


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  
6-й випуск**



Кропивницький - Херсон - 2024

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  
6-й випуск**

**Випуск присвячений 60-річчю заснування  
факультету архітектури та будівництва  
(Гідромеліоративного факультету)  
Херсонського державного аграрно-економічного університету**

Кропивницький - Херсон - 2024

УДК 626/627:001

**Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії:** збірник наукових праць. 6-й випуск. – Кропивницький - Херсон: ХДАЕУ, 2024. – 174 с.

Редакційна колегія:

Волошин М.М. – к.т.н., завідувач кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії ФАБ Херсонського ДАЕУ;

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

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

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

Рекомендовано до друку вченою радою факультету архітектури та будівництва Херсонського державного аграрно-економічного університету (протокол № 10 від 15.05.2024 р.).

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

## ЗМІСТ

<b>Журавльов О.В., Шатковський А.П., Черевичний Ю.А., Федорченко О.О.</b>	
АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ ET <sub>0</sub> ЗА ДОПОМОГОЮ СЛУЖБИ ПОГОДИ VISUAL CROSSING WEATHER DATA	7
<b>Турченко В.О., Войцехович Н.В.</b>	
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДРЕНАЖНОЇ МЕРЕЖІ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ	11
<b>Гришин А.В.</b>	
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ РОБОТИ ПРИЧАЛУ З ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ШПУНТОВОЇ СТІНКИ ВІД ДІЇ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ	16
<b>Ткачук А.В., Шинкаренко І.Ю.</b>	
РОЗРАХУНОК ПІДВИЩЕННЯ ТИСКУ ПРИ ДРОСЕЛЬНОМУ РЕГУЛЮВАННІ ПОДАЧІ ВОДИ У ЗАКРИТУ ЗРОШУВАЛЬНУ МЕРЕЖУ	22
<b>Волошин М. М.</b>	
СУЧАСНІ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ В КВАРТИРІ	24
<b>Cogan A., Shaporynska N.</b>	
MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN ISRAEL	29
<b>Шевченко А.М., Козицький О.М., Власова О.В., Шевченко І.А., Боженко Р.П.</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ І ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД РИБНИЦЬКИХ ГОСПОДАРСТВ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗМІНИ ЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК	33
<b>Волк Л.Р., Ромащенко Є.В., Волк П.П., Коптюк Р.М., Рокочинський А.М.</b>	
МОДУЛЬ ДРЕНАЖНОГО СТОКУ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ЧИННИК ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ДРЕНАЖУ	40
<b>Аверчев О.В., Нікітенко М. П.</b>	
ІННОВАЦІЇ ЧЕРЕЗ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЮ: НОВИЙ РІВЕНЬ В МЕЛІОРАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	46
<b>Зубенко В.О., Жесан Р.В.</b>	
УНІВЕРСАЛЬНА СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	48
<b>Кузьмич С.А, Онанко Ю.А., Воропай Г.В., Кузьмич Л.В.</b>	
ПЛАН ВІДНОВЛЕННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ	54
<b>Коваленко В.В., Гапіч Г.В., Доценко В.І., Хмельниченко Н.В.</b>	
ПРИРОДООБЛАШТУВАННЯ БАСЕЙНОВИХ ГЕОСИСТЕМ НА ЗЕМЛЯХ, ЩО ЗАЗНАЛИ ЛИХА ВІЙНИ	58
<b>Заводяний В.В.</b>	
ПРО КРИСТАЛІЧНУ СТРУКТУРУ BaMnV <sub>2</sub> O <sub>7</sub> СПОЛУКИ	62

<b>Міхалкова Н.В., Удалов І.В.</b> ВПЛИВ НАКОПИЧУВАЧА ТОВ «РУБІЖАНСЬКИЙ КРАСИТЕЛЬ» НА СТАН ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА	65
<b>Савчук Д.П.</b> ВОДНІ СТИХІЇ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ ЗА 1992-2021 РОКИ	69
<b>Йовжій І.І., Гапіч Г.В.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ТА ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ З БУДІВНИЦТВА РЕГУЛЮЮЧОГО БАСЕЙНУ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ	72
<b>Литвиненко В.М.</b> СПОСІБ ОЧИСТКИ КАРЦОВИХ ТРУБ ДЛЯ ДИФУЗІЇ БОРУ В ТЕХНОЛОГІЇ КРЕМНІЄВИХ ДІОДІВ	75
<b>Чеканович М.Г.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОПРОЇЗДУ КАНІВСЬКОЇ ГЕС	79
<b>Онищенко А.М., Шимановський О. В., Чиженко Н.П., Мошківський Р.В.</b> ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНЬОГО ПЕРЕХОДУ ГРЕБЛІ КАНІВСЬКОЇ ГЕС	83
<b>Ладичук Д.О., Ладичук В.Д., Лисенко А.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВТОРИННОГО ЗАСОЛЕННЯ ҐРУНТІВ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ	89
<b>Kravchenko V.I.</b> EXPERIMENTAL EVALUATION OF BIOFUEL PRODUCED FROM SEWAGE SLUDGE	91
<b>Кравець С.В., Лук'янчук О.П., Степанюк Б.І.</b> ВИБІР ТА ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ І МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТУ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЙОГО ПРИРОДНЬОЇ ВОЛОГОСТІ	97
<b>Желуденко К.В.</b> УДОСКОНАЛЕНІ МЕТОДИ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТІВ ОСНОВ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	101
<b>Телима С.В.</b> ХАРАКТЕРИСТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БІОПЛІВОК ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД В БІОРЕАКТОРАХ	105
<b>Курінний В.Ю., Ладичук Д.О., Федорченко О.О.</b> СУЧАСНИЙ СТАН ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ	110
<b>Voloshyn M.M., Vorona A.R.</b> ENERGY EFFICIENT WATER SUPPLY OF IRRIGATION PUMPING STATIONS	113
<b>Козішкурт С.М., Токар І.В.</b> ВІДРОДЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ: ОКУЛЬТУРЕННЯ ҐРУНТУ В ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД	115

<b>Приходько Н.В., Ричко Д.М., Лук'янчук О.П., Волк Л.Р., Волк П.П., Рокочинський А.М.</b>	
ПОКРАЩЕННЯ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ МЕЛІОРОВАНИХ УГІДЬ У ЗМІНЮВАНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ НА ОСНОВІ ПІДВИЩЕННЯ ВОЛОГОАКУМУЛЯЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ҐРУНТУ	121
<b>Рагулін С.В.</b>	
ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯМ	127
<b>Доценко В.І., Запорожченко В.Ю., Гапіч Г.В., Безуглий О.Г.</b>	
ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ ЗРОШЕННЯ САДУ	129
<b>Zubenko V.O.</b>	
WATER SUPPLY AND QUALITY OF WATER RESOURCES IN KIROVOGRAD OBLAST	131
<b>Онищенко А.М., Гаркуша М.В.</b>	
ПРОЄКТУВАННЯ БЕРЕГОУКРІПЛЮЮЧИХ СПОРУД З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	136
<b>Шапоринська Н.М., Радько В.І.</b>	
УПРАВЛІННЯ РАЦІОНАЛЬНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ	142
<b>Литвиненко В.М., Волкович А.М.</b>	
РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО ПОЛИВУ РОСЛИН	146
<b>Ладичук Д.О., Левченко А.С., Коршманюк К.А.</b>	
СПОСОБИ ЗАХИСТУ БАЗ ДАНИХ ГІС, СТВОРЕНИХ ПРИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА	148
<b>Zavodyannyi V.V., Shpilko O.O.</b>	
ION MEMRISTIC EFFECTS ON THE NANOMETRE SCALE IN METAL OXIDES	150
<b>Скрипниченко Д.А., Зубенко В.О.</b>	
ЕЛЕКТРИЧНА СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЗРОШЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ	153
<b>Желуденко К.В.</b>	
ЕФЕКТИВНІ СПОСОБИ УТЕПЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ НЕГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ	158
<b>Нечипас С.В., Кравченко В.І.</b>	
МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА КОМУНАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ «ДНІПРО-КІРОВОГРАД»	163
<b>Рагулін С.В., Шикіло О.А.</b>	
ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СФЕРІ	167
<b>Барулін Д. С.</b>	
ЦІЛІСНИЙ ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ ЯК ЕКОЛОГІЧНОГО БУДІВЕЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	169



УДК 631.67

**Журавльов О.В., Шатковський А.П.,  
Черевичний Ю.А., Федорченко О.О.**

*Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ*

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ ET<sub>0</sub> ЗА ДОПОМОГОЮ СЛУЖБИ ПОГОДИ VISUAL CROSSING WEATHER DATA**

**Вступ.** Головною передумовою розвитку зрошення є кліматичні зміни, які відбуваються як по всій земній кулі, так і в Україні. За темпами зростання середньорічної температури – понад 0,6°C за 10 років, Україна посідає перше місце в Європі. Спостерігається тенденція до збільшення території із недостатньою кількістю опадів (менше ніж 400 мм) у теплий період. Сьогодні розвиток зрошення – це вже не суто економічний аспект, а фактично соціально-політичний. Адже йдеться про фактичну можливість аграрного виробництва, особливо на певних територіях Півдня України. Відповідно до положень «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р, необхідно здійснити зміцнення експериментальної та лабораторної бази науково-дослідних, проєктних установ та організацій, які працюють над розширенням і поглибленням наукових досліджень і розробок, пов'язаних з підвищенням технічного рівня, та удосконалення технологій управління зрошувальними та дренажними системами. Крім цього, реконструкцію наявних та введення в дію нових площ зрошення необхідно проводити на високому сучасному технічному рівні. В цьому контексті автоматизовані системи управління зрошенням є актуальними.

Метою дослідження є комплексна перевірка кліматичних даних отриманих з служби погоди Visual Crossing Weather Data та автоматизація розрахунків ET<sub>0</sub>.

**Основна частина.** Платформа Visual Crossing Weather Data надає можливість легкого доступу до наборів даних про погоду, включаючи дані прогнозу погоди на 15 діб, дані історії погоди та історичні дані про погоду. Всі дані доступні для завантаження через сторінку запиту даних про погоду та API погоди Timeline. Усі набори даних відображаються у вигляді таблиці, яка доступна в кількох форматах, включаючи звичайний текст із роздільниками, наприклад CSV, JSON і ODATA. Усі дані в системі обчислюються на погодинному рівні даних для точності та узгодженості. Коли надсилаються запити за триваліші періоди часу, наприклад щоденний прогноз погоди чи місячні історичні підсумки, погодинні дані агрегуються за допомогою функцій середнього, суми, мінімуму чи максимуму.

