

### Список використаних джерел

1. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». – 2017 / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>
2. Робоча документація «Нове будівництво свиного комплексу № 10, що знаходиться за межами населеного пункту Яблунівської селищної ради Баришівського району Київської області». – 2018, – 314 с.
3. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДСанПіН 2.2.4–171–10. – [Чинний від 01.06.2010]. – К.: Держводагенство України, 2010. – 8 с.
4. Гідрогеологічна карта України. – 2017 / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://geomap.land.kiev.ua/water.html>

УДК 630\*232:631.67

**Кирилюк В.П., Боровик П.М.***Уманський національний університет садівництва*

## **ЗРОШЕННЯ ЛІСОВОГО РОЗСАДНИКА**

**Вступ.** Розсадником називають підприємство або спеціалізовану його частину, призначену для вирощування садивного матеріалу деревних та чагарникових порід, який в подальшому використовують для лісорозведення і штучного лісовідновлення, озеленення міст, населених пунктів і створення захисних лісових насаджень і плодкових садів [1, с. 276].

Велике значення при вирощуванні садивного матеріалу приділяється прийомам оптимізації вологозабезпеченості та його живлення. Найважливішою умовою, що забезпечує ріст і розвиток рослин (і не тільки в посушливих зонах), є зрошення. Ділянку під розсадник потрібно вибирати поблизу джерел води: річки, озера, струмка. Якщо їх немає, полив повинен бути забезпечений за рахунок артезіанських свердловин або штучно створених ставків [2, с. 93].

Отже одним із факторів, що стримують збільшення виробництва садивного матеріалу є нестача продуктивної вологи в період вегетації. Тому підвищення продуктивності розсадників з застосуванням зрошення на даний час є актуальним питанням.

**Основна частина.** Державне підприємство „Уманське лісове господарство“ є структурним підрозділом виробничого об'єднання „Черкасиліс“, що в свою чергу підпорядковане Державному комітету лісового господарства України. Головна контора в м. Умань.

Потаське лісництво, знаходиться біля села Поташ Уманського району Черкаської області і входить до складу Державного підприємства „Уманське лісове господарство“ Черкаського обласного управління лісового та мисливського господарства, яке розташоване в західній частині Черкаської області. Загальна площа Потаського лісництва складає 5859 га.

Клімат району – помірно-теплий континентальний. За даними Уманської метеостанції опадів за рік випадає 633 мм, з них 412 мм за період вегетації (квітень – вересень). Середня температура за рік +7,4°C. Середня багаторічна температура самого холодного місяця січня – 7,8°C. Бувають роки, коли морози досягають – 20–30°C, в окремі дні до – 37°C. Середньомісячна температура найбільш жаркого місяця – липня +19,5°C. В окремі роки температура в липні може максимально підвищуватися до +38°C.

Середня сума температур за період активної вегетації складає 2810°C. В цілому вегетаційний період продовжується 205 днів, період активної вегетації триває 160 – 165 днів, з середньодобовою температурою вище +10°C.

В окремі роки літом спостерігаються посушливі періоди без дощу (до 30 – 40 днів) із значним підвищенням температури повітря, що призводить до вичерпування запасів вологи в ґрунті.

Напруженість метеорологічних факторів є однією з причин, що негативно впливає на ріст і розвиток сіянців і саджанців. Тому для захисту рослин від згубного впливу високих температур повітря, ґрунтових і повітряних посух необхідно застосовувати зрошення.

Рельєф території розсадника рівнинно-хвилястий. Більшість схилів даної території не перевищують 1–2° і мають північно-східну чи південно-західну експозиції.

Ґрунотворною породою в загальному є лес і лесовидний суглинок, які мають у своїй основі велику частину карбонатів кальцію. У розсаднику ґрунти – опідзолені лісові суглинки на лесі. За механічним складом – суглинкові.

З урахуванням виробничого завдання наявної площі виділені:

1. Посівне відділення – 3 поля;
2. Декоративна шкілька – 4 поля;
3. Шкілька ялини європейської – 5 полів.

Розподіл площі розсадника вказано в табл. 1.

Таблиця 1 - Розподіл площі розсадника

№	Найменування відділення, ділянки, споруди	Площа, га
І. Продукуюча частина		
1.	Посівне відділення	0,81
2.	Декоративна шкілька	0,40
3.	Шкілька ялини звичайної	0,55
Разом		1,76
ІІ. Допоміжна частина		
4.	Дороги	0,23
5.	Огорожа	0,01
Разом		0,24
Загальна площа		2,00

У розсаднику вирощують садивний матеріал для лісовідновлення, яке проводить лісництво.

В посівному відділенні для вирощування сіянців дуба звичайного (*Quercus robur* L.), дуба червоного (*Quercus rubra* L.), черешні звичайної (*Prunus avium* L.), груші звичайної (*Pyrus communis* L.), яблуні лісової (*Malus sylvestris* L.), клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) запроєктована трипільна сівозміна зі схемою висіву 50x25x25x25x25x50 см на площі розміром 0,81 га.

Перше поле (0,27 га – розмір 128x21 м) – пар зайнятий, де в ролі сидерата – ріпак (*Brassica napus* L.), друге поле (0,27 га) – сіянці першого року, третє поле (0,27 га.) – сіянці другого року.

Загальний вихід двохрічних сіянців дуба звичайного (*Quercus robur* L.) і дуба червоного (*Quercus rubra* L.) становить 50500 шт. кожної породи. Вихід двохрічних сіянців черешні звичайної (*Prunus avium* L.), груші звичайної (*Pyrus communis* L.), яблуні лісової (*Malus sylvestris* L.), клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) становить 2020 шт. кожної породи.

В декоративній шкільці для вирощування ялівцю козацького (*Juniperus Sabina* L.) і самшиту вічнозеленого (*Buxus sempervirens* L.) запроєктовано чотирипільну сівозміну площею 0,40 га зі схемою садіння 100x50 см:

Перше поле – зайнятий пар (ріпак) площею 0,10 га (розмір 59x19 м);

Друге поле – ялівець козацький першого року (0,05 га) і самшит вічнозелений першого року (0,05 га);

Третє поле – ялівець козацький другого року (0,05 га) і самшит вічнозелений другого року (0,05 га);

Четверте поле – ялівець козацький третього року (0,05 га) і самшит вічнозелений третього року (0,05 га);

Вихід саджанців кожної породи становитиме 950 шт.

Для більшої різноманітності асортименту садивного матеріалу створена п'ятипільна сівозміна для вирощування ялини європейської (*Picea abies* L.) площею 0,55 га зі схемою садіння 100x50 см:

Перше поле – зайнятий пар (ріпак) 0,11 га (розмір 64x16 м);

Друге поле – саджанці першого року (0,11 га);

Третє поле – саджанці другого року (0,11 га);

Четверте поле – саджанці третього року (0,11 га);

П'яте поле – саджанці четвертого року (0,11 га).

Вихід саджанців ялини європейської (*Picea abies* L.) становитиме 1870 шт.

Проектування системи зрошення показано на плані зрошення лісового розсадника (рис. 1). Для поливу використовується дощувач шланговий OCMIS IRRIGATION MR 40/130. Барабанний дощувач складається з шасі на пневматичних колесах, поворотної платформи, на якій встановлена котушка з мотком гнучкого поліетиленового трубопроводу, механізмів приводу котушки, прискореної намотування і управління укладанням трубопроводу на котушку, візка з дощувальних апаратів і механізму його підйому, контрольно-вимірювальних приладів та вузлів під'єднання.

Джерелом зрошення є існуюча свердловина (дебіт 10 м<sup>3</sup>/год). Вода подається в водонапірну башню, яка розташована на господарському дворі. Від розсадника до свердловини відстань становить 300 м. Забір води буде проводитися насосною станцією, яка розташовується біля водонапірної башні. Вода від насосної станції буде подаватися магістральним трубопроводом 1 Кр. Магістральний трубопровід 1 Кр запроєктований в східному напрямі розсадника і на ньому передбачено влаштування п'яти гідрантів для підключення барабанного дощувача OCMIS IRRIGATION MR 40/130 для поливу лісового розсадника. 3 гідрантів розташованих на ПК 30+10,5, ПК 30+31,5 і ПК 30+52,5 передбачено поливати поля №1,2,3 посівного відділення (R= 10,5 м) і поля №1,2,3 шкільки ялини звичайної (R= 9,5 м). Відповідно з гідрантів розташованих на ПК 30+76 і ПК 30+92 передбачено поливати поля №1,2,3,4 декоративної шкільки (R= 8,0 м) і поля №4,5 шкільки ялини звичайної (R= 9,5 м). Скидний колодязь С<sub>1</sub> призначений для спорожнення від води на

зимовий період, для промивок і на випадок ремонту. Він розташований в кінці поливного трубопроводу 1 К<sub>р</sub> (саме низьке місце траси).



Рис. 1. План зрошення лісового розсадника

На першому році життя сіянців виділяють три фенологічні періоди:

1-й період – від посіву до появи масових сходів, тривалість 15–25 днів, глибина зволоженого шару – до 10 см, поливна норма 90 м<sup>3</sup>/га, кількість поливів 2–3;

2-й період – від масових сходів до їх повного вкорінення, тривалість 25–30 днів, глибина зволоженого шару – до 20 см, поливна норма 200 м<sup>3</sup>/га, кількість поливів 2–3;

3-й період – інтенсивного росту і формування сіянців, тривалість 60–70 днів, глибина зволоженого шару – до 30 см, поливна норма 300 м<sup>3</sup>/га, кількість поливів 2–3.

Режим зрошення приведений в таблиці 2.

Таблиця 2 - Режим зрошення в розсаднику

Відділення розсадника	Кількість поливів	Поливні норми, м <sup>3</sup> /га	Зрошувальні норми, м <sup>3</sup> /га
Посівне відділення (1-й рік вирощування сіянців)	8–10	90–200–300	1180–1770
Посівне відділення (2-й рік вирощування сіянців)	5–7	350	1150–1750
Шкільне відділення	5–6	400	1200–2000

Час поливу в посівному відділенні – 1-й рік вирощування сіянців становить 0,6–1,8 зміни, 2-й рік вирощування сіянців – 2,1 зміни, декоративній шкільці – 3,3 зміни і шкільці ялини звичайної – 4,6 зміни.

**Висновки.** Кліматичні умови (особливо розподіл опадів, як по вегетаційному періоду так і інтенсивності випадання) в деякі періоди не сприяють нормальному вирощуванню сіянців і саджанців що вирощуються в лісовому розсаднику. Тому для захисту рослин від згубного впливу високих температур повітря, ґрунтових і повітряних посух необхідно застосовувати зрошення.

В умовах Потаського лісництва ДП "Уманське лісове господарство" рекомендуємо проводити зрошення розсадника лісових культур при зниженні вологості ґрунту до 70–80% НВ застосовуючи барабанний дощувач OSMIS IRRIGATION MR 40/130, що досягається проведенням 6–9 поливів нормою 90–300 м<sup>3</sup>/га в посівному відділенні (1-й рік вирощування сіянців), 3–5 поливів нормою 350 м<sup>3</sup>/га в посівному відділенні (2-й рік вирощування сіянців), 3–5 поливів нормою 400 м<sup>3</sup>/га в шкільному відділенні в залежності від вологозабезпеченості вегетаційного періоду.

### Список використаної літератури

1. Гордієнко М.І., Гузь М.М., Дебринюк Ю.М., Маурер В.М. Лісові культури : підручник. Львів : Камула, 2005. 608 с.
2. Кирилюк В.П. Особливості зрошення лісових і декоративних розсадників. *Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства* : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. (м. Умань, 12 травня 2016 р.). Умань : ВПЦ «Візаві», 2016. С.93–96.



УДК 504.5:625.74+629.3

**Кофанов О. Є., Кофанова О. В.**  
*Національний технічний університет України*  
*"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"*

## **ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКИХ ВОДОЙМ І РІЧОК ДОРОЖНІМИ СТОКАМИ Й КОМПОНЕНТАМИ ВИКИДІВ ДВИГУНІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**Вступ.** Забруднення водних ресурсів є однією з головних проблем сучасності. Вона є тим більш важливою, якщо врахувати, що глобальний розподіл водних ресурсів є на планеті досить нерівномірним; він залежить від багатьох різноманітних чинників. Таким чином, сьогодні, коли автомобілі та інші автотранспортні засоби (АТЗ) завдають великої шкоди довкіллю, людство зіткнулося з дуже серйозною проблемою – забрудненням водойм і річок шкідливими викидами двигунів АТЗ.

За даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (ЦГО, м. Київ) [1], водні об'єкти і ґрунти України та її столиці сильно забруднені, причому, в основному, це забруднення спричинено сполуками Нітрогену, Фосфору, важких металів, а також нафтопродуктами, фенолами, сульфатами, поверхнево-активними речовинами тощо. Зокрема, авторами роботи [2] встановлено стійку кореляційну залежність між вмістом нітратів у дощовій воді і вмістом в міському атмосферному повітрі оксиду Нітрогену (IV), який є одним з основних забруднювачів автотранспорту.

Основна частина. Столиця України, за оцінками міжнародних експертів, досить часто посідає "високі" місця за індексом забруднення атмосферного повітря. І це означає, що показники якості міського атмосферного повітря і, як наслідок, водних об'єктів, розташованих на території міста, знаходяться у небезпечному діапазоні значень. За даними [3], індекс забруднення води у водоймах м. Києві становить приблизно 63,7, тоді як, наприклад, у м. Тронгейм (Норвегія) цей індекс набагато нижчий і дорівнює всього 15,9. За оцінками фахівців, майже 80 % різноманітних хвороб у світі пов'язано з неналежною якістю питної води, а також зі забрудненням водойм для купання, рибальства та ін. [4].

Забруднення води (і поверхневих, і підземних вод) може бути спричинено як осадженням викидів небезпечних речовин зі стаціонарних джерел забруднення (підприємств хімічної, металургійної, деревообробної та інших галузей промисловості, енергетики тощо), скидів токсикантів (у тому числі й поверхнево-активних речовин, фосфоровмісних сполук тощо) у водойми, так і атмосферним осадженням шкідливих домішок, які є інгредієнтами викидів рухомих джерел забруднення, зокрема, автотранспорту.

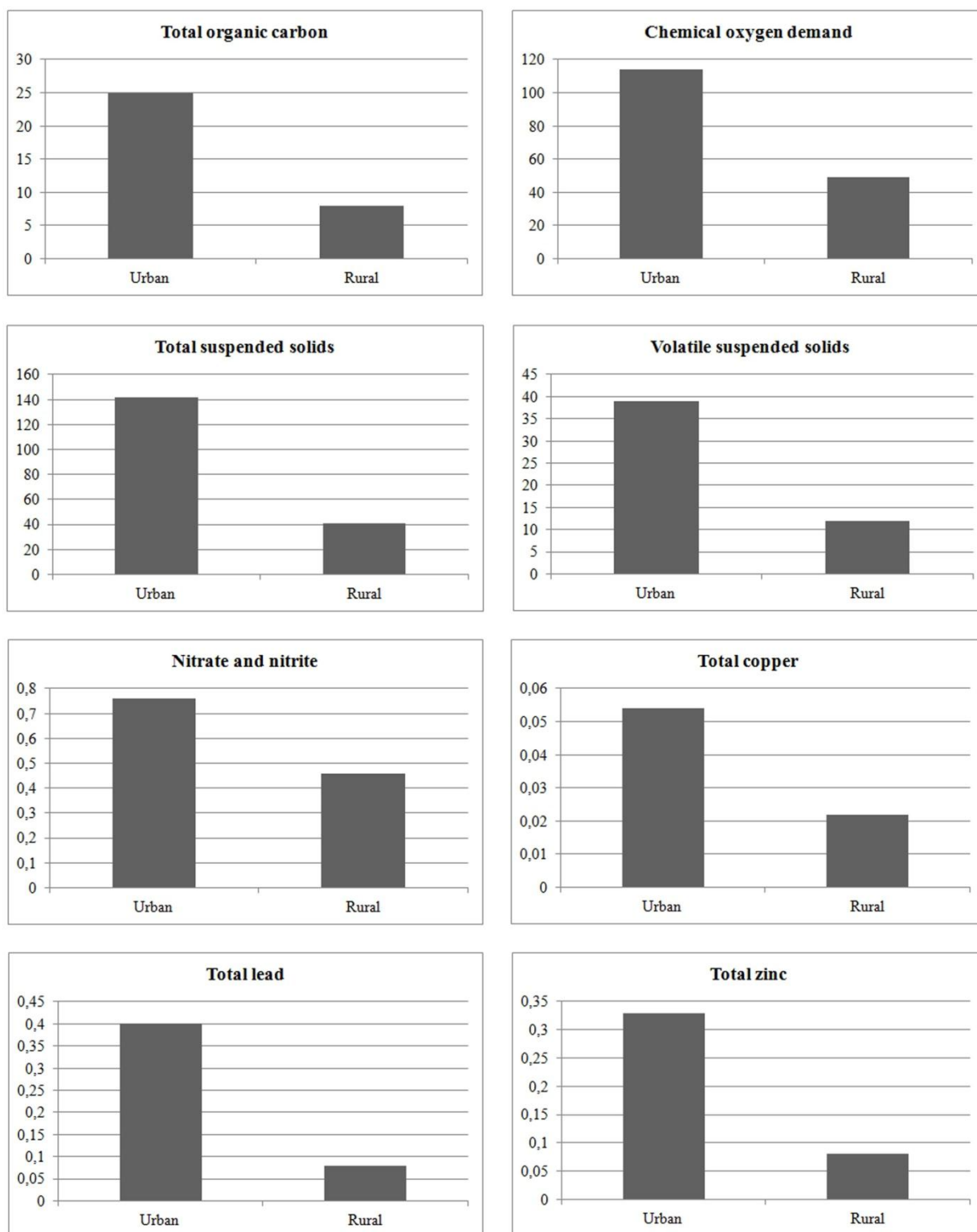


Рис. 1. Вміст токсикантів у стічних дорожніх водах, мкг/дм<sup>3</sup> [5]:

- загальний вміст органічного Карбону;
- хімічне споживання кисню;
- загальний вміст твердих, суспендованих речовин;
- летючі зважені частинки;
- вміст нітратів і нітритів;
- загальний вміст сполук Купруму;
- загальний вміст сполук Плюмбуму;
- загальний вміст сполук Цинку.

Сьогодні багато вчених зауважують, що саме дороги, парковки й паркінги через викиди двигунів АТЗ, потрапляння частинок зносу шин і дорожнього покриття, витоків масел і палив стають значимим джерелом забруднення поверхневих і ґрунтових вод. Наслідки такого забруднення можуть бути надзвичайно шкідливими для природних середовищ і екосистем [5], особливо якщо враховувати потрапляння до водойм сполук важких металів, поліароматичних вуглеводнів та інших канцерогенів. Наприклад, через зношення гальмівних колодок до водойм можуть потрапити сполуки Купруму ( $\approx 47\%$ ), через зношення шин – сполуки Цинку ( $\approx 25\%$ ) [6].

Дорожні стоки, а також стічні води з автостоянок, паркінгів, станцій технічного обслуговування автомобілів, автомийок та інших об'єктів транспортної інфраструктури також мають високі концентрації токсичних речовин, у тому числі й суспензій, поверхнево-активних речовин тощо. Вміст токсичних речовин, а також показник хімічного споживання кисню у дорожніх стоках у сільській місцевості та у великих містах показаний на рис. 1 [5]. Аналіз гістограм доводить, що рівень забруднення дорожніх стоків є найвищим саме на високоурбанізованих територіях, тоді як у сільській місцевості він значно нижчий. У той же час, в сільській місцевості спостерігається підвищений вміст у дорожніх стоках пестицидів і твердих дрібнодисперсних (суспендованих) частинок порівняно з міськими дорожніми стоками [6].

Як зазначалось, виток бензину, мазуту, дизельного палива, моторних масел та антифризів можуть нести значну небезпеку водному середовищу та гідробіонтам. Вони легко розповсюджуються по водній поверхні, поглинаються живими організмами та спричинюють порушення водно-повітряного балансу водойм, метаболізму живих організмів. У сучасних моторних паливах і маслах, як правило, містяться шкідливі компоненти спеціальних присадок і добавок, а також продукти, утворені при згорянні палива у двигунах АТЗ. Різноманітні антифризові суміші містять до 95 % етиленгліколю, який є високотоксичною сполукою. Отже, потрапляння антифризів у водойми сприятиме їй високому отруєнню.

Поверхнево-активні речовини, які потрапляють у ґрунтові та поверхневі води з різноманітними стоками з автомийок, територій парковок, стоянок та станцій технічного обслуговування значно погіршують такі показники якості води, як хімічне та біологічне споживання кисню, спричинюють евтрофікацію водойм тощо. На жаль, екологічний моніторинг дорожніх стічних вод та процесів осадження токсикантів із забрудненого автотранспортом атмосферного повітря є недосконалим, а, отже, не може повноцінно забезпечити безпечне існування й життєдіяльність живих організмів-гідробіонтів.

Зміни екологічного стану міських водних об'єктів, розташованих поблизу напружених автодоріг, досліджували фізико-хімічним експерес-аналізом проб води й придорожного ґрунту, взятих навесні, влітку та в осінній періоди року. Отримані дані порівнювали з фоновими значеннями, визначеними на мінімально забруднених територіях. Для встановлення автотранспортного навантаження на досліджувані водні об'єкти проводили натурні спостереження

за методикою, описаною в роботі [7–10]. Для моделювання дисперсії токсикантів у навколишньому середовищі вивчали орографію місцевості та кліматичні й метеорологічні умови.

Зазначимо, що при багаторазовій та/або тривалій дії токсикантів, особливо за підвищених температур і під дією сонячного світла, природна вода перестає бути тільки розчинником і механічним переносником шкідливих домішок – вона стає хімічним агентом. І при цьому відбуваються вторинні перетворення токсикантів, які можуть навіть підвищити токсичність первісних забруднювачів. Відомо, що найбільшу біодоступність мають сполуки Кадмію, Ніколу, Стронцію, Кобальту та Купруму, а сполуки Хрому, Феруму, Мангану та Плюмбуму зв'язуються з білковими складовими організмів у міцні металорганічні комплекси, спричинюючи токсичну дію на них упродовж усього життя.

Вплив інгредієнтів викидів двигунів АТЗ вивчали за допомогою математичних моделей, які будували за методикою [11] з удосконаленнями, наведеними у роботі [12]. Результат моделювання (на прикладі озера № 14, м. Київ) надано у кратності перевищення гранично допустимих концентрацій досліджуваних токсикантів ГДК<sub>м.р.</sub>, зокрема, оксидів Нітрогену, суспендованих частинок пилу й сажі та монооксиду Карбону. Як можна побачити з рис. 2, озеро № 14, розташоване поблизу Житомирського шосе, а також територія поряд з ним піддаються значному автотранспортному навантаженню. На думку вчених [13, 14], підвищення вмісту оксидів Нітрогену і особливо NO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі усього на 10 % може призвести до зростання рівня захворюваності населення на 0,25–0,35 %.

**Висновки.** Таким чином, встановлено, що автотранспорт є одним з найпотужніших забруднювачів поверхневих і ґрунтових вид токсичними речовинами, які можуть потрапляти до водойм як з дощовими (дорожніми) стоками, так і через мокре та сухе осадження компонентів викидів двигунів АТЗ. Серед основних забруднювачів автотранспорту – оксиди Нітрогену N<sub>2</sub>O, NO, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (рідше), сполуки Сульфуру SO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> та інші, оксиди Карбону CO і CO<sub>2</sub>, вуглеводні C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> різного складу, в тому числі й поліциклічні, поліароматичні тощо, різноманітні альдегіди, дрібнодисперсні тверді (суспендовані) частинки пилу і сажі PM<sub>10</sub> та PM<sub>2,5</sub> (так званий "black carbon"). Також до природного середовища й водойм при функціонуванні АТЗ потрапляють картерні гази, продукти випаровування з системи живлення автомобіля, зокрема, леткі вуглеводні, моторні палива й масла, миючі засоби тощо.

Отже, спостереження за зміною екологічного стану водного та повітряного середовищ, ґрунтів тощо в межах дії об'єктів автотранспортної інфраструктури є важливою складовою системи державного екологічного моніторингу. А зважаючи на певну складність організації екологічного моніторингу саме у техногенно-порушених екосистемах, у нашому дослідженні робимо акцент на методах експрес-моніторингу якості досліджуваних компонентів довкілля з поєднанням їх з методами математичного моделювання.

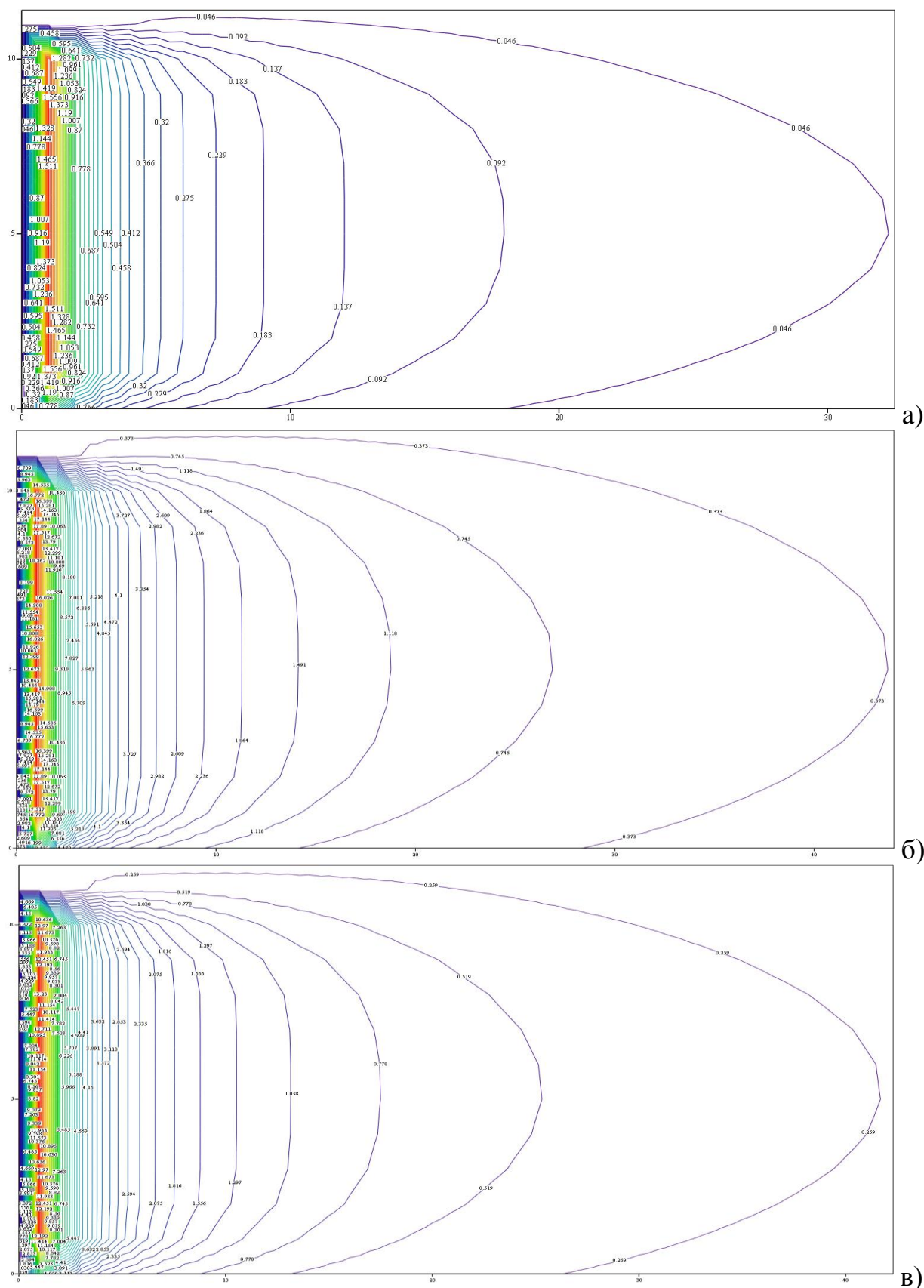


Рис. 2. Результат моделювання розсіювання токсикантів поблизу водного об'єкту – озера № 14 (м. Київ) при найнебезпечніших умовах розсіювання (швидкість середнього вітру 5 м/с): а) суспендовані тверді частинки  $PM_{10}$ ; б) оксиди Нітрогену у перерахунку на  $NO_2$ ; в) монооксид Карбону  $CO$ .

### Список використанх джерел

1. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського: вебсайт: URL: <http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua> (дата звернення: 19.03.2021).
2. Seung-Myung Park, Beom-Keun Seo, Gangwoong Lee, Sung-Hyun Kahng and Yu Woon Jang. Chemical Composition of Water Soluble Inorganic Species in Precipitation at Shihwa Basin, Korea. *Atmosphere*. 2015. № 6. P. 732–750.
3. NUMBEO. Pollution Comparison Between Trjndheim and Kiev. 2016. URL: [https://www.numbeo.com/pollution/compare\\_cities.jsp?country1=Norway&country2=Ukraine&city1=Trondheim&city2=Kiev&tracking=getDispatchComparison](https://www.numbeo.com/pollution/compare_cities.jsp?country1=Norway&country2=Ukraine&city1=Trondheim&city2=Kiev&tracking=getDispatchComparison).
4. Kaushik, A., Kaushik C. P. *Basics of Environment and Ecology*. New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers. 2010. 146 p.
5. *Transportation Cost and Benefit Analysis II – Water Pollution*. Victoria Transport Policy Institute. 2015. URL: <http://www.vtpi.org/tca/tca0515.pdf>.
6. Nixon, H., Saphores, J.-D. Impacts of Motor Vehicle Operation on Water Quality in the United States – Clean-up Costs and Policies. *India Waterportal*. 2016. URL: <http://hindi.indiawaterportal.org/%20Impacts-of-Motor-Vehicle-Operation-on-Water-Quality-in-the-United-States-Clean-up-Costs-and-Policies>
7. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Наказ Державного комітету статистики України № 452 від 13.11.2008. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/metod\\_polog/metod\\_doc/2008/452/metod.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/metod_polog/metod_doc/2008/452/metod.htm) (дата звернення: 21.03.2021).
8. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. М.: Госкомитет РФ по охране окружающей среды, 1999. 15 с.
9. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. СПб., 2010. 15 с. Фирма "Интеграл". URL: <http://forum.integral.ru/viewtopic.php?f=64&t=16815> (дата звернення: 21.03.2021).
10. Кофанова Е. В., Борисов А. А., Евтеева Л. И. Рассеивание вредных веществ в придорожном воздушном пространстве вблизи водных объектов г. Киева. *Горная механика и машиностроение*. 2018. № 2. С. 31–38.
11. Берлянд М. Е. *Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы*. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 448 с.
12. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel: учеб. пособ. / В. А. Холоднов, В. П. Решетиловский, М. Ю. Лебедева, Е. С. Боровинская. СПб: СПбГТИ (ТУ), 2007. 425 с.
13. Maslins D. V., Maslins V. D. Hygienical estimation of risk of violation of health of population of industrial city from influence of factors of environment. *Hygiene and sanitation*. 2007. № 5. P. 32–34.
14. Мукашева М. А., Суржиков Д. В., Голиков Р. А., Кислицына В. В. Анализ ущерба для здоровья населения промышленного центра от загрязнения окружающей среды. *Вестник Карагандинского ун-ту. Сер.: биология, медицина, география*. 2012. № 3 (67). С. 51–58. URL: <http://rep.ksu.kz:80//handle/data/5144> (дата звернення: 21.03.2021).