Однією з потужних функцій служби погоди Visual Crossing є можливість запитувати дані через веб-службу або URL-адресу. Це приносить користь не лише програмістам, але й може використовуватися для імпорту даних у більшість систем бізнес-аналітики, включаючи Excel. Після завантаження даних

до Excel їх можна оновити або звернутися до них з інших таблиць, для подальшого обчислення ЕТо. Усі запити можна створити за допомогою сторінки конструктора запитів, яка є спільною зі сторінкою завантаження даних про погоду. Для цього необхідно завантажити web сторінку <https://www.visualcrossing.com/weather/weather-data-services>. Перейшовши на головну сторінку конструктора запитів, можна створити запит, для якого необхідно отримати дані. Для розрахунку ЕТо необхідно вказати широту та довготу господарства та вибрати кліматичні дані які входять до формули, зокрема: максимальна, мінімальна та середня температура повітря, точка роси, відносна вологість повітря, середня швидкість вітру, сонячна радіація. Після завершення одразу видно результати запиту в Data Grid Viewer. Якщо задоволені результатами, замість вибору завантаження даних необхідно вибрати: переглянути цей запит як «API». На цій сторінці відображається рядок запиту веб-URL, який потрібно скопіювати в Excel, для типу виводу даних необхідно обрати «CSV». В Excel необхідно перейти до меню «Дані», вибрати параметр «З Інтернету», який повідомляє Excel, що він хоче створити сценарій завантаження PowerQuery із рядка URL-запиту. Після створення запиту, дані можна оновлювати будь-коли на вкладці «Дані→ Оновити все». Це дозволяє отримувати актуальні кліматичні данні, а також прогноз на наступні 15 днів (рис.1). Така інформація допомагає оперативному управлінню зрошенням та планування наступних поливів використовуючи прогнозні розраховані данні ЕТо.

name	datetime	tempmax	tempmin	temp	dew	humidity	precip	windspeedmean	sealevelpressure	cloudcover	solarradiation	solarenergy	
53	50.200510, 30.940486	2024-05-21	25,6	15,2	20,3	9,5	51,8	0	6	1017,8	75,5	200	17,4
54	50.200510, 30.940486	2024-05-22	25,9	16,7	20,9	10,5	53,1	0,1	7,5	1016,9	95,6	171,3	14,8
55	50.200510, 30.940486	2024-05-23	27,1	15,9	21,5	10,7	52,7	0,3	8,1	1017,7	67,6	238,7	20,8
56	50.200510, 30.940486	2024-05-24	26,2	14,4	20,8	9,9	52,5	0	9,1	1022,2	22,3	253,1	21,8
57	50.200510, 30.940486	2024-05-25	24,1	13,8	19,2	3,4	38,2	0	10,1	1025	2,6	331,5	28,6
58	50.200510, 30.940486	2024-05-26	25,8	12,4	19,7	3,2	35,7	0	6,2	1023,3	16,6	299,1	25,9
59	50.200510, 30.940486	2024-05-27	26,8	15,2	21,1	6,4	39,9	0	5,1	1022,9	95,7	232	20,1
60	50.200510, 30.940486	2024-05-28	25,9	15,6	19,4	11,4	61,5	1,8	10,1	1021	71,3	184,8	16,1
61	50.200510, 30.940486	2024-05-29	20,2	13,1	15,8	13,4	86,2	6,9	15,3	1015,7	96,3	103,3	9
62	50.200510, 30.940486	2024-05-30	22,2	12,7	17,3	13,5	79,9	4,7	14,6	1011,7	54,4	285,8	24,3
63	50.200510, 30.940486	2024-05-31	24,6	14	19,3	14,2	74,4	3,7	12,7	1012,8	63,1	302,5	26,1
64	50.200510, 30.940486	2024-06-01	28,4	16,1	22,3	14,6	63,2	0,1	7,2	1013,9	25,6	322,1	27,9
65	50.200510, 30.940486	2024-06-02	29	17,2	21,6	16,1	73,4	9,8	9,5	1012,9	24,3	281,1	24,3
66	50.200510, 30.940486	2024-06-03	25,2	15,9	20,4	15,5	75,7	3,3	9,5	1015,7	26,6	323,6	27,9
67	50.200510, 30.940486	2024-06-04	26,4	15,9	20,9	15,3	71,8	0,6	8,4	1019,8	10,8	326,9	27,9
68	50.200510, 30.940486	2024-06-05	29,6	17,7	23	17,7	73	1,6	15,2	1018,8	49,8	271,8	23,4
69	50.200510, 30.940486	2024-06-06	30,1	19	24,4	18,3	70,3	2,5	13,4	1013,3	32,6	311,4	26,7
70	50.200510, 30.940486	2024-06-07	30,6	19,3	24	19,8	79,1	3	11,9	1008,1	64,8	296	25,5
71	50.200510, 30.940486	2024-06-08	25,1	12,7	19,5	11,6	64,1	2,3	0	1015,3	42,2		

Рисунок 1 – Приклад сформованого запиту для господарства ВіПлант, Київська область

Отримані метеорологічні дані з Visual Crossing Weather Data порівнювали з даними автоматичних інтернет-метеорологічних станції iMetos. Для цього використали дані 9 метеостанцій які були розташовані в Херсонській



та Запорізької областях. Для порівняння використовували середньодобові метеорологічні дані за період 2017-2021 роки з 1 квітня по 30 вересня. Експорт метеорологічних даних з Visual Crossing Weather Data було сформовано за аналогічний період, для кожної метеостанції окремо.

Еталону евапотранспірацію розраховували за методом Пенмана-Монтейт (FAO56-PM).

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

де

$ET_0$  – еталонна евапотранспірація, мм/доба;  $R_n$  - чиста радіація на поверхні рослин, МДж/м<sup>2</sup>·доба;  $G$  – щільність теплового потоку ґрунту, МДж/м<sup>2</sup>·доба;  $T$  – середньодобова температура повітря на висоті 2 м, °С;  $u_2$  – швидкість вітру на висоті 2 м, м/с;  $e_s$  - тиск насиченої пари, кПа;  $e_a$  - фактичний тиск, кПа;  $\Delta$  – градієнт кривої тиску пари, кПа/°С;  $\gamma$  – психометрична константа, кПа/°С.

Для розрахунку  $e_s$  та  $e_a$  використовували виміряні значення максимальної, мінімальної температури повітря та температуру точки роси відповідно. Швидкість вітру була перерахована для висоти 2 м.

За результатами аналізу даних встановлено, що мінімальні середні похибки MAPE притаманні максимальній, середньої температури повітря та середньої відносної вологості повітря, похибки яких менше за 10%. Похибки для точки роси, сонячної радіації та еталонної евапотранспірації знаходились в межах 20-22%. Найбільша похибка MAPE була притаманна середньої швидкості вітру, яка становила 196,4% (табл. 1).

Таблиця 1 - Середні, максимальні та мінімальні похибки MAPE, %

Метеорологічні дані	Tmax	Tmin	Tmean	Tdew	Rh	Wind mean	Rs	ET <sub>0</sub>
mean	7,0	38,6	4,4	22,2	10,0	196,4	20,0	20,8
max	12,1	60,3	6,5	26,0	13,2	494,8	28,0	31,7
min	4,0	13,1	3,2	18,2	6,4	28,9	13,8	14,9

З метою зменшення похибки визначення  $ET_0$  нами були проведенні розрахунки на прикладі метеостанції яка розташована в с. Братське (Каховський район, Херсонська обл.)

Перше припущення. Так як для середньої температури та відносної вологості повітря притаманні найменші похибки MAPE, то для розрахунку  $e_s$  та  $e_a$  використовувати саме ці метеорологічні показники. За результатами розрахунків похибка MAPE знизилась лише 0,6%, з 15,2 до 14,6%.

Друге припущення. Знизити похибки для швидкості вітру шляхом встановлення відношення значень вимірних метеорологічною станцією iMetos

та отриманих з Visual Crossing Weather Data (рис. 2). Застосувавши отриманні відношення відповідно для кожного місяця похибки МАРЕ для визначення ЕТо знизилась на 2,4%. Також нами були проведені розрахунки з використанням середнього відношення для швидкості вітру, яке становить 0,7. За результатами цих розрахунків похибки МАРЕ для визначення ЕТо знизилась на 2,0%. З метою спрощення автоматичних розрахунків ЕТо, ми прийняли рішення використовувати середнє відношення для швидкості вітру.

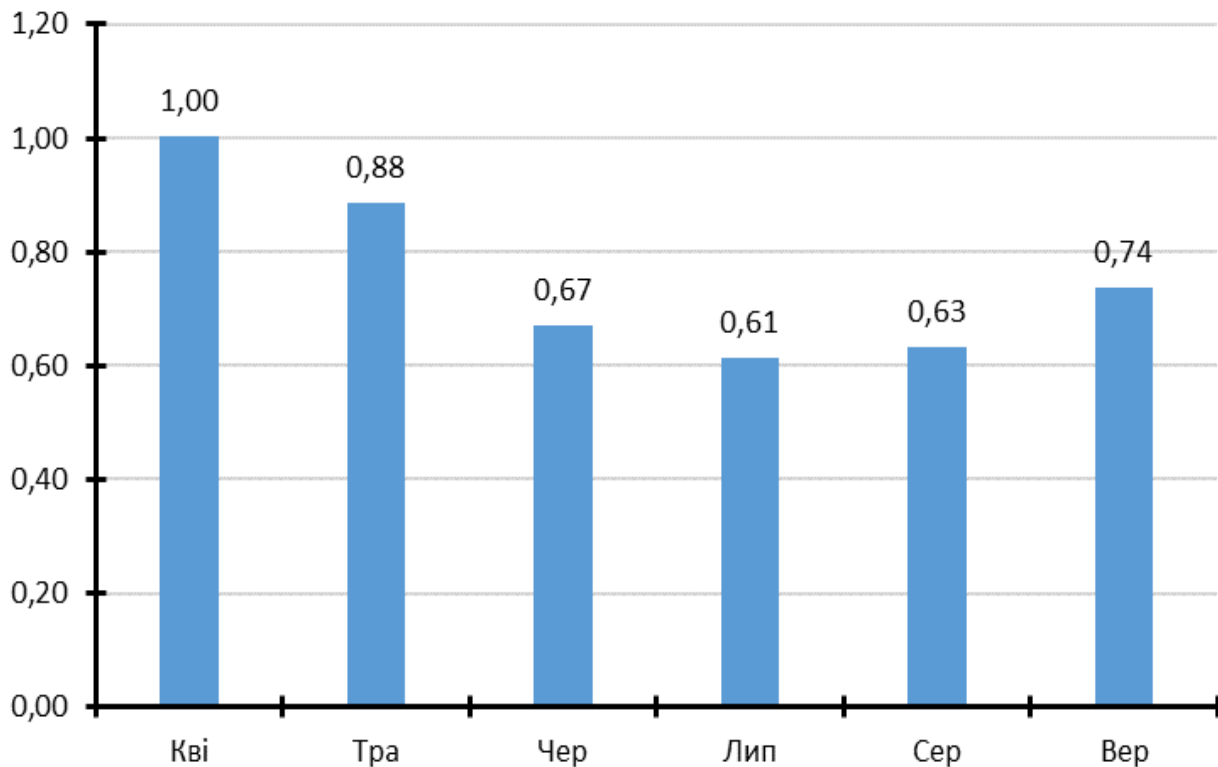


Рисунок 2 - Відношення швидкості вітру виміряного на інтернет метеорологічній станції iMetos та отриманих з Visual Crossing Weather Data (с. Братське)

**Висновки.** За результатами комплексної перевірки отриманих метеорологічних даних з Visual Crossing Weather Data встановлено, що вони мають високий рівень достовірності і їх можливо використовувати для розрахунку ЕТо. Для підвищення точності розрахунків необхідно використовувати встановлене відношення 0,7 для швидкості вітру. Використання платформи Visual Crossing Weather Data дає можливість отримати значення ЕТо з досить високою точністю для будь-якої обраної місцевості без використання коштовного обладнання.

УДК 631.6:626.824

**Турченко В.О, Войцехович Н.В.**

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

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДРЕНАЖНОЇ МЕРЕЖІ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ**

**Вступ.** Рисові зрошувальні системи (РЗС) України, загальна площа яких становить 62,1 тис. га, побудовані ще в 1960-1972 рр. і в даний час за багатьма показниками не відповідають вимогам екологічно безпечних технологій вирощування рису і супутніх культур, головним чином тому, що на період їх будівництва не було власного досвіду їх проектування з урахуванням специфіки геологічної будови, гідрогеологічної обстановки територій. В результаті практично всі рисові системи були побудовані за схемою карт краснодарського типу (ККТ) з неглибокою і часто розрідженою дренажною мережею у вигляді відкритих каналів. Недостатня дренаваність території рисових систем, неможливість забезпечити необхідну норму осушення, достатню аерацію кореневого шару ґрунтів в позавеgetаційний період і промивання цього шару при вегетації рису, стало однією з головних причин погіршення еколого-меліоративного стану (ЕМС) зрошуваних земель РЗС, зниження врожайності як рису так і супутніх культур.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Досвід експлуатації Придунайських РЗС [1,2] показав, що еколого-меліоративний стан земель, від якого залежить врожай рису та супутніх культур рисової сівоzміни визначається розвитком дренажно-скидної мережі та надійною роботою всіх її елементів. Дренаж на РЗС є основним засобом підтримання сприятливого ЕМС, без якого неможливо отримувати високі врожаї рису і супутніх культур. Одна з головних задач дренажу це розсолення ґрунтів протягом 2-3 років вирощування рису, створення оптимальних швидкостей фільтрації води в ґрунті та забезпечення необхідного рівневого режиму ґрунтових вод в різні періоди вегетації як рису так і супутніх культур.

Дренаж, що закладається на рисових зрошувальних системах, повинен відповідати наступним основним вимогам [2,3,4]:

- створювати на рисовому полі допустимі швидкості фільтрації;
- забезпечувати після скиду води з чеків необхідну норму осушення, не менше 0,8 м, та доведення її до 1,5...1,7 м на початок нового поливного сезону;
- у випадку засолення ґрунту РЗС опріснювати кореневмісний шар до допустимої концентрації солей не довше ніж за 3 роки експлуатації;
- виключати можливість вторинного засолення ґрунтів на агро-меліоративних полях і полях, зайнятих супутніми культурами.

**Постановка завдання.** Мета досліджень полягає в оцінці ефективності роботи дренажно-скидної мережі Придунайських РЗС та розробленні заходів з її покращення.

**Виклад основного матеріалу.** Рисові зрошувальні системи в Україні, в тому числі в дельті Дунаю, були побудовані за відомою схемою поливних карт краснодарського типу (ККТ) та карт-чеків широкого фронту затоплення та скиду води (КЧШ) з одностороннім та двохстороннім командуванням здебільшого у відкритих зрошувальних і дренажно-скидних каналах з відстанями між ними, залежно від ґрунтово-гідрогеологічних умов, 200...500 м, при глибині картових дрен 1,5...1,7 м.

У процесі тривалої експлуатації дренажно-скидна мережа під дією численних факторів значно деформувалась [2]. Такі канали не можуть якісно впливати на водно-сольовий режим ґрунтів при вирощуванні рису та особливо у періоди вирощування супутніх культур, коли потрібно забезпечити критичну глибину рівня ґрунтових вод (РГВ), яка для умов рисових систем дельти Дунаю становить 1,5...2,0 м.

Аналіз ефективності роботи дренажу на рисових системах дельти Дунаю показав, що дренаж, побудований у відповідності з діючими на час будівництва нормами проектування, не забезпечує достатню дренажність рисових полів, що є однією з головних причин їх незадовільного еколого-меліоративного стану і зниження урожайності рису і супутніх культур.

Рядом науковців [**Error! Reference source not found.,Error! Reference source not found.,Error! Reference source not found.**] для різних рисових систем в натурних умовах встановлена закономірність зміни врожаю рису від глибини залягання РГВ в поза вегетаційний період, яка переконливо свідчить про те, що на чеках, де ґрунтові води у міжполивний період залягають глибше, ґрунтово-меліоративні умови для рису сприятливіші, родючість таких ґрунтів вище, відповідно врожай рису був вищим.

Таким чином, щоб отримати високі врожаї рису в межах 50...70 ц/га глибина залягання РГВ на початок вегетаційного періоду, як слідує з вище вказаного, повинна становити не менше 1,5 м. Забезпечення таких глибин на рисових системах, де дренажна мережа відкрита, глибина дренажно-скидних каналів повинна бути 2,0...2,5 м, що на більшій частині рисових систем є практично неможливим із-за швидких деформацій їх русла.

Дослідженнями, проведеними на Придунайських РЗС також встановлено, що дренаж повинен забезпечувати не лише регулювання глибини залягання РГВ, але і забезпечувати необхідні швидкості фільтрації для створення хорошої дренажності ґрунтів під рисовим чеком в період вегетації рису. На ділянках чеків де швидкість фільтрації була незначною, тобто в так званих застійних зонах, врожай рису був меншим. Урожай рису був вищим на ділянках чеку, які розташовані на відстані до 60 м від дрени, де значення середніх швидкостей фільтрації води в верхньому шарі ґрунту становили від 0,005 до 0,01м/добу. Там, де вони були більшими, або меншими цих значень, врожай рису був нижчим. Таким чином, в період вегетації рису по всій площі рисового чеку повинні бути забезпечені швидкості вертикальної фільтрації в верхньому шарі ґрунту в межах 6...10 мм/добу. Крім того, як показали дослідження, різна інтенсивність фільтрації по ширині чеку обумовлює велику різницю в мінералізації ґрунтових вод та вмісту солей в ґрунтах, що є причиною того, що

в межах одного і того ж чеку створюються різні природно-меліоративні умови і як наслідок різна врожайність рису.

Дослідження фільтраційних процесів з поверхні поливних карт рисових систем дельти Дунаю показали, що найбільші значення швидкості фільтрації (від 4 до 20 мм/добу) спостерігаються на частині рисового поля, у так званих придренних зонах, за умови відсутності підпорів води в дренажно-скидних каналах. Далі, до середини міждрення, швидкості фільтрації, незалежно від конструкції поливних карт та відстані між дренажними каналами, знаходяться в межах 1...2 мм/добу, тобто практично відсутні (рис. 1).

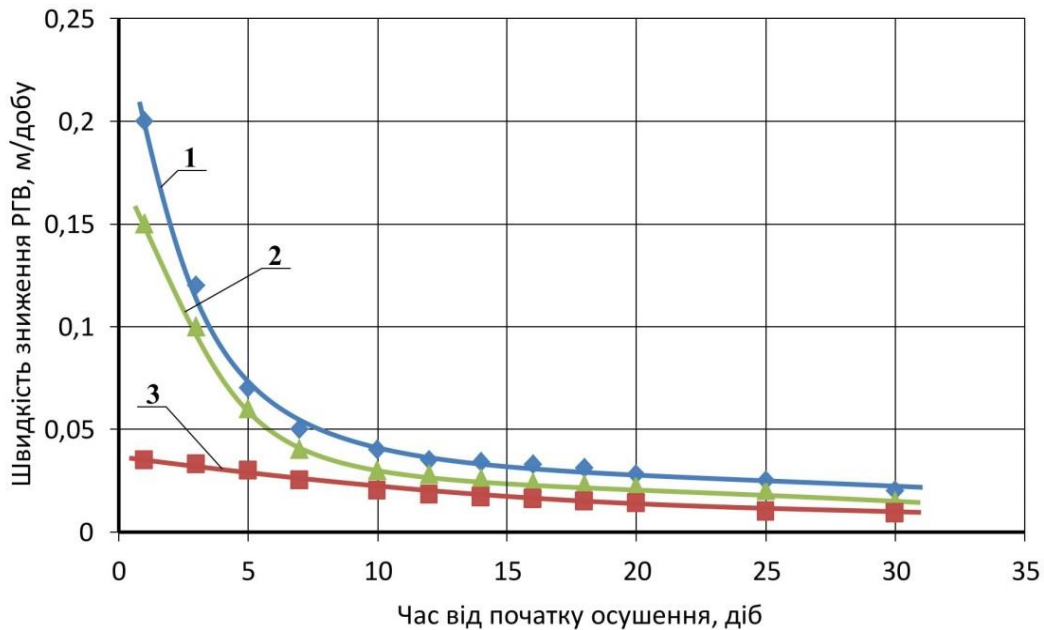


Рисунок 1 - Швидкість вертикальної фільтрації на картах-чеках в залежності від відстані до дренажно-скидного каналу при  $B=200$  м:  
1 – 25 м, 2 – 50 м, 3 – 100 м

Тому з метою створення сприятливої природно-меліоративної обстановки на рисових полях дренажно-скидна мережа повинна в період вегетації рису по всій площі рисового чеку забезпечувати швидкості вертикальної фільтрації в верхньому шарі ґрунту в межах 6...10 мм/добу. Такі швидкості фільтрації сприяють винесенню із активного шару ґрунту сольових розчинів та, водночас, не допускають вимивання із ґрунту поживних речовин [4-6].

Як показали наші дослідження та розрахунки для умов Придунайських РЗС сприятливого водоповітряного режиму ґрунтів можливо досягти шляхом доповнення дренажної мережі у вигляді відкритих картових дрен поодинокими закритими дренами-колекторами (рис.2).

Глибина закладки таких дрен-колекторів, виходячи із необхідної норми осушення в міжполивний період, повинна становити не менше 2 м.

Влаштування закритих дрен-колекторів скорочує відстань між відкритими дренажними каналами до 100...125 м, замість існуючих 200...500 м.