УДК [502:657.6]:004.4

**Скрипчук П.М.***Національний університет водного господарства та природокористування,  
м. Рівне***Трохлюк Т.М.***ВСП «Березнівський лісотехнічний фаховий коледж НУВГП»,  
м. Березне, Рівненської області***Шпак Г.М.***ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП», м. Рівне*

## **ПРОЦЕСИ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО АУДИТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ**

**Вступ.** Формування геоуправління та інтегрованої системи управління з реалізації національних концепцій, програм економічно доцільного та соціо-екологічно виваженого розвитку передбачає: впровадження законодавчо-нормативних документів як елементів національних стратегій інноваційного розвитку країни; розширення сфери відповідальності всіх суб'єктів діяльності за стан навколишнього природного середовища (НПС), включаючи діяльність та бездіяльність; реформування та вдосконалення діючих економічних інструментів природокористування та природоохоронної діяльності; створення відповідних інвестиційних, податкових, кредитних умов для її реалізації [1].

Згідно закону України «Про екологічний аудит» та концептуальних засад еколого-економічної політики в державі набувають актуальності розробки методик, напрямків та способів здійснення процедури екологічного аудиту щодо інформаційного забезпечення аграрного виробництва та екологічної сертифікації територій в цілому. Така інформація, зокрема, стосується підприємств і організацій, всіх видів природних ресурсів, територій різнопланового призначення, сертифікації об'єктів господарського комплексу, картографічних досліджень територій, що мають соціо-еколого-економічне підґрунтя.

Екологічний аудит необхідно розглядати як еколого-економічний інструмент управління територіями (включаючи різні види землекористування) через: створення і використання законодавчо-нормативного, інформаційного забезпечення; створення організацій та ринкових структур, що надають послуги з експертної оцінки об'єктів НПС та формують інформаційні бази; напрацювання еколого-економічних механізмів управління органічним землекористуванням на основі програм і проєктів, що забезпечують оптимальні рішення в економіці та екології.

**Основна частина.** Організаційно-економічні інновації екологічного аудиту стосуються, наприклад, об'єктів НПС, органічних сільськогосподарських земель. Так, наприклад:

– з'ясування кількісних і якісних характеристик сільськогосподарської ділянки землі для передачі під різні способи виробництва (органічні,

традиційні, інтенсивні) або приватизацію із обґрунтуванням початкових показників якості ґрунту та оплати можливих нанесених збитків власнику паїв;

- комплексний водогосподарський баланс річки із з'ясуванням причин і наслідків витрат води, утворенням геохімічних бар'єрів, ув'язкою якості води з показниками антропогенного навантаження (коефіцієнтами екологічної стійкості ландшафту та перетворюваності ландшафту, інтегральним показником рівня антропогенізації та ін.), наприклад, (рис. 1);
- створення науково-практичної платформи інформаційного забезпечення в цілому діяльності громад від ідеї до діючих систем продажів сировини (продукції), логістики тощо.

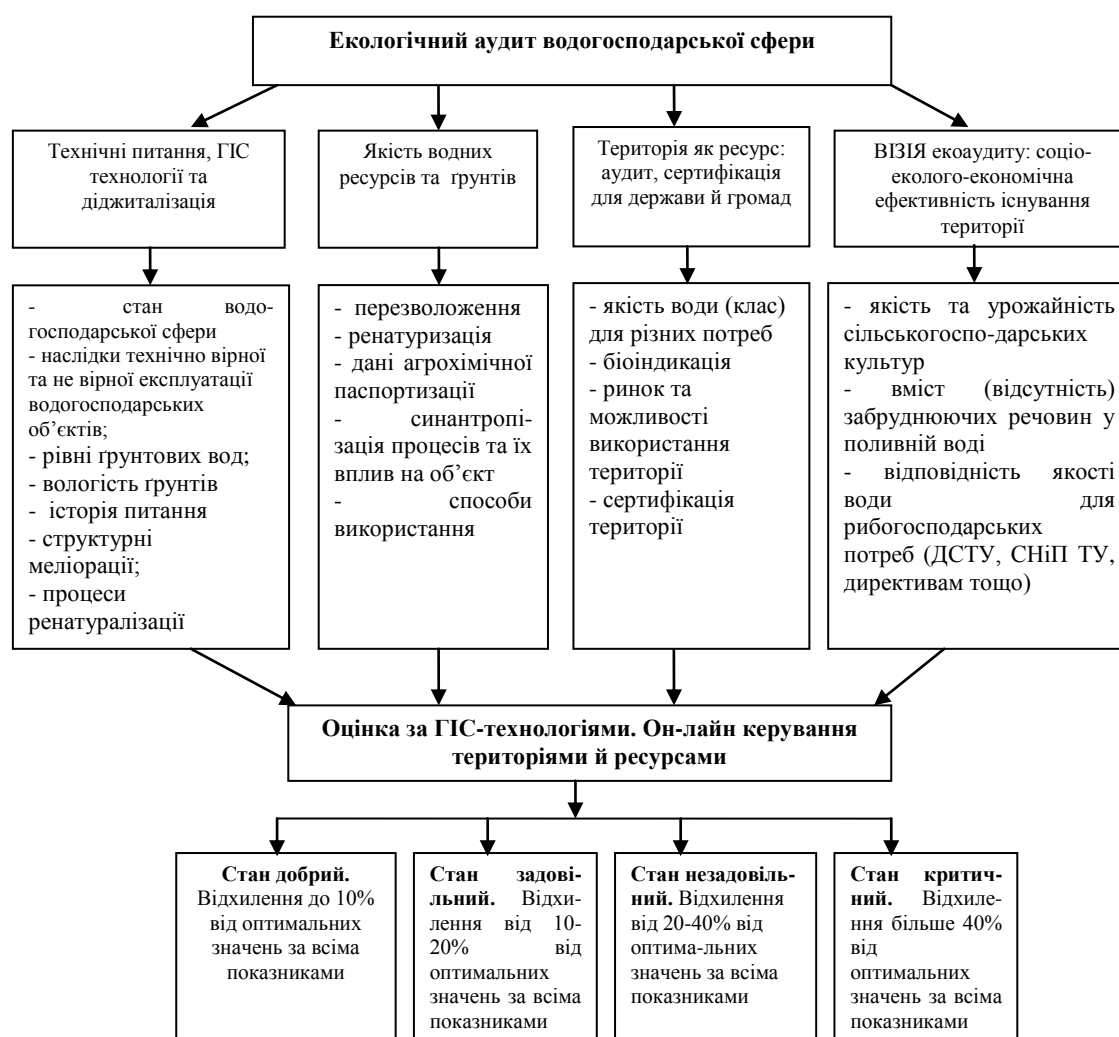


Рис. 1. Алгоритм проведення ЕА

Тому, напрацювання із екологічного аудиту і сертифікації включають: комплексні ліміти для локальних об'єктів і регіонів (вирощування різних культур та розширення тваринництва); картування за різними показниками та їх сумація; типізацію, ранжування соціо-еколого-економічних проблем і ситуацій; прогнозування розвитку негативних процесів і явищ; оцінку ризиків від використання монокультури у аграрному виробництві; теоретико-



методологічні положення оцінки екологічних збитків; аудит і сертифікація; обслуговування практичних положень органічного землекористування тощо.

Підприємствам, місцевим громадам, державним органам самоврядування процедури комплексного аудиту та подальшої сертифікації необхідні для: виконання вимог щодо гармонізації та впровадження світових стандартів та євроном за положеннями «життєвого» циклу продукції органічного сільськогосподарського виробництва; створення позитивного іміджу регіонів для залучення інвестицій як зовнішніх, так і внутрішніх інвесторів; створення «прозорої» бази даних про екологічну, соціальну, економічну, інвестиційну ситуацію на сайтах регіональних структур (досвід країн ЄС з реалізації органічної продукції); планування проведення досліджень (систематизація на рівні регіонів) та ін.

Поряд з фактичними (якісними) показниками доцільно використовувати інтегральні показники для врахування ризиків за кожним показником та видом робіт. Задачі таких робіт можуть бути найрізноманітніші від екологічних карт та баз даних до оцінки територій для оренди, купівлі, для відведення під органічні земельні ділянки тощо. Процеси сертифікації території завершуються встановленням відповідності території за якісними і кількісними показниками за всіма видами ресурсів відповідно до діючих галузевих методик та нормативних документів (СНіП, ДСТУ, СН, ДСТУ ISO).

При оцінці об'єктів НПС незаперечною істиною є врахування природних факторів у сукупності з якістю земель, економічними умовами та їх інформаційним супроводом як об'єкта управління в економічних відносинах. Сукупність природних факторів, які використовуються у виробництві в тій чи іншій мірі, приносить дохід та може виступати у формі синергетичних ресурсів.

Тому, така синергетична система (веб-ресурси, ГІС-технології, онлайн-ресурси з вегетативного індексу, метрологічне забезпечення, екологічні аудит і сертифікація) – це не проста сукупність взаємопов'язаних наук, які утворюють певну цілісність, скільки набір когерентних, інформаційних й історичних процесів, які розвиваються. Отже, такі науки і види діяльності у 21 сторіччі є наслідком глобалізації, інформатизації світу та виникли внаслідок збільшення антропогенного впливу на НПС, погіршення його якості й в цілому суспільного розвитку цивілізації.

Необхідність розвитку метрологічного забезпечення, як високо технологічної галузі, підтверджується великою кількістю хімічних речовин, яких більше 10 млн. Приблизно 70 тис. з них використовуються часто, біля тисячі нових хімічних речовин з'являється на ринку щорічно. Звідси випливає, що врахування навіть існуючих гранично допустимих концентрацій (ГДК), тимчасово допустимих рівнів впливу та інших нормативів потребує значних ресурсів. При цьому необхідно зазначити, що не на всі речовини існують нормативи їх безпечного використання, не кажучи вже про можливі варіанти їх сумісної (підсилюючої) дії. Тому на часі: метрологічне та інформаційне забезпечення на основі інтегральних показників, процентилів, NDVI індексів, способів біоіндикації у сфері природокористування в цілому.

Інтернаціоналізація економік країн визначається науково-технічним розвитком світового виробництва та поширенням інновацій. Натепер, виникає наднаціональний інформаційний простір, що потребує інформації про економічні, екологічні, соціальні та інші реалії, зокрема, щодо адміністративних утворень (населений пункт, громада, область, регіон), складних природно-антропогенних комплексів тощо. Одним із елементів геоуправління є ландшафтно-біосферні моделі земле- і природокористування, як елементи геоуправління територіями. Геоєкологічне прогнозування складається з трьох блоків, об'єднаних цільовим призначенням: природно-ландшафтного (структура і природний потенціал ландшафту), соціально-економічного (антропогенний вплив і навантаження) та блоку екологічних проблем і ситуацій. Наприклад, комплексний вплив відновлюваних процесів у басейнах малих річок вимагає нетрадиційних підходів до здійснення широких меліоративних заходів в кожному елементі ландшафту [2, 3].

Основний принцип ландшафтно-біосферних моделей полягає в накладанні на кожний елемент ландшафту матриці агротехнічних, інженерних, меліоративних і фітомеліоративних заходів з урахуванням техногенного впливу на ландшафт. Це не ускладнює проблему, а в кожному конкретному випадку спрямовує на виконання специфічних, властивих саме для цього елемента ландшафту, технологій. Зокрема, компанія «ШЕЛС» розробила геоінформаційну систему з інтерактивними картами: «Водні ресурси», «Атмосферне повітря» і «Екофінанс» тощо. Система дозволяє виконувати моніторинг НПС. Розроблене рішення може бути інтегровано в майбутню загальнодержавну автоматизовану систему «Відкрите доквілля» [4]. Наступною інформаційною програмою є «ГІС 6 Агро», яка дозволяє проводити аналіз зібраних даних і формувати завдання для польового обладнання, використовуючи технології точного землеробства, диференціальне внесення посівного матеріалу, добрив і картування врожайності тощо. Онлайн-аналіз польових досліджень дає можливість вибирати дані і колірну схему, що дозволяє відстежити на ранніх стадіях ефективність виконання робіт і можливість своєчасного реагування для досягнення максимального результату [5]. На сьогодні вже існують приклади створення Е-інструментів для аграріїв на базі геоінформаційних та ІТ-технологій. Існує ряд технологій, які спрямовані на підвищення точності і ефективності сільськогосподарських процесів. Дані для ухвалення подальших рішень збираються з використанням низки сенсорних технологій, включаючи датчики навколишнього середовища, датчики врожаю, технології візуалізації (включаючи розширені мульти/гіперспектральні зображення), датчики обладнання (наприклад, підключення до сільськогосподарських машин), GIS та пов'язані з ними мережі. Інтелектуальні датчики врожаю які аналізують величезний спектр змінних, що відносяться до здоров'я рослин, таких як потреба в воді, електропровідність ґрунту, товщина ґрунту, вміст органічних речовин, азот ґрунту і рН. Оптичні датчики, наприклад, вимірюють коефіцієнт відбиття світла від культури, який потім може бути переведений в рівень азоту. За допомогою датчиків, що визначають

вологість ґрунту, температуру і вологість повітря, та повідомлень, що відправляються на смартфон, профілактичні заходи щодо посівів можуть бути застосовані людиною вчасно. Роботи можуть самі збирати інформацію за допомогою вбудованих датчиків або підключатися до систем даних, які відправляють їм інформацію з використанням мобільних інформаційних технологій (наприклад, мобільних мереж 4G/5G) [6]. Вже зараз на он-лайн платформах аграріям доступні для безкоштовного використання Е-калькулятори розрахунку потреби пестицидів, добрив, агрохімікатів; розчину для заправки обприскувачів; норми пестицидів, агрохімікатів та добрив для ґрунтового внесення; норми висіву насіння [7].

Колектив науковців [8] запропонував залучити ІТ-технології до управління ґрунтовими процесами, моделювання сівозміни та розрахунку балансу гумусу в ґрунті надасть органічним виробникам повну наукоємку інформацію про розвиток подій за різними варіантами та допоможе приймати ефективні управлінські рішення. Основне завдання е-калькулятора балансу гумусу для органічного землекористування – моделювання сівозміни та обсягів внесення органічних добрив (біогумусу) для стабілізації (покращення) якісного стану ґрунтів, шляхом забезпечення щороку позитивного балансу гумусу з метою отримання урожайності культур неменше ніж за традиційними технологіями.

Сервіси іншої компанії, наприклад, «Студія аграрних систем» пропонують обчислення індексу NDVI на основі знімків в роздільній здатності 0,5-0,3 м/піксель. Таке супутникове картування дозволить побачити посіви в деталях. Додатково доцільно використовувати такі сервіси: облік активів, планування робіт, GPS-трекінг техніки, моніторинг вегетації тощо. Іншим сервісом є «EOS Crop Monitoring». Це комплекс програмного забезпечення, що допомагає організувати моніторинг стану полів, моделювати врожайність, вологість, стан рослини, планувати урожайність та спостерігати за різними аналітичними базами до вибраної ділянки поля [9] та ін.

На основі наукових доробок В. Кіп Віскузі, щодо витрат і вигод у контролюванні якості НПС, правило М.Ф. Реймерса (про недоцільність перевищення нормативів в галузі охорони НПС на 10%), Д.М. Стеценка (співвідношення ризику і оптимуму якості навколишнього середовища), запропоновано проводити екологічний аудит з порівняння витрат, вигід та доцільності певного способу використання у сфері природокористування за схемою (рис. 2). Тому екологічний аудит у сфері природокористування є визначення оптимального рівня якості НПС і рекомендація заходів, щодо вигід і сукупних витрат [10]. Цей максимум досягається при стабілізації якості НПС у точці для рівня якості НПС – ГДК. Витрати на екологічну сертифікацію у сфері природокористування будуть найбільшими при якості НПС – точка ГДК (настання критичної межі забруднення, перш за все за аналітичними а згодом і за інтегральними показниками).

У галузі природокористування доцільно враховувати, що погіршений стан НПС вважається при перевищенні значень ГДК, нормативу, шкали для порівняння до двох разів. При аналогічному перевищенні до 5 разів

спостерігається кризовий стан а до 8 разів – екологічної катастрофи. Інші наукові розробки – правило М.Ф. Реймерса про перевищення нормативу до 10%, та досвід європейських країн засвідчують допустимі зміни в нормуванні якості НПС.

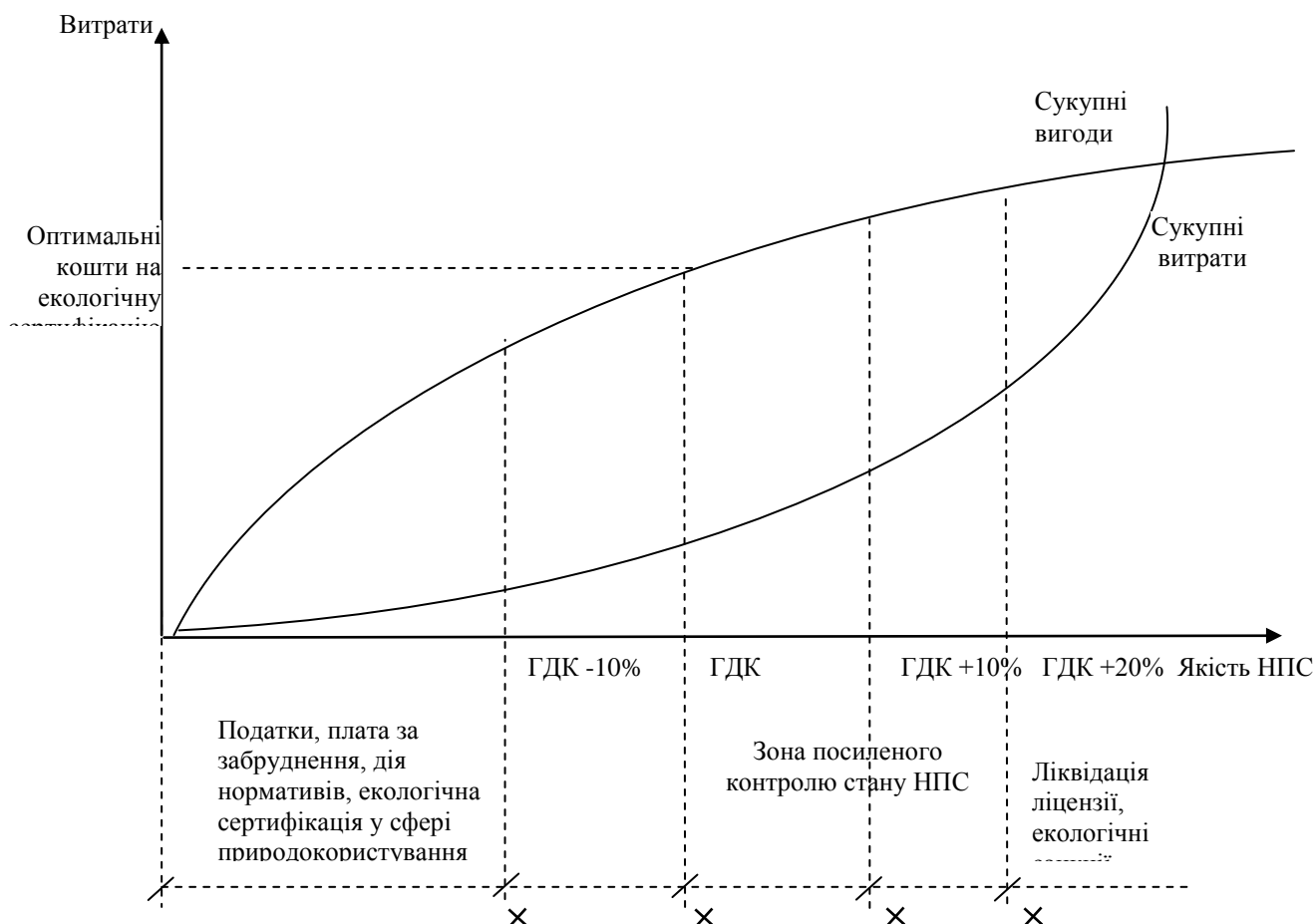


Рис. 2. Еколого-економічний аналіз вигід, витрат в процесі екологічного аудиту у сфері природокористування

Тому традиційна методика оцінювання стану НПС та екологічної сертифікації полягає у приведенні результатів моніторингу до безрозмірного вигляду шляхом ділення на значення ГДК для даного показника. Результатом моніторингу кожного з параметрів є ряд значень, частина з яких може перевищувати ГДК. Деякі з них можуть бути наслідком помилки у вимірюваннях або ж невірним результатом обробки даних, інші – наслідком збігу декількох фізичних явищ тощо. Тому вважаємо допустимим перевищення значення ГДК для деякої частини ряду спостережень.

Обсяг цієї частини визначається за спеціальними правилами (правило 10%, проценти перевищення абсолютних максимумів значень концентрацій забруднюючих речовин, нормативи A-Wert, B-Wert) тощо. Введемо поняття коефіцієнта перевищення ГДК  $K_i$  для  $i$ -го показника

$$K_i = (m_i / n_i) 100\%,$$

де

$n_i$  - загальна кількість спостережень  $i$ - го показника;

$m_i$  - кількість спостережень, які перевищують значення ГДК.

**Висновки.** В результаті реалізації процедури екологічного аудиту сільськогосподарських земель меліоративної системи „Деражне-Постійне” встановлено невідповідність рівнів ґрунтових вод і вологості ґрунтів на площі – 446 га, оптимальних показників родючості сільськогосподарських земель на площі – 291 га, збільшення кислотності на площі – 1025 га. Провівши системну оцінку осушуваних сільськогосподарських земель встановлено: добрий стан спостерігається на площі 1400 га; задовільний стан спостерігається на площі 475 га; незадовільний стан спостерігається на площі 237 га; критичний стан спостерігається на площі 209 га.

### Список використаних джерел

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2007 р. № 880-р. Концепція національної екологічної політики України на період до 2020 року. Офіційний вісник України. 2007. № 79. С. 171-179.
2. Геоікологічне прогнозування та екологічна експертиза. Електронний ресурс. Доступно за адресою. URL: [https://pidruchniki.com/.../geoekologichne\\_prognozuvannya](https://pidruchniki.com/.../geoekologichne_prognozuvannya)
3. До проблеми оптимізації земле- та природокористування. Електронний ресурс. Доступно за адресою. URL: <http://eSNUIR.esnuir.eenu.edu.ua/bitstream/123456789/1404/1/Carik.pdf>
4. Геоінформаційна система «Відкритий доступ» Моніторинг навколишнього середовища і антикорупційні розслідування. Електронний ресурс. Доступно за адресою. URL: <http://openenvironment.org.ua>
5. GIS 6 Agro - Компанія ШЕЛС. Електронний ресурс. Доступно за адресою. URL: [shels.com.ua/gis6agro](http://shels.com.ua/gis6agro)
6. Житков А. ТОП-10 технотрендів для сільського господарства // Агропрофі. – січень 2020. [Електронний ресурс]. – Доступно за адресою: <http://www.agroprofi.com.ua/statti/1817-10>
7. «Аграрні калькулятори» для агрономів, садівників, фермерів [Електронний ресурс]. – Доступно за адресою: <https://agrarii-razom.com.ua/calculators>.
8. Applied Aspects of Humus Balance Modelling in the Rivne Region of Ukraine P. Skrypchuk, V. Zhukovskyu, H. Shpak, N. Zhukovska, H. Krupko – Journal of Ecological Engineering. 21 (6), 42-52
9. EOS Crop Monitoring - a new farm software for agriculture. Електронний ресурс. Доступно за адресою. URL: <https://eos.com/eos-crop-monitoring>
10. Моделі та механізми геоуправління аграрними підприємствами: монографія / Скрипчук П.М., Судук О.Ю. Рівне: НУВГП. 2020. 315 с.

УДК 631.67.03

**Войтенко Л.В., Копілевич В.А., Заленська Є.А., Гаць А.К.**  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

## **ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ: МЕТОДОЛОГІЯ ТА ПРАКТИКА**

**Вступ.** Очевидні зміни клімату зумовили пошук методів адаптації для подолання біосферних змін, які зачіпають всі області існування людства. На перше місце виходить продовольча проблема. Наслідком зростаючих затрат на виробництво та переробку продуктів харчування є різке зростання їхньої вартості. Так, за даними ФАО, протягом 2020 р. ціни на продукти в світі зросли майже на третину та досягли максимуму за останні 7 років. Найбільш сильно дорожчали рослинна олія, цукор, зернові, м'ясо та молочна продукція. Експерти вважають, що причина не лише в глобальній інфляції, а й у спаді виробництва продовольства на фоні коронавірусної пандемії [1]. Вирішити продовольчу проблему дозволить широке впровадження зрошувального землеробства, за рахунок чого може вироблятися до половини продуктів харчування на 2050 рік, відповідно до прогнозів ФАО.

Однак одним із основних лімітуючих чинників рослинництва та тваринництва в Україні стає доступ до водних ресурсів. Зважаючи за зниження фізичних об'ємів поверхневого стоку через тривалу гідрологічну посуху та різке зниження якості поверхневих та підземних вод, проблема організації зрошення на родючих ґрунтах степової, лісостепової зони і навіть Полісся, є дуже гострою [2].

**Основна частина.** За умов інтеграції України до європейського співтовариства однією з основних завдань є всебічна гармонізація та адаптація нормативної бази, в тому числі в області моніторингу та оцінювання якості природних ресурсів для стійкого розвитку. Для цього недостатньо просто перекласти нормативи ЄС. Необхідно розуміння того, що, наприклад, механічне перенесення європейських вимог до якості водних ресурсів агросфери приведе до парадоксальних результатів. Так, внаслідок переважання карбонатних ґрунтів на аграрних територіях України більшість підземних вод мають високу твердість порівняно з європейськими. Тому за цим показником переважна кількість українських локальних підґрунтових джерел водопостачання буде мати погану якість і оцінюватися як непридатні для зрошення чи для пиття. Європейські технології вирощування сільськогосподарських культур потрібно адаптувати до українських реалій, в тому числі якості існуючих джерел водопостачання. Тому ми вбачаємо актуальність даної роботи в тому, щоб запропонувати об'єктивну, гнучку методологію інтегральної оцінки якості водних ресурсів з врахуванням об'єктивних реалій. Приклад: до авторів даної статті звернулися бізнесмени, що планують втілити у життя стартап із вирощування екологічно чистої ягідної продукції для її експорту до країн ЄС. Проте виявилось, що для крапельного

зрошення рослин немає якісних джерел водопостачання. Вода свердловини, яку планували використати, містила значний надлишок заліза, вода ставка була дуже каламутною та забрудненою побутовими стоками. Тому при плануванні бізнес-плану таких виробництв слід передбачати або облаштування власного джерела водопостачання, або спорудження очисних локальних установок для кондиціонування води.

Водне середовище характеризується високою мінливістю складу та властивостей у часі та просторі. Тому оцінювання його екологічного стану, ступеня забруднення чи придатності для певного виду водокористування чи водоспоживання – складна методологічна задача. Цим пояснюється існування широкого спектру міжнародних та вітчизняних методик оцінювання придатності вододжерел для питного водопостачання, зрошення, риборозведення тощо. Проте спроби використання різних підходів до оцінювання одного й того ж водного об'єкту приводили до абсурдних результатів – оцінка якості води однієї річки коливалася від «доброї» до «незадовільної» або «дуже брудної» [3].

Методологічна проблема у розробці узагальненого критерію якості води для зрошення полягає у тому, що одночасно потрібно врахувати різні за своєю природою вимоги:

- Забезпечити відсутність негативного впливу води на зрошувані землі, врахувавши тип ґрунту, які зрошується;
- Забезпечити відсутність фітотоксичності води при зрошенні дощуванням;
- При одночасному проведенні позакореневого зрошення із поливом попередити вторинні взаємодії складових добрив, пестицидів із розчиненими у воді складовими;
- Гарантувати епідеміологічну безпеку для зрошуваних територій, вирощеної продукції, поверхневих та ґрунтових вод, куди потраплять дренажні води.

Складність нормування таких різномірних показників привела до того, що в Україні введено окремі стандарти, які нормують агрономічні критерії вимог для води до зрошення – ДСТУ 2730:2015 та екологічні критерії – ДСТУ 7286:2012. Окремими нормативними документами (ДСТУ 7591:2014 Зрошення. Якість води для систем краплинного зрошення. Агрономічні, екологічні та технічні критерії; ДСТУ 7594:2014 Мікрозрошення. Краплинне зрошення плодівих культур. Загальні вимоги та методи контролювання) введено вимоги до якості поливної води для систем мікрозрошення, які є дуже перспективними за умов гідрологічної посухи, підвищеного випаровування при традиційному поливі. Особливістю вимог до якості води при мікрозрошенні є окрема група показників, за якими оцінюється вплив на саму систему краплинного зрошення.

Таким чином, методологія оцінювання досить складна і не дає відповіді на головне питання водоспоживача – чи можна воду із конкретного джерела використовувати без суттєвих ризиків для ґрунту та вирощуваної продукції,

якщо, наприклад, один або більше параметрів не відповідають встановленим вимогам.