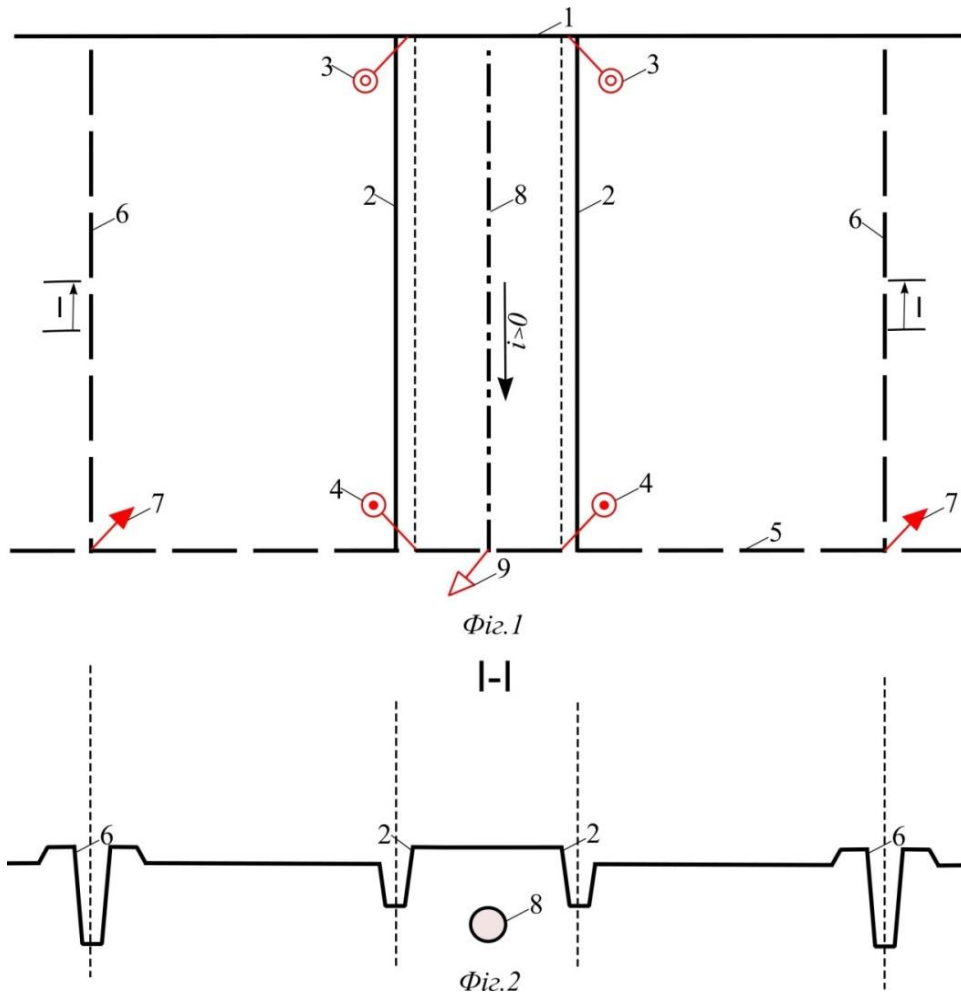


Рисунок 2 - Конструкція карти-чека з закритою дренаю-колектором:

- 1 – розподільний зрошувальний канал; 2 – зрошувач-скид; 3 – водовипускна споруда;  
 4 – водоскидна споруда; 5 – головний скидний канал; 6 – картовий дренажно-скидний канал;  
 7 – шлюз-регулятор; 8 – закрыта дрена-колектор; 9 – регулююча споруда

Як показали розрахунки динаміки зниження РГВ в умовах Придунайських РЗС дооснащених закритою дренаю, процес осушення рисових полів в післяполивний період відбувається інтенсивніше. Зниження рівня ґрунтових вод до глибини 1,5 м відбувається значно швидше і становить 20-50 діб, а це практично в 2...3 рази скорочує тривалість періоду осушення, що дає можливість продовжити період із сприятливим стоянням РГВ в міжполивний період, довівши його загальну тривалість до 200-220 діб. При такій тривалості створюються умови для повного окислення всіх відновлених токсичних продуктів до початку нового поливного сезону. Утворені за вегетаційний період сольові розчини після скиду води з поверхні чеку, коли зникають всі джерела додаткового живлення ґрунтових вод, інтенсивно опускаються у нижню частину ґрунтового профілю. Інтенсивність цього процесу і глибина осушення, які залежать від водно-фізичних властивостей ґрунтів та роботи



дренажно-скидної мережі, в принципі і визначають ефективність всієї рисової системи.

Дооснащення рисової карти закритими дренами-колекторами крім впливу на глибину залягання РГВ в між вегетаційний період вплине на інтенсивність процесу вертикальної фільтрації під рисом в період його вегетації.

**Висновки.** Таким чином, забезпечити формування сприятливого ЕМС ґрунтів зони аерації при вирощуванні рису можна за рахунок забезпечення рівномірності дренажу поливних карт через зміну конструкції і параметрів дренажу та запровадження відповідних агротехнічних заходів.

Запропонована конструкція поливної карти з дренаю-колектором закритого типу дозволяє посилити дренажність поливних карт, що забезпечить рівномірне розсолення ґрунтів по всій площі при вирощуванні затоплюваного рису, швидке і глибоке осушення рисових-чеків в міжвегетаційний період, підтримання рівня ґрунтових вод в цей період нижче критичної глибини, що створює сприятливі умови для протікання окисно-відновних процесів. Окрім того, так конструкція поливної карти-чека дасть можливість провести реконструкцію існуючих рисових систем з незначними капіталовкладеннями, оскільки не вимагає влаштування систематичного дренажу, значно підвищить ефективність внутрішньокартової дренажної мережі та дасть можливість управляти процесом дренажу у різні фази розвитку сільськогосподарських культур.

### Список використаної літератури:

1. Ковальов С.В. Мендусь П.И. О причинах снижения урожаев риса на оросительных системах дельты Дуная. Актуальные проблемы водохозяйственного строительства. Ровно. 2002. С. 107–109.
2. Рис Придунав'я: [колективна монографія]/ за ред. В.А. Сташука, А.М. Рокочинського, П.І. Мендуся, В.О. Турченюка. – Херсон: Грінь Д.С., 2016.–620с.
3. Abikenova, S., Yespolov, T., Rau, A., Kalybekova, Y., and Zhanashev I. Water-saving Technology of Rice Irrigation on Kazakstan Rice Systems., Journal: Biosciences, Biotechnology Research Asia. 2015. V. 12 is. 3., pp.2459–2465.
4. G. N. Paudyal, D. S Pandit, A. Goto / Optimization of design of on-farm channel network in an irrigation area// Journal Article published Nov 1991 in Irrigation and Drainage Systems volume 5 issue 4 on pages 383 to 395. <https://doi.org/10.1007/bf01102834>
5. Abdibay, A., Anuarbekov, K., Mukhamadiyev, N., & Mengdibayeva, G. (2024). Assessment of Water-salt regime of Irrigation system. Caspian Journal of Environmental Sciences, 1-10. 10.22124/CJES.2024.7552
6. Rau, A., Begmatov, I., Kadasheva, Z., & Rau, G. (2020, December). Water resources management in rice irrigation systems and improvement of ecological situation in rice growing river basins. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 614, No. 1, p. 012151). IOP Publishing.

УДК 624.131

**Гришин А.В.**

*Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса*

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ РОБОТИ ПРИЧАЛУ З ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ШПУНТОВОЇ СТІНКИ ВІД ДІЇ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

**Вступ.** Причальні стінки морських та річкових портів широко використовують у гідротехнічному будівництві. Вони належать до основних виробничих потужностей портів та є стратегічними об'єктами портової інфраструктури і працюють під впливом як статичних, так і динамічних навантажень. Своєчасна оцінка їхнього фактичного технічного стану та використання сучасних методів розрахунку на основі досконалих моделей матеріалів конструкції та ґрунтів сприятиме виявленню причин небажаних змін і прийняття адекватних заходів щодо забезпечення безпечної та ефективної їх експлуатації.

Незважаючи на значний прогрес в описі роботи тонких стінок при використанні пружно-пластичної постановки в розрахунках портової гідротехніки, їхнє використання знаходиться в стадії наукових розробок і в даний час не набуло поширення в проектній практиці. Визначається це тим, що відсутня надійна апробація і доводиться долати деякі умовності в прийнятих моделях ґрунту, що описують дійсну роботу споруди.

Протягом всієї історії будівництва і експлуатації причальних споруд і по теперішній час були відзначені численні випадки їх аварій і руйнувань, які можуть бути причиною загибелі людей і величезних матеріальних збитків, що є неприпустимим. Тому вдосконалення існуючих і розробка нових методів розрахунку таких споруд з урахуванням реальних властивостей матеріалів конструкції та ґрунтів, процесу складного навантаження, дію як статичних так і динамічних навантажень є актуальною задачею. Однак, незважаючи на виняткову важливість, питання про причини руйнування причальних споруд розроблені далеко не достатньо. Такий стан пояснюється складністю аналізу причин руйнувань, різноманіттям їхніх форм і часто недостатністю фактичних даних спостережень за станом споруд і їхніх основ.

Мета цієї роботи полягає у вивченні хвильових процесів і напружено-деформованого стану спільної роботи тонкої підпірної стінки з ґрунтовим та водним середовищем, що знаходяться під дією статичних і динамічних навантажень з використанням математичного моделювання. При цьому враховувалися пружно-пластичні властивості матеріалів конструкцій і ґрунту та процес складного навантаження.

**Основна частина.** У цій роботі розглядалася спільна робота конструкції причалу, оточуючого його ґрунтового та водного середовища, а також об'єкти, які в процесі експлуатації можуть впливати на роботу причалу. Вся сукупність цих елементів утворює єдину динамічну зв'язану систему.

Спочатку проводився розрахунок від впливу статичних навантажень, які передують динамічним. Потім з урахуванням отриманих деформацій та напружень виконувався динамічний розрахунок. Досліджувався коливальний процес елементів системи, спричинений динамічними навантаженнями.

Динамічний розрахунок причальних споруд у нелінійній постановці, що найбільш повно відображає їх роботу в реальних умовах, вперше виконано в монографії [1, с. 34].

Стінки можуть бути виконані з металевих та залізобетонних паль та залізобетонних панелей. Статичними навантаженнями є власна вага системи та різні експлуатаційні навантаження, а як динамічні – можуть бути навантаження від натягу швартовів, навал судна при його підході до причалу, льодові, від падіння вантажів, від механізмів, що працюють на причалі, і сейсмічні впливи. Розрахункова схема системи показано на рис. 1.

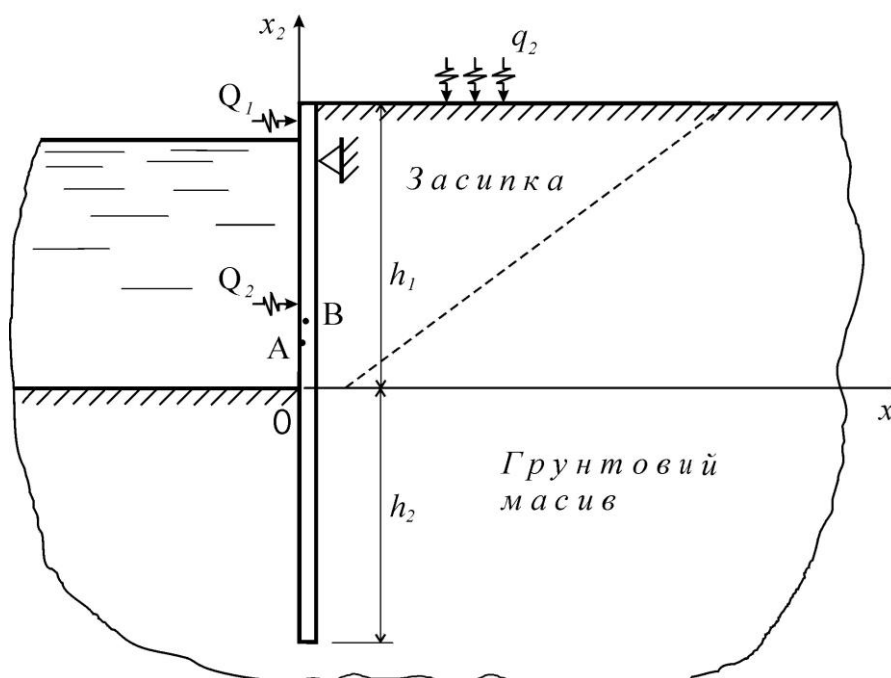


Рисунок 1 - Розрахункова схема споруди

Система перебуває під впливом динамічного навантаження, джерелом якого може бути навал судна на стінку чи дія падаючого вантажу на причал. Вивчався вплив хвильових процесів, що виникають від дії зазначених навантажень на підпірну стінку та різні об'єкти, розташовані на території причалу.

При визначенні напружено-деформованого стану системи враховувалися пружно-пластичні властивості матеріалу стінки та ґрунтового середовища. Зазвичай до динамічного збудження системи вона перебуває під впливом статичних навантажень, від яких у системі можуть бути пластичні деформації, що впливають на її коливальний процес. Тому неприпустимо визначати реакції системи шляхом підсумовування їх як окремо обчислених від статичних і динамічних навантажень. Отже, зміна жорсткості системи від дії статичних

навантажень повинна враховуватися в динамічних пружно-пластичних розрахунках. Статичні методи розрахунку таких споруд наведені у [2, с. 48; 3, с. 36]. Їхній розрахунок в пружно-пластичній постановці від спільної дії як статичних, так і динамічних навантажень автору невідомі.

Методика дослідження нелінійних динамічних задач викладена в [1], тому далі наводяться лише основні формули. Співвідношення принципу віртуальної роботи, яке не залежить від зв'язку між напругами та деформаціями матеріалів системи, і з якого випливають рівняння руху в момент часу  $t$ , має наступний вигляд

$$\int_{\Omega} [\delta \varepsilon]^T \sigma d\Omega + \int_{\Omega} [\delta u]^T (\rho \ddot{u} + c \dot{u} - Q) d\Omega - \int_S [\delta u]^T q ds = 0. \quad (1)$$

Вважалось, що деформації системи відбуваються при малих подовженнях, зсувах та кутах повороту. Тому у рішенні використовувалися геометричні співвідношення Коші та постулат підсумовування прирощень пружної та пластичної деформацій.

$$\varepsilon_{ks} = \frac{1}{2} (u_{k,s} + u_{s,k}), \quad (2)$$

$$d\varepsilon_{ks} = d\varepsilon_{ks}^{(e)} + d\varepsilon_{ks}^{(p)}. \quad (3)$$

Збільшення пружних деформацій пов'язані зі збільшенням напруг за законом Гука

$$d\varepsilon_{ks}^{(e)} = C_{ksmn}^{(e)} d\sigma_{mn}. \quad (4)$$

Збільшення пластичних деформацій визначалися з принципу максимуму Мізеса [4, с. 43]

$$d\varepsilon_{ks}^{(p)} = d\lambda f_{,\sigma_{ks}}, \quad d\lambda = const > 0. \quad (5)$$

Функція навантаження  $f$  визначалася для ґрунтового масиву у вигляді умови Кулона-Мора

$$(\sigma_0 - \frac{\sigma_i}{\sqrt{3}} \sin \psi) \sin \varphi + \sigma_i \cos \psi - c \cos \varphi = 0. \quad (6)$$

Для підпірної стінки як функція навантаження застосовується умова Генієва [5, с. 72]

$$3(\sigma_c - \sigma_p)\sigma_0 + 3\sigma_i^2 - \sigma_p\sigma_c = 0. \quad (7)$$

Використовуючи наведені вище формули, рівняння стану для пружно-пластичних середовищ, що зміцнюються, в компонентній формі записувалися у вигляді

$$d\sigma_{ks} = D_{ksmn}^{(e)} d\varepsilon_{mn}, \quad \text{якщо } f = 0, d'f \leq 0 \text{ або } f = 0;$$

$$d\sigma_{ks} = D_{ksmn}^{(ep)} d\varepsilon_{mn}, \quad \text{якщо } f = 0, d'f > 0, \quad (8)$$

Для визначення переміщень та напруг у динамічних нелінійних системах переважно застосовуються прямі крокові методи, алгоритми яких розроблені головним чином для вирішення лінійних завдань [6, с. 84]. Їхня модифікація для пружно-пластичних завдань викладена в [1, с. 52]. Ці методи включають два основних етапи: дискретизацію основних рівнянь і побудова ітераційного процесу для визначення напружено-деформованого стану системи із заданою точністю. Дискретизація системи проводилася як у часі, так і по області системи. В результаті для моменту часу  $t_n$  отримано наступне матричне рівняння [1, с. 54]

$$M\ddot{\delta}_n + C\dot{\delta}_n + K(\delta)\delta_n = Q_n. \quad (9)$$

Для вирішення рівняння (9) використовується модифікований неявний метод Ньюмарка, який є безумовно стійким, що дозволяє суттєво збільшувати довжину тимчасового кроку порівняно з явними методами та отримувати надійніші результати. Алгоритм рішення та його обґрунтування викладено у [1, с. 58].

Для чисельної реалізації запропонованої методики у системі Delphi розроблено програмний комплекс, який дозволяє проводити спільний розрахунок всіх елементів системи від дії статичних і динамічних навантажень. Його докладний опис наведено в [1, с. 61].

Було розглянуто чисельне рішення рівнянь для поставленої задачі за наступних вихідних даних:  $h_1=10,75$  м,  $h_2=6$  м. Характеристики засипки:  $E_1=40$  МПа,  $\mu_1=0,3$ ,  $c=0,002$  МПа,  $\varphi=28^\circ$ ; ґрунтового масиву:  $E_2=20$  МПа,  $\mu_2=0,4$ ,  $c=0,003$  МПа,  $\varphi=21^\circ$ . Для бетону стінки:  $E=32500$  МПа,  $\mu=0,2$ ,  $\sigma_p=1,5$  МПа,  $\sigma_c=17$  МПа. Тимчасовий відрізок, у якому розглядався коливальний процес, дорівнює 7 сек. Довжина тимчасового кроку  $\Delta t=0,01$  сек. Протягом 0,1 сек. на причал діє імпульсне динамічне навантаження  $q_2$  інтенсивністю 0,013 МПа.

На рис. 2 та рис. 3 наведені епюри горизонтальних та вертикальних коливань точки  $A$ , показаної на рис. 1. Максимальні коливання спостерігалися до 0,3 сек., потім було їх поступове згасання. Система складається з різнорідних матеріалів, у процесі її коливань відбувалися всілякі відбитки хвиль. Тому рівномірних гармонійних загасаючих коливань з постійним періодом не спостерігалось. Хоча на нескінченних межах ґрунтового масиву при його дискретизації застосовувалися нескінченні елементи для усунення відбиття від них хвиль.

На рис. 4 зображена епюра коливань напруг  $\sigma_{22}$  в точці  $B$  системи. Найбільший розмах коливань відбувався в початковий момент часу, потім було їх різке згасання.

На закінчення можна відзначити, що запропонована методика та програмний комплекс дозволяють проводити розрахунок різних систем, на які діють статичні та динамічні навантаження з урахуванням пружно-пластичних властивостей їх матеріалів.

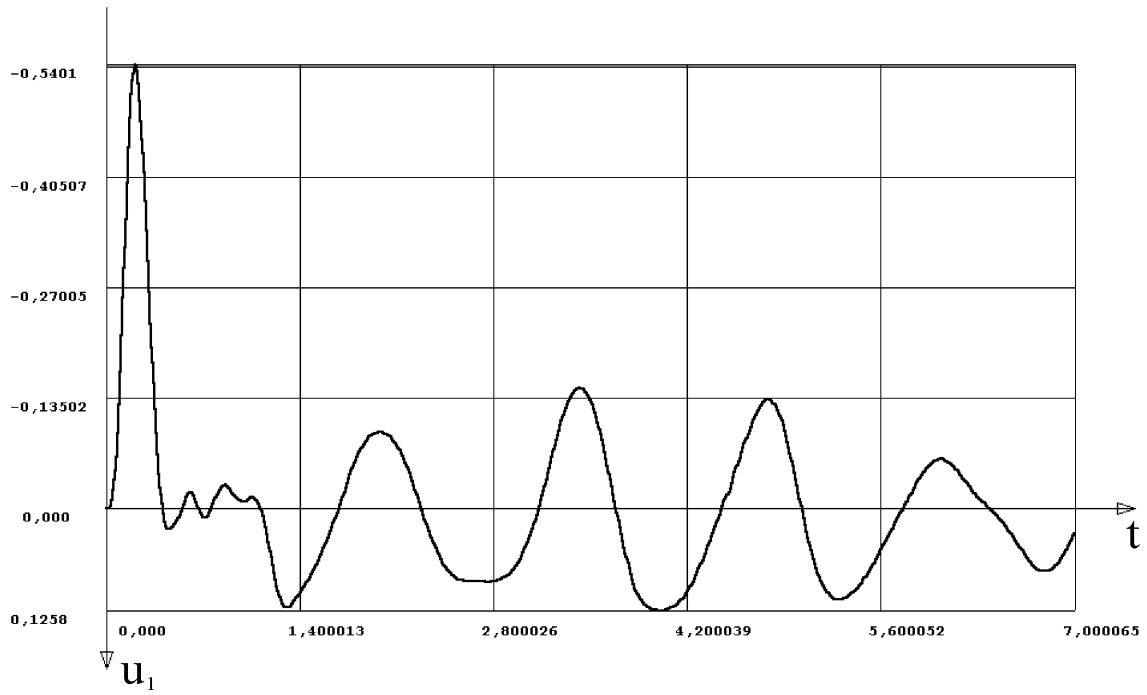


Рисунок 2 - Епюра горизонтальних коливань точки А системи (в см і сек.)

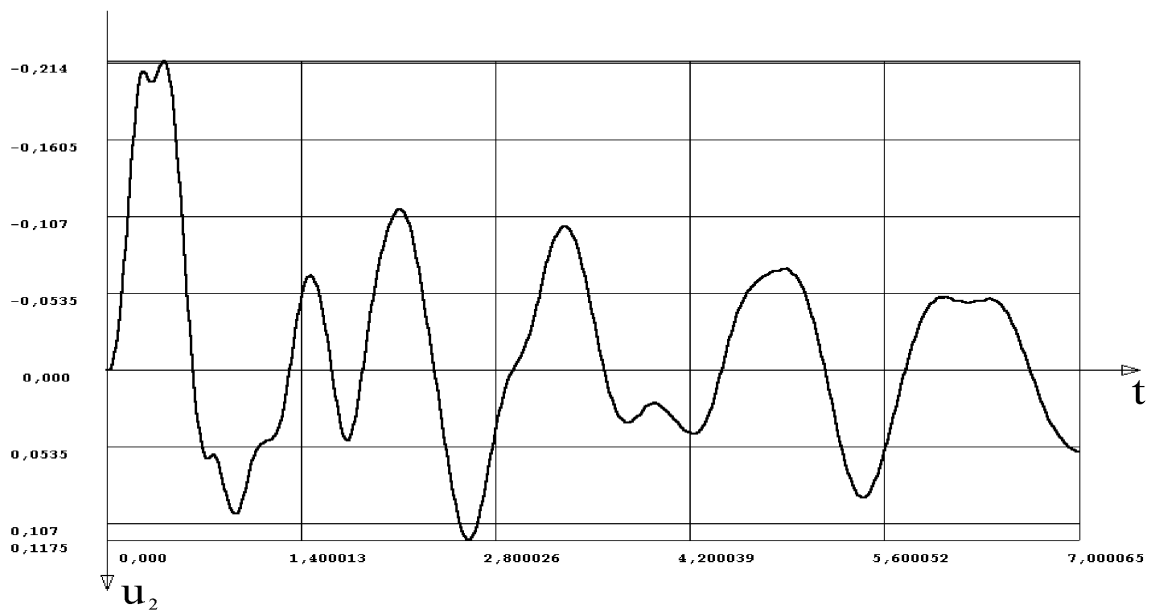


Рисунок 3 - Епюра вертикальних коливань точки А системи (в см і сек.)