Найбільш відомим та вживаним узагальненим критерієм оцінювання якості води для зрошення є показник SAR – натрієво-адсорбційного співвідношення, що оцінює ризики осолонцювання ґрунтів, розроблений Департаментом сільського господарства США [4]. Проте практика його використання у різних країнах світу засвідчила, що його не можна вважати універсальним. Аналіз сучасних публікацій свідчить про те, що найбільш активно розробляються та впроваджуються узагальнені індекси якості води для зрошення, адаптовані під регіональні особливості як ґрунтового покриву, так і типу вирощуваних культур, складу природних вод для іригації [5-7].

Концепція, яка пропонується для узагальненого оцінювання якості води для зрошення одночасно за всім комплексом вимог до води (агрономічних, екологічних, технічних), полягає у використанні методу агрегації через досить широко розповсюджену функцію бажаності Харрінгтона [8, 9].

Вона включає наступні етапи:

1. Розроблення шкал так званих часткових бажаностей ( $d_i$ ) для довільного набору параметрів, які слід контролювати у воді для зрошення. Ці шкали потрібно розробляти окремо для кожного типу ґрунту та технології поливу – традиційного, дощування, мікрозрошення. Приклад наведено в таблиці.

Таблиця 1 – Шкала діапазонів величин часткових бажаностей показників складу та властивостей води для зрошення на чорноземах типових дощуванням

Параметри якості води	Одиниці вимірювання	Значення функції d				
		1,00 – 0,80 – дуже добре	0,80 – 0,63 – добре	0,63 – 0,37 – задовільно	0,37 – 0,30 – погано	0,20 – 0,00 – дуже погано
Солевміст	мг/дм <sup>3</sup>	320-480	481-1000 150-319	1001-3500 100-149	3501-5000 80-99	5001-10000 0-79
Температура	°C	21-16	12-15 22-24	9-11 25-28	7-9 29-31	0-8 32-45
Водневий показник рН	Одиниці рН	6,9-7,0	6,5-6,8 7,1-7,5	6,1-6,4 7,6-8,5	5,5-6,0 8,6-9,0	3,5-5,4 9,1-11,0
Вміст заліза загального	мг/дм <sup>3</sup>	0-0,05	0,06-0,20	0,21-1,00	1,01-5,00	5,01-90,000
Каламутність	НОК*=0,58 (мг/дм <sup>3</sup> )	0-5	6-10	11-50	52-200	201-5000
SAR	-	2,0-3,0	1,5-1,9 3,1-6,0	1,2-1,4 6,1-12,0	0,9-1,1 12,1-20,0	0,1-0,8 20,0-40,0
Вміст бору В	мг/дм <sup>3</sup>	0-0,4	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	5,0-30,0
Вміст нітратного азоту N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0-4	5-15	16-20	21-30	30-1000

\* нефелометричні одиниці каламутності (NTU)



2. Трансформація значень кожного із контрольованих показників із фізичних величин (одиниць рН, НОК, мг/дм<sup>3</sup>) у безрозмірні величини часткових бажаностей через критеріальні рівняння, які описують так звані криві бажаності для односторонніх чи двосторонніх обмежень (рис.).

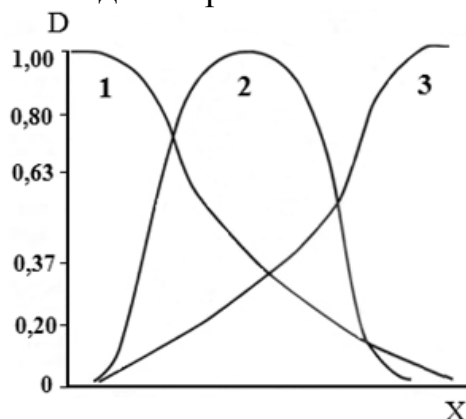


Рис. 1. Загальний вигляд кривих бажаності для трансформації фізичних величин у безрозмірні

3. Агрегація величин часткових бажаностей в узагальнену оцінку  $D_{об.}$  у вигляді середнього геометричного:

$$D_{об.} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i},$$

де  $n$  – кількість параметрів складу та властивостей води, які включено до узагальненої оцінки;

4. Категоризація якості, яка проводиться відповідно до психофізичної шкали:

Значення функції $D_{об.}$	Категорія
1,00 – 0,80	дуже добре
0,80 – 0,63	добре
0,63 – 0,37	задовільно
0,37 – 0,30	погано
0,20 – 0,00	дуже погано

Авторами статті розроблено програму-калькулятор, яка дозволяє проводити дані розрахунки в автоматизованому режимі.

Переваги даної методики полягають у наступному:

1. Всі існуючі вимоги до якості води для зрошення (агрономічні, екологічні, технічні) можна об'єднати у один узагальнений показник, оцінка якого зрозуміла нефахівцеві;

2. Виявити параметр, який найбільш критично впливає на загальну оцінку за найменшим значенням часткової бажаності;

3. Підібрати на основі цього найбільш раціональний метод кондиціювання чи очищення води для зрошення;

4. Порівняти якість води із різних джерел та оцінити їхню придатність для поставленої задачі;

5. Можна проводити оцінювання якості одночасно для різних технологій зрошування – як традиційного, так і мікрозрошування, користуючись різними шкалами часткових бажаностей;

6. Можна розширяти чи, навпаки, скорочувати перелік показників, за якими проводиться узагальнена оцінка, залежно від потреб виробництва чи наявних даних хімічного та бактеріологічного аналізу води.

**Висновки.** Запропоновано нову методологію оцінювання води для зрошення, яка дозволяє враховувати різноманітні вимоги: попередження погіршення стану ґрунтів, пошкодження системи поливу, фітотоксичності. Суттєвими перевагами її перед існуючими нормативними документами є простота реалізації, зрозумілість узагальненої оцінки для нефахівця, широкі можливості адаптації під конкретні вимоги технологій чи типу вододжерел.

### Список використаних джерел

1. FAO Data Lab. FAO Big Data tool on Covid-19 impact on food value chains [Electron source]. – Available at: <http://www.fao.org/datalab/website/web/covid19>.
2. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти: колективна монографія. За наук. ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, Б.С. Носка. - Харків : Стильна типографія, 2018. - 364 с.
3. Вербецька К. Ю. Порівняльний аналіз методик оцінки якості поверхневих вод (на прикладі типової р. Губісцкалі) / К.Ю. Вербецька. - Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : Зб. наук. праць (Серія Сільськогосподарські науки). – Рівне, 2011. - Вип. 2(54). – С. 91-99.
4. Ayers, R. S. Water quality for agriculture / R. S. Ayers, & D.W. Westcot. – Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 1985, Vol. 29, Rev. 1. – 186 pp. [Electronic resource]. – Access mode: [http://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/tmdl/records/state\\_board/1985/ref2648.pdf](http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/tmdl/records/state_board/1985/ref2648.pdf).
5. Yıldız S. Estimation of irrigation water quality index with development of an optimum model: a case study / S.Yıldız, C.B Karakuş // Environ Dev Sustain. – 2020. – Vol. 22. – P. 4771-4786/
6. Saeedi, M., Abessi, O., Sharifi, F., & Meraji, H. (2010). Development of groundwater quality index. Environmental Monitoring and Assessment, 163, 327–335.
7. Celsemy Eleutério Maia. Proposal for an index to classify irrigation water quality: a case study in northeastern Brazil / Celsemy Eleutério Maia, Kelly Kaliane Rego da Paz Rodrigues // Rev. Bras. Ciênc. Solo. – 2012. – Vol. 36, Issue 3. – P. 823-830.
8. Гелашвили Д.Б. Применение интегральных показателей на основе функции желательности для комплексной оценки качества сточных вод / Д.Б. Гелашвили, А.В. Лисовенко, М.Е. Безруков // Поволжский экологический журнал. – 2010. - № 4. – С. 343-350.
9. Бикбулатов Э.С. Функции желательности Харрингтона для оценки качества природных вод / Э.С. Бикбулатов, И.Э. Степанова // Экологическая химия. – 2011. – Т. 20, № 2. – С. 94-104.

УДК 631.1+631.67:551.58(477.7)

**Улько Є.М.***Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва  
ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»***ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОМЕЛІОРАТИВНИХ  
ЗАХОДІВ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ**

**Вступ.** Якими не були б досконаліми організаційно-економічні та інституціонально-правові механізми використання водних ресурсів у господарському комплексі, найважливішим чинником водокористування виступає водозабезпеченість країни, що є об'єктивним природно-ресурсним фактором соціально-економічного розвитку. А рівень водозабезпеченості і є тим відправним пунктом щодо розгляду різноманітних форм, методів та способів залучення водних ресурсів у відтворювальний процес. Між тим в Україні має місце значна територіальна диференціація щодо запасів водних ресурсів та щодо обсягів водоспоживання [1, с. 470].

Забезпечення дотримання кращих, а подекуди оптимальних режимів водоспоживання сільськогосподарських рослин є однією з вагомих чинників для здійснення сталого управління земельними ресурсами. Очевидно, що від водно-ґрунтового режиму залежатиме зрештою й досягнення сталості врожайів сільськогосподарських культур та продуктивності сівозмін. Як відмічає О.І. Шкуратов [2, с. 52], відхилення вологості ґрунту від оптимальних норм на 10 %, що спричиняє зниження врожайності деяких культур до 20–25 %, де в свою чергу урожайність на повторно засолених ґрунтах (за використання для зрошення води низької якості та порушення науково обґрунтованих режимів зрошення і агротехнічних заходів) значно знижується, зокрема зернових – у 1,5–2 рази; просапних – 3–4; овочевих – майже у 5 разів.

Таким чином, не лише дефіцит вологи в ґрунті негативно впливає на рослину, але й самі ґрунти залежно від ступеня засолення й якості зрошувальної води теж відзначаються зворотнім зв'язком з урожайністю сільськогосподарських культур. Воротинцевою Л.І. за результатами бального оцінювання спроможності надання екосистемних послуг земель від використання поливної води виділено три класи її придатності для зрошення різних груп ґрунтів згідно їхньої буферності: придатні, обмежено придатні і непридатні. При цьому за придатної води для поливу надання екосистемних послуг оцінюється в 10 балів, за обмеженою придатністю – 5 балів і непридатні – не набрали жодного балу [3, с. 140].

Особливо загрозливим з точки зору продовольчого забезпечення та економічної доступності населення до продовольчих ресурсів виглядає через зміни клімату та посилення посушливості територій, навіть, у Лісостеповій зоні України. Тобто нестійке землеробство динамічно розширює нові території обробітку земель на непритаманних до недавнього часу природно-кліматичних зонах. Все це призводить як наслідок до ведення сільського господарства в

умовах підвищеного ризику та стійкості землекористування. Як стверджує Р.А. Вожегова, збереження тенденцій росту температур у теплий період і у подальшому може створити значні проблеми для вирощування сільськогосподарських культур [4, с. 5].

За даними ООН до 2050 року, за прогнозами, глобальний попит на воду зросте на 55 %, головним чином через зростаючі потреби у виробництві, генерації теплової електроенергії та побутовому використанні [5, с. 2]. Очевидно, що враховуючи на істотні тарифи на використання поливної води на зрошуваних землях у майбутньому дані витрати будуть зростати і, зокрема, через підвищений попит на водні ресурси у сільському господарстві. Тому зміна існуючих схем зрошування через управління режимом водної напруги рослин здатний в свою чергу заощадити 27 % поливної води [6, с. 648].

**Основна частина.** Згідно з одержаними даними лабораторії родючості зрошуваних і солонцевих ґрунтів ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського» було встановлено, що збитки на зрошенні одержано в зв'язку з недостатнім приростом урожаю та з врахуванням повноти скалькульованих витрат на дощувальні машини, які під час розрахунку були прийняті як нове технологічне обладнання, за фронтальною ДМФ «Фрегат» (марка ДМФ-Ф-Б9-504-110) та виходячи з необхідності оновлення (реновацію) інфраструктури зрошення. Відтак нами обчислено величину тарифів на полив, залежно від потреб річного навантаження на дощувальні машини в умовах Північного Степу. При цьому ми не враховували платність за воду, а розраховували власну добичу (забір) води, за методичним підходом запропонованим К.І. Шаввою [7]. Зважаючи на ці умови та особливості калькуляції витрат – за зрошенням мінералізованою водою в цілому на сівозміну – одержано збитковість, яка становить 30,5 %, де. Звідси, на рис. 1 наведено порівняльну характеристику коливання рівня рентабельності (збитковості) двох агроеліоративних заходів згідно з варіантом на контролі № 3.

Приріст рівня рентабельності порівняно з контролем № 1 (без зрошення) в середньому за сівозміною за варіантом внесення суспензії КЗШ та плантажу становить 15,4 і 39,9 % відповідно. Слід зазначити, що внесення суспензії КЗШ забезпечило не лише просте відтворення ґрунтів, а завдяки такому агроеліоративному заходу досягнуто в умовах збитковості зрошення в досліджуваному періоді розширене відтворення ґрунтових ресурсів, використання землі [8].

Досить високий рівень рентабельності сільськогосподарських культур, реагування на внесення шламу, спостерігається на посівах кукурудзи на зерно (2012 р.) – 68,1 % та в 2015 р. – 88 %, а також гречки (2013 р.) – 57,3 %. Однак, найбільша рентабельність за плантажу досягнуто на посівах картоплі (2011 р.) – 134,6 %, гречки (2013 р.) – 228,9 % та цукрового буряку (2014 р.) – 213,7 %. Звідси можна побачити, що висока економічна ефективність для обох агроеліоративних заходів спостерігається за вирощуванням гречки. Спільним є також добра реакція на дані заходи, які проявляються за кукурудзою на зерно.

Разом із тим інші культури дещо інакше реагували на агрономеліоративні прийоми, зокрема це характерно для картоплі та озимої пшениці.

Як видно з рис. 1, переважання абсолютного приросту рівня рентабельності від внесення суспензії ЗКШ над плантажем, де за базу порівняння взято дослід на контролі № 3 – зрошення мінералізованою водою, має місце за озимою пшеницею (2009 р.) відповідно 35 і -68,8 в.п., кукурудзою на зерно (2015 р.) відповідно 153,2 і 134,9 в.п., горохом на зелену масу (2016 р.) відповідно 33,8 і 0 в.п. При цьому найбільш протилежні зміни відмічаються за такими сільгоспкультурами як картопля (2011 р.) відповідно 73,1 і 221,7 в.п., гречка (2013 р.) відповідно 40,4 і 212 в.п., цукровий буряк (2014 р.) відповідно 6,1 і 195,3 в.п. та озима пшениця (2017 р.) відповідно 19,8 та 119,7 в.п.

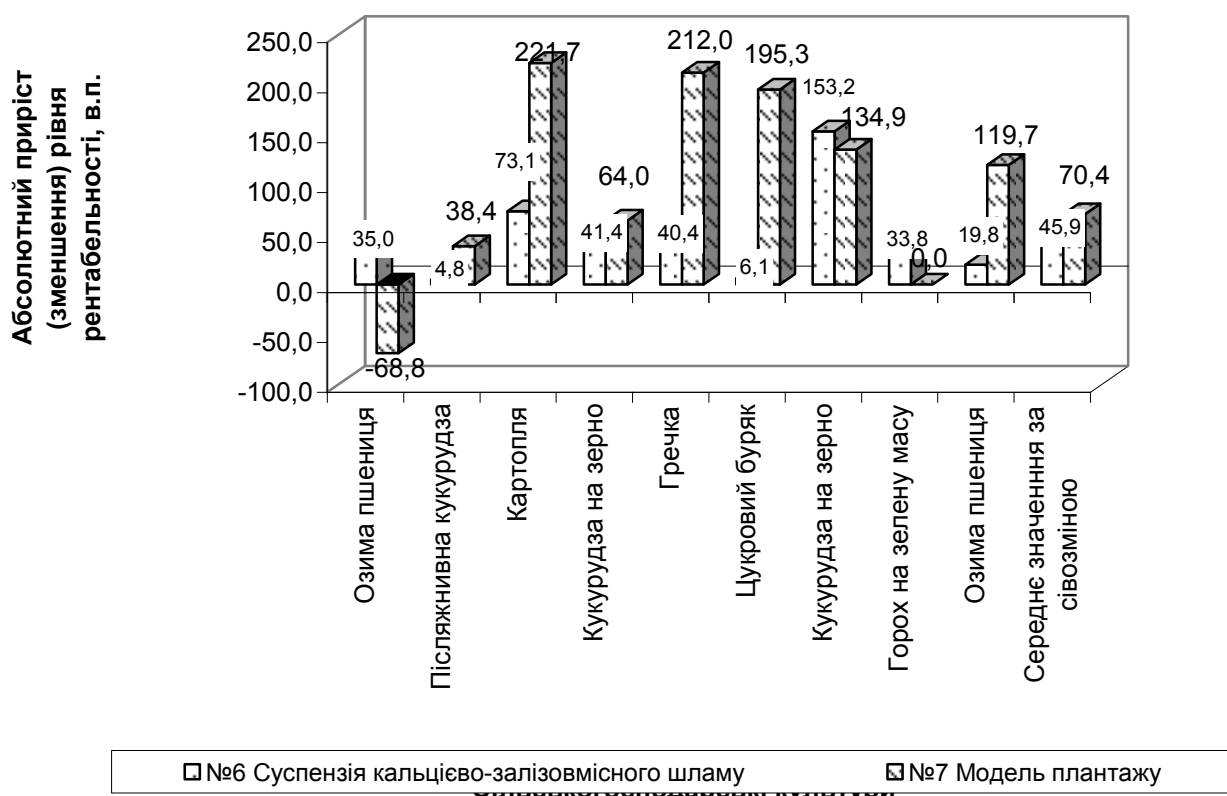


Рис. 1. Зміна рівня рентабельності (збитковості) виробництва сільськогосподарської продукції та в середньому за сівозмінною залежно від варіанту дослід порівняно з контролем (зрошення мінералізованою водою), в.п.

Як бачимо даний розрахунок показує не лише величину змін, а й розкриває (характеризує) найбільші потенційні резерви щодо реагування сільськогосподарських культур на агрономеліоративні заходи. В цілому за всю сівозмінну внесення суспензії КЗШ порівняно з контролем № 3 спричинило приріст абсолютного рівня рентабельності на 45,9 в.п., а при плантажній оранці дана величина зросла на 70,4 в.п., що підтверджує про досягнення досить високих економічних результатів від обох агрономеліоративних прийомів [9].

Методика статистичних розрахунків базується на дотримання загальних рекомендацій з джерела [10], а оцінка екологічного ефекту за порівняльної дії меліорантів розраховувалося на підставі [11; 12]. Результати обчислення еколого-економічного ефекту та ефективності наведено в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1 - Еколого-економічний ефект за варіантами дослідів порівняно до варіанту на контролі № 1 (без зрошення) з розрахунку на 1 га площі сівозміни, який оцінений за меліорантами розсолонцюючої дії (глибина ґрунту до 25 см)

Показник	Варіант дослідів:	
	Контроль № 3. Зрошення мінералізованою водою	№ 6 Суспензія кальцієво- залізовмісного шламу (КЗШ)
<b>Фосфогіпс</b>		
Еколого-економічний ефект - всього, тис.грн/га	37,9	80,1
у т.ч.: прями́й ефект (економічний) від приросту врожаю, тис.грн/га	28,6	54,5
від розсолонцювання ґрунту (екологічний ефект), тис.грн/га	9,3	25,6
Питома вага ефекту розсолонцювання ґрунту до загального або перевищення величини збитків, %	24,5	32,0
<b>Кальцієво-залізовмісний шлам (КЗШ)</b>		
Еколого-економічний ефект - всього, тис.грн/га	36,6	76,6
у т.ч.: прями́й ефект (економічний) від приросту врожаю, тис.грн/га	28,6	54,5
від розсолонцювання ґрунту (екологічний ефект), тис.грн/га	8,0	22,1
Питома вага ефекту розсолонцювання ґрунту до загального або перевищення величини збитків, %	21,9	28,9
<b>Крейда</b>		
Еколого-економічний ефект - всього, тис.грн/га	37,1	77,9
у т.ч.: прями́й ефект (економічний) від приросту врожаю, тис.грн/га	28,6	54,5
від розсолонцювання ґрунту (екологічний ефект), тис.грн/га	8,5	23,4
Питома вага ефекту розсолонцювання ґрунту до загального або перевищення величини збитків, %	22,9	30,0

*Джерело:* власні розрахунки за даними лабораторії родючості зрошуваних і солонцевих ґрунтів ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»

Таблиця 2 - Загальний рівень еколого-економічної ефективності меліоративних заходів залежно від варіанту дослідження порівняно з контролем № 1 (без зрошення) для всієї сівозміни (глибина ґрунту до 25 см), тис грн/га

Показник	Варіант дослідження	
	Контроль № 3. Зрошення мінералізованою водою	№ 6 Суспензія кальцієво- залізовмісного шламу (КЗШ)
<b>Фосфогіпс</b>		
Загальний рівень рентабельності (збитковості), %	-7,9	69,6
у т.ч.: від змін урожайності (економічний ефект)	-30,5	15,4
від розсолонцювання ґрунту (екологічний ефект)	22,6	54,2
<b>Кальцієво-залізовмісний шлам (КЗШ)</b>		
Загальний рівень рентабельності (збитковості), %	-11,0	62,2
у т.ч.: від змін урожайності (економічний ефект)	-30,5	15,4
від розсолонцювання ґрунту (екологічний ефект)	19,5	46,8
<b>Крейда</b>		
Загальний рівень рентабельності (збитковості), %	-9,8	64,9
у т.ч.: від змін урожайності (економічний ефект)	-30,5	15,4
від розсолонцювання ґрунту (екологічний ефект)	20,7	49,5

*Джерело:* власні розрахунки за даними лабораторії родючості зрошуваних і солонцевих ґрунтів ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського»

Еколого-економічний ефект в розрізі досліджуваних меліорантів є досить близьким між собою. Проте наявний різний вміст карбонатів у даних меліорантів, зумовлює переваги саме тих у яких їх виявляється дещо більше. Оцінка розсолонцюючої дії ґрунтів за видами меліорантів, доводить, що застосування шламу є не лише економічним доцільним, але разом з тим екологічно ефективним, оскільки загальний рівень рентабельності від двох видів ефектів за шламами становить 62,2 %, а в порівнянні з фосфогіпсом є ще більшим, і становить 69,6 %.

**Висновки.** Якість поливної води та режими водозабезпечення істотно впливають на економічну та екологічну ефективність використання земель, її інтенсивність. Обґрунтована ефективність інтенсифікації в умовах

посушливого клімату, безпосередньо в Північному Степу завдяки оцінці за економічними та екологічними критеріями дає змогу виявити кращі (оптимальні) варіанти, які досягаються завдяки проведенню відповідних агро меліоративних, які нами розглянуто. У свою чергу величина екологічного ефекту тісно пов'язана з обранням методичного підходу за яким здійснюється оцінювання порівняння застосовуваних меліорантів на солонцевих ґрунтах (землях) та їх вартості для визначення меліоративної дії.

### Список використаних джерел

1. Хвесик М.А. Інституціональна модель природокористування: пострадянський формат. К.: Кондор, 2007. 788 с.
2. Шкуратов О.І. Оцінка впливу екологічних чинників на економічні показники аграрного виробництва. *Вісник аграрної науки*. 2018. Т. 96, № 3. С. 51–55. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201803-09>
3. Воротинцева Л.І. Наукові основи сталого управління ґрунтовими ресурсами Степу України в умовах зрошення : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.03 / ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», НААН. Харків, 2019. 517 с.
4. Вожегова Р.А. Стратегія розвитку систем землеробства Південного Степу до змін регіонального клімату. *Зрошуване землеробство*. 2017. Вип. 68. С. 5–9.
5. Water for a sustainable World. *The United Nations World Water Development Report*. 2015. 140 p. URL: [https://catalogue.unccd.int/597\\_231823E.pdf](https://catalogue.unccd.int/597_231823E.pdf)
6. Zhou Jian, Cheng Guodong, Li Xin et al. Numerical Modeling of Wheat Irrigation using Coupled HYDRUS and WOFOST Models. *Soil Science Society of America Journal*. 2012. Vol. 76, No 2. Pp. 648–662. DOI: 10.2136/sssaj2010.0467
7. Шавва К.И. Методика определения тарифов на воду, надавану для орошення сільськогосподарських культур із поверхневих вододжерел. *Вісник ОДАБА*. 2004. № 13. С. 215–220. URL: <http://mx.ogasa.org.ua/handle/123456789/768>
8. Кучер А.В., Анісімова О.В., Улько Є.М. Методологія оцінювання економічної ефективності меліорації ґрунтів і меліоративних проєктів. Ґрунтові ресурси України: прогноз і збалансоване використання: кол. моногр.; за наук. ред. С.А. Балюка. Харків: Стильна типографія, 2020. С. 180–203.
9. Кучер А.В., Улько Є.М., Анісімова О.В. Науково-методологічні засади визначення економічної ефективності застосування інновацій у сфері охорони й раціонального використання ґрунтових ресурсів: монографія; за ред. чл.-кор. АЕНУ А.В. Кучера. Х.: ФОП Бровін О.В., 2021. 312 с.
10. Моторин Р.М., Чекотовський Е.В. Статистика для економістів: навч. посіб. К.: Знання, 2011. 429 с.
11. Господаренко Г.М. Агрохімія: Підручн. [Електор. ресурс]. К., 2010. URL: <https://textbook.com.ua/agropromislovist/1473434567>
12. Панас Р.М. Ґрунтознавство: навч. Посібник. Львів: «Новий Світ–2000», 2011. 372 с.



УДК 556.18(569.4)

**Крамаренко А.В.**  
*Израиль, г. Ашкелон*

**Коган А.**  
*Open university, Great Britain, Milton Keynes*

## **ОПЫТ ИЗРАИЛЯ В ОРГАНИЗАЦИИ ВОДНОЙ ПОЛИТИКИ**

**Введение.** Разрабатывая подземные источники солоноватой воды, благодаря которым пустыня превратилась в центр сельского хозяйства, израильяне стали экспертами в вопросах гидрологии и геологии. Приобретенные знания помогают им определять месторасположение воды и ее вероятный объем и то, как к ней лучше добраться.

Вся солоноватая вода, найденная в пустыне Арава далеко на юге Израиля, является частью не возобновляемых водоносных слоев. Дождь не проникает в эти водоносные слои через толстый слой горной породы, изолирует их, и запас воды не пополняется. Этот ресурс был заложен в минувшую геологическую эпоху, поэтому такие водоносные слои получили название ископаемых. Как и в случае с нефтью, скважинная добыча высокоминерализованной воды истощает не возобновляемые водоносные слои. Запасы могут быть большими, и при разумном использовании их хватит на многие десятилетия. Однако, закончившись, они уже не восстановятся.

Ами Шахам стоял у истоков израильского пустынного земледелия и поисков ископаемых водоносных слоев.

За долгие годы работы в должности главы Управления водных ресурсов пустыни Арава Шахаму пришлось осуществлять надзор за бурением 55 скважин, одна из которых была почти 1,6 километра глубиной, а также за строительством сложной системы резервуаров, предназначенных для улавливания дождевой воды, принесенной бурными, стремительными наводнениями, которые бывают в пустыне зимой. Миллиарды литров воды, добытые из скважин под руководством Шахама, были очень солеными.

Их нужно было разбавить или опреснить, что прекрасно умели делать в «Мекорот». За годы работы Шахама в пустыне Арава появились четыре сотни частных ферм, экспортирующих 75 процентов выращиваемой продукции.

Профессор Арье Иссар, бывший сотрудник Университета Бен-Гуриона в Негеви, одним из первых заявил в 1950-е годы, что под пустыней Арави есть вода, которую можно использовать для сельского хозяйства и развития территории. «Когда мы начали бурить в пустыне скважины, все смеялись, - рассказывает он. - Но посмотрите на центральную часть пустыни Арава сейчас. Это пруды с рыбой, засеянные поля.

В Израиле под землей скрытое море воды. Под этой территорией скрыто около триллиона литров воды. Если мы готовы бурить тысячеметровые скважины, чтобы найти нефть, то почему бы не бурить намного короче скважины, чтобы отыскать воду для нужд сельского хозяйства?».

Триллионы литров этой непригодной для питья, солоноватой воды под песками Ближнего Востока долго считали ненужными. Но Шахам и фермеры-предприниматели пустыни Арава убедительно продемонстрировали, что с помощью этого ресурса соседи Израиля могут не только разнообразить свой рацион, но и дать своей аграрной экономике стимул для развития, возможно, полностью трансформировав ее.

**Основная часть.** Капельный полив выгоден как в техническом, так и в социальном отношении. Этот вид орошения экономит воду, увеличивает урожай и позволяет снизить потребление углеродного топлива, поскольку на него тратится меньше энергии, чем на другие виды полива. Капельное орошение также увеличивает количество пригодных для возделывания земель, уменьшает истощение водоносных слоев, замедляет или останавливает развитие водорослей и сдерживает наступление пустыни.

А еще капельное орошение является важным инструментом борьбы с мировым голодом и политическими беспорядками, в которых он нередко приводит. Капельное орошение помогает обществу повысить благосостояние, развивая его производственные возможности.

Только на пяти процентах орошаемых полей в мире применяется капельный полив или другие техники микроорошения. Сегодняшняя ситуация такова: любой вид орошения используют менее чем на 20 процентах полей, тогда как владельцы других полагаются только на дождь. Передовые методы орошения будут неизбежно распространяться по миру, ведь количество осадков снижается, а количество населения, - растет. Однако сейчас на 80 процентах орошаемых полей, многие из которых в Соединенных Штатах, до сих пор применяется одна из разновидностей древнего, расточительного лиманного полива.

В Израиле, напротив, нормой является капельное орошение. На 75 процентах орошаемых полей установлено наземные или подземные капельницы, а остальные поливают с помощью распылителей. Уже несколько десятилетий ни одна ферма в стране не применяет лиманное орошение. Популярность капельного орошения в стране легко объяснить, ведь технологию изобрели в Израиле и стали широко применять на израильских фермах еще до того, как остальной мир узнал о ее существовании.

Сегодня оборудование капельного орошения можно увидеть в 110 странах, но ни в одной другой стране этот метод не распространен повсюду.

Хотя популярность капельного орошения в мире сравнительно невысока, нет никаких сомнений в том, что в будущем количество ферм и полей, которые используют этот метод, будет увеличиваться и значительно возрастет уже в ближайшие время. Воды становится слишком мало, а потребность повысить урожайи чрезвычайно остра.