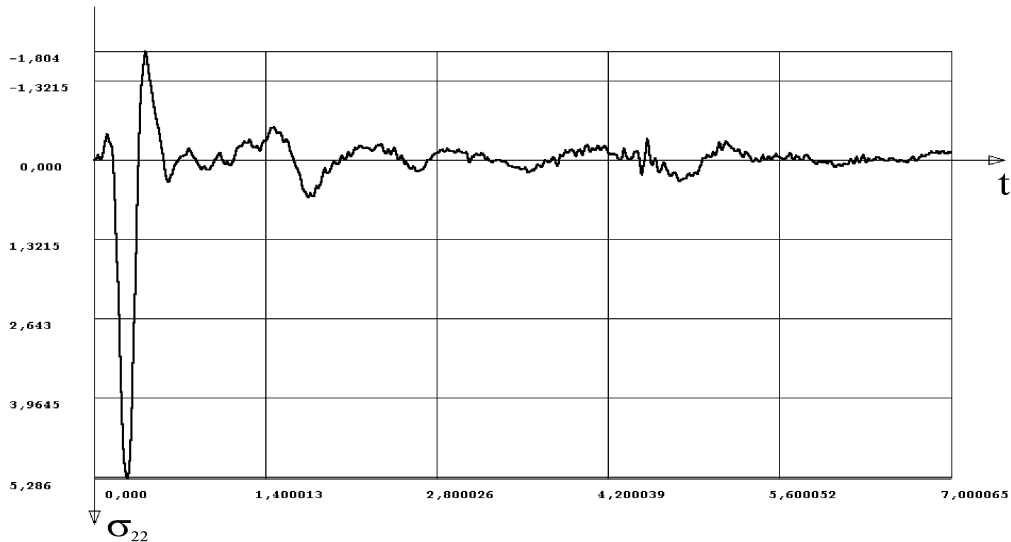


Рисунок 4 - Епюра коливань напруг  $\sigma_{22}$  у точці В системи (в 10 МПа і сек.)

**Висновки.** Модель системи, що використовувалась в роботі, дозволила розглянути не тільки навантаження, що змінюються пропорційно до будь-якого параметра, що необхідно для деформаційних теорій пластичності, а й складне навантаження. Це дало змогу врахувати послідовність прикладання навантажень системи у процесі її зведення та експлуатації, що було реалізовано в алгоритмі рішення. Інерційні властивості моделі дозволили визначати хвильові коливальні процеси не тільки в елементах, до яких прикладено динамічне навантаження, а й у всій системі та сусідніх спорудах.

Також було встановлено, що на початку фази вільних коливань гармонійні та імпульсні навантаження викликають переміщення та напруги, які перевищують їх значення у стабілізованому стані більш ніж удвічі. Отже, ці ефекти мають бути враховані під час проектування причальних споруд.

### Список використаної літератури:

1. Гришин А.В., Федорова Е.Ю. Нелинейные динамические задачи расчета портовых гидротехнических сооружений. – Одесса: Изд-во ОГМУ, 2002. – 126 с.
2. Смирнов Г.Н., Горохов Б.Ф. и др. Порты и портовые сооружения. – К.: Будівельник, 1979. – 607с.
3. Алмазов В.О., Смирнов Г.Н. Железобетонные конструкции в портовом гидротехническом строительстве. – К.: Наукова думка, 1986. – 199с.
4. Ивлев Д.Д., Быковцев Г.И. Теория упрочняющегося пластического тела. - К.: Наукова думка, 1971. – 231 с.
5. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. - К.: Будівельник, 1974. – 316 с.
6. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. – К.: Будівельник, 1982. – 447 с.

УДК 532.542

Ткачук А.В., Шинкаренко І.Ю.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро

## РОЗРАХУНОК ПІДВИЩЕННЯ ТИСКУ ПРИ ДРОСЕЛЬНОМУ РЕГУЛЮВАННІ ПОДАЧІ ВОДИ У ЗАКРИТУ ЗРОШУВАЛЬНУ МЕРЕЖУ

**Вступ.** Тиск в закритій зрошувальній мережі може змінюватись і для того щоб режим її роботи залишався відповідним, необхідно його регулювати. Для увімкнення і вимкнення дощувальної машини в роботу на закритій зрошувальній мережі (ЗЗМ) здебільшого використовують звичайні шиберні засувки, які мають такі гідравлічні характеристики, що їх рівномірне закриття за відносно невеликий час, призводить до різкого зміну тиску (гідравлічного удару). Методика розрахунку перехідних процесів в різних напірних системах розроблялась протягом багатьох років різними вченими, як В. Большаков, О. Гіжа, Ю. Константинов та інш.

**Основна частина.** Розрахунково-теоретичне дослідження режиму регулювання тиску проводилось на існуючій ділянці ЗЗМ. На ділянці довжиною 985 м, діаметром 250 мм підключена дощувальна машина «Фрегат» ДМФ-К-А7-443-77. Матеріал труби – поліетилен ПЕ-100 SDR-21. Швидкість руху води на цій ділянці складає 1,57 м/с, втрати напору складають 7,58 м, коефіцієнт опору трубопроводу  $\zeta_{тр} = 14,4$ , коефіцієнт опору шиберної засувки  $\zeta_3 = 0,15$ . Під час регулювання тиску швидкість розповсюдження ударної хвилі складає 246 м/с. Обчислимо величину підвищення тиску в ЗЗМ за умови, що засувка закривається рівномірно протягом 40 с.

Згідно з довідником гідравліки [1], цю задачу пропонують вирішувати використовуючи формулу

$$\Delta H_k = 2H_0 \left\{ \left[ j - \frac{1}{H_0} \sum_{i=1}^{k-1} \Delta H_i + \left( \frac{j\varphi_k}{\varphi_0} \right)^2 \right] - \frac{j\varphi_k}{\varphi_0} \sqrt{1 + 2 \left( j - \frac{1}{H_0} \sum_{i=1}^{k-1} \Delta H_i \right) + \left( \frac{j\varphi_k}{\varphi_0} \right)^2} \right\} \quad (1)$$

де

$j$  – ударний параметр трубопроводу,  $\Delta H_i$  – підвищення тиску в кожній із фаз,  $\varphi_0$  і  $\varphi_k$  – коефіцієнти швидкості системи трубопроводу із засувкою до початку закриття засувки і при відповідному закритті. Результати розрахунку наведені в таблиці 1.

За іншою методикою, де розглядаються особливості впливу зміни опору засувки під час її закриття на зменшення швидкості в трубопроводі при непрямому гідравлічному ударі [1], величину підвищення тиску рекомендують визначати за формулою

$$\Delta p = \rho C_v V_0 \left( 1 - \frac{V}{V_0} \right), \quad (2)$$

де

$V$  – швидкість після часткового закриття запірною пристрою;

Таблиця 1 – Розрахунок гідравлічного удару в трубопроводі, що викликаний закриттям засувки за довідником [1]

№ з/п	t	h/D	$\zeta_3$	$\varphi_k$	$(\varphi_k/\varphi_0) \cdot j$	$\sum_{i=1}^{k-1} \Delta H_i$	$\Delta H_k, \text{ м}$
1	24	0,4	12	0,1946	1,93	0	3,71
2	28	0,3	22	0,1657	1,64	3,71	2,82
3	32	0,2	46	0,1287	1,28	6,52	3,25
4	36	0,1	120	0,0863	0,86	9,77	3,91
5	40	0	$\infty$	0,0000	0,00	13,68	12,06

$$\frac{V}{V_0} = \sqrt{\frac{S_0 l + \sum \zeta_m B}{S_0 l + \sum \zeta_m B + \zeta_{3(t)} B}}, \quad (3)$$

де

$S_0 Q^2 l$  – втрати напору по довжині труби;  $\sum \zeta_m B Q^2$  – сума місцевих втрат напору;  $\sum \zeta_m$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів (крім засувки);  $B = 8/g\pi^2 D^4$  – параметр, що враховує діаметр труби після засувки та іншого місцевого опору;  $\zeta_{3(t)}$  – коефіцієнт опору засувки (затвору) в залежності від часу закриття  $t_3$ .  
Результати розрахунку підвищення тиску за другою методикою наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результат розрахунку гідравлічного удару в трубопроводі, що викликаний закриттям засувки за рекомендацією [1]

№ з/п	t	h/D	V/V <sub>0</sub>	$\zeta_3$	$\Delta P \text{ кПа}$
1	24	0,4	0,983	2,07	6,44
2	28	0,3	0,988	1,42	4,45
3	32	0,2	0,991	1,07	3,37
4	36	0,1	0,993	0,86	2,71
5	40	0	0,994	0,72	2,28

**Висновок.** Розрахунок підвищення тиску на ділянці закритої зрошувальної мережі при закритті трубопроводу шиберною засувкою дав зовсім різні результати при використанні різних методик, отже, це питання потребує подальшого дослідження і уточнення.

### Список використаної літератури:

1. Гіжа О.О. Про підвищення точності розрахунку непрямого гідравлічного удару у системах міського водопостачання. *Містобудування та територіальне планування*. Київ : КНУБА, 2020. № 72. С. 62 - 67.
2. Довідник з гідравліки / заг. ред. В.А. Большаков. -2-е вид., перероб. і доп. Київ, 1984. С. 82-83.

УДК 628.16

**Волошин М. М.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, Херсон, Україна*

## **СУЧАСНІ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ В КВАРТИРІ**

**Вступ.** Не секрет, що вода потрібна людині для виживання. Людське тіло майже на сімдесят відсотків складається з води. Тому дуже багато уваги потрібно приділяти якості споживаної води. Як відомо у водопровідній воді дуже низька якість. Вона повільно губить людину, збільшуючи навантаження на його організм.

Вода є добрим розчинником різних хімічних речовин, а тому вона досить легко забруднюється. На сьогоднішній день вживання чистої води - це одна з обов'язкових умов здорового способу життя. Тому багато людей, які дбають про своє здоров'я, п'ють бутильовану воду і використовують спеціальні очисні фільтри.

**Основна частина.** На жаль, воду муніципального водопостачання очищають тільки від найнебезпечніших видів забруднень. Для цього в основному застосовують хлор, який токсичний і вкрай шкідливий. Крім цього, комунальні служби по більшій мірі думають лише про те, якою буде якість води на виході з очисної споруди. Але ж потім вода проходить по трубах і легко може знову забруднитися.

До того ж підвищена жорсткість води є причиною відкладення солей в організмі людини. Негативно впливає на нашу кісткову систему і підвищений вміст марганцю. Надмірна кількість заліза у воді викликає захворювання печінки, порушує репродуктивну функцію людини і підвищує ризик розвитку інфаркту.

Потрібно пам'ятати і те, що неочищена вода не тільки шкідлива для організму людини, але ще й псує дорогу імпортовану сантехніку. Вапняні відкладення забивають маленькі отвори в душовій насадці і форсунки. Солі магнію і кальцію під впливом високих температур утворюють накип. А вона в свою чергу стає основною причиною виходу з ладу водогрійного обладнання. Зараз існує навіть спеціальна сантехніка, розрахована лише на очищену воду.

Питання підбору конфігурації системи очищення води в кожному випадку вирішується по-різному в залежності від: якості вихідної води; вимог до якості і кількості очищеної води; матеріальних можливостей замовника.

Незалежно від каламутності водопровідної води рекомендується ставити на вхідній магістралі фільтр механічного очищення. Такі домашні фільтри очищення води необхідні, щоб запобігти швидкому засміченню твердими нерозчинними частками основних фільтрів, призначених для тонкого очищення води. Крім цього, захистити від поломок і передчасного виходу з ладу змішувачів, пральні машини та інші побутові прилади. Витрати на купівлю фільтрів механічної очистки будуть з лишком компенсовані більш довгим робочим ресурсом наступних ступенів очищення води і побутової техніки. Пропонується кілька схем підключення систем очищення води з різних цінових

груп (рис.1-4).

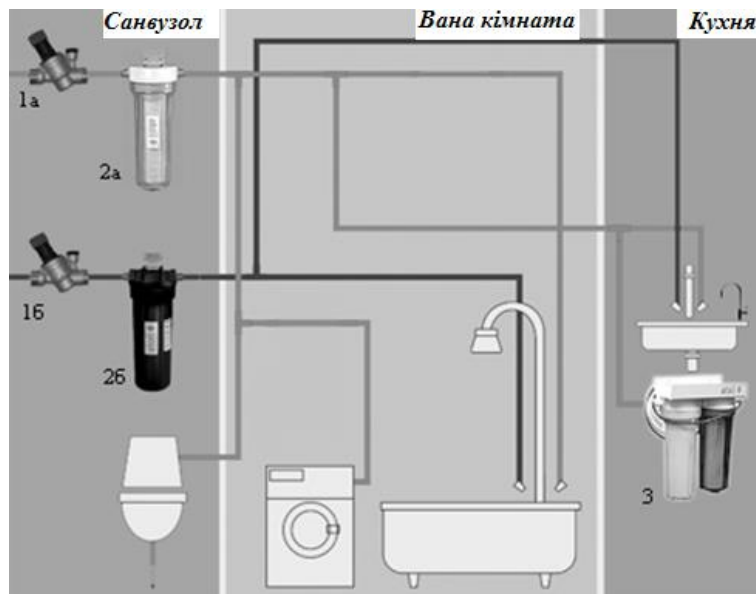


Рисунок 1 - Схема очищення води в квартирі (економічний варіант)

**1а, 1б.** Клапани пониження тиску. Захищають побутову техніку та інші пристрої водоспоживання від надлишкового тиску і гідроударів в магістральних водогонах. Приєднувальні розміри 3/8, 1/2", 3/4".

**2а, 2б.** Механічні фільтри для тонкого очищення холодної і гарячої води, проводять очищення води від суспензій і дрібних механічних частинок (від 20 до 1 мікрона, в залежності від типу картриджа). Усувають каламутність і частково кольоровість води. Приєднувальний розмір 1/2".

**3.** Проточна питна система. Видаляє з води неприємний запах і смак, а також хлор, хлорорганічні сполуки, пестициди та солі важких металів. Приєднувальний розмір 1/2".

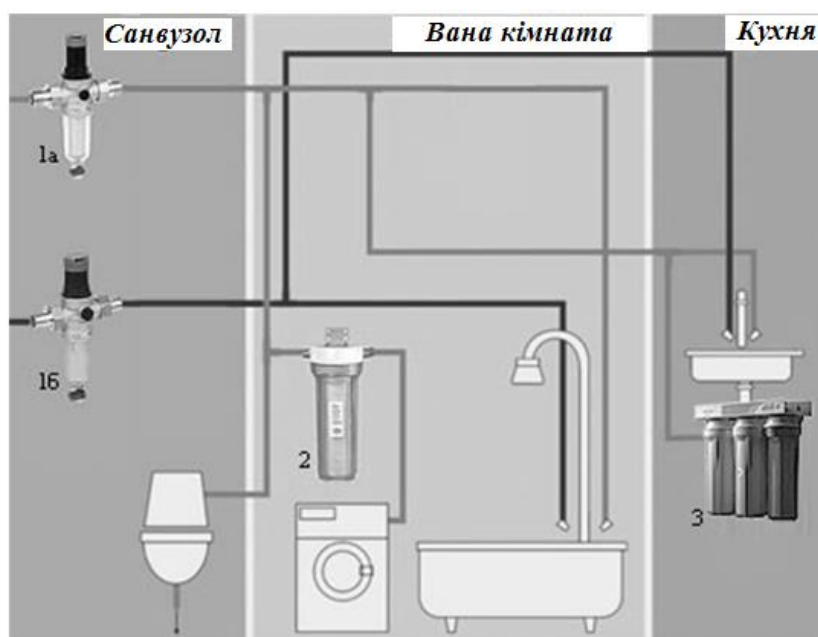


Рисунок 2 - Схема очищення води в квартирі (бюджетний варіант)

**1а, 1б.** Сітчасті фільтри здійснюють попередню очистку води від великих механічних частинок (100 мікрон, сітка 50 мікрон купується окремо). Ці фільтри для квартири захищають сантехніку і побутові прилади від виходу з ладу внаслідок забруднення. Вбудований клапан пониження тиску дозволяє уникнути небажаних перевищень і стрибків тиску на виході з фільтру. Приєднувальні розміри 1/2"; 3/4"; 1". Розрізняються моделі для холодної і гарячої води. Фільтри для гарячої води мають у кінці маркування літеру "М".

**2.** Фільтр для захисту від накипу. Запобігає утворенню накипу в котлах, бойлерів, пральних і посудомийних машинах та іншої побутової техніки. Встановлюється тільки на холодну воду безпосередньо перед побутовою технікою. Приєднувальний розмір 1/2".

**3.** Проточна питна система видаляє з води неприємний запах і смак, а також хлор, хлорорганічні сполуки, пестициди та солі важких металів. Приєднувальний розмір 1/2".

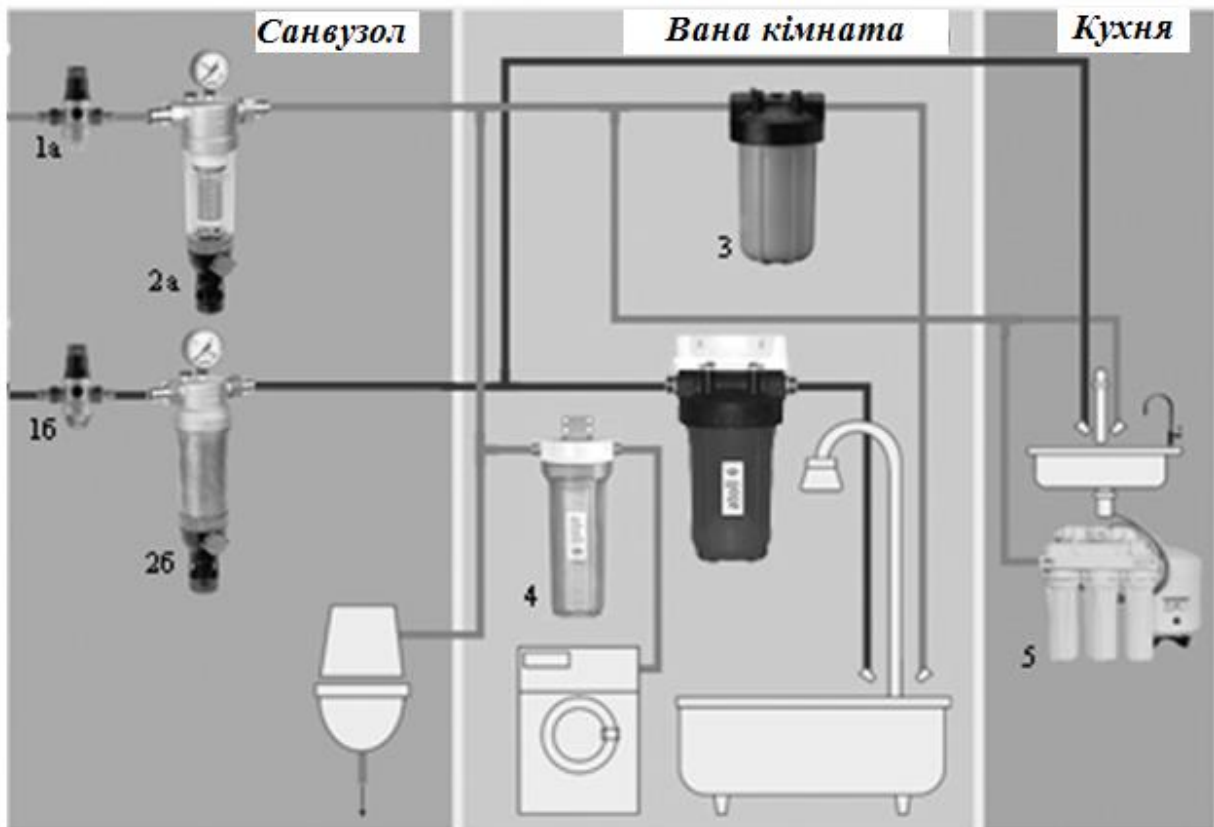


Рисунок 3 - Схема очищення води в квартирі (універсальний варіант)

**1а, 1б.** Клапани пониження тиску. Оберігають побутову техніку та інші пристрої водоспоживання від надлишкового тиску в магістральних водогонях. Приєднувальні розміри 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2". Розрізняються моделі для холодної і гарячої води. Моделі для гарячої води мають у кінці маркування літеру "В".

**2а, 2б.** Сітчасті фільтри здійснюють попередню очистку води від великих механічних частинок (від 500 до 20 мікрон). Захищають сантехніку і побутові



прилади від виходу з ладу внаслідок механічного забруднення. Приєднувальні розміри 1/2"; 3/4"; 1"; 1 1/4"; 1 1/2"; 2". Розрізняються моделі для холодної і гарячої води. Моделі для гарячої води мають у кінці маркування літеру "М".

**3, 3а.** Магістральні фільтри для холодної та гарячої води, призначені для очищення води у ванній кімнаті і душі. Видаляють з води побутового призначення неприємний запах і колір, а також хлор, хлорорганічні сполуки та інші агресивні речовини. Захищає шкіру від подразнення і сухості. Встановлюються безпосередньо перед ванною або душем. Приєднувальний розмір 1".

**4.** Фільтр для захисту від накипу. Запобігає утворенню накипу в котлах, бойлерів, пральних і посудомийних машинах та іншої побутової техніки. Встановлюється тільки на холодну воду безпосередньо перед побутовою технікою. Приєднувальний розмір 1/2".

**5.** Система зворотного осмосу для отримання питної води. Видаляє до 99% забруднень, забезпечуючи граничне очищення від усіх домішок.