Удобрения стоят дорого, и их количество в любом случае следует уменьшать. Большая часть высококачественной пахотной земли в мире (если не вся) уже используется, и дополнительные миллионы гектаров будут землей низкого качества - возможно, даже пустынной, как в Израиле.

Неудивительно, что наиболее быстрыми темпами капельное орошение распространяется в Китае и Индии. Последняя лидирует в мире: более 2 миллионов гектаров земель в этой стране под капельным орошением. Крупнейшая индийская компания, работающая в сфере капельного орошения - «Jain Irrigation» - большой сельскохозяйственный конгломерат, который приобрел израильское предприятие «Наандан». «Нетафим» - вторая по величине компания капельного орошения на индийском рынке.

Правительства большинства стран, как бедных, так и богатых, возмещают расходы на воду, иногда до такой степени, что этот ресурс кажется бесплатным. Средства на такие субсидии не просто берут из общей казны. Поскольку сумма, которую государство выделяет на водоснабжение домов и ферм, ограничена, расходы на субсидии вытесняют другие виды расходов, например на тестирование качества воды, строительство новой инфраструктуры или внедрение новых технологий.

Карман, которую опустошает бесплатное водоснабжение, - это не всегда карман налогоплательщика, хотя случается и такое. Чаще всего от таких субсидий страдает водное будущее страны.

По мере того, как воды будет все меньше, цена становится эффективным регулятором бытового спроса и послужит рыночным инструментом функционального нормирования воды в сельском хозяйстве. Только фермеры почувствуют стоимость используемой воды, как это и произошло в Израиле, у них появится стимул к модернизации ферм и использования всех доступных технологий, которые помогают экономить ее и очищать воду низкого качества. Помимо прочих изменений, это наверняка приведет к массовому глобальному переходу с лиманного орошения на капельное.

«Израиль сыграл свою роль в нескольких сельскохозяйственных революциях, - говорит эксперт по водным ресурсам и почетный профессор Техниона Ури Шамир. - Объем пресной воды, которую используют в израильском сельском хозяйстве, снизилась на 60 процентов. Достичь такого результата помогла смена ассортимента выращиваемых культур, освоения новых техник орошения и развитие технологий».

Когда дополнительным фактором становится цена на воду, покупка оборудования для капельного полива кажется еще более оправданным решением и поможет покончить с расточительным лиманным поливом и нерациональным выбором культур».

Однако вода - это не только рыночный ресурс. Капельное орошение имеет смысл применять в беднейших регионах мира, потому что такой вид полива - один из лучших инструментов повышения уровня жизни в странах, которые полностью зависят от сельского хозяйства.

Страны с высоким уровнем жизни могут считать это своим моральным долгом. Маленькие фермы, которые используют капельное орошение, бурно развиваются. Высокие урожаи часто вызывают рост экономики, который нужен странам, чтобы выбраться из нищеты.

Благодаря помощи стран-спонсоров и фондов, которые стремятся облегчить участь «бедного миллиарда», распространение капельного орошения, что улучшит жизнь множества людей и поможет справиться со многими острыми проблемами, стоящими перед современным миром.

Правительственные субсидии обычно искажают рыночную ситуацию. Обеспечить бедных фермеров новыми технологиями - это гораздо мудрее распорядиться ресурсами, чем субсидировать водоснабжение. Одна из причин, почему капельное орошение получило широкое распространение среди фермеров Индии - финансовая помощь правительства в этом вопросе. Внедрение нового метода положительно сказалось на обеспечении страны продовольствием и увеличило доходы фермеров, а также поставило распределение ресурсов на справедливую основу.

Каждый раз в большей потребности в поливе заставит использование различных источников воды (опресненная вода, очищенные сточные воды различного качества, солоноватая ископаемая вода или комбинация всего перечисленного выше), но для капельного орошения вид источника не важен. Разработаны различные виды капельниц для воды разной степени очистки. Воды, несовместимой с этим методом, просто не существует.

Капельное орошение дает странам-спонсорам возможность изменить жизни людей в бедных регионах планеты. Оборудование для капельного орошения недешевое, поэтому такой проект - логичный выбор для многих западных венчурных филантропов, а также для множества новых благотворительных организаций, оказывающих микрозаймы сельскому хозяйству Индии и Африки. Поскольку большинство бедных фермеров в развивающихся странах, не имеют источников энергии, необходимой для работы систем капельного орошения, была разработана версия самотечного оборудования.

Можно ожидать, что сотни миллионов фермеров по всему миру, которые ведут натуральное хозяйство, охотно обратятся за микрокредитами, когда поймут, что капельное орошение действительно может повысить их уровень жизни.

**Выводы.** Капельное орошение, убежден Нати Барак, является одним из самых эффективных способов изменить мир к лучшему. «Человек имеет право на доступ к воде, и мы должны считать это право не менее важным, чем свобода слова, свобода от преследований и другие права, - говорит он. - Возможно, оно даже важнее, поскольку без воды нам не прожить более нескольких дней».

Капельное орошение само по себе не дает людям больше воды для питья или санитарно-гигиенических нужд, однако в среднем по миру 70 процентов воды потребляется сельским хозяйством. Только 10 процентов идет на питье, мытье, приготовление пищи. Если стране удастся снизить расход воды в сельском хозяйстве лишь на 15 процентов - а этого легко достичь с помощью капельного орошения - у жителей появляется вдвое больше воды для других нужд! А Израилю удалось достичь гораздо большего.

«Мир должен воспринимать Израиль не только как исследовательскую лабораторию, но и как источник вдохновения, - считает Барак. - Если мы смогли достичь такого посреди пустыни, то это под силу каждому».

### Список использованных источников

1. Government of Israel, The Central Arava: Proposals for the Development of Water Resources, Report 69-093 (Jerusalem: Government of Israel, September 1969) and Government of Israel, The Central Arava: Irrigation Water Development Scheme, Report 69-173 (Jerusalem: Government of Israel, November 1969).
2. International Commission on Irrigation and Drainage, Sprinkler and Micro Irrigated Areas (New Delhi: International Commission on Irrigation and Drainage, May 2012).
3. Gwen N. Tindula, Morteza N. Orang, and Richard L. Snyder, «Survey of Irrigation Methods in California in 2010,» Journal of Irrigation and Drainage Engineering 139, no. 3 (August 2013): 233–235.]
4. Uri Shamir, Management of Water Systems under Uncertainty (Talk, WATEC Conference, Tel Aviv, October 22, 2013).

УДК 631.674(569.4)

**Крамаренко А.В.**

*Израиль, г. Ашкелон*

**Шапоринская Н.Н., Керимов А.Н.**

*Херсонский государственный аграрно-экономический университет*

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ ИЗРАИЛЯ

**Введение.** Израильские фермеры до государственной эпохи покупали семена для выращивания овощей и других полевых культур в местных арабских торговцев. В 1939 году, в период ухудшения арабо - еврейских отношений, лидеры палестинских арабов наложили запрет на продажу семян и остальных сельскохозяйственной продукции фермерам-евреям. В ответ на это кибуцы и другие еврейские фермы объединились и создали кооператив, целью которого стала поставка местным фермерам семена стабильного высокого качества. Кооператив назвали «Газера» (от слова «семена» на иврите).

В то время компании по выращиванию и селекции семян преимущественно ориентировались на местные климатические и почвенные условия. Первую в мире компанию по производству семян, «Vilmorin», основали во Франции 1742. Предприятие, которое долгое время действовало



только на внутреннем рынке, теперь является мировым лидером в своей области.

Так и «Газера» вскоре после открытия начала работать над новыми сортами семян, чтобы справиться с такими специфическими проблемами, как местные насекомые и болезни растений. Однако главной задачей компании стал поиск семян, которые бы хорошо росли в условиях недостатка воды, что особенно беспокоило еврейских фермеров, которые были ее клиентами. Если растение могло выжить при меньшем количестве воды, ей были не страшны периодические засухи, и нагрузки на водные ресурсы понижались.

После обретения независимости в 1948 году, когда начали создавать новые фермы и в страну хлынули миллионы иммигрантов, компании сначала было нелегко удовлетворить спрос на семена. Но до 1959 года «Газера» уже начала экспортировать избыток семян в страны, чей климат был похож на израильский. Вскоре компания превратилась в международное предприятие с офисами по всему миру, которое производит семена в соответствии с запросами местных потребителей. Вместе с этим «Газера» шаг за шагом развивала исследовательскую деятельность.

**Основная часть.** В настоящее время Израиль является мировым лидером разработок не только в сфере высоких технологий, полупроводников, биотехнологий, кибербезопасности, но и в растениеводстве. Израильские лаборатории ведут разработки для многих уголков планеты, но всегда помнят об интересах фермеров своей страны. Выпускники израильских университетов, особенно Еврейского университета Технион и Университета Бен-Гуриона, работают в лабораториях «Газера» и компании «Евоген» - новейшего израильского предприятия, которое также специализируется на генетике растений.

Мировые гиганты, работающие в области производства и генетики семян, такие как «Monsanto», «DuPont», «Syngenta», «Bayer», имеют научно-технические центры в Израиле, приобрели израильские компании или создали в стране совместные исследовательские предприятия.

Израильские компании разрабатывают традиционные и генно модифицированные сорта семян для многочисленных зарубежных клиентов, но израильские фермеры никогда не используют ГМО-семена. Причина этого - не научно обоснованное неприятие, а скорее чувствительность рынка. Учитывая недоверие, которую многие европейцы испытывают к ГМО, и тот факт, что многие потребители израильской продукции проживают именно в Европе, было решено использовать в Израиле семена, выведенные по традиционной технологии.

Относительно внутреннего рынка, израильские производители семян способствуют экономии воды в сельском хозяйстве двумя важными способами. Во-первых, они выводят семена, которые потребляет наименьшее количество воды. «Глядя на растение, - рассказывает доктор Моше Бар, израильский эксперт по селекции семян, - мы думаем о том, какие элементы являются

важними, а какие нет. Каждой части растения для роста нужна вода, и нет смысла позволять испаряться ей больше, чем это абсолютно необходимо».

Например, израильские селекционеры вывели новый сорт низко стебельной пшеницы для выращивания в Израиле, а теперь и в других странах тоже. «Длина стебля ничем не улучшает пшеницу, так зачем зря тратить воду на его выращивание?» - говорит доктор Шошан Гаран, которая сейчас применяет свои знания в селекции на должности руководителя «Fair Planet», основанной ею израильской негосударственной организации.

Израильские селекционеры также разработали сорт помидоров для выращивания на фермах страны. У растений этого сорта мало листьев, а плоды расположены максимально плотно. Было оставлено для томата достаточно листьев для защиты от солнца и сделали так, чтобы плоды росли ближе друг к другу, - так растение получается максимально компактным. Это значительно экономит воду, потому что она больше не тратится на дополнительное листьев или длинные стебли. Работа идет на урожай, это количество собранных томатов и их вес, поэтому минимизировались другие части растения.

Селекционеры, работающие в Израиле, модифицировали даже корневую структуру некоторых растений, чтобы сэкономить на поливе слишком длинных, на их взгляд, корней. При лиманном орошении у растения отрастают длинные корни, чтобы дотягиваться до воды. При капельном орошении, когда поступление воды стабильное, корневую систему того же вида растения можно уменьшить до одной трети от длины корней, необходимых при лиманном поливе. Что не приводит к потере качества и сохраняет большой объем воды.

Израильские селекционеры не только переосмыслили важность частей растения. Им пришла в голову революционная идея вывести сорта, которые прекрасно чувствовали бы себя при поливе солоноватой водой. Речь шла о воде, которой достаточно как под песками пустыни Негев, так и по всему Ближнему Востоку. До сих пор такой воде не могли найти ни одного применения. Выращивая значительную долю фруктов и овощей с использованием непригодной для питья воды и стимулируя таким образом многомиллиардный экспорт сельскохозяйственной продукции, Израиль улучшает питание граждан и развивает экономику, не перегружая имеющиеся пресноводные запасы.

Когда Симха Бласс впервые продемонстрировал свою модель капельного орошения профессорам Еврейского университета, ему ответили, что даже при успешном преодолении технических проблем (что ученые считали маловероятным) устройство «эффективно работать только в том случае, если для орошения будет использоваться вода без малейшего содержания соли, aqua destillata. Даже незначительная примесь хлоридов приведет к засолению почвы». Поскольку все природные источники воды в Израиле содержат довольно высокий процент соли, этот ответ стал еще одним аргументом, с помощью которого ученые пытались убедить Бласса в бесперспективности его идеи.

Сейчас понятно, что профессора допустили ошибку в оценке капельного орошения; их мнение о том, что посеы нельзя орошать солоноватой израильской водой, тоже была ошибочной. Израильские генетики растений сделали шаг вперед, выведя сорта дынь, перца, томатов, баклажанов, а также других овощей и фруктов, которые прекрасно переносят разбавленную соленую воду.

Сейчас ученые Университета Бен-Гуриона и компании «Газера» работают над выведением дынь, которым не повредит еще большее содержание соли, и при этом снизит объем пресной воды, необходимой для разведения воды поливной. Если проект окажется удачным, вероятно, будут выведены и другие сорта фруктов и овощей, которые поглощают соль.

Когда растения поглощают соленую воду, их клеточная структура меняется. Объем воды, содержащейся в клетке, уменьшается, но растет доля природных сахаров. Плоды получаются упругими и слаще. И хотя при этом есть незначительное снижение урожайности - урожай стал гораздо вкуснее, и рынок это оценил. Продукция, выращенная под капельным орошением с использованием разбавленной или частично опресненной солоноватой воды, сейчас очень популярна в Израиле, а также на рынках Европы и Азии, куда ее экспортируют.

**Выводы.** По мнению ученых, Израиль является образцом для мира будущего, охваченного водным кризисом. Вода и ее нехватка давно стали предметом особого беспокойства для израильских фермеров и селекционеров. Ни у кого, ни в одной стране мира нет такого опыта, как у Израиля.

Фермерам по всему миру вскоре понадобятся сорта растений, для роста которых не станет преградой уменьшение количества осадков или даже засуха. Благодаря многолетнему опыту израильтяне умеют выращивать продовольствие в таких условиях.

По словам ученых, сегодня лучшее место для выращивания сельскохозяйственных культур в Израиле - это пустыня. И как бы это звучало не логично, но это действительно так. Все объясняется сортами семян и орошением.

Теперь, когда климат меняется, Израиль имеет возможность поделится новыми видами семян и наработками с другими странами. Капельное орошение и особые семена очень важны для нынешнего Израиля. Скоро и остальной мир поймет их важность.

### Список использованных источников

1. Hazera Genetics, Hazera–History of Success (YouTube, 2011), accessed on March 9, 2015: [www.youtube.com/watch?v=mKItOZwrzRY](http://www.youtube.com/watch?v=mKItOZwrzRY).
2. Blass, Drip Irrigation, op. cit., 3.
3. Сігел, Сет М. Нехай буде вода. Ізраїльський досвід вирішення світової проблеми нестачі води / Сет М. Сігел; пер. з англ. Юрій Бідношия. - Київ : Yakaboo Publishing, 2021. - 352 с. : іл.



УДК 631.6:502.175

**Морозов О.В., Морозов В.В.***Херсонський державний аграрно-економічний університет***Козленко Є.В.***Інститут зрошуваного землеробства, НААН*

## **НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ЕКОЛОГО-АГРОМЕЛІОРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ**

**Вступ.** Для реалізації Стратегії зрошення і дренажу в Україні до 2030 року [5] важливим питанням є вдосконалення системи еколого-меліоративного моніторингу (ЕММ) зрошуваних земель. Науково-методологічні і методичні основи ЕММ розроблені Інститутом водних проблем і меліорації НААН та ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» НААН. Одним з шляхів подальшого розвитку і вдосконалення системи еколого-меліоративного моніторингу є доповнення його даними щодо родючості ґрунтів та розробки експертних систем еколого-агромеліоративного моніторингу.

Мета роботи – формування науково-методичних аспектів побудови експертної системи еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель. Розглядається проект структури експертної системи «Monitoring» та її застосування для дослідження ефективності зрошувальних і дренажних систем на безстічних і слабо дренажних територіях сухостепової зони України.

**Основна частина.** «Під експертною системою (ЕС) розуміється система, яка об'єднує можливості комп'ютера зі знаннями і досвідом експерта в такій формі, що ЕС може запропонувати раціональну пораду або здійснити розумне рішення поставленої мети» (Нейлор К., 1991) [1].

В загальному вигляді будь-яка експертна система складається з бази даних (БД) предметної галузі, бази знань (БЗ), програми «Вирішення проблем зрошення та дренажу» (ПВП), галузі запитів (ГЗ), а також ряду специфічних сервісних програм [2].

Для вирішення інформаційних задач земле-водокористування застосовуються геоінформаційні системи і технології (ГІС-технології), які повинні забезпечувати зберігання та оперативний доступ до сукупності даних і знань щодо впливу зрошення і дренажу на ландшафтно-меліоративні системи (ЛМС), що є головною задачею еколого-агромеліоративного моніторингу (ЕАММ). Такі ГІС призначені для одержання різноманітної інформації та вирішення проблем оптимізації еколого-меліоративного режиму зрошуваних ландшафтів. При формуванні масивів інформації з відповідних питань необхідно забезпечити уніфікацію цієї інформації. Це дозволить створювати ЕС для окремих зрошувальних систем, а також природно-кліматичних зон [3].

Важливим питанням при створенні ЕС ЕАММ є поєднання достовірної фактичної інформації, яка накопичена в гідрогеолого-меліоративних

експедиціях і партіях, галузевих науково-дослідних інститутах та дослідних станціях, проектних організаціях, вищих навчальних закладах, гідрометеоцентрах, управліннях зрошувальних систем з різних аспектів ЕАММ. В багатьох випадках форми зберігання фактографічного матеріалу не уніфіковані та зберігаються у вигляді паперових звітів, а іноді і «списуються» при реорганізаціях відповідних організацій та при їх та званні «оптимізації».

При формуванні бази даних моніторингу є випадки, коли керівництво ряду організацій і самі не використовують, в повній мірі, відповідну інформацію і, в той же час, не передають її науковцям та проектувальникам, які спроможні систематизувати, аналізувати, узагальнити цю інформацію та надати земле водокористувачам рекомендації щодо найбільш раціонального використання природних ресурсів та підвищення ефективності зрошення і дренажу.

Як відмічають Костіна Н.В., Розенберг Г.С., Шитіков В.К. [3, с. 287] вищеназвана інформація, що зібрана статистичними методами, буває зашумлена, а також тенденціозна, а її просторова прив'язка буває дуже неточною. Але при розумному підході до збору і узагальненню цієї інформації, об'єктивні дані можуть стати важливою ланкою геоінформаційної моделі території, для якої функціонує система ЕАММ. Формування експертних систем є перспективним напрямом вдосконалення еколого-меліоративного моніторингу зрошуваних земель [4].

Важливо відмітити, що в експертній системі ЕАММ обов'язковими є ряд блоків, які представлені в таблиці. В експертній системі «Monitoring» повинно бути мінімум 5 блоків, які відображають еколого-меліоративний стан зрошуваних та прилеглих земель, а також еколого-економічну ефективність зрошення та дренажу.

Блоки експертної системи «Monitoring» є основою її бази даних. При заповненні уніфікованих таблиць відповідних блоків обов'язковою є перевірка достовірності всіх даних, особливо хімічних аналізів ґрунту і води, а також урожайності сільськогосподарських культур. Критеріями достовірності є дані, які одержані на дослідно-виробничих ділянках в кожному регіоні сухосте повітряної зони.

**Висновки.** Розроблені науково-методичні аспекти формування експертних систем еколого-агромеліоративного моніторингу є доповненням до діючої системи еколого-меліоративного моніторингу (ЕММ) і спрямовані на інтегрування матеріалів ґрунтово-меліоративних досліджень в систему ЕАММ, а також зосереджують увагу на необхідність обов'язкового введення в експертну систему блоку «Ефективність зрошення та дренажу» з послідувочою щорічною підготовкою і впровадженням рекомендацій щодо підвищення цієї ефективності, як вимагає Стратегія зрошення і дренажу в Україні до 2030 року [5].

Таблиця 1 – Блоки експертної системи «Monitoring»

Блоки	Складові блоків (кількісні і якісні показники)
1. Грунтова вода.	1.1. Рівень і динаміка ґрунтових вод 1.2. Мінералізація і хімічний склад ґрунтових вод
2. Ґрунти та ґрунтоутворні породи.	2.1. Типи ґрунтів та їх характеристики. 2.2. Засоленість ґрунтів (загальна і токсична) та ступінь осолонцювання ґрунтів та ґрунтоутворних порід. 2.3. Показники родючості ґрунтів (гумус, NPK тощо).
3. Зрошувальна вода.	3.1. Мінералізація, хімічний склад води. 3.2. Іригаційні показники якості води. 3.3. Зрошувальні та поливні норми, гідромодуль.
4. Дренажна вода.	4.1. Кількість дренажних вод. 4.1.1. Модуль дренажного стоку. 4.1.2. Обсяги дренажного стоку (за добу, декаду, місяць, рік, вегетаційний та не вегетаційний періоди). 4.2. Мінералізація, хімічний склад води. 4.3. Іригаційні показники якості дренажної води.
5. Ефективність зрошення та дренажу.	5.1. Урожайність сільськогосподарських культур. 5.2. Техніко-економічні показники. 5.2.1. Зрошення. 5.2.2. Дренажу.

### Список використаних джерел

1. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 286 с.: ил.
2. Розенберг Г.С., Дунин Д.П. Базы экологических знаний: технологии создания и предварительные результаты //Изв. Сам НЦРАН.1999. т.1, №2. С.60-65.
3. Костина Н.В., Розенберг Г.С., Шитиков В.К. Экспертная система экологического состояния бассейна крупной реки. Биология и экология. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т.5, №2, 2003. – С. 287-294.
4. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В. Формування експертних систем як перспективний напрям вдосконалення еколого-меліоративного моніторингу. Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: збірник наукових праць. Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2020. С.123-126.
5. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 668-р.

УДК 625.7/.8

**Онищенко А.М., Гаркуша М.В.**  
*Національний транспортний університет*

## **АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ РЕМОНТУ, МЕТОДОМ ГІЛЬЗУВАННЯ, ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ, ЯК РІЗНОВИДУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА**

**Вступ.** Сьогодні науковці і інженери дорожньої сфери відмічають загрозливий технічний стан гідротехнічних споруд [1, с. 5] транспортного будівництва України. Гідротехнічні споруди транспортного будівництва є одними з найдорожчими елементами автомобільної дороги, від технічного стану яких залежить експлуатація автомобільної дороги вцілому. Однією з основних проблем експлуатації гідротехнічних споруд транспортного будівництва є виконання належного утримання їх, проведення своєчасного ремонту.

### **Основна частина.**

Під час дослідження було проведено інженерно-геологічне обстеження території об'єкту дослідження. В адміністративному відношенні ділянка інженерно-геологічного обстеження розташована на східній околиці м. Хмельницький в межах території навколо автомобільної дороги державного значення М12 Східний під'їзд км 0+000 - км 4+550 (рис. 1)



**Рис. 1.** Профіль рельєфу через досліджуваний майданчик території інженерно-геологічного обстеження

Метою визначення стану водопропускної труби є виявлення дефектів, які утворилися в трубі за період експлуатації, оцінка її придатності (непридатності) для подальшої експлуатації.

Огляд стану залізобетонної водопропускної труби має за мету виявити наявність тріщин, відколів бетону, слідів замокання у швах сполучення ланок і інших дефектів.

Огляд стану водопропускної труби був ускладнений станом самої труби та складним доступом до неї.

Стан водопропускної труби наведено на рис.2. Результати огляду свідчать про незадовільний стан водопропускної труби: відривання оголовку від труби і значні тріщини в оголовку; нерівномірні просідання ланок труби по її довжині; незадовільний стан стиків ланок (фільтрація води, наявність тріщин; засмічення труби).



Рис. 2. Стан водопропускної труби

При ремонті дефектних залізобетонних труб пропонується використання методу гільзування [2, с. 2], так як згідно існуючих норм П-Г.1-218-113 [3] осідання або зсув ланок труб, дефектні шви зашпаровують, а лоток труби вирівнюють бетоном, що надає ефективної експлуатації гідротехнічної споруди.

Ремонт водопропускних труб автомобільних доріг повинен бути проведений у відповідності з проектом, вимогами технічних регламентів та нормативних документів П-Г.1-218-113 [3], ДБН В.2.3-22 [4], для забезпечення захисту земляного полотна від негативного впливу пропускаючих через труби витрат води. Ремонт методом гільзування підлягають труби, звуження отвору яких не впливає на вхідний потік води, що мають наступні дефекти:

- порушення гідроізоляції;
- зміщення геометричного положення елементів більш ніж на 3,0 % від діаметра труби;
- не ефективність дрібного ремонту.

Металеві оцинковані гофровані конструкції найчастіше вбудовуються двома способами [2, с. 3]. Перший спосіб полягає у монтажі труби, загальна довжина якої відповідає довжині об'єкту, чи є більшою при необхідності подовження існуючої водопропускної труби. А другий спосіб передбачає послідовне з'єднання ланок труби під час монтажу, у середині дефектної залізобетонної труби.

На етапі підготовчих робіт повинні бути виконані наступні заходи [5,с. 8]:

- ізоляція зони робіт від протікає води;

— очищення або, при необхідності, промивка ремонтної труби від сміття і бруду, видалення з неї води, закладення тріщин, відкритих стиків і місць інфільтрації ґрунтових вод;

— створення умов для безперешкодного протягування ланок внутрішньої труби: влаштування настилу, направлення, вирівнювання дна труби відповідно до проекту.

Монтаж ланок внутрішньої труби може виконуватися в такій технологічній послідовності:

1) встановлення в аварійній трубі напрямні для протягування ремонтної труби (мінімальна висота 50 мм) відповідно до проекту щодо осової і висотної розбивки. Встановлення проектного ухилу за допомогою нівеліра і клинів. Напрямні виготовити з дерева, полімерних труб або металопрокату. Закріплення напрямних допускається на ремонтній трубі або гільзі (рис. 3). Забезпечити вільне проходження бетонної суміші через напрямні. При необхідності забезпечити захист покриття при проштовхуванні геотекстилем. У разі рівної лоткової частини труби (відсутні виступи, що перешкоджають просуванню гільзи) напрямні допускається не встановлювати;

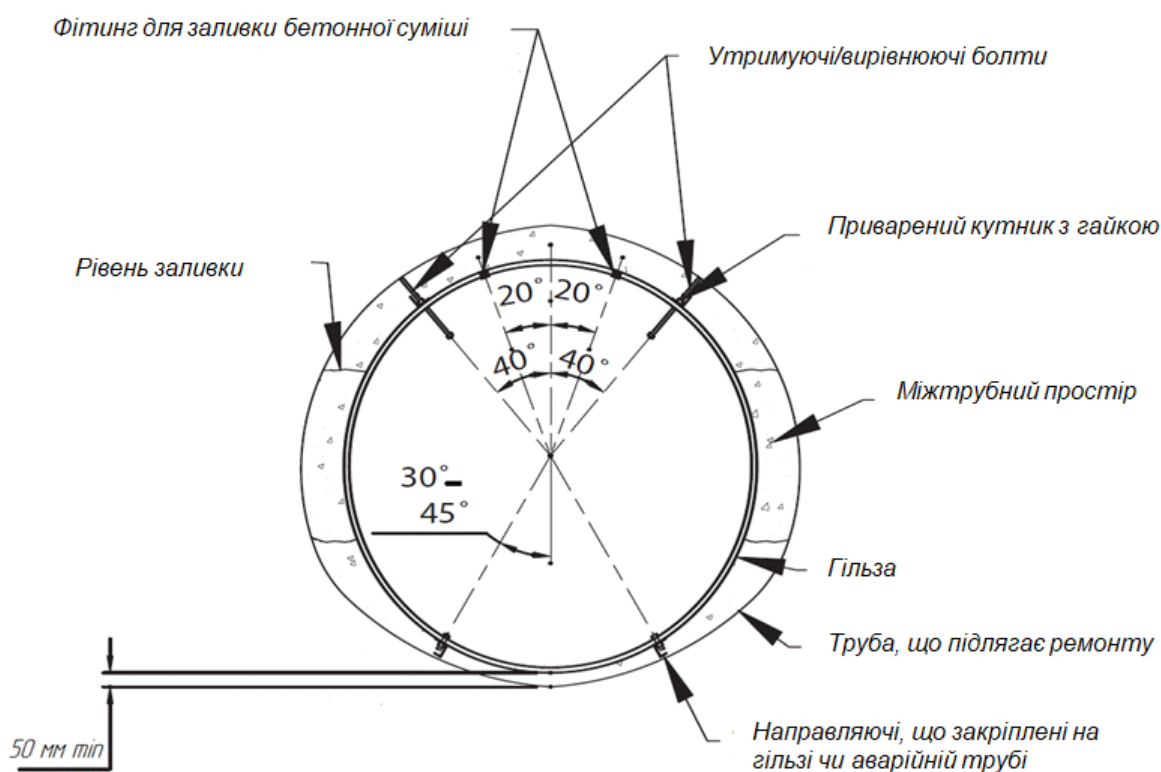


Рис. 3. Приклад розташування гільзи в ремонтній трубі

2) протягнути в існуючій трубі трос для протягування ремонтної труби з розривним навантаженням не менше загальної маси ремонтних ланок;

3) протягнути в існуючій трубі канат з натуральних або штучних волокон, з розривним навантаженням не менше 500 кг, для подальшого протягування шланга для бетонування;



- 4) укласти першу секцію монтажної труби за допомогою автокрана біля входу існуючої труби;
- 5) закріпити на торці 1 секції ремонтної труби трос для протягування за допомогою струбцин або заздалегідь підготовлених вушок;
- 6) другий кінець троса підчепити до лебідки або іншому буксирувальному засобу;
- 7) протягнути секцію залишивши зовні частину розміром не менше 500 мм для установки бандажа (рис. 4);

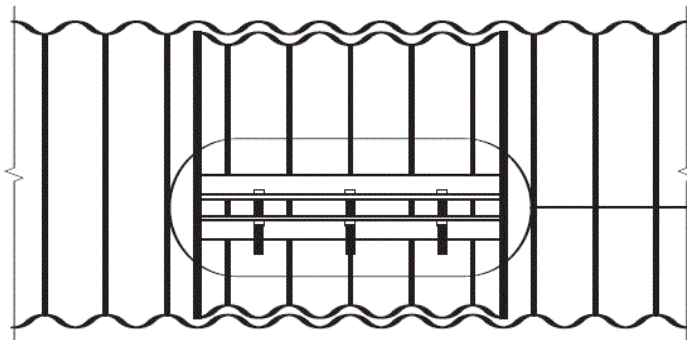


Рис. 4. З'єднання секцій за допомогою внутрішнього бандажа

- 8) укласти наступну секцію монтуємої труби за допомогою автокрана;
- 9) з'єднати секції за допомогою бандажа.