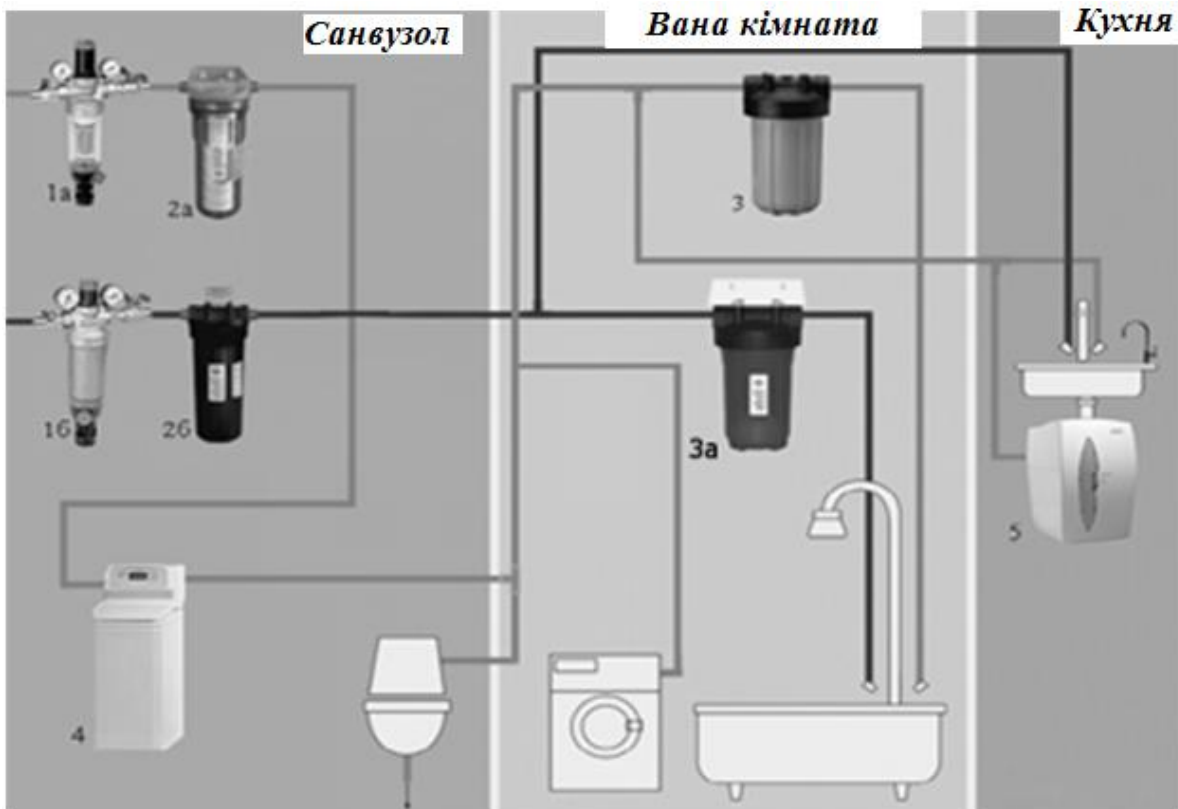


Рисунок 4 - Схема очищення води в квартирі (преміум клас)

**1а, 1б.** Фільтри зі зворотним промиванням виконують попередню очистку води від великих механічних частинок. Захищають сантехніку і побутові прилади від виходу з ладу внаслідок механічних забруднень. Вбудований клапан пониження тиску дозволяє уникнути небажаних перевищень і стрибків тиску на виході з фільтру. Приєднувальні розміри 1/2"; 3/4"; 1"; 1 1/4"; 1 1/2"; 2". Розрізняються моделі для холодної і гарячої води. Моделі для гарячої води мають у кінці маркування літеру "М".

**2а, 2б.** Механічні фільтри для тонкого очищення холодної і гарячої води проводять очищення води від суспензій і дрібних механічних частинок (від 20 до 1 мікрона, в залежності від типу картриджа). Усувають каламутність і частково кольоровість води. Приєднувальний розмір 1/2".

**3, 3а.** Магістральні фільтри для холодної та гарячої води призначені для очищення води у ванній кімнаті і душі. Видаляють з води побутового призначення неприємний запах і колір, а також хлор, хлорорганічні сполуки та інші агресивні речовини. Захищає шкіру від подразнення і сухості. Встановлюються безпосередньо перед ванною або душем. Приєднувальний розмір 1".

**4.** Пом'якшувач води запобігає утворенню накипу в котлах, бойлерів, пральних і посудомийних машинах та іншої побутової техніки. Встановлюється тільки на холодну воду.

**5.** Система зворотного осмосу для отримання питної води. Видаляє до 99% забруднень, забезпечуючи граничне очищення від усіх домішок.

#### **Висновки.**

1. Неочищена вода не тільки шкідлива для організму людини, але ще й псує дорогу імпорту сантехніку.

2. Конфігурації системи очищення води в кожному випадку вирішується в залежності від якості вихідної води, вимог до якості і кількості очищеної води, матеріальних можливостей замовника.

3. Пропонуються схеми підключення систем очищення води з різних цінових груп.

#### **Список використаної літератури:**

1. Мацієвська О.О. Водопостачання і водовідведення. Видавництво: Львівська політехніка, - 2015. - 144 с.

2. Водопостачання та водовідведення: Підручник / В.О. Орлов, Я.А. Тугай, А.М. Орлова. — К. : Знання, 2011. — 359 с.

3. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: Підручник. - "Кондор", 2009. - 288с.

4. ДБН В.2.5 - 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. -182с.

5. ДБН В.2.5 - 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. -210с.

6. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. - 105с.

УДК 556.18(569.4)

**Cogan A.**

*Ben-Gurion University, Ashkelon, Israel*

**Shaporynska N.**

*Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson*

## **MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN ISRAEL**

**Introduction.** It took thousands of millions of years for nature to fill the aquifers, and the last few decades for humans to deplete them or pollute them with chemicals. Farmers and cities that depend on these underground reservoirs will soon have to significantly reduce their use, causing economic losses, or find new sources of water.

Water supply is at risk due to lack of long-term planning. Israelis have been consistently developing master plans since the 1930s. Work is underway on water plans until 2050. Many countries of the world have such plans. But the plans of other countries are not always fully implemented. Israelis make plans and stick to them.

They take into account in their projects how the most advanced technologies can be used, combining planning with the latest approaches and ideas. Because they plan so far ahead, they envision the necessary infrastructure and technologies that don't yet exist. Looking several decades into the future, they are giving themselves time to develop and integrate these ideas." Of course, there is always place for surprise. Prolonged droughts, rapid population growth, new technologies that require large amounts of water - all of this can suddenly increase the lack of water resources. However, all these changes can also be added to the plans, which will make them less painful. If you do not plan how much water can be used, it will turn out that the current abundance is just an illusion. You can suddenly run out of water even if you do not establish quality standards and monitor their compliance.

We are used to thinking in terms of months and years, but water planners usually think in terms of decades. An aquifer or lake will not dry up in a year or two, but pollution, depletion or climate change in a generation can cause irreparable damage to water resources. A disciplined approach to long-term planning is needed to ensure that each generation can bequeath even more water to future generations.

**The main part.** In most countries of the world, water rarely attracts public attention. News resources usually pay little attention to this, unless water gushing from a burst pipe makes the headlines, or a crisis situation like a prolonged drought is decided to be presented as something extraordinary.

The population is also rarely concerned about water management problems. An informed citizenry, including civic leaders, business community leaders, and concerned news workers, must become part of planning and solving water problems.

"The government is well-informed about energy issues," says Pat Mulroy, who she long been responsible for water management in Las Vegas and the surrounding area, "because the energy companies have been able to bring them to the attention of officials." Water is taken care of by communal workers and state departments, and politicians have no one to explain what problems lie ahead."

As a result, according to Mulroy, water resources planning and consumption receive a pitiful fraction of the attention that energy receives from politicians and businessmen. In her opinion, in order to change the situation, it is necessary to find defenders for water within the government.

In Israel, the interests of the water sector have long been protected at the highest state level. In the early years of the state's existence, Prime Minister David Ben-Gurion himself was the main such defender. And the third prime minister of Israel, Levi Eshkol, co-founded the national water supply company "Mekorot" and headed it for many years.

Today, powerful government organizations such as the Israel Water Authority, Mekorot, farmers' associations, and most of the state-owned water utilities in Israel's 50 cities and towns have access to government officials responsible for decision-making. In addition, formally, a high-ranking official stands guard over the interests of the water sector: one of the members of the Cabinet of Ministers is responsible for issues related to water management. Even one of these defenders would be enough to implement a sensible water policy; together they form a strong, cohesive group whose main goal is to ensure that the water sector is adequately funded and properly planned.

Unlike other countries, Israel's powerful water elite guarantees that the country does not need to wait for a crisis to begin, water supply problems will be solved here and now. The Israeli media talk a lot about water, and the country's residents are well aware of the water management situation.

Thanks to respected and active advocates, water infrastructure gets the attention and funding it needs, and entrepreneurs are incentivized to develop water-related technologies. Defenders have helped Israel become a world leader in water technology, water planning and management. They guarantee that the problem of water resources always occupies one of the first places in terms of importance in the development of strategic decisions at the highest state and public level.

Now, when the planet is on the brink of a water crisis, Israel's willingness to take decisive steps may be the most valuable gift that this country's water philosophy can bring to the thirsty world. Israelis know that danger is often just around the corner, and working to anticipate a crisis is an important part of the country's politics. This worldview pervades the water sector as well. As a result, since at least the 1930s, the country has successfully solved water problems, preventing them from turning into emergencies.

When only local water sources were available to the Jewish community, they began to design and build national water networks to transport water from where it was extracted to where it was needed. When there was no domestic agricultural market for treated wastewater, the country set about building a national infrastructure and eventually became a world leader in the use of recycled wastewater. Although there were strong opponents to the construction of desalination plants, and it would have been much easier to use the old methods, the Israelis decided to build an expensive desalination plant, and soon four more. These bold steps could serve as a model for how water issues should be addressed around the world.

As one senior official of Israel's Water Authority, an expert in both desalination and wastewater treatment, put it, "The important lesson that other countries should learn from the Israeli experience is that they should not wait until all the answers. We find out enough to get started and get to work on the project, knowing in advance that it won't go perfectly. We don't need everything to go perfectly, we can solve problems as we work." He believes that the habit of waiting for ideal conditions leads to long delays, - "The worst thing is that often the work never starts. The need for water is growing, and its natural reserves are running out. This can lead to catastrophic consequences for the environment. Inaction is also a kind of action. This is a choice in favor of the current state of affairs". The water crisis is just around the corner, and we need to act now. Israel shows by its example what needs to be done.

What are Israelis doing to ensure free access to clean, safe water for health?

Water is pumped and purified from natural sources such as aquifers, wells, rivers and the Sea of Galilee; Desalination of sea water; Deep wells are drilled to reach brackish water; They are engaged in the selection of seeds that can withstand irrigation with salt water; They carry out multi-stage cleaning of almost all sewage and use them for irrigation; Collection and use of rainwater; Landscape solutions in parks and yards are not approved if a large amount of water is required for watering them; Clouds are seeded