**Висновки.** Одна з основних причин, які призводять до розвитку руйнувань дорожнього одягу і укосів земляного полотна, є вплив поверхневих і підземних вод. Міцність дорожньої конструкції втрачається внаслідок перезволоження земляного полотна і основ дорожніх одягів через незадовільний стан водовідвідних споруд. Стан водопропускних труб є незадовільним, що призводить до перенасичення ґрунтів водою в результаті, відсутнього або часткового водовідведення. Ремонт водопропускних труб методом гільзування є перспективним та потребує подальшого вивчення.

### Список використаних джерел

1. Большаков В.А. Гидротехнические сооружения на автомобильных дорогах. М.: Транспорт, 1965. — 320 с.
2. Study of the Stress-Strain State in Defective Railway Reinforced-Concrete Pipes Restored with Corrugated Metal Structures / V. Kovalchuk, R. Markul, A. Pentsak [and others] // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – N 5 (1–89). – P. 37–44. – doi: 10.15587/1729-4061.2017.109611
3. П-Г.1-218-113:2009 Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України
4. ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування
5. ОДМ 218.3.099-2017 Рекомендації по капітальному ремонту водопропускних труб методом гильзування металіческими гофриворанными спиральновитыми трубами

УДК 624.2/.8:550.8(477.72)

**Бабушкіна Р.О., Ємел'янова Т.А.***Херсонський державний аграрно-економічний університет***ОСОБЛИВОСТІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ДІЛЯНОК  
ЗВЕДЕННЯ МОСТОВИХ СПОРУД В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

**Вступ.** Для подолання кожної водної перешкоди будують мостову споруду, звану переходом водотоку, яка проводить дорогу над водною перешкодою. Ці споруди набули найбільшого поширення.

Мости є штучні споруди, що переривають земляне полотно дороги; рух транспорту відбувається по прогонній будові мосту, що підтримує їздове полотно, і розташованому на опорах, які передають тиск прогонових будов на ґрунт. Мостові опори зазвичай мають фундаменти глибокого закладення і передають на основу досить значні вертикальні навантаження, чутливі навіть до незначних деформацій.

Під'їзні насипи, берегові опори і регуляційні споруди розміщуються переважно на бортах долини і створюють як вертикальні, так і дотичні напруження в ґрунтовому масиві. Крім статичного тиску від самої споруди при розрахунках слід враховувати динамічні дії від рухомого складу [1].

**Основна частина.** Специфіка мостових споруд обумовлена нерозривним їх зв'язком з річковими долинами. Тому для майданчиків розміщення мостових споруд слід враховувати їх інженерно-геологічні особливості.

Геологічні процеси в значній мірі визначають і умови будівництва та експлуатації мостових споруд [2,3]. Складний рельєф, неоднорідна геологічна будова, обводненість порід створюють сприятливі умови для виникнення і розвитку різноманітних геологічних процесів. Найбільш поширеними серед них є: зсуви, осипи, обвали, селеві потоки, карст, суфозія, заболочування, пливуні, пучення, полов, термокарст. Кожен з них може виникнути лише при певному поєднанні різних природних факторів: клімату, типу рельєфу, речового складу порід, умов їх залягання і ступеня обводнення, агресивності підземних вод і т. д. Слід враховувати, що будівництво мостової споруди порушує природну рівновагу.

В адміністративному відношенні досліджувані ділянки (рис.1) розташовані в різних регіонах Херсонської області України.

В роботі вивчені питання, що розглядають особливості інженерно-геологічних умов території, до яких віднесені: особливості будови рельєфу, геологічної будови, гідрогеологічні умови, геологічні процеси та явища, інженерна діяльність людини. При оцінці ІГУ території врахований комплексний вплив всіх цих елементів.

В тектонічному відношенні досліджувані ділянки розташовані в межах Російської (Східно-Європейської) платформи.

Характерною особливістю платформової частини України є наявність великого підняття кристалічних порід - Українського кристалічного масиву [4].



а)



б)



в)



г)



д)



Рис. 1. Ділянки досліджень: а) арочний міст с. Бургунка Бериславського району; б) Цюрупінський міст м. Олешки Олешківського району; в) вантовий міст с. Белоусово Великоолександрівського району; г) Панкратівський міст м. Херсон; д) міст через канал с. Лукьянівка Каховського району

На правобережжі р. Дніпра стародавні алювіальні створення представлені шаруватими пісками, зрідка гравелистими, в товщі яких зустрічаються прошарки і лінзи глин, а також галечників.

Середньочетвертинні алювіальні відкладення підстеляють льос і льосовидні суглинки. Алювіальні відкладення нового відділу мають значне поширення в долині Нижнього Дніпра і представлені річковими (дельтовими) відкладеннями: пісками дрібно- і середньозернисті, з прошарками алювіальних льосовидних суглинків. В нижніх горизонтах ці піски грубозернисті, нерідко гравелисті, з домішкою гальки з кристалічних порід і вапняків. Сучасні алювіальні відкладення складають заплавні тераси річок і представлені пісками різної зернистості і суглинками.

Делювіальні відкладення поширені на схилах долин річок і балок. У більшості випадків ці відкладення представлені льосовидними суглинками.

Вивчення складу і фізико-механічних властивостей ґрунтів, що складають розрізи майданчиків, показало можливість розвитку таких процесів, як морозного обдимання, тиксотропії і суфозії [5].

Херсонська область розташована в континентальній області кліматичної зони (поясу) помірних широт і характеризується помірно-континентальним кліматом з м'якою малосніжною зимою і жарким посушливим літом [6]. Основні риси такого клімату формуються під впливом загальних і місцевих кліматоутворюючих факторів, головними з яких є: а) величина сонячної радіації; б) атмосферна циркуляція; в) характер поверхні.

Серед факторів, які характеризують поверхню, головними є незначна висота території області над рівнем океану, відсутність гір, розташування в безпосередній близькості до морів, формування у зв'язку з цим місцевих вітрів-бризів.

На ділянці Вантового мосту можуть розвиватися наступні процеси: затоплення під час паводків заплавної частини струмка, донна і бічна ерозія в руслі струмка, площинний змив. Категорія небезпеки процесу підтоплення за площадною ураженістю (більше 50%) оцінюється як небезпечна [7].

На ділянці Цюрупинського мосту встановлено прояви донної та бокової ерозії в руслі річки і затоплення під час паводків заплавної частини річки. Також можливий прояв морозного здимання ґрунтів при сезонному промерзанні - відтаванні порід.

На територіях Панкратівського, Арочного мостів та Мосту через канал можна відзначити морозне здимання ґрунтів при сезонному промерзанні-відтаванні порід, заболочування і підтоплення територій [7].

Ґрунти можуть піддаватися промерзанню і проявляти пучиністі властивості на ділянках Вантового, Панкратівського, Арочного мостів та Мосту через канал.

На ділянці зведення мосту через Каховський канал можливий прояв тиксотропних властивостей в суглинках туго пластичних озерно-льодовикового

генезису. На всіх розглянутих ділянках, ґрунти не схильні до внутріпластового суфозійного процесу.

**Висновки.** Особливості інженерно-геологічних умов території в значній мірі визначають умови будівництва та експлуатації мостових споруд. Вкрай несприятливими є ділянки, приурочені до зон тектонічних розломів. Ускладнює умови будівництва та експлуатації мостових переходів наявність великих зсувів, обвалонебезпечних зон [8].

Необхідним елементом оцінки ділянки є прогноз зміни природної обстановки після завершення будівництва [9]. Мостові споруди роблять значний вплив на геологічне середовище. При їх зведенні живий перетин річкового потоку в зв'язку з влаштуванням опор нерідко зменшується, а його швидкість на цій ділянці зростає, відповідно підвищується інтенсивність розвитку, як донної, так і бічний ерозії.

### Список використаних джерел

1. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование мостовых переходов: учебное пособие. М.: Издательский центр «Академия». 2010. – 304с.
2. Бевзюк В.М. Взаимодействие транспортных сооружений с инженерно-геологической средой: Учебное пособие. – Ленинградский ин-т инженеров железнодорожного транспорта. Л.: 1989. 34 с.
3. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування.
4. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т.1.Русская платформа. М., Изд-во Моск. ун-та, 1978. –528с.
5. Гуменский Б.М. Основы физико-химии глинистых грунтов и их использование в строительстве. Л.;М.: Издательство литературы по строительству, 1965, 255 с.
6. Алифанов А.Ф. Геологические пам'ятники Херсонщини//Метод. реком. По полев. практ. по геолог. –Херсон: Айлант, 2001. –88 с.
7. ДБН В.1.1-25-2009 Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення.
8. ДБН В.1.1-3-97 Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення.
9. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування.

УДК 624.01

**Янін О.Є.***Херсонський державний аграрно-економічний університет***ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГИНУ ДВОСХИЛОЇ БАЛКИ ПРИ ЗМІННІЙ ЖОРСТКОСТІ ЗА ДОВЖИНОЮ**

**Вступ.** Розвиток технологій програмування і наявність сучасного комп'ютерного забезпечення відкривають можливість оптимального проектування конструкцій будівель і споруд виходячи з критерію мінімізації витрат матеріалу.

Раніше для знаходження прогинів балок змінної жорсткості за довжиною застосовувались приблизні формули, оскільки точний розрахунок потребує багато часу [1], [2]. Приблизний підхід давав певний запас, що приводило до невиправданих витрат матеріалу. Тому, застосування точних формул прогинів балок змінної жорсткості за довжиною має економічну доцільність.

Наявність розрахункових комп'ютерних програм надає можливість за короткий час виконувати великі обсяги розрахункової роботи. Тому є доцільним розраховувати деформації балок змінної жорсткості за довжиною за точними формулами і порівняти отриманий результат із прогином, який розрахований за приблизною залежністю.

**Основна частина.** Будемо розглядати шарнірно обперту однопролітну двосхилу балку прямокутного поперечного перерізу, на яку діє рівномірно розподілене погонне навантаженням  $q$  (рис. 1).

Прийmemo, що матеріал балки працює пружно. Більшість залізобетонних і сталевих балок мають двотавровий поперечний переріз, для якого осьовий момент інерції у вертикальній площині згину приблизно пропорційний кубу висоти. Отже, для спрощення будемо розглядати прямокутний поперечний переріз.

Положення поперечного перерізу балки уздовж прольоту будемо позначати абсцисою  $x$ . Змінна висота балки на відстані  $x$  від лівої опори

$$h_{(x)} = H + k \cdot x, \quad (1)$$

де

$H$  - висота балки біля опори;

$k$  – ухил верхнього поясу балки.

Осьовий момент інерції поперечного перерізу у вказаному місці

$$I_{(x)} = \frac{b \cdot h_{(x)}^3}{12} = \frac{b \cdot (H + k \cdot x)^3}{12}, \quad (2)$$

де

$b$  - ширина поперечного перерізу балки.

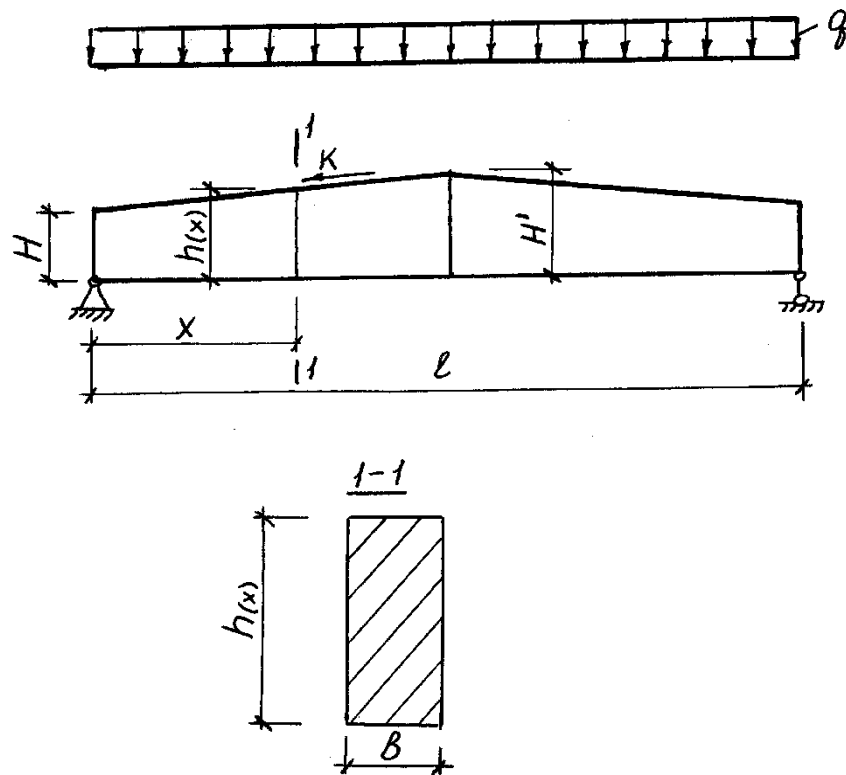


Рис. 1. Розрахункова схема двосхилої балки

Вертикальна деформація двосхилої балки посередині прольоту у відповідності з інтегралом Мора [4]

$$f = 2 \int_0^{l/2} \frac{M_{(x)} \cdot \overline{M_{(x)}}}{E \cdot I_{(x)}} dx, \quad (3)$$

де

$l$  - проліт балки;

$M_{(x)}$  - експлуатаційний згинальний момент у поперечному перерізі балки від заданого погонного навантаження  $q$ :

$$M_{(x)} = \frac{1}{2} qx(l - x), \quad (4)$$

$\overline{M_{(x)}}$  - теж від вертикальної зосередженої сили, що прикладена посередині прольоту

$$\overline{M}_{(x)} = \frac{x}{2}, \quad (5)$$

У чисельнику і знаменнику підінтегрального виразу формули (3) знаходиться раціональна функція координати уздовж прольоту  $X$ . З математики відомо, що інтегрування отриманої дрібно-раціональної функції завжди можна виконати.

Після підстановки в інтеграл Мора (3) математичних виразів для  $I_{(x)}$ ,  $M_{(x)}$  і  $\overline{M}_{(x)}$  з формул (2), (4) і (5), отримуємо наступне

$$f = 2 \int_0^{l/2} \frac{\frac{1}{2} q \cdot x(l-x) \cdot \frac{x}{2}}{E \cdot \frac{b \cdot (H+k \cdot x)^3}{12}} dx =$$

$$f = \frac{6 \cdot q}{E \cdot b} \int_0^{l/2} \frac{x^2(l-x)}{(H+k \cdot x)^3} dx. \quad (6)$$

Для знаходження такого інтегралу, слід перетворити підінтегральний вираз, який являє собою неправильну раціональну дріб [3]. Розділивши чисельник на знаменник і розклавши отриману раціональну дріб на прості будемо мати

$$\frac{x^2(l-x)}{(H+k \cdot x)^3} = \frac{1}{k^3} \left[ -1 + \frac{3h+l}{x+h} - \frac{h(3h+2l)}{(x+h)^2} + \frac{h^2(h+l)}{(x+h)^3} \right], \quad (7)$$

де  $h=H/K$ .

Тоді

$$f = \frac{6 \cdot q}{E \cdot b \cdot k^3} \left[ -x + (3h+l) \ln(x+h) + \right.$$

$$\left. + \frac{h(3h+2l)}{x+h} - \frac{h^2(h+l)}{2(x+h)^2} \right] \Big|_0^{l/2} = \frac{6 \cdot q}{E \cdot b \cdot k^3} \cdot$$

$$\left[ (3h + l) \ln\left(\frac{0,5l + h}{h}\right) - \frac{l}{2} \cdot \frac{12h^2 + 13hl + 4l^2}{(l + 2h)^2} \right]. \quad (8)$$

Якщо ухил у балки відсутній ( $\kappa = 0$  і  $h \rightarrow \infty$ ) за допомогою комп'ютерної системи MathCAD можна знайти

$$\lim_{h \rightarrow \infty} f = 0,15625 \cdot l^4 \frac{q}{E \cdot b \cdot H^3} = \frac{5}{384} \frac{q \cdot l^4}{E \cdot \frac{b \cdot H^3}{12}}. \quad (8a)$$

Отримане значення відповідає відомій формулі опору матеріалів [4].

Приблизним чином прогин балки посередині прольоту  $f_{\text{прибл}}$  можна розрахувати виходячи з того, що балка має постійну за довжиною прольоту висоту, яка дорівнює середньо арифметичному значенню  $h_{\text{серед}}$ :

$$f_{\text{прибл}} = \frac{5}{384} \frac{q \cdot l^4}{E \cdot \frac{b \cdot h_{\text{серед}}^3}{12}}, \quad (9)$$

де

$$h_{\text{серед}} = (H + H')/2;$$

$H'$  – висота перерізу балки посередині прольоту (див. рис.1).

При  $b = 0,3H$  і  $H' = l/12$  будемо мати

$$H = \frac{l}{12} - k \frac{l}{2}, \quad (10)$$

$$h_{\text{серед}} = \frac{1}{2} \left( \frac{l}{12} - k \frac{l}{2} + \frac{l}{12} \right) = \frac{l}{12} - k \frac{l}{4}, \quad (11)$$

$$f_{\text{прибл}} = \frac{5}{384} \frac{q}{E \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,3 \cdot \left( \frac{1}{12} - \frac{k}{2} \right) \cdot \left( \frac{1}{12} - \frac{k}{4} \right)^3}. \quad (12)$$

Отримане значення не залежить від прольоту  $l$  оскільки було прийнято, що  $b = 0,3H$  і  $H' = l/12$ , тобто висота і ширина балки у будь-якому місці за довжиною пропорційні величині прольоту. Такий самий висновок можна зробити відносно точної формули (8). Отже, проліт балки у якості змінного параметру можна не розглядати. Відносний прогин зменшується при зростанні прольоту.

Виходячи з того, що навантаження  $q$  на будівельні конструкції орієнтовно знаходиться у межах  $30 \div 75$  кН/м і балка має стандартний ухил  $\frac{1}{8} \div \frac{1}{12}$ , були визначені прогини згідно з точною і приблизною формулами. Результати розрахунку представлені у таблицях, кожний елемент яких відповідає певним ухилу і навантаженню (табл.1 і табл.2).

Таблиця 1 - Прогини балки посередині прольоту згідно з точною формулою (8)

Прогин, м		Рівномірно розподілене лінійне навантаження $q$ , кН/м									
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Ухил верхнього поясу	0,125	0,124	0,144	0,165	0,185	0,206	0,226	0,247	0,268	0,288	0,309
	0,118	0,094	0,11	0,125	0,141	0,157	0,172	0,188	0,204	0,219	0,235
	0,111	0,076	0,089	0,101	0,114	0,127	0,139	0,152	0,165	0,177	0,19
	0,105	0,064	0,075	0,085	0,096	0,107	0,117	0,128	0,139	0,149	0,16
	0,1	0,056	0,065	0,074	0,083	0,093	0,102	0,111	0,12	0,13	0,139
	0,095	0,049	0,057	0,066	0,074	0,082	0,09	0,099	0,107	0,115	0,123
	0,091	0,044	0,052	0,059	0,067	0,074	0,082	0,089	0,096	0,104	0,111
	0,087	0,041	0,047	0,054	0,061	0,068	0,075	0,081	0,088	0,095	0,102
	0,083	0,038	0,044	0,05	0,056	0,063	0,069	0,075	0,082	0,088	0,094

Таблиця 2 - Прогини балки посередині прольоту згідно з приблизною формулою (12)

Прогин, м		Рівномірно розподілене лінійне навантаження $q$ , кН/м									
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Ухил верхнього поясу	0,125	0,177	0,206	0,236	0,265	0,295	0,324	0,354	0,383	0,413	0,442
	0,118	0,136	0,158	0,181	0,203	0,226	0,248	0,271	0,294	0,316	0,339
	0,111	0,109	0,128	0,146	0,164	0,182	0,2	0,219	0,237	0,255	0,273
	0,105	0,092	0,107	0,122	0,137	0,153	0,168	0,183	0,198	0,214	0,229
	0,1	0,079	0,092	0,105	0,118	0,131	0,144	0,157	0,171	0,184	0,197
	0,095	0,069	0,081	0,092	0,104	0,115	0,127	0,138	0,15	0,161	0,173
	0,091	0,062	0,072	0,082	0,093	0,103	0,113	0,124	0,134	0,144	0,154
	0,087	0,056	0,065	0,075	0,084	0,093	0,103	0,112	0,121	0,13	0,14
	0,083	0,051	0,06	0,068	0,077	0,085	0,094	0,102	0,111	0,119	0,128

**Висновки.** Аналіз таблиць показав, що прогини, розраховані за приблизною формулою більші на 35÷45%. Отже, можна запропонувати для розрахунку поправочний коефіцієнт  $k=1,35$ , на який треба розділити приблизний результат. Оскільки прогин є меншим, то висоту перерізу балки можна зменшити. Це приведе до певної економії, що є важливим в умовах ринкової економіки. Для зменшення прогину залізобетонної балки можна застосувати попереднє напруження розтягнутої арматури. На підставі проведеного дослідження можна зробити висновок: використання точної формули прогину має економічну доцільність, але вимагає використання комп'ютерних технологій.



## Список використаних джерел

1. Вахненко П. Ф. Залізобетонні конструкції. – К.: Урожай, 1995. – 368 с.
2. Мандриков А. П. Примеры расчета железобетонных конструкций: Учеб. пособие для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1989. – 506с.
3. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов, М., Физматгиз, 1963. – 856с. с ил.
4. Соппротивление материалов. Под ред. А. Ф. Смирнова. Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Высш. школа», 1975. - 480 с. с ил.

УДК 627.26-033.3(37)

**Романенко С.М.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет*

### **СЕКРЕТ МІЦНОСТІ ДАВНЬОРИМСЬКОГО БЕТОНУ**

**Вступ.** Використання бетонної суміші в сучасному будівництві вже настільки поширене, що без цього матеріалу важко уявити собі можливість спорудження міцної і надійної будівлі. Він застосовується в самих різних експлуатаційних умовах, гармонійно поєднується з навколишнім середовищем.

Як це не дивно звучить, але сучасний бетон був відкритий всього яких то 200 років тому. Однак ще 6 000 років тому, будівельники, що зводили грандіозні споруди Римської Імперії використовували бетон на основі вапняного розчину. Сьогодні в будівництві застосовується більше тисячі різних видів бетону, і процес створення нових бетонів інтенсивне продовжується.

Для отримання бетонів нового покоління необхідні наступні сировинні матеріали: цемент, тонкомолоті гірська порода (мелений кварцовий пісок або мелений міцний вапняк, доломітізований вапняк, доломіт, мелені граніти, базальти, діабазы, габро-діабазы та ін., отримані з багатомільйонних відходів на кар'єрах каменедробіння при дробленні щебеню), тонкозернисті (дуже тонкі) кварцові піски і пуцоланічні добавки - мікрокремнезем (відхід виробництва феросиліцію).

**Основна частина.** Римські морські бетонні конструкції, що складаються з розчину вулканічного попелу і гашеного вапна, залишалися неушкодженими і цілісними протягом 2000 років і були або повністю занурені в морську воду, або частково занурені в берегову середу.

Однак в морському середовищі бетон зазвичай починає розкладатися через кілька десятиліть, частково через корозію сталеві арматури. Сталева арматура протидіє щодо низької міцності на розрив і пластичності бетону. Взаємодія морської води з бетоном викликає корозію сталі, а також може викликати реакції розширення з гідроксидом кальцію. Навпаки, портландіт швидко витрачається в римських пірокластичні репродукціях кам'яного бетону,

а в стародавніх конструкціях немає сталеві арматури; Розчини з вулканічного попелу демонструють велику пластичність і пов'язують конгломератний скельний каркас, який зміцнює бетон в структурному масштабі [1, 2].

Морські бетонні конструкції, що збереглися до наших днів, розкидані по всьому середземноморському ландшафту. Стародавні римляни будували прибережні стіни з каменів за допомогою бетону. Дослідникам вдалося визначити хімічний склад давньоримського бетону, який вже багато тисячоліть не піддається руйнівному впливу стихій. Вчені визначили, що до його складу входили вулканічні елементи, які вступали в реакцію з морською водою, і конструкція становилась міцнішою. Одним з вулканічних елементів був вулканічний попел розміром з невеликий пісок або гравій.

До першого століття до нашої ери римські інженери визначили пухкі відкладення пемзового попелу, або пуцолану, як оптимального заповнювача (пульвіса) для морських бетонних портових розчинів.

Сучасний цементний розчин з часом тріскається і руйнується. А міцність давньоримського матеріалу вже давно не давала спокою дослідникам, адже з роками цей матеріал тільки міцніє навіть під дією води.

Під час дослідження зразків приморських стін вчені з'ясували, що бетон древніх римлян містить рідкісний мінерал - алюміній-тоберморит [3]. У складі також міститься пористий мінерал, який називається філіпсит [4]. Вони вважають, що це зміцнююча речовина кристалізувалося в вапні, коли давньоримський розчин виділяв тепло під впливом морської води.

Але на цьому дослідники не зупинилися і провели ще більш детальний аналіз зразків прибережних стін за допомогою електронного мікроскопа Zeiss Merlin (SEM) в лабораторії Bruker в Берліні та скануючого електронного мікроскопа Zeiss EVOMA10 Департаменту науки про Землю і планетах Каліфорнійського університету в Берклі, щоб визначити розподіл елементів.

Вченими були вилучені зразки, взяті з кар'єру біля Фонді-ді-Байя, для електронно-зондового мікроаналізу, які аналізували за допомогою електронного мікрозонда Cameca SX-51, обладнаного п'ятьма спектрометрами з дисперсією по довжині хвилі, з використанням прискорювальної напруги 15 кеВ, струму пучка 10 А і діаметра пучка 1-2 мкм.

Також вони використовували дві інші техніки: рентгенівську мікродифракцію на основі синхротонів і рамановская спектроскопія, щоб точніше визначити хімічний склад.

Будівельний розчин з римського морського бетону вважається прототипом сучасних бетонів, які частково замінюють портландцемент природним пуцоланом для зниження викидів CO<sub>2</sub> і отримання еластичного в'язучого CASH [5]. Стародавні римські бетони також мають CASH сполучна речовина, але воно було отримано в результаті реакції морської води, вапно (CaO) прожарюють з вапняку і zeolitized вулканічного попелу, в основному з Кампі Flegrei вулкана. CASH - це слабокристалічний аналог альтоберморіта, рідкісного, шаруватого, гідратного мінералу силікату кальцію, що складається з алюмосилікатних ланцюгів, обмежених міжшаровою областю і шаром оксиду

кальцію [6, 7]. Альтоберморіт не зустрічається в звичайних бетонах, але зазвичай зустрічається в реліктових уламках вапна римського морського бетону [2] і, іноді, в гідротермальні змінених вулканічних породах.



Рис. 1. Проведення дослідження давньоримського пірсу за допомогою скануючої електронної мікроскопії

Дослідники стверджують [8, 9], що ці кристали проростали під тривалим впливом морської води, зміцнювали бетон і попереджали появу тріщин.

Древній розчин дуже відрізнявся від сучасного. Зараз будівлі зводять із застосуванням бетону, основою якого є портландцемент. Його виготовляють шляхом нагрівання і подрібнення декількох складових: вапняку, пісковика, попелу, крейди, заліза і глини. Розтертий матеріал потім змішують з великими частками, так званими "агрегатами", наприклад шматочками каменю, щоб утворювалися бетонні структури. Виготовлення цементу шкодить навколишньому середовищу і є джерелом 5% всіх світових викидів вуглекислого газу.

Однак кілька чинників ускладнюють відродження давньоримського цементу. Один з них - це недолік необхідної вулканічної породи. Стародавнім римлянам, кажуть вчені, просто пощастило, тому що необхідні матеріали були у них буквально під ногами.

Крім того, точний рецепт римської суміші не зберігся. Щоб повністю відновити формулу древніх римлян експериментальним шляхом, потрібні довгі роки.

**Висновки.** Результати дослідження опубліковані в журналі "American Mineralogist". Згідно цих досліджень вчені стверджують, що кристали CASH можуть виявитися корисними в цементуючих бар'єрах, а також для обробки та захоронення ядерних та небезпечних відходів, якщо вони можуть бути зроблені в достатніх кількостях при низькій температурі і, можливо, за допомогою регенеративних цементуючих процесів на місці протягом тривалих періодів часу.

## Список використаних джерел

1. Brune, P.F., Ingraffea, A.R., Jackson, M.D., and Perucchio, R. (2013) The fracture toughness of an Imperial Roman mortar. *Engineering Fracture Mechanics*, 102, 65–76
2. Jackson, M.D. (2014) Seawater concretes and their material characteristics. In J.P. Oleson, Ed., *Building for Eternity: the History and Technology of Roman Concrete Engineering in the Sea*, p. 141–187, Oxbow Books, Oxford
3. Тоберморит // Мінералого-петрографічний словник/ Укл.: Білецький В. С., Суярко В.Г., Іщенко Л. В. - Х.: НТУ «ХПІ», 2018. - Т. 1. Мінералогічний словник. - 444 с. - ISBN 978-617-7565-14-6.
4. Філіпсит // Мінералого-петрографічний словник / Укл.: Білецький В.С., Суярко В.Г., Іщенко Л.В. - Х.: НТУ «ХПІ», 2018. - Т. 1. Мінералогічний словник. - 444 с. - ISBN 978-617-7565-14-6.
5. Snellings, R., Mertens, G., and Elsen, J. (2012) Supplemental cementitious materials. *Reviews Mineralogy Geochemistry*, 74, 211–278
6. Richardson, I.G. (2014) Model structures for C-(A)-S-H(I). *Acta Crystallographica*, B70, 903–923
7. Myers, R.P., L'Hôpital, E., Provis, J.L., and Lothenbach, B. (2015a) Effect of temperature and aluminium on calcium (alumino)silicate hydrate chemistry under equilibrium conditions. *Cement and Concrete Research*, 68, 83–93
8. Marie D. Jackson , Sean R. Mulcahy , Heng Chen , Yao Li , Qinfei Li , Piergiulio Cappelletti and Hans-Rudolf Wenk / Phillipsite and Al-tobermorite mineral cements produced through low-temperature water-rock reactions in Roman marine concrete/ *Mineralogical Society of America* |., Published online: July 17, 2017 DOI: <https://doi.org/10.2138/am-2017-5993CCBY>
9. <https://www.bbc.com/ukrainian/features-russian-40549093>

УДК 631.6:332.3

**Ситник І.В.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет*

## СУЧАСНИЙ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ СТАН ЗРОШУВАНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ

**Вступ.** Сучасні світові тенденції розвитку сільськогосподарського землекористування засвідчують необхідність вирішення поряд із завданням забезпечення населення продуктами харчування проблеми захисту довкілля, відтворення родючості ґрунтів. Через це формуються такі системи використання земельних угідь, які пріоритетним напрямком визначають не максимальну продуктивність культур, а збереження функціональних зв'язків між природними елементами довкілля. Цим напрямкам в повній мірі відповідають основні принципи це екологічність, адаптивність, наукоємність. Такі принципи дають можливість перейти від концепції тотальної

інтенсифікації земельних ресурсів, наслідком якої є деградація ґрунтового покриву і всього довкілля, до концепції природоохоронного адаптивно-ландшафтного землекористування і екологічно збалансованих агроєкосистем.

Раціональне використання та охорона земельних ресурсів є дуже важливим фактором для економіки країни. На даний момент унаслідок недоцільного та науково необґрунтованого використання земельних ресурсів виникло чимало глобальних економічних та екологічних проблем у землекористуванні. Надмірне навантаження на земельні ресурси призвело до суттєвих деградаційних процесів, котрі потрібно ліквідувати [1, с. 764].

**Основна частина.** Еколого-економічна оцінка ефективності землекористування здійснюється, в першу чергу, задля забезпечення раціонального використання земельних ресурсів у сільському господарстві. Раціональне землекористування означає науково - обґрунтоване залучення до сільськогосподарського обігу земель та їх ефективне використання за основним цільовим призначенням, створення найсприятливіших умов для високої продуктивності на сільськогосподарських угіддях і одержання на одиницю площі максимальної кількості продукції за найменших витрат праці та коштів. Не менш важливе значення має охорона земельних ресурсів -- сукупність науково обґрунтованих заходів, спрямованих на ліквідацію надмірного вилучення земель із земельного фонду для промислового, транспортного, міського і сільського будівництва, запобігання підтопленню, заболоченню, й підвищення фізико-хімічних властивостей, запобігання забрудненню ґрунту відходами промислового виробництва, паливно-мастильними матеріалами при виконанні сільськогосподарських робіт, захист від водної та вітрової ерозії, раціональне регулювання ґрунтоутворчого процесу в умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва [3, с. 161].

Отже, раціональне використання й охорона земельних ресурсів включають дві групи питань:

- 1) Охорона земель від виснаження і підвищення її родючості група економічних заходів;
- 2) охорона від забруднення та його попередження група екологічних заходів.

Формування у землекористувачів ощадливого ставлення до такого унікального природного ресурсу як земля є головним завданням системи екологічних заходів для забезпечення економіко-екологічного землекористування .

Розробка принципів еколого-економічної оцінки ефективності землекористування в умовах зрошення , пов'язані з використанням і відновленням земельно-водних ресурсів і охорони навколишнього середовища.

Комплексною оцінкою ефективності землекористування земель в умовах зрошення є дослідження і розробка методів економічного і екологічного механізму підвищення раціонального використання. : [4, с.55-57]

Для рішення цих задач треба:

- досліджувати економічні і екологічні аспекти використання земель в умовах зрошення і сучасних умовах реформування сільськогосподарського виробництва;
- впровадження нормативів і стандартів раціонального сільськогосподарського землекористування;
- розглянути тенденції і динаміку використання зрошуваних земель і виявити принципи зниження ефективності ;
- проаналізувати процес вдосконалення форм господарювання і дати рекомендації по їх вдосконаленню в умовах зрошення земель;
- визначити основні фактори, впливу на розвиток землекористування земель в умовах зрошення;
- проаналізувати екологічні наслідки використання землі в умовах зрошення та внести пропозиції відносно еколого-економічних заходів до негативних наслідків;
- впровадження альтернативних ресурсозберігаючих і безпечних технологій та систем землеробства;
- удосконалення й структурна перебудова матеріально-технічної бази сільськогосподарських підприємств;
- ведення екологічного моніторингу і контролю за ефективністю використання земельних ресурсів.
- запропонувати розробки по моделюванню організації ефективного використання земель в умовах зрошення.

**Висновки.** Еколого-економічна ефективність використання земельних ресурсів в умовах зрошення характеризується ступенем збереження їх природного стану і обсягами виробництва продукції. В сучасних умовах загострення екологічної ситуації суттєве значення має управління екологічною ефективністю використання земельних ресурсів. Екологічна ефективність використання поливних земель характеризується системою вартісних показників, які відображають співвідношення кінцевих результатів. : [5, с. 46]

В зв'язку з цим, оцінка землекористування і природоохоронної діяльності в умовах зрошення вимагають подальшої розробки і проведення спеціальних наукових досліджень для більш ефективної оцінки еколого-економічних показників.

### Список використаних джерел

1. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку: Інформаційно-аналітичний збірник / [За ред. П. Т. Саблук].- К. : ІАЕ, 2003 с. 764
2. Закон України " Про охорону навколишнього природного середовища", 25.06.1991р. (зі змінами).
3. Кисель В.И. Биологическое земледелие на Украине: проблемы и перспективы / В. И. Кисель. – Х.: Штрих, 2000 с.161

4. Ситник В.П. Екологічні аспекти агропромислового комплексу / В.П. Ситник // Вісник аграрної науки. – 2012. - №9. – С. 55 – 57.

5. Іванишин В.В. Еколого-економічні аспекти застосування агроекотехнології виробництва конкурентоспроможної екологічно чистої продукції / В.В. Іванишин, В. С. Таргоня, Л. С. Околот / Економіка АПК.–2008.-№3.– С. 46 –49.

УДК 631.67:332.3

**Кособродова К.С.**<sup>1</sup>

*Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва*

## **ПРОБЛЕМИ ІРИГАЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ**

**Вступ.** Роль води у світі переоцінити складно. Цінність водних джерел дуже висока, особливо запаси прісної води. Вже давно відомо, що воду треба берегти, бо це лімітуючий ресурс у агровиробництві та побуті людей. На перший погляд складно в це повірити, що води не стане, але зважаючи на погіршення екологічної ситуації (за різними обставинами) це цілком ймовірно, що прісна вода може стати справжнім дефіцитом, а річки, озера та моря з океаном будуть зовсім засмічені.

Глобальне водне партнерство (GWP, 2014 р.) визначає, що концепція водної безпеки ґрунтується на визнанні ключової ролі води для всіх сфер людського розвитку: продовольчої безпеки, охорони здоров'я, скорочення масштабів бідності та забезпечення сталого розвитку в сільському господарстві, промисловості та енергетиці.

Водна безпека передусім – це гарантований доступ до потрібної кількості та належної якості води для всіх: людини, економіки і природи. За визначенням UN Water, водна безпека – це спроможність людей підтримувати стійкий доступ до достатньої кількості прийнятної якості води для:

- забезпечення засобів для існування, благополуччя людини і соціально-економічного розвитку;
- гарантування захисту від забруднення і пов'язаних з водою стихійних лих;
- збереження екосистем в умовах миру і політичної стабільності.

Водна безпека людини та суспільства полягає в забезпеченні рівного права на питну воду та санітарію для кожної людини на рівні громади.

Стан водних ресурсів і водозабезпечення населення та галузей економіки України залишається однією з головних і актуальних загроз національної безпеки країни. Ця гострота зумовлена тим, що Україна належить до найменш забезпечених власними водними ресурсами країн Європи за питомої величини

---

<sup>1</sup> Науковий керівник – к.е.н., доцент Улько Є. М.

місцевого стоку в маловодний рік у розрахунку на 1 мешканця лише 0,6 тис. м<sup>3</sup>, а з урахуванням транзитного стоку – 1,2 тис. м<sup>3</sup> [1].

Основною проблемою водозабезпечення міст і домогосподарств є недостатній рівень забезпечення послугами централізованого питного водопостачання та санітарії. Першочерговою проблемою використання води в міських населених пунктах є висока зношеність водопровідних мереж, що спричиняє значні втрати води під час її транспортування.

Альтернативою вирішення цієї проблеми є встановлення фільтрів води у житлових будинках. Відомо, що вода забруднюється під час надходження до будинків, через зношеність труб. Міняти усі труби, по яким тече вода по місту, дуже тривалий і дорогий процес, тому існує пропозиція встановлювати фільтри, які очищують воду на достатньому рівні. Через забруднення питної води в організмі людини поступово накопичуються отруйні речовини, які призводять до серйозних захворювань, очищення води за допомогою фільтрів цьому запобігає.

Екологи звичайно діють, але щось все більше і більше з'являється інформації в ЗМІ, яка дійсно насторожує. Достатньо подивитись на річки, які порівняно з іншими роками, почали «цвісти» набагато швидше, і влітку сезон купання вже скорочується. А морські глибини «дарують» людям медуз, ніби це помста за недбале відношення до морських жителів. Раніше про медуз навіть не думали, коли їхали відпочивати і оздоровлюватись, а тепер користуються «сарафанним радіо» щоб спланувати безпечний відпочинок на морі.

**Основна частина.** Альтернативою, виходом із залежності від економічних складнощів пов'язаних з водою є буріння скважин прісної води. Звичайно це теж потребує відповідних капіталовкладень, але порівняно з іншим водопостачанням все одно набагато зручніше, корисніше та дешевше. Слід пам'ятати про глибину скважини, оскільки від неї залежить придатність води, вона буде або придатної до пиття або просто технічною. Фактом є й те, що на смак вода зі скважин відрізняється, в залежності від місця знаходження.

Популярності набувають так звані автономні будинки, власники яких майже не залежать від держави у плані комунальних послуг. Справа в тім, що вода подається зі скважин, а ще застосовують сонячні батареї, ще більш креативні застосовують енергію вітру. Існує таке поняття як «Зелене будівництво» основою якого є екологічне підґрунтя.

Так природні ресурси – це справжній скарб для людини, але його треба ще вміти ефективно та раціонально виявити, використати та примножити, застосувавши розум, який, як відомо, відкрив вже багато таємниць природи.

Якщо підключити розум і дійсно серйозно приділити достатню увагу річкам хоча б на регіональному рівні, можна було б досягнути великих успіхів, адже знання є. У наш час майже вся наукова інформація розміщена у інформаційних джерелах, які слугують поширенню спеціальних знань з обраних тем досліджень, слід тільки почати рухатись вперед до поставленої мети.



Популярності і практичного застосування набувають штучно створені водойми. Причому як з естетичної сторони так і з промислової, або комерційної користі. Мова йде про ставки, в яких вирощувати можна різну прісноводну рибу або створення пляжів на приватних територіях.

Звичайно це потребує фінансових вкладень і відповідних знань та організаторських здібностей. Але коли є усі потрібні ресурси, а найголовніше справжнє бажання діяти і досягти поставленої мети, реалізувати подібні проекти цілком реально!

Вздовж берегів висаджуються відповідні рослини, які покращують екологічний стан навколишнього середовища, а в деяких випадках, в залежності від площі, поблизу можна випасати худобу (кіз, корів, коней).

Коли умови ландшафту дозволяють організувати на власній присадибній ділянці ставок – це дуже зручно.

Враховуючи, що водойма впливає й на мікроклімат прилеглої території, а саме зволожує повітря, це надає користі та зручності у спекотні дні.

Якщо з розумом підійти до вибору видів риб, то можна підібрати тих, які з'їдатимуть зайву непотрібну рослинність (водорості або деякі поверхневі рослини), що сприятиме очищенню води та берегів. Таким чином ставок стає придатним для рибальства, де якість риби відома і яку цілком реально контролювати, а також у цьому ставку можна плавати що є корисним для здоров'я, звичайно у цьому випадку велике значення має розмір і безпечність водойми.

*Фітомеліорація водотоків.* До ландшафтів водотоків належить деревна й уся прибережно-водна рослинність. Інформація за Х. Пойкером (1987), який розглядає аспекти формування ландшафту в ході гідротехнічних робіт [2].

1. Роботи, що здійснюються на водоймах і в долинах річок, слід розглядати як ландшафтоформування, оскільки річні та долинні ландшафти здавна використовували як місця відпочинку. Зберегти цю функцію ландшафту можна при здійсненні заходів з формування просторової структури території, що виходить за межі суто технічних потреб. Матеріалом для формування річкового і долинного ландшафту є дерева і чагарники.

2. Висадка рослин по берегах водотоків і в долинних ландшафтах належить до спеціальної області інженерної біології. Правильний підбір рослин для захисту берегів і закріплення схилі або ж розчленування долинного простору вимагає особливого досвіду і знань. Поблизу водотоків рослини слід використовувати у всій даній розмаїтості, але за умов знання потенційних можливостей їх розвитку.

3. В природі водотоки створюють умови для життя рослин і, передусім, тварин. Багато водних і земноводних видів перебувають під загрозою зникнення, а деякі зовсім зникли. Тому слід ефективно підтримувати мету природоохоронної діяльності, направлену на збереження і відновлення розмаїття життєвих форм як у воді, так і на берегах водойм і в долинах.

*Класифікація ділянок русла і типи водойм.* Під час створення рослинного покриву на берегах водотоків слід брати до уваги природні умови (орографію,

клімат, ґрунти, рослинний і тваринний світ), а також особливості самого водотоку (швидкість течії, коливання рівня води, рух донних наносів тощо).

Русла водотоків поділяють на чотири ділянки, які характеризуються природними умовами, а тому вимагають використання різних гідротехнічних та ландшафтно – формувальних методів.

1. Водозбірний басейн. У цій місцевості з невеликих потічків формується русло ріки. Тому звідси мають розпочинатися всі заходи, спрямовані на санування водойм. Роботи, які тут проводять, мають загально-меліоративний характер: охорона лісу, попередження ерозії, догляд за ґрунтом.

2. Верхня течія. На торфовій ділянці русло все більше поглиблюється при відносно високій швидкості течії і великому схилі долини, пересуваючи породу аж до кам'яних брил. Русло має продовговату форму. В розрізаних на значну глибину долинах рослинний покрив є лише на надто вузькій береговій смужці. Рослини постійно знаходяться під впливом коливань рівня води. Беручи до уваги значну енергію води на цій ділянці русла, використовують комбіновані гідротехнічні методи, тобто поєднання мінеральних і рослинних будівельних матеріалів.

3. Середня течія. На цій ділянці існує рівновага між зливом і виносом породи. Відбувається типова ерозія берегів ріки: перші вигини русла виникають внаслідок відкладів донних насосів – гравію і гальки. Поряд із закріпленням донних наносів заходи з облаштування включають захист берегів і зменшення стоку біологічними засобами.

4. Нижня течія. В цій зоні енергія ріки слабшає настільки, що виникають відкладення піску, суглинку і навіть глини. Ріка тече до моря довгими вигинами і з невеликим нахилом. Рослинність дуже широких зон заплавної терас визначається коливаннями рівня води, які, як правило, досить значні (заплавний ліс). Гідротехнічні заходи у нижній течії зосереджуються на проблемах стоку води.

Сповільнення стоку зумовлює небезпеку повені і утруднює відвід води із сусідніх сільськогосподарських угідь.

Поряд з цією класифікацією, яка виявляє основну різницю в структурі русла ріки і пов'язаними з цим проблемами, для практики формування ландшафту корисна й інша, котру пропонує Х. Пойкер.

У скороченому вигляді йдеться про такі види водостоків [2]:

1. Із швидкою течією – нахил понад 1 %, швидкість течії 1 м/с: потік (ширина русла не більше 3 м при середньому рівні води);

2. Із повільною течією – нахил менше 1 %, швидкість течії менша 1 м/с:

канава, потік (ширина русла при середньому рівні води не більше 3 м);

ріка (ширина русла при середньому рівні води понад 3 м).

*Зона рослинності вздовж ріки.* Беручи до уваги водну поверхню та зону періодичного затоплення, виділяють такі зони рослинного покриву:

1. Зона рдесту (*Potamogeton L.*). Розташована нижче мінімального рівня води, тобто постійно затоплена. Інженерно-біологічна (фітомеліоративна)

роль цієї рослинності незначна, оскільки вона не в стані захистити підводні схили від пошкоджень. Біологічна ж роль їх надзвичайно велика: виробляючи кисень, підводні рослини сприяють самоочищенню водойм і служать кормом для риби. На ріках зі швидкою течією або інтенсивним судноплавством зона рдесту відсутня.

Переважаючі види зони:

*Potamogeton* – різні види рдесту;

*Myriophyllum* – різні види водоперня;

*Ceratophyllum* – різні види кутиру;

*Elodea Canadensis* – елодея канадська;

*Polygonum amphibium* – спарж земноводний;

*Ranunculus* – різні види жовтецю.

2. Очеретяна зона. Це так звана земноводна зона, яка простягається від низького до середнього рівня води і характеризується частими змінами рівня води. Тривалість затоплення рослин становить не менше 150 днів у рік. Очерет своїм корінням зміцнює берегові схили, захищаючи їх від руйнування. Цінність цієї зони полягає також у самоочищенні водойми і рибальстві. В очеретяній зоні, крім очерету, росте багато інших видів, які мають не лише берегоукріплювальні, але й естетичні якості.

3. Зона деревно-чагарникової рослинності з м'якою деревиною. Ця зона лише деколи підтоплюється. На природних водоймах береги, як правило, облямовані великою кількістю верболозу, вище якого на берегових схилах розташовується вербовий заплавний ліс. Деревно-чагарникова рослинність цієї зони забезпечує захист високих берегових схилів від пошкоджень. Там, де вона відсутня, формується злаковий дерновий покрив, який не володіє такою потужною фітомеліоративною силою, як деревно-чагарникові зарості.

4. Зона деревно-чагарникової рослинності з твердою деревиною. Ці насадження розташовані вище середнього рівня паводка, затоплюються лише зрідка і нерегулярно.

Функціональна цінність заплавних фітомеліоративних насаджень, якщо вони являють собою лише вузькі облямовуючі смуги, полягає в захисті прилеглих територій від пошкоджень під час льодоходу, а також в екологічному облаштуванні ландшафту [2].

Експериментальні дослідження проведені О.І. Харламовим [3], показали, що тривале регулярне зрошення сформувало інтенсивне інфільтраційне живлення, підйом ґрунтових вод і підтоплення територій. Особливо істотно ці процеси відбувалися в приканальних зонах, у центрах дощувальних машин «Фрегат» та на днищах безстічних знижень. За останні 34 роки затоплення територій спостерігалось в надмірно вологі періоди 5 разів. На слабостічних та безстічних територіях зрошуваних масивів систематичний закритий горизонтальний дренаж самопливного типу за рахунок безперервного функціонування глибоких колекторів забезпечував істотне підвищення їх загальної дренажності, надійність захисту від шкідливої дії вод та зменшення навантаження на польові дрени. Глибоке закладання колекторів створило умови

для формування потужної зони аерації та автоморфного режиму ґрунтоутворення. У вологі періоди спостерігається формування осередків підтоплення на днищах безстічних знижень, у районі підключення дощувальних машин до гідрантів та в приканальних зонах попри наявність дренажу. А тому систематичний закритий горизонтальний дренаж із глибоким закладанням колекторної мережі забезпечить захист слабостічних та безстічних територій від підтоплення і зменшення питомої протяжності польових дрен. На знижених формах рельєфу виникає потреба в інтенсифікації водовідведення, переведенні поверхневого стоку в підземний, улаштуванні додаткового дренажу та водопоглиначів з об'ємних фільтрів [3, с. 81].

Малі річки дуже часто використовуються для потреб комунального та сільського господарства, а також промисловості і слугують пунктами скидання стічних вод, усі ці реалії чинять надзвичайно негативний вплив на екологічний стан басейнів цих самих річок, антропогенний вплив надто великий, а у даному випадку зі знаком мінус [4].

**Висновки.** Басейн річки є індикатором стану довкілля, на який надто сильно впливають люди, через це міняються ландшафти, ґрунти, ліси, рослинний і тваринний світи, якість води теж зазнає змін. Внаслідок цього актуальними є дослідження на тему антропогенного навантаження і визначення екологічного стану басейну річки як єдиної геосистеми. Точне визначення екологічного стану річок дає змогу відновити природно-екологічну рівновагу у водних і навколо-водних екосистемах річок України, а ще створення умов для еко-безпечного водокористування. Це сприятиме здійсненню водогосподарському-екологічному районуванню території України, а також можливо розробити інженерно-організаційні засади розв'язання проблем, які існують у басейнах річок.

Зробити оцінку екологічного стану басейнів річок України реально та ефективно за допомогою еко-системного підходу на базі логіко-математичної моделі ієрархічної структури. Ця модель дає змогу оцінити: 1) дійсний екологічний стан басейнів річок у цілому і в межах окремих підсистем (радіоактивне забруднення території, використання земельних ресурсів, річкового стоку, якість води); 2) вплив зміни окремих показників на стан підсистем і екосистем басейну в цілому [4, с. 78].

Вплив господарської діяльності призводить до зміни гео-екосистем водозборів та трансформації природних комплексів. Вирубка лісів, введення до сільськогосподарського обігу значних площ земель, їх розорення, меліоративні заходи, які проводяться в екологічно не виправданих широких масштабах, розвиток вітрової і водної ерозії – все це вплинуло на стан річкових водозборів.

Специфічні умови використання земельних ресурсів, а також тривалість існування меліоративних систем, розташування їх на водозборі та характер процесів, які тією чи іншою мірою характеризують вплив меліорації, слід враховувати під час розрахунку антропогенного навантаження.

## Список використаних джерел

1. Водна безпека-запорука сталого розвитку України / Ромашенко М.І., Яцюк М.В., Шевчук С.А. та ін. *Вісник аграрної науки*. 2018. Т. 96, № 11. С. 177–185. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-22>
2. Фітомеліорація: навч. посіб. / В.П. Кучерявий. Львів: Світ, 2003. 540 с.
3. Харламов О.І. Ефективність систематичного горизонтального дренажу на слабостічних та безстічних територіях зрошуваних масивів. *Вісник аграрної науки*. 2019. Т. 97, № 1. С. 78–82. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201901-12>
4. Оцінка стану водних екосистем волинської області за рівнем антропогенного навантаження / Яцик А.В., Яцик І.А., Гопчак І.В., Басюк Т.О. *Вісник аграрної науки*. 2019. Т. 97, № 10. С. 77–82. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201910-11>

УДК 627.8.09

**Волошин М.М., Волошина В.М.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет*

## СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ВПЛИВ ПЛАНОВАНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАХОВСЬКОЇ ГЕС-2

**Вступ.** Каховський гідровузол є найнижчою ланкою Дніпровського каскаду гідроелектростанцій ПрАТ «Укргідроенерго», що споруджений на початку 50-тих років минулого століття. При роботі Каховська ГЕС забезпечує річне регулювання стоку Дніпра для живлення електроенергією, зрошення та водозабезпечення засушливих районів півдня України і навігацію від Херсона до Запоріжжя. Характерними особливостями Каховського гідровузла є безпосереднє розташування земляної греблі висотою 30 м на мулах, а також закритий розподільчий пристрій [1]. Спорудження Каховського гідровузла підняло рівень води в р. Дніпро до 16 метрів і створило Каховське водосховище об'ємом 18,19 км<sup>3</sup>. На Каховській ГЕС встановлено шість вертикальних гідроагрегатів з поворотно-лопатевими турбінами і синхронними генераторами зонтичного виконання. На сьогодні потужність Каховської ГЕС складає 334,8 МВт.

Серед ключових проектів на найближчі роки є будівництво Каховської ГЕС-2 [2], передбачене Енергетичною стратегією України на період до 2035 року (рис.1).

Будівництво Каховської ГЕС-2 планується на майданчику, розташованому у Бериславському районі Херсонській області в адміністративних межах Козацької селищної ради та Веселівської сільської ради на земельних ділянках за межами населених пунктів відповідно до



2. на землекористування місцевими громадами;
3. на місцеву економіку та доходи населення;
4. на здоров'я та безпеку населення;
5. на якість місцевої транспортної та інженерної інфраструктури.

Майже вся територія, на якій планується будівництво, включена до Смарагдової мережі, як територій особливого природоохоронного значення (рішення Постійного Комітету Бернської конвенції). Безпосередньо у зону впливу будівництва та експлуатації Каховської ГЕС 2 потрапляють один об'єкт культурної спадщини з охоронним статусом – Дозорна (оглядова) башта, комплекс споруд Каховська ГЕС-2 та зона охоронюваного ландшафту забудови історичного міста Нова Каховка. Дозорна (оглядова) башта знаходиться у с. Веселому Бериславського району, має статус архітектурного об'єкта національного значення, розташована на березі Каховського водосховища та межує з проектним майданчиком.

Активісти та науковці постійно наголошують, що будівництво Каховської ГЕС-2 катастрофічно вплине на пам'ятку архітектури національного значення «Дозорна башта» (башта Вітовта). Відповідно до звіту з оцінки впливу на довкілля «Будівництво та експлуатація гідроелектростанції «Каховська ГЕС-2» загальною встановленою потужністю 250 МВт», прийнято рішення про зміщення головної вісі споруд ГЕС-2 від башти на 50 м, в бік лівого берега. Для збереження башти проектом передбачена захисна стіна в ґрунті по радіусу 51 м з боку будівництва. Також зауважимо, що під час будівництва будуть частково знесені дерева та рослинність навколо Башти. Під час експлуатації ГЕС-2 зміниться візуальне сприйняття башти з боку Нової Каховки [5].

На етапі будівництва заплановано вилучення земель з користування місцевими громадами. Використання земель водного фонду річки Дніпро, зменшить можливості доступу місцевих жителів до берегової лінії, що наразі використовується для рекреації. До того ж під час підготовки до будівництва планується провести лісорозчищення на території будівельного майданчика в 22 га, видалення деревної рослинності, серед іншого, заплановано на майданчику у нижньому б'єфі, який розташований біля рекреаційного парку «Солов'їний Гай», що разом з самим будівництвом суттєво зменшить рекреаційний потенціал парку. До можливих негативних впливів належать наступні:

- обмеження існуючого або унеможливлення відкриття нового бізнесу у сфері деяких рекреаційних послуг в водозахисних смугах (наметові стоянки, туристичні стежки, місця рибалки, пляжні послуги, тощо) без врахування рівневого режиму;

- обмеження користування рекреаційними зонами (пляжі, купання, зелені зони) для місцевого населення через коливання рівня води та швидкості течії, руйнування берегової лінії через посилення ерозійних процесів - посилення течії Дніпра.

На етапі будівництва Каховської ГЕС-2 очікуються інвестиції у місцеву економіку – вартість будівельних робіт оцінено у понад 450 млн. євро,



планується використання матеріалів та сировини місцевого регіонального виробництва та місцеві логістичні послуги. Очікуються додаткові надходження до місцевих бюджетів - надходження складатимуться з компенсації за використання земель комунальної власності (селища Веселе та Козацьке Бериславського району) та місцевої інфраструктури, підвищення товарообігу для обслуговування будівництва та податки від додаткових робочих місць для місцевого населення.

На етапі експлуатації Каховської ГЕС 2 очікується поповнення місцевого бюджету та додаткові робочі місця у місті Нова Каховка за рахунок продажу електроенергії, плати за землю, плати за спецводокористування, податків від додаткових робочих місць для місцевого населення та інші податки і збори.

Враховуючи технологію виробітку електроенергії ГЕС, прямого впливу на погіршення епідеміологічної обстановки в зоні впливу Каховської ГЕС-2 не прогнозується. Непрямий вплив можливо буде обумовлено, насамперед змінами показників якості води у Каховському водосховищі; потенційним погіршення якості ґрунтових та підземних вод лівого берега Дніпра нижче Каховської греблі через підвищення водонасиченості ґрунтів через регулярні підтоплення деяких ділянок; обмеження користування береговими зонами островів та лівого берега Дніпра нижче греблі Каховського гідровузла через регулярні підтоплення. Можливий підвищений ризик травматизму під час будівельних робіт. Рівень соціального ризику планової діяльності оцінюється як прийнятний [5].

Щодобові значні коливання рівня води у нижньому б'єфі підвищать водо насиченість ґрунтів та впливатимуть на якість ґрунтових вод лівого берега Дніпра у нижньому б'єфі Каховського гідровузла. Регулярні підтоплення ділянок що підтоплювалися раніше лише під час водопілля та підвищення рівня ґрунтових вод може призвести до їх забруднення від негерметичних септиків, накопичення тимчасового зберігання побутових, сільськогосподарських та промислових відходів, сміттєзвалищ які незаконно розміщені в водоохоронній зоні.

На етапі будівництва Каховської ГЕС 2 очікується негативний вплив на залізничне та автотранспортне сполучення та використання інженерних комунікацій прокладених через греблю Каховського гідровузла. На етапі експлуатації Каховської ГЕС-2 через регулярні підвищення об'ємів скидів води у пікові години очікується незначний вплив на водний транспорт та відповідну інфраструктуру (сезонні понтонні причальні споруди) на місцеву міську інфраструктуру у нижньому б'єфі Каховського гідровузла.

**Висновки.** Вплив на соціально-економічне середовище від реалізації проекту будівництва та експлуатації Каховської ГЕС 2 очікується як позитивний постійний та значний для місцевої громади, так і негативний, від тимчасового та значного щодо транспорту та мобільності до постійного та незначного для безпеки та здоров'я населення.



## Список використаних джерел

1. Каховська ГЕС імені П.С.Непорожнього // uhe.gov.ua. Раді вітати Вас на офіційному сайті ПрАТ "Укргідроенерго" uhe.gov.ua | uhe.gov.ua. URL: [https://uhe.gov.ua/filiyi/kakhovska\\_hes\\_imeni\\_p\\_s\\_neporozhnoho](https://uhe.gov.ua/filiyi/kakhovska_hes_imeni_p_s_neporozhnoho) (дата звернення: 19.05.2021).
2. Чи побудують Каховську ГЕС-2? (Відео). Український Південь. URL: <https://pivdenukraine.com.ua/2019/12/23/chi-zyavitsya-kakhovska-ges-2/> (дата звернення: 19.05.2021).
3. Каховська ГЕС-2 (в процесі підготовки до будівництва) // uhe.gov.ua. Раді вітати Вас на офіційному сайті ПрАТ "Укргідроенерго" uhe.gov.ua | uhe.gov.ua. URL: [https://uhe.gov.ua/filiyi/kakhovska\\_hes\\_2\\_v\\_protsesi\\_pidhotovky\\_do\\_budivnytstva](https://uhe.gov.ua/filiyi/kakhovska_hes_2_v_protsesi_pidhotovky_do_budivnytstva) (дата звернення: 19.05.2021).
4. Будівництво Каховської ГЕС-2: аргументи «за» | uhe.gov.ua. Раді вітати Вас на офіційному сайті ПрАТ "Укргідроенерго" uhe.gov.ua | uhe.gov.ua. URL: [https://uhe.gov.ua/media\\_tsentr/novyny/budivnictvo-kakhovskoi-ges-2-argumenti-za](https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/budivnictvo-kakhovskoi-ges-2-argumenti-za) (дата звернення: 19.05.2021).
5. Звіт з оцінки впливу на довкілля «Будівництво та експлуатація гідроелектростанції "Каховська ГЕС -2" потужністю 250 МВт» № 20207136106 ) | uhe.gov.ua. Раді вітати Вас на офіційному сайті ПрАТ "Укргідроенерго" uhe.gov.ua | uhe.gov.ua. URL: <https://uhe.gov.ua/sites/default/files/2021> (дата звернення: 19.05.2021).

УДК 691

**Волошин М.М., Петях А.А.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна*

## ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

**Вступ.** Впровадження ВІМ-технології в будівництво та проектування можна без перебільшення назвати головним архітектурним трендом останнього десятиліття. Сучасну архітектуру неможливо уявити без ВІМ-моделювання. Цей підхід дозволяє комплексно вирішити всі поточні завдання, своєчасно виявити потенційні складнощі, пов'язані не тільки з будівництвом, а й з подальшою експлуатацією будівель.

**Основна частина.** Ще 10-15 років тому все, від архітектурних до інженерних креслень, робили на папері. Потім слідував великий процес рутинних погоджень і перерисовування вже випущених проектів.

Традиційне проектування працює з двомірними моделями об'єктів будівництва. Це плани, креслення, технічна документація. ВІМ проектування істотно відрізняється від інших видів проектних робіт. Його відмінність - збір і обробка даних про архітектурно-планувальних, конструктивних, економічних,

технологічних, експлуатаційних характеристиках об'єкта, об'єднаних в єдиному інформаційному полі (BIM - моделі). Всі дані, закладені в інформаційну модель об'єкта, пов'язані між собою і взаємозалежні.

Технології BIM базуються на віртуальній тривимірній моделі, що володіє реальними фізичними властивостями. Але це не все ресурси технології інформаційного моделювання. До неї приєднуються додаткові виміри: час, плани, вартість.

При використанні технологій інформаційного моделювання будівель на етапі проектування змінюються три аспекти.

**Архітектура.** Можна проектувати будівлі більш складних форм, які при традиційному двомірному проектуванні створити найчастіше неможливо. Наприклад, знамениті вигини і космічні форми будівель Zaha Hadid Architects багато в чому стало можливо реалізувати завдяки BIM.

BIM скорочує терміни проектування, в тому числі за рахунок того, що над одним проектом можуть одночасно працювати різні фахівці. Ця можливість актуальна і при віддаленій роботі. За деякими оцінками, в середньому час проектування скорочується на 10%, крім того, на 40% може прискоритися процес узгодження робочої документації.

Скорочується або зводиться до нуля кількість помилок в проектуванні (а значить, і в будівництві), в тому числі помилок, які виникали через людський фактор. У BIM зміна одного елемента веде до зміни всієї моделі, в традиційних ж кресленнях зміни потрібно вносити вручну в кожен зріз проекту.

Можна виділити певну послідовність робіт при створенні тривимірної інформаційної моделі. На початковому етапі відбувається розробка блоків первинних елементів проектування. Це готові вироби, необхідні будівлі (двері, вікна, прилади опалення і освітлення, плити перекриттів, вентиляційне обладнання та ін.), Що виготовляються поза територією будівництва. Ці елементи при будівництві об'єкта не діляться на частини. Наступний етап моделює ті частини об'єкта, які зводяться на будмайданчику: фундамент, стіни, конструкції даху і покрівлі, навісний фасад і інші необхідні елементи будівлі. Розподіл на етапи умовно. При моделюванні ви можете замінити ті чи інші вироби, що автоматично відіб'ється у відповідній технічній документації і на зовнішньому вигляді об'єкта.

Практично робота над BIM проходить кілька етапів:

1. Створення архітектурної 3D моделі будівлі з усіма планами, видами, розрізами, необхідними для розділу архітектурних рішень. Всі складові розділу завантажуються автоматично.

2. Конструктор вводить створену модель у програму, розраховувати необхідні параметри складових елементів будівлі. Одночасно програма видає робочі креслення, відомості обсягів робіт, специфікації, проводить розрахунок кошторисної вартості.

3. На основі отриманих даних розраховуються і вводяться в 3D модель інженерні мережі та їх параметри (теплові втрати конструкцій, природна освітленість та ін.).

4. При отриманні розрахункових обсягів робіт фахівцями розробляються проект організації будівництва (ПОБ) і проект виконання робіт (ПВР), програмою автоматично складається календарний графік виконання робіт.

5. У модель додаються логістичні дані про те, які матеріали і в які терміни повинні бути доставлені на територію будівництва.

6. По завершенні будівництва інформаційна модель може працювати при експлуатації об'єкта за допомогою датчиків. Під контролем виявляються всі режими інженерних комунікацій і можливі аварійні ситуації.

Застосування BIM технології в будівництві має на увазі комплексний підхід на всіх рівнях будівельного процесу і має свої переваги на кожному рівні.

- 3D - візуалізація. Наочно інформує про стан об'єкта інвесторів, підрядників, майбутніх мешканців, перевіряючі органи. Можлива візуалізація в різних віртуальних комплексах (персональні системи, VR-окуляри, CAVE - система, що застосовуються для колективного користування).

- 3D модель - це централізоване сховище всіх необхідних даних про будівлі. Дозволяє швидко і ефективно вносити зміни в проектні рішення, простежуючи результат у всіх пов'язаних між собою проекціях.

- Використання BIM підходів в проектуванні значно зменшує терміни підготовки проектної документації.

- Застосування BIM технології зменшує ймовірність помилок, виявляючи нестыковки в інженерних системах і комунікаціях в рамках проектування, а не в процесі будівництва або здачі об'єкта.

- Наочні розрахунки будівельних конструкцій, розробка інженерних комплексів із застосуванням існуючих баз типових конструкцій і вузлів.

- Управління режимами робіт в реальному часі, контроль над ключовими показниками і дотриманням термінів виконання робіт в будь-якому масштабі.



Рис. 1 - Цикл створення проекту

- Можливість автоматичного вивантаження результатів досліджень і випробувань, проектної документації та звітів в електронному вигляді за запитом контролюючої організації.

- Можливість автоматизувати процеси управління будівельною технікою, користуючись введеними в машину проектними параметрами.

- Можливість управління даними. Змінюючи фінансові параметри проекту або трудовитрати в каталогах специфікацій, можна коригувати вартісні показники будівництва.

- Створення бази підрядних організацій, централізоване управління бухгалтерськими розрахунками, договорами, контроль над програмами розвитку будівництва.

- Впровадження BIM технології в проектуванні знижує грошові витрати і скорочує терміни введення будівлі в експлуатацію.

Одне з головних достоїнств Вім проектування - отримання всеосяжного відповідності параметрів і експлуатаційних характеристик зведеного будівлі вимогам Замовника.

Програмних рішень, що реалізують BIM моделювання в будівництві безліч. Вони можуть бути платними і безкоштовними, багато дозволяють хмарне зберігання BIM моделі і віддалений доступ. Найбільш затребувані серед них:

- AUTODESK REVIT
- ARCHICAD
- AutoCAD Civil 3D
- Allplan
- BIMsigh
- MagiCAD

**Висновки.** Є багато способів складання єдиної BIM моделі. Віртуальне моделювання вимагає до себе прогнозованого підходу, погляду на кілька ходів вперед. Потрібно спочатку представляти, як частини моделі, виконані із застосуванням різних програм, зібрати потім в єдиний працюючий комплекс.

### Список використаних джерел

1. Григорьева, М. И. Использование BIM технологий в строительстве / М. И. Григорьева // Архитектура. Строительство. Дизайн. 2017. - №3. – С. 100 – 123.
2. Кукушкин И. С., В. Л. Пути автоматизации проектирования опорных конструкций под оборудование при использовании технологии связи: SMART 3D – TEKLA STRUCTURES - SCAD OFFICE / И. С. Кукушкин // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016. - № 9. - С. 145 - 156.
3. Фролова, Е. В. Информационное моделирование строительного объекта (BIM) / Е. В. Фролова // Инновации. - 2017. - №4. - С. 109 - 123.
4. Лустина О. В., Бикбаева Н. А., Купчиков А. М. Использование BIM-технологий в современном строительстве // Молодой ученый. — 2016. — №15. — С. 187-190.

УДК 332.2

**Годованюк А.В.***Подільський спеціальний навчально-реабілітаційний  
соціально-економічний коледж***УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ГІС**

**Вступ.** В теперішніх умовах господарства в зацікавленнях фірм забезпечити посилене вживання земельних ресурсів в зв'язку із закономірністю абсолютного задоволення попитів народонаселення у продуктах харчування, а індустрія - в аграрній сировині. Проте, щороку цілеспрямовано розростаються ділянки, зайняті під забудівлями і індустріальними об'єктами. У зв'язку із цим, першорядною задачею вимальовується прийом надекономічно та надекологічно аргументованих адміністративних постанов з приводу розстановки продуктивних сил із врахуванням забезпечення найбракціональнішого вживання і охорони земель, а також якнайбільшого збереження аграрного земельного фонду. Тому питання дійового землекористування є актуальною і вимагає термінового рішення.

Вагомий внесок у рішення питання менеджменту земельних ресурсів та нормативно-правового забезпечення цього ходу зробили Д. Добряк, О. Дорош, М. Мартин, П. Саблук, А. Третяк та інші вчені. На переміну переважному застосуванню земельних ресурсів як підґрунтя підприємства прийшли сучасні зацікавлення господарів, активізувалося використання прибуткових методів та інструментів, притаманних для ринкової економіки [1, с. 12]. Обговоренням земельних ресурсів у контексті виняткового просторового явища, яке втілює в життя триєдину функцію, а саме: як екологічний інтегральний ресурс, котрий продукує умови для життя та проживання населення; просторова основа розміщення продуктивних сил, а також предмет та засіб праці, – приділено дослідження учених І. Бистрякова, Г. Гуцуляка, О. Новоторова, М. Ступеня.

**Основна частина.** Керування земельними ресурсами визначається специфічною багатофункціональною функцією землі у житті соціуму, її природженою обмеженістю і незамінністю у якій завгодно галузі підприємницького та другого функціонування. Менеджмент земельних ресурсів - неупереджений процес і система заходів (правових, адміністративних, економічних, екологічних тощо) стосовно здійснення землею суспільно-виробничих позицій [4, С. 169].

В цілому економічний механізм менеджменту земельних ресурсів має вид системи методів управління: економічного стимулювання, економічної гарантії та економічних санкцій (рис. 1).

Сьогодні для сталого плану землекористування - планування землекористування (LUP) вимагає дедалі більше інтеграція даних, багатопрофільного та складного аналізу, і потребує швидшого або точнішого інформація для учасників LUP-підходи. Звичайно, географічна інформаційна

система (ГІС), яка має потужну здатність передавати дані інтеграції та аналізу та візуалізації, стає основним інструмент підтримки підходів LUP.



Рис. 1. Економічний механізм управління земельними ресурсами  
Джерело: [2, с. 134]

Можна говорити про застосування ГІС у трьох різних LUP-підходах. Партійний підхід LUP (PLUP) серйозно враховує уявлення про використання земель місцевих жителів, керівні принципи для LUP від ФАО, посилені багатокритеріальними показниками оцінки (FAO-MCE) та планування землекористування і система аналізу (LUPAS) використовує інтерактивні багатоцільового лінійного програмування.

Територія дослідження має контрастні ступені вторгнення солоної води, і сильно контрастні системи землекористування. Головні проблеми, пов'язані з ґрунтом, - це кислотність та солоність. Основні проблеми, пов'язані з водою для сільського господарства - солоність, поганий дренаж і відсутність прісної води. Запас прісної води повністю залежить від дощової води і глибокої підземної води. Сезон дощів порівняно короткий. Інша головна проблема - непостійні опади поширені лише поблизу узбережжя та поверхневих вод забруднення поблизу національної дороги.

Модифікована оцінка участі у сільській місцевості (PRA) використовується на основі набору економічних та соціальних інструментів. У цьому підхід базується на групі близько 10 ключових інформаторів (досвідчені фермери), що формуються у кожному хуторі [3, с. 54].

PLUP мають ґрунтовний набір перспектив, сільське господарство, фермери та фермери аквакультури мають бути згруповані окремо. У кожній групі варто зазначити огляд історії землекористування, описати їх земельних умов та виробничих систем, пояснити причини зміни землекористування, визначити соціально-економічні фактори, що впливають на зміни рішень, скласти ескізну карту із зазначенням землекористування і обмеження земель своїх хуторів, і запропонувати переважне майбутнє землекористування. Прогулянки на трансекті також варто проводитися для перевірки карти ресурсів фермерів.

Під час прогулянки трансектом варто зазначити фермерам інформація про землю та типи землекористування для якісного управління. ГІС використовувався для об'єднання карт та для аналізу зміни землекористування, реалізація переваг, зміна переваг і конфлікти переваг. Карти ресурсів хуторів, складені двома групами фермерів об'єднували в карти села. Всі характеристики хуторів також вводяться в базу даних ГІС. У базі даних є три карти шарів для кожного року:

- шар земельної одиниці з даними про біофізичні та соціально-економічні умови;
- шар землекористування, що описує діяльність із землекористування країни на конкретній площі за певний рік;
- шар переваг для фермерів.

Менеджмент-карти землекористування демонструють зміни переваг землекористування і дають можливість поєднувати інформацію про біофізичний та соціально-економічний стан досліджуваної території.

Для усвідомлення конфліктів у землекористуванні перевагу надають двом групам фермерів (сільське господарство та аквакультура), менеджмент-карти переваг двох груп демонструють результати аналізу, що показує (потенційно) місця конфлікту в досліджуваній зоні. Ця інформація має важливе значення для здійснення та стійкого планування землекористування.

Результати показують, що використання земельних площ дуже динамічне. Протягом року змінюватиметься половина досліджуваної площі, сільське господарство - здебільшого замінюється аквакультурою. Лише

половина переваги фермерів будуть реалізовані, в основному, в аквакультура. Перевага фермерів змінюється в основному від сільського господарства до суміші сільського господарства та аквакультури, або лише до аквакультури. Спостерігається різниця у перевагах між фермерами сільського господарства та фермерами аквакультури, спричинені відмінності в їх біофізичних та економічних міркувань.

Основним обмеженням цього підходу є просторова точність менеджмент-карт, складених фермерами. Однак точність межі земельних одиниць можна покращити за допомогою трансектних прогулянок разом з індивідуальні співбесідниками. Використання кадастрових карт також може сприяти збільшенню просторової точності.

У цьому підході до планування землекористування в Україні застосовувались ГІС всі етапи підходу. Спочатку це було застосовується в оцінці земель. Грунт, вода, рельєф і карти погоди накладаються, щоб мати наземне картографування одиниць (LMU). LMU - це ділянка землі, яка біофізично відносно однорідний за масштабом відповідний рівень. Потім, типи землекористування (LUT) та їх вимоги порівнюються з LMU-характеристиками, які мають відповідність LUT. На основі придатність LUT, біофізичний бал кожного LUT у кожному LMU призначається. У соціально-економічній оцінці соціально-економічні оцінки LUT показники оцінювались для кожного LMU. Соціально-економічні показники, застосовані для цього дослідження, були:

- валовий дохід, інвестиційні витрати, змінні витрати, загальні витрати, співвідношення користь/вартість, робочі дні, доступність, та фінансовий ризик.

Цінності соціально-економічного показників називаються соціально-економічними балами. Для аналіз доступності, модель ГІС, яка називається «Аналітик доступності», де обчислюється час у дорозі з будь-якого даного географічне розташування до найближчого цільового місця.

У цьому дослідженні ці місця мають бути місцевими ринками, де фермери могли продавати свою продукцію.

В екологічній оцінці впливають LUT на навколишнє середовище може бути оцінені на основі впливу шести екологічних показники на землі: седиментація, засолення, використання підземних вод, води забруднені органічними відходами та поживними речовинами, використання добрив та хімікатів та (незворотне) місцеве коригування. Ступінь впливу на навколишнє середовище кожен показник визначається за результатами співбесіди фермерів, знань експертів та літератури дослідження. Значення екологічних показників називають екологічними балами. Щоб вибрати найбільш відповідний LUT для кожного LU використовується комбінація (WLC). Сценарій земельного менеджменту може бути визначений на основі однієї або більше цілей розвитку, коли множинні цілі розвитку використовуються для визначення землекористування. У сценарії управління землекористуванням пріоритет надається цілям розвитку (наприклад, 25% - для економічних розробок, 75% -



для навколишнього середовища та його збереження), а потім можна подати заявку на WLC альтернативні LUT. Для заданого набору пріоритетів, найкращою альтернативою LUT для LMU є один із найвищих підсумкових балів оцінки. У даному дослідженні розглянуто три цілі LUP: економічний розвиток, соціальне забезпечення та охорона навколишнього середовища та стійкість. Для кожної мети були обрані критерії для аналізу.

Чотири критерії були важливі для соціального забезпечення: фінансовий ризик, праця і вимога до неї, співвідношення в/с та вплив на навколишнє середовище із зменшенням значення в цьому порядку. Основним критерієм є використання впливу на навколишнє середовище для екологічної стійкості та економічної значимості. Другий і третій критерії показують результати, коли розставлено акцент з питань соціального забезпечення. Вони здаються однаковими, але різниця полягає в тому, що другий робить акцент на роботі створення (висока вага за критерієм праці) та третій робить акцент на мінімізації фінансового ризику (висока вага для критерію фінансового ризику).

Коли соціальне забезпечення має високий пріоритет, більшість земель відведено для вирощування рису овочевого або одиночного рису. Коли екологічна стійкість має пріоритет, більшість земель є призначається для одного рису. Коли всі цілі мають той же пріоритет, одиночний рис є основним LUT.

Методологія LUPAS була розроблена в рамках мережі системних досліджень для екорегіональних земель. LUPAS використовує землю з одиницею для розрахунку (LU). Отримуються LU шляхом накладання біофізичного картографування земель підрозділ та адміністративний підрозділ. Біофізична придатність LUT оцінювали для кожного LU.

Вихід - це дохід, урожай, залишки врожаю, вода, зміна таблиці та біоцидні залишки перспективних LUTs. Ці дані експортуються до текстових файлів, які є моделлю оптимізації. Оптимізаційні моделі використовують різні критерії обмеження ресурсів або виробничих цілей та отримує відповідний розподіл землекористування. Ці файли є тоді імпортовані до ГІС для картографування.

Програмне забезпечення GAMS та MapInfo використовується для розробки моделі. Модель включає кілька модулів для введення даних та оптимізації сценарію. В разі дослідження, два сценарії на технічному рівні (тепер технічний рівень і вдосконалений технічний рівень). Поєднання цільової функції становлять набори обмежень та / або обмеження цілей, загалом 16 підсценаріїв.

Аналіз показує, що для максимізації сукупного доходу досліджуваної області, модель присвоює високу питому вагу земельної ділянки LUT. Вдвічі більший дохід можна досягти, покращивши технологію вирощування до існуючого максимального рівня. Капітал і техніка вирощування – це основні обмеження. Обмеження цілей (верхня межа виробничі цілі) незначно впливають на загальний дохід але сильно впливають на розподіл земель. Таким

чином, змінюючи цільові обмеження, ризик можна зменшити, наприклад, зменшення цілі виробництва продукції [3, с. 61].

Дослідження показує корисність ГІС у різних кроки підходів LUP. У PLUP ГІС допомагає інтегрувати отримані просторові та атрибутивні дані з фермерських дискусій та поперечних прогулянок, і до аналізу зміни не тільки біофізичних, земельних зміни ділянок, але також і сприйняття фермерів під час використання земель. Конфлікти у використанні ресурсів, головним чином, між сільським господарством та аквакультурою, були

також нанесено на менеджмент-карту та описано її. У FAO-MCE – ГІС був використаний для поєднання біофізичних та соціально-економічних характеристик для оцінки земель та багатокритеріальна оцінка. Підхід підтримують особи, що приймають рішення в компромісах між різними інтереси зацікавлених сторін. В LUPAS оптимізаційна модель була пов'язана з ГІС для введення даних та презентації результатів. За сценарієм аналізу, землепланування використовує різні дослідні сценарії землекористування з різними цілями та обмеженнями біофізично та соціально-економічного характеру.

Аналізуючи, LUPAS може вказати на основні обмеження розвитку та потенціалу досліджуваних земель використовуючи для оцінки розвитку цілі здійснення, і якщо так, то як ресурси найкраще використовувати для оптимізації досягнень цілей.

**Висновки.** Філософії менеджменту земельних ресурсів в нинішніх умовах суттєво змінюється та поліпшується, що обумовлено переінакшенням суті земельних взаємовідносин та реалізацією земельної реформи. Позаяк фундаментальними запитаннями реформування є багатоукладне землекористування та паритетний розріст різноманітних форм власності на аграрні землі, урядове управління земельними ресурсами полягає в формуванні механізму доцільного землекористування, котрий би давав спроможність позначатися на діяльність суб'єктів земельних відносин та забезпечення продуктивної діяльності у визначених природних умовах.

### Список використаних джерел

1. Москаленко А.М. Формування ефективного використання сільськогосподарських земель Полісся України в ринкових умовах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора екон. наук: спец. 08.00.06 «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища» К., 2015.
2. Горлачук В.В., В'юн В.Г., Песанська І.М., Сохнич А.Я. Управління земельними ресурсами: підручник. Львів: Магнолія плюс, 2006. 443 с.
3. Новаковський Л.Я., Шквар М.І. Регіональна земельна політика. К.: Урожай, 2006. 135 с.
4. Футулуйчук В.М., Шапоренко О.І., Бойчук Я.Д. Принципи, завдання та методологічна основа землеустрою. Вчені записки Університету «КРОК» 2017. Вип. 48. С. 166 - 174.

УДК 624.01

**Журахівський В.П.***Херсонський державний аграрно-економічний університет*

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГИНАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ЗОВНІШНЬОЮ ГНУЧКОЮ СТАЛЕВОЮ АРМАТУРОЮ

**Вступ.** Впровадження ефективних способів підсилення будівельних конструкцій на сьогодні є актуальним питанням, бо воно тісно пов'язане з реконструкцією існуючих будівельних об'єктів, їх переоснащенням. Згинані елементи виступають одними з найбільш розповсюджених і часто саме вони в складі перекриттів або покриттів мають ознаки значного фізичного зносу або часткову втрату міцності.

Серед існуючих заходів підвищення несучої здатності балок, є збільшення висоти поперечного перерізу, встановлення затяжок для обтиску розтягнутої зони, влаштування дублюючих елементів, що знайшло відображення у вітчизняних та закордонних працях [1-5].

**Основна частина.** Розглянемо запропоновану нову конструкцію підсилення залізобетонних балок зовнішньою арматурою з використанням жорстких важелів, що захищена повним патентом України [6]. Дана конструкція балки була удосконалена, виконана і експериментально досліджена. В даному конструктивному вирішенні жорсткі важелі були замінені на гнучкі сталеві арматурні стрижні, що дозволило зменшити витрати сталі та вагу самої конструкції, не тільки не втративши при цьому показники міцності, а навіть дещо збільшивши їх. Особливістю роботи даної конструкції є можливість розвантаження верхньої стиснутої грані балки, шляхом створення зусилля розтягу дією зовнішньої арматури підсилення на балку. Запропонована удосконалена система підсилення представлена на рис. 1.

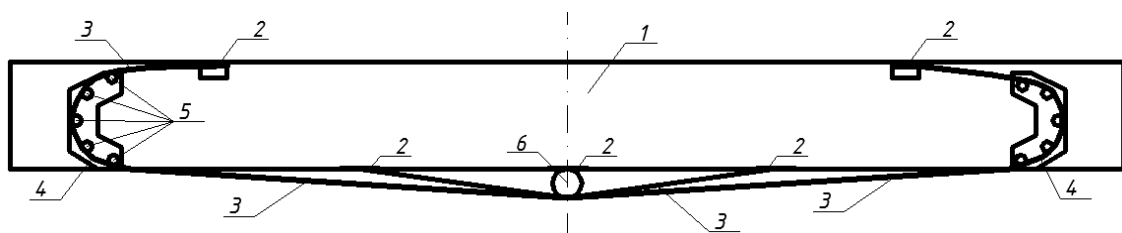


Рис. 1. Вид балки з запропонованою регульованою конструкцією підсилення зовнішньою арматурою серій БП-VI і БП-VII

1 - залізобетонна балка; 2 – закладні деталі; 3 – зовнішня арматура; 4 – асиметрична закладна деталь; 5 – направляючі котки на деталі 4; 6 – коток.

Для проведення випробування запропонованої конструкції підсилення залізобетонних балок була розроблена програма експериментальних досліджень, в яку входило випробування зразків бетонних кубів, призм, сталевих стержнів. Розміри дослідних зразків балок: довжина - 2100 мм,

поперечний переріз: 100x200 мм. Клас бетону експериментальних балок прийнятий однаковим – С35/45.

В дослідженні було прийнято армування у вигляді просторового каркасу виконаного з одного класу і діаметру арматури. Клас робочої арматури був прийнятий А-240С. Арматура стиснутої і розтягнутої зон балки використовувалася з двох стержнів фактичним діаметром 6,5 мм для всіх зразків дослідних балок.

В дослідженні прийняте наступне маркування балок: перші літери вказують на наявність (БП) чи відсутність конструкції підсилення (БО), друга цифра – номер серії, третя – порядковий номер балки в серії. Геометричні характеристики експериментальних балок, їх армування наведені у табл. 1.

Таблиця 1 - Геометричні характеристики елементів підсиленних балок

№	Серія балок	$d$ , мм	$n$	$c$ , мм	Вид підсилення	$a$ , мм
1	БО	-	-	-	-	-
2	БП-VI	55	2	70	без важелів	620
3	БП-VII	55	2	70		185

$d$  - діаметр котка посередині прольоту під балкою;

$n$  – кількість зовнішніх арматурних стрижнів в кожній гілці системи підсилення;

$c$  - відстань від нижньої грані балки до точки максимальної кривини зовнішньої арматури на закладних деталях біля торців балки;

$a$  - відстань від опори до місця закріплення зовнішньої арматури на нижній грані балки.

Зовнішня арматура розташовувалася симетрично у вигляді двох гілок по кінцям балки. Особливістю роботи запропонованої конструкції підсилення було розвантаження стиснутої зони бетону балки з одночасним обтиском нижньої розтягнутої фібри, що досягалося завдяки саморегулюванню системи під впливом зовнішнього навантаження.

Основні результати випробувань серій звичайних балок та балок, підсиленних зовнішньою арматурою, зведені до таблиць 2 - 4 та представлені у вигляді графіків (рис. 2-5).

В таблиці наведені максимальні досягнуті значення прогинів і моментів в експерименті та їх значення при фіксованому параметрі. В першому випадку - при фіксованому прогині 10 мм, а в другому випадку - при моменті, що відповідає несучій здатності звичайної балки.

Таблиця 2 - Несуча здатність підсилених серій балок та серії звичайних балок

Найменування балки	Згинальний момент, $M$ , кНм		Прогин посередині прольоту $w$ , мм	
	при $w_{max}$	при $w = \frac{1}{200} L_0$	при $M_{max}$	при $M=4,79$ кНм
БО	4,79	4,772	14,29	14,29
БП-VI	15,69	14,407	15,04	0,897
БП-VII	21,193	16,086	19,85	0,621

Таблиця 3 - Відносні деформації бетону центрального перерізу підсилених серій балок та серії звичайних балок

Найменування балки	При досягненні несучої здатності, $M_{max}$ , кНм		При досягненні несучої здатності звичайної балки $M=4,79$ кНм	
	$\varepsilon_{c1} \times 10^{-5}$	$\varepsilon_{c2} \times 10^{-5}$	$\varepsilon_{c1} \times 10^{-5}$	$\varepsilon_{c2} \times 10^{-5}$
БО	320,67	-489,33	320,67	-489,33
БП-VI	106,33	-133,67	21,62	-16,09
БП-VII	125	-119,07	16,38	-16,52

Таблиця 4 - Прогини посередині прольоту серій підсилених та серії звичайних балок

Найменування балки	$\frac{M_{БП}}{M_{БО}}$		$\frac{w_{БП}}{w_{БО}}$	
	при $w_{max}$	при $w = \frac{1}{200} L_0$	при $M_{max}$	при $M=4,79$ кНм
БО	1	1	1	1
БП-VI	3,276	3,019	1,052	0,0628
БП-VII	4,424	3,371	1,389	0,043

За результатами випробування було побудовано залежності «прогин - згинальний момент» посередині прольоту та в третинах прольоту; «відносні фіброві деформації бетону - згинальний момент» центрального перерізу та перерізу в третині прольоту балки, під місцем прикладання зовнішніх зосереджених сил (рис. 2-5).

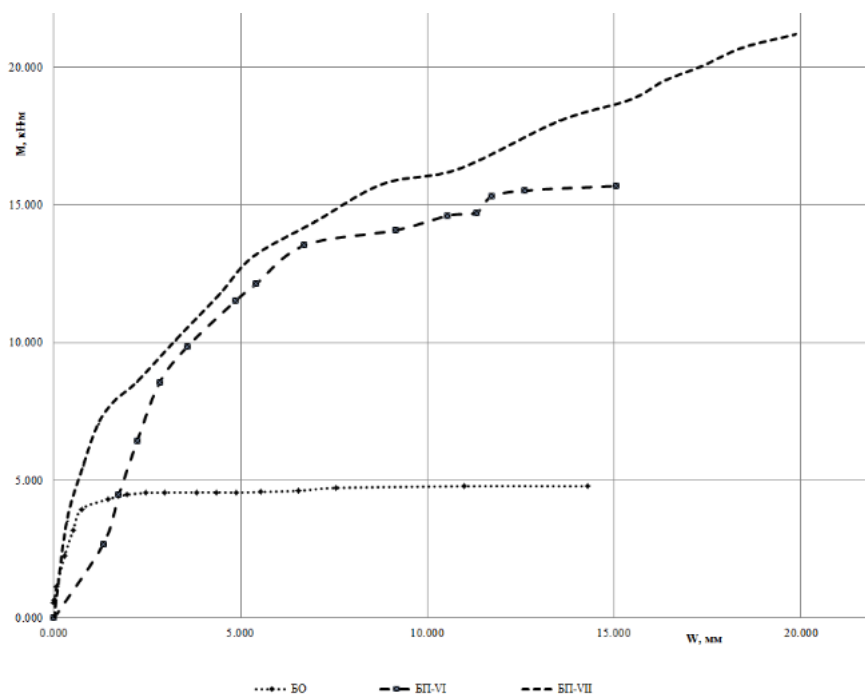


Рис. 2. Залежності «згинальний момент-прогин посередині прольоту» серій підсилених та звичайних балок

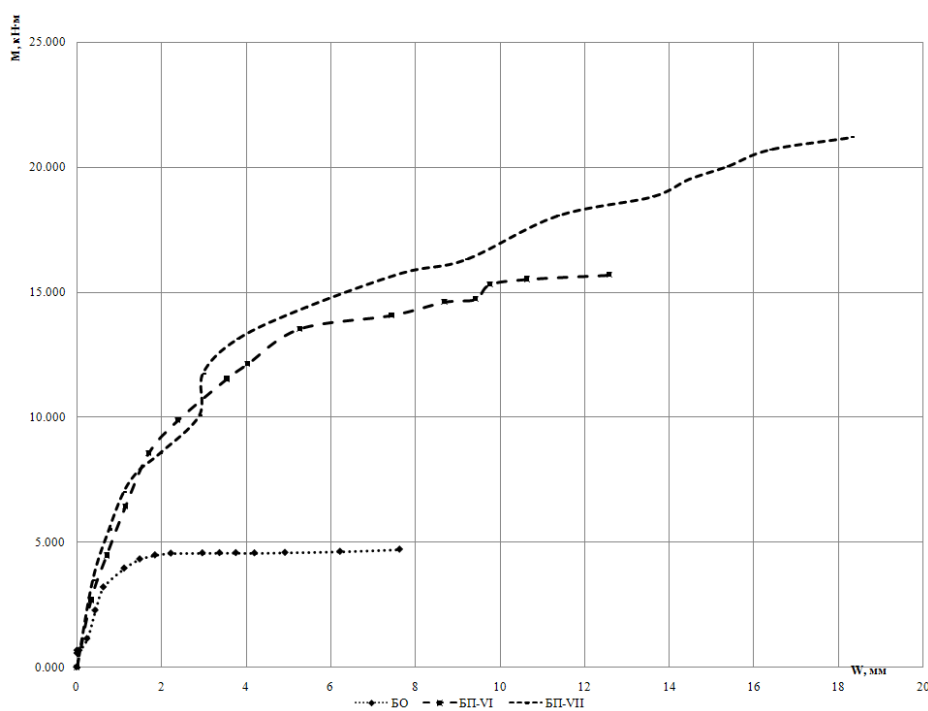


Рис. 3. Залежності «згинальний момент-прогин в третині прольоту» серій підсилених та звичайних балок

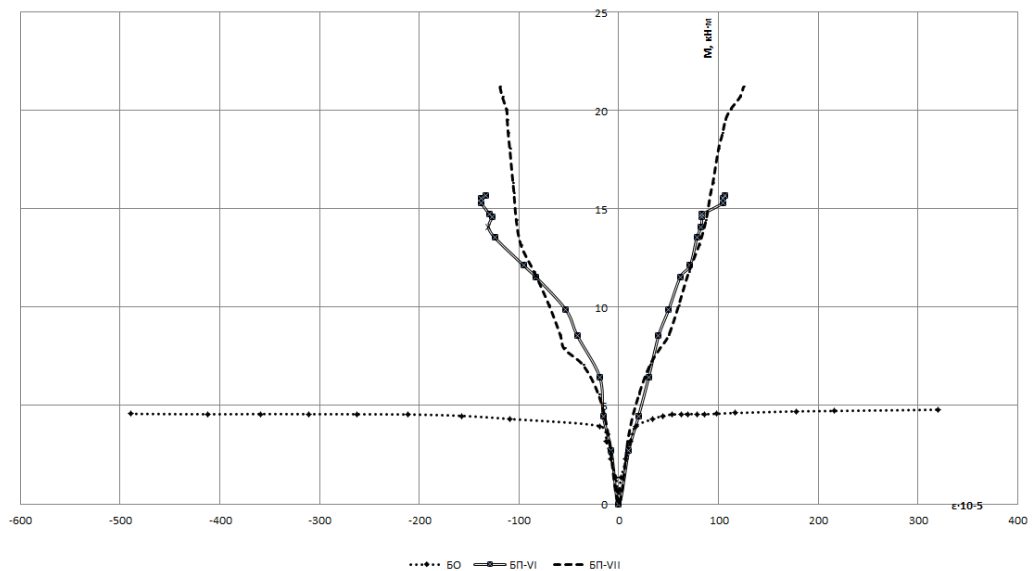


Рис. 4. Залежності «відносні фіброві деформації бетону центрального перерізу –згинальний момент» серій підсилених та звичайних балок

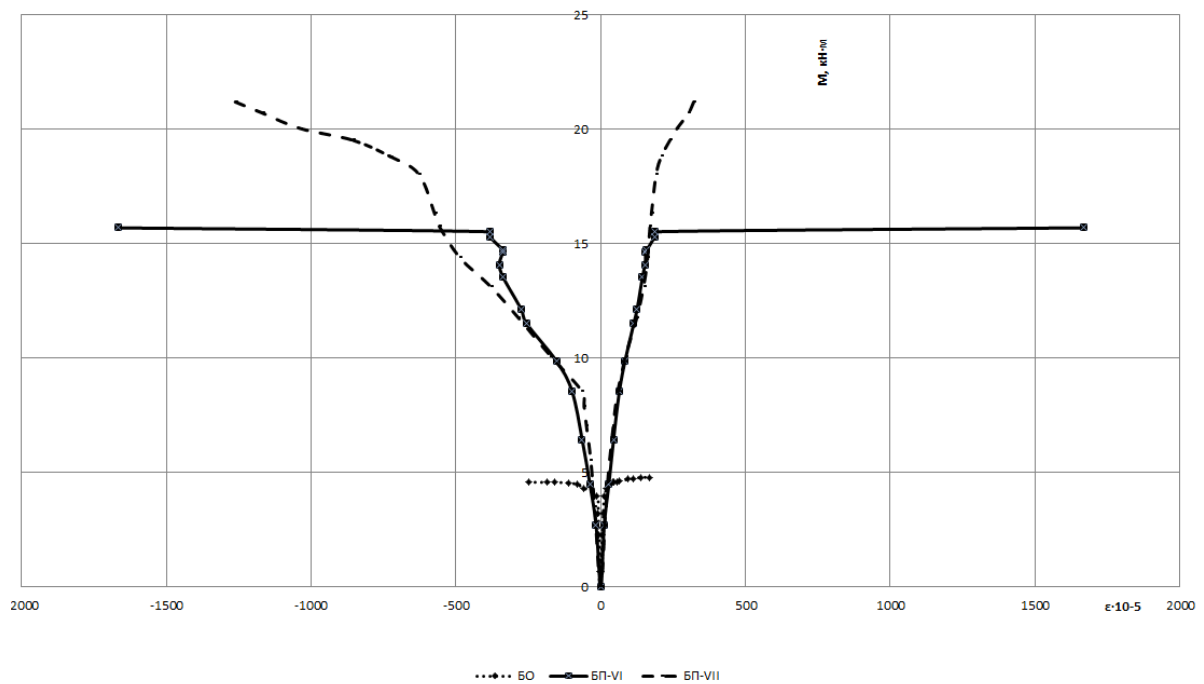


Рис. 5. Залежності «відносні фіброві деформації бетону перерізу в третині прольоту –згинальний момент» серій підсилених та звичайних балок

Під час випробування встановлено, що робота підсилених балок була більш пружною, зменшилась їх деформативність, підвищилась міцність до 4,42 рази. З двох серій балок, підсилених зовнішньою сталевую гнучкою арматурою, найбільш ефективною виявилася серія БП-VII із закріпленням гілки арматури на нижній грані балки на відстані 185 мм від опори. Останнє пояснюється дією розвантажувальних моментів системи підсилення. Загальний вигляд балок після випробування із характерним тріщиноутворенням наведено на рис 6.



Рис. 6. Характерне тріщиноутворення та руйнування експериментальних балок

**Висновки.** Була удосконалена нова конструкція підсилення залізобетонних балок прямокутного перерізу. Замість жорстких елементів у запропонованій системі підсилення використовувалися тільки зовнішні гнучкі сталеві стрижні, що сприяло зменшенню витрат сталі та вазі конструкції. Разом з тим система була регульована і дозволила перерозподіляти зусилля в балці: одночасно розтягувати верхню стиснуту зону та обтискати нижню розтягнуту зони балки. Таким чином, під час експериментальних випробувань моделей підсилених та звичайних балок встановлено, що завдяки застосуванню запропонованої системи підсилення із гнучкою зовнішньою арматурою у вигляді двох стержнів у кожній гілці і закріпленням гілки арматури на нижній грані балки на відстані 185 мм від опори (серія БП-VII) вдалося підвищити міцність до 4,42 разів у порівнянні із звичайним еталонними зразками. При цьому показники деформативності були значно меншими і, відповідно, робота балок під навантаженням була більш пружна.

### Список використаних джерел

1. Бабич Є.М., Андрійчук О.В. Експериментальні дослідження деформацій залізобетону та сталевібробетону в елементах кільцевого перерізу//Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди/ Зб. Наук. Праць, Вип. 21. – Рівне. 2011. –с. 101-108.
2. Гольшев А.Б. Проектирование усиленных несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений/ А.Б. Гольшев, И.Н. Ткаченко. - К.: Логос, 2001. - 172 с.
3. Домбаев И.А. Обжатие железобетонных конструкций внутренним шпренгельным подкреплением с горизонтальными участками: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01/ И.А. Домбаев – Х., 1997. - 24с.
4. Онуфриев Н. М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений/ Н. М.Онуфриев.- Ленинград, 1965. - 342 с.



5. Шагин А.Л. Обжатие конструкций шпренгельным подкреплением с горизонтальными участками/ А.Л.Шагин, И.А. Домбаев// Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техника, 1997. - № 8. - С.33-36.

6. Пат. №109379 Україна, МПК Е 04С 3/20. Конструкція балкова/ Чеканович М.Г., Журахівський В.П., Чеканович О.М.; заявник і патентовласник: Чеканович М.Г. - №а 201410316; заявл.22.09.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4.

УДК 628.16

**Волошин М.М., Владимірова В.М.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна*

## **СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ**

**Вступ.** Вода - розчинник величезної кількості хімічних речовин в житті всіх живих істот, і людини. Середовище, в якому і протікають всі процеси життєдіяльності. Але у результаті діяльності людей гідросфера Землі змінюється. Серед цих змін розрізняють кількісні (зміна кількості води, придатної для використання) й якісні (забруднення води в наслідок антропогенного впливу).

На думку фахівців, близько 80% води, що постачається споживачу централізовано, не відповідає санітарним нормам. Саме тому перед людством стоїть важливе завдання – знайти найбільш універсальний спосіб очищення води від небажаних домішок. Адже в більшості випадків виникнення цілого ряду захворювань, головною причиною є вживання неякісної води. Тому фахівці в області водоочищення шукають, розробляють і впроваджують нові методи очищення води.

**Основна частина.** Сучасні методи очистки води концептуально в себе включають три задачі – очистка води за хімічними і токсикологічними показниками, мікробіологічна безпека, і органолептичні властивості (смак, присмак, запах). Тобто згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати таким вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад. Найбільш ефективні методи очищення води це - пом'якшення води, знезалізнення, ультрафільтрація.

Знезалізнення води – це процес видалення з води надлишкового заліза. Залізо буває в природі в трьох станах – молекулярне  $Fe_{org}$  (коли воно входить до складу органічних сполук),  $Fe_{2+}$  – необхідне в організмі людини для переносу кисню (у молекулі гемоглобіну 4 іони  $Fe_{2+}$ ) і  $Fe_{3+}$  – шкідливе для людини – воно і є іржа. Залізо необхідне організму людини, але тільки в певній

пропорції й у вигляді іона  $Fe_2^+$ . У водопровідній воді його вміст може бути в надлишку, тому що в природній воді його досить, плюс іржаві труби, якими тече вода до споживачів. Воно негативно впливає на здоров'я людей. Знижується пропускна здатність водопроводів, каналізаційних мереж. Скорочується термін експлуатації побутової техніки – електрочайників, пральних машин, бойлерів і т. д.

За санітарними нормами вміст заліза в питній воді не повинен перевищувати 0,3 міліграм/л. У підземній же воді вміст його коливається в межах від 0,5 до 20 міліграм/л.

Різноманіття форм і концентрацій заліза, що зустрічаються в природних водах, призвело до розробки цілого ряду методів знезалізнення води, кожен з яких має свою область застосування.

Метод безреагентного знезалізнення води застосовується, коли вихідна вода характеризується наступними показниками: рН не менше 7, лужність не менше 1 мг-екв/л, вміст вуглекислоти до 80 мг/л, перманганатна окислюваність не більше 7 мг $O_2$ /л. Даний спосіб передбачає заповнення фільтруючої колони з допомогою поглинача, що має високу каталітичну активність. Коли вода проходить через колону, відбувається перехід заліза з двовалентного стану в тривалентне, при цьому змінюється його зовнішній вигляд. Залізо у вигляді металевих пластівців осідає на сорбенті і поступово йде в каналізаційний стік.

Метод каталітичного окислення має на увазі використання каталізаторів прискорення хімічної реакції окислення розчиненого заліза. В якості каталізатора хімічної реакції використовується зернистий фільтруючий завантажувач на основі діоксиду марганцю MnO. Розчинене залізо в присутності діоксиду марганцю швидше окислюється, і його оксиди осідають на поверхні гранул каталізатора. Форма і розмір каталітичного завантаження вибирається з таким розрахунком, щоб каталізатор одночасно виконував роль фільтруючого середовища. На практиці часто метод безреагентного окислення поєднують з каталітичним окисленням, що дозволяє підвищити ефективність безреагентних окислювальних фільтрів видалення заліза.

Метод іонообмінної фільтрації ґрунтується на використанні в якості фільтруючого завантаження іонообмінних катіонітних смол і застосовується для видалення розчиненого двох валентного закисного заліза  $Fe_2^+$ . При іонообмінній фільтрації катіони закисного заліза заміщуються катіонами регенерант і видаляються з води. Однак в процесі фільтрації відбувається швидке забруднення іонообмінних смол оксидами заліза і істотне зниження обмінної ємності смол. Тому метод іонообмінної фільтрації заліза обмежується невеликими концентраціями заліза (до 2 - 3 мг/л) і зазвичай поєднується з процесом пом'якшення води.

Одним із сучасних напрямків нехімічного очищення підземних вод від заліза є біологічний спосіб. Метод полягає у висіванні й нарощуванні на зернах завантаження фільтра залізо-марганцевих споживальних бактерій типу *Metallogenium personatum*, *Caulococcus manganifer*, *Bacteria manganicus* і наступному фільтруванні оброблюваної води. Ці бактерії поглинають залізо і

марганець із води в процесі життєдіяльності, а відмираючи, утворюють на зернах піску або іншого носія пористу масу, що містить велику кількість оксидів марганцю, який є додатковим каталізатором окиснення заліза (II) і марганцю (II). При швидкості фільтрування до 22 м/год фільтри повністю видаляють із води марганець і залізо.

Знезалізення води спрощеною аерацією, хлоруванням і фільтруванням полягає у видаленні надлишку вуглекислоти й збагачення води киснем при аерації, що сприяє підвищенню рН і первинному окислюванню залізо-органічних сполук (рис. 1). Остаточне руйнування комплексних сполук заліза (II) і часткове його окиснення досягається шляхом введення в оброблювану воду окиснювача (хлору, озону, перманганату калію й т.п.).

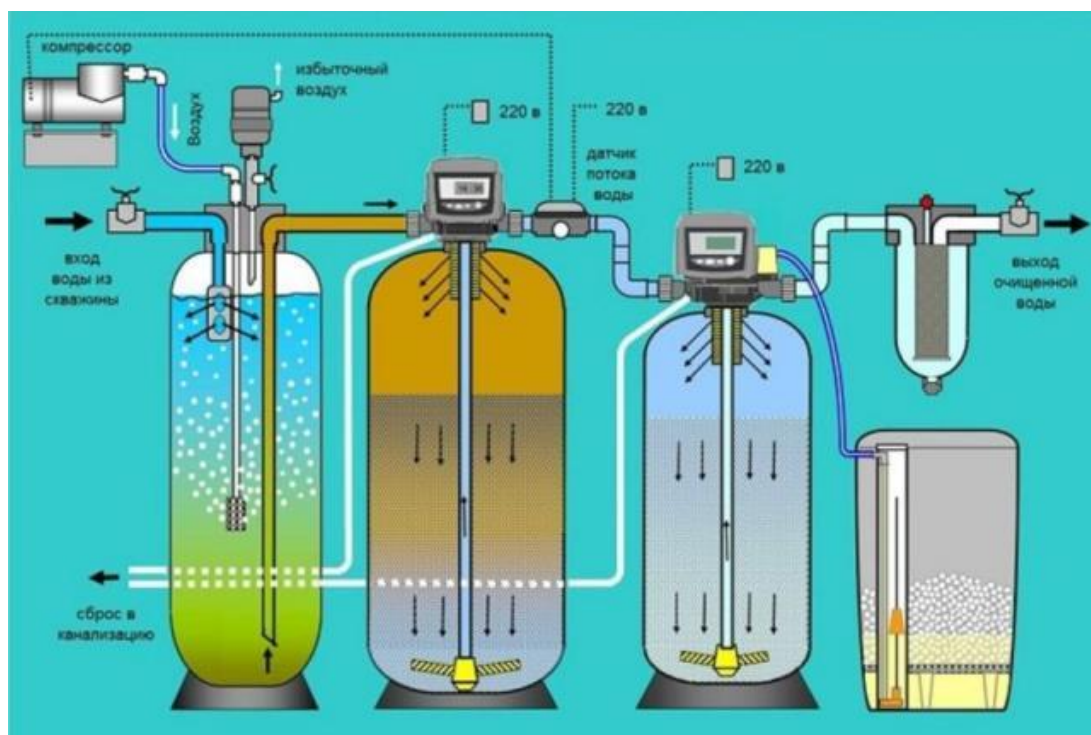


Рис. 1. Знезалізення води спрощеною аерацією

Знезалізення води методом напірної флотації засноване на дії молекулярних сил, що сприяють злипанню окремих часточок гідроксиду заліза з бульбашками тонкодиспергованого у воді повітря й спливанні агрегатів, що утворюються при цьому, на поверхню води. Метод флотаційного виділення дисперсних і колоїдних домішок природних вод є досить перспективним внаслідок різкого скорочення тривалості процесу (в 3–4 рази) у порівнянні з осадженням або обробкою в шарі зваженого осаду. Процес напірно-флотаційного поділу пластівців гідроксиду заліза в окисне; розчинення повітря у воді й утворення бульбашок; утворення комплексів "бульбашка повітря – пластівці гідроксиду заліза"; підйом цих комплексів на поверхню води. Аерація, в поєднанні з підлужнюванням води  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  або  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і

фільтруванням – універсальний метод, що дозволяє видаляти залізо у всіх формах з підземних і поверхневих вод.

Досить популярним способом очищення води є використання комплексних систем. Дане обладнання має велику кількість багатофункціональних фільтрів, що дозволяють видалити з води кілька видів сполук, у вигляді заліза, марганцю, жорсткості, амонію і органічних речовин. Дані системи складаються з: процесу, що відповідає за знезалізнення води, видалення марганцевих і амонієвих мас, в цьому випадку, головною функцією сорбенту є нейтралізація органічних сполук, важких металів, незвичного для води кольору; далі треба використання ум'ягчувальних систем і фільтрів, що дозволяють видалити органічні сполуки. До особливостей у використанні комплексних систем очищення води зі свердловини відносять їх багатофункціональність і використання недорогої таблетованої солі, що дозволяє відновити здатність до фільтрації.

Вибір методу знезалізнення води слід проводити на основі повного хімічного аналізу води джерела водопостачання. При значних сезонних коливаннях якості води у водоймі аналізи повторюють в різні пори року.

**Висновки.** Вода має велике значення для задоволення фізіологічних, санітарно-гігієнічних та господарських потреб людини. Але неякісна вода завдає шкоди організму. На жаль, в квартири і будинки зазвичай надходить вода, яка не відповідає санітарно-гігієнічним нормам. Тому відома велика кількість методів видалення заліза. Якісне очищення води від заліза в побуті дозволяє:

- уникнути проблем зі здоров'ям;
- домогтися ідеальної прозорості і поліпшити органолептичні властивості питної води;
- зберегти привабливий зовнішній вигляд сантехнічних виробів і не зіпсувати речі в процесі прання;
- підвищити ефективність роботи і термін експлуатації побутової техніки, водяного опалювального обладнання, водопровідних і каналізаційних систем.
- 

### Список використаних джерел

1. Мамонтов К. А. Обезжелезивание воды в напорных установках - 2-е изд., перераб.- М.:Стройиздат, 1964.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с. 2.
3. Кульський Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. – К.: Вища школа, 1986. – 352 с.
4. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 680 с. 3.
5. ДСанПіН №136/1940-97. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання. – К.: МОЗ, 1997. – 16с.

УДК 691

**Волошин М.М., Колядич А.М.***Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна***СИСТЕМА БУДІВНИЦТВА «3D-ПАНЕЛЬ»**

**Вступ.** Будівельна галузь не стоїть на місці, і сьогодні завдяки сучасним матеріалам і новим технологіям в будівництві забудовник отримує багато вигод: прискорюються терміни зведення об'єкта, спрощується монтаж, зростає економічна ефективність проекту, збільшуються експлуатаційні терміни об'єкта. Будівництво будинку-це складний і дорогий процес. Придбання матеріалів, оплата монтажних робіт та інші витрати. Але сучасні технології будівництва приватних будинків створюють можливості для менш витратного зведення теплої, надійної і красивої будівлі, не втрачаючи в якостях проведеної роботи. Способів будівництва безліч, тому серед них необхідно знайти відповідний метод за всіма параметрами. Адже як і старі так і нові технології в будівництві приватних будинків мають свої позитивні і негативні сторони.

Система домобудівництва, яка отримала назву «3D-панель», вже майже 40 років активно застосовується в США, Канаді та Європі. На нашому ринку ця система з'явилася порівняно недавно і для деяких забудовників все ще залишається таємницею. Ця технологія найоригінальнішим способом об'єднала в собі методи монолітного і панельного домобудівництва. Тут використовуються вироблені в заводських умовах стінові панелі, які і називають 3D-панелями.

**Основна частина.** Основа технології - використання 3D панелей з пінополістиролу і застосування методу торкретування. Дана передова технологія унікальна по своїй простоті і економічності, вона забезпечує теплозбереження і теплоізоляцію будинку, зниження енерговитрат, дозволяє скоротити як витрати на будівництво, так і терміни цього будівництва.

3D панель - це універсальний елемент, який використовується для створення практично всіх основних елементів і конструкцій будинку (фундамент, підлогу, стіни, перегородки, перекриття, дах, сходи). 3D панель являє собою просторову конструкцію, що складається з плити пінополістиролу ("сердечник"), по обидва боки якої закріплені арматурні сітки, виготовлені з високоміцного дроту. Сітки з'єднані пронизливими пінополістирол стрижнями-розкосами із сталевого дроту, привареними до сіток під кутом, що надає конструкції просторову жорсткість, а заодно не дозволяє зміщуватися сердечник плити.

Технологія з 3D панелей дозволяє вести високошвидкісне будівництво капітального, якісного житла, в тому числі у важкодоступних районах, в районах стихійних лих і масових руйнувань. Ця технологія використовується для будівництва об'єктів в місцях, де обмежене навантаження на ґрунт. Дана технологія дає можливість ефективно замінити дерев'яні або залізобетонні

перекриття в житлових будинках (до 6 метрів) без використання кранів на монтажі.

За допомогою легких 3D панелей можна проводити реконструкцію або виконати надбудову поверхів над існуючими будівлями без підсилення фундаментів і стін.

#### **Основні переваги будівельної технології:**

1. Підвищена сейсмостійкість будівлі;
2. Висока звуко- і теплоізоляція;
3. Параметри по вогнестійкості та поширення вогню відповідно до першим ступенем вогнестійкості;
4. Невисока собівартість будівлі за рахунок зменшення потреби в робочій силі і скорочення термінів будівництва в порівнянні з традиційними способами будівництва;
5. Відсутність необхідності в важкій будівельній техніці;
6. Можливість комбінування з іншими будівельними технологіями.

**Фундамент.** Для монтажу стін будинку за даною технологією більш підходять два типи фундаменту - монолітний стрічковий і монолітна плита. Для зведення стіни необхідна наявність арматурних випусків з фундаменту діаметром 8мм, причому зовнішні стіни повинні примикати до них однією стороною - зазвичай внутрішньої. Завдання цих випусків - запобігти зсуву монтованих панелей як по горизонталі, так і по вертикалі.

**Монтаж стін.** Монтаж панелей починається від кута будівлі, а потім до цього "вузла" поступово приєднують нові панелі (щоб надати конструкції жорсткість). Панелі кріпляться до арматурних стержнів м'яким дротом. Панелі можна підрізати до необхідного розміру.

**Проведення інженерних комунікацій.** Переваги технології в тому, що монтаж внутрішніх інженерних мереж проводиться набагато простіше і швидше ніж в будь-яких інших технологіях будівництва. Після складання стін і переkritтя між спіненим полістиролом і арматурною сіткою прокладають водопровідні труби, рукава під електропроводку, коробка для електроарматури й проведення. Внутрішні канали в конструкції армованої панелі спрощують прокладку електропроводки, повітряних трубопроводів і опалення, водопостачання та каналізації. Монтаж рукавів під комунікації проводиться по завершенні монтажу панелей, але до торкретування. Канали під комунікації випалюються в пінополістиролі дуже легко, за допомогою відкритого вогню або торкретування. Сітчастий каркас панелей пов'язують воєдино, підсилюють арматурою, а потім з двох сторін наносять суцільну бетонну оболонку. Таким чином, стіни, переkritтя і несучі елементи об'єднуються в єдину монолітну конструкцію, в результаті чого виходить панель складається з двох залізобетонних плит укладають між собою теплоізоляційний елемент.

**Торкретування** - нанесення на поверхню бетонних або залізобетонних конструкцій шару бетону або інших будівельних розчинів (штукатурки, глини). Розчин (торкрет) наноситься під тиском стисненого повітря, в результаті чого частинки цементу щільно взаємодіють з поверхнею конструкції, заповнюючи

тріщини, раковини і найдрібніші пори. Результат торкретування - підвищення міцності, морозостійкості.

**Монтаж покрівлі.** В кінці будівництва формуємо покрівлю яка так само може бути виконана з 3D панелей. Пристрій покрівлі із застосуванням 3D-панелі не вимагає зведення спеціальної кроквяної системи. Для пристрою покрівлі при будівництві будинків і котеджів із застосуванням 3D-панелей, панелі покрівлі можуть встановлюватися під будь-яким кутом, що дозволяє реалізовувати задум архітектора. Після укладання бетону конструкція покрівлі стає частиною монолітної конструкції будівлі. Перекриття виконує роль утеплювача, а суцільна рівна поверхня покрівлі, дозволяє використовувати будь-який тип або вид покриття.

**Оздоблення.** По завершенні будівельно-монтажних робіт слід перейти до виробництва оздоблювальних робіт. Зовнішня обробка може бути будь-якою. Незастиглий бетон дозволяє розширити поле для фантазії як у внутрішній, так і в зовнішній обробці.

Отже, стіни, переkritтя і несучі елементи об'єднуються в єдину монолітну конструкцію. В результаті ми отримуємо монолітну, залізобетонну будівлю з утеплювачем всередині стін. Бетон, нанесений на 3D панелі, і додаткове армування металевою сіткою, арматура виявиться монолітом виключаючи будь-які можливі явища утворення тріщин в силу механічних, термічних впливів.

**Висновки.** На сьогоднішній день ми можемо спостерігати прогрес і інновації в галузі виробництва будівельних матеріалів. Спостерігається тенденція в напрямку екологічного виробництва матеріалів з переробленої сировини або відходів, що приводить до зниження вартості матеріалу. Дослідження проводяться в великих інститутах і лабораторіях по всьому світу, що свідчить про необхідність розробки нових технологій і матеріалів. Сучасне будівельне виробництво ставить перед собою ряд завдань, виконання яких дозволить вирішити сучасні проблеми, пов'язані з якісним забезпеченням населення житловим фондом, який би відповідав сучасним вимогам з якості та вартості одиниці продукції.

### Список використаних джерел

1. Ефремов А.Г., Тутова О.Н., Луценко Н.Е. Совершенствование деятельности строительных предприятий в рыночных условиях. М.:2006.41с.
2. Треляль В.Я., Крутов В.Н., Коршакова О.А. Технологии создания интеллектуальных промышленных устройств. СПб.:2016. 100с.
3. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А. Технология строительных процессов. М.: Высшая школа,2005.

*Наукове видання*

*Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: збірник наукових праць. – Херсон: ХДАЕУ, 2021. – 199 с.*

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

*В оформленні збірника наукових праць прийняли участь: Шапоринська Н.М., Ладичук Д.О.*

*Формат А4  
Гарнітура Times New Roman  
Умовних друкованих аркушів 12,44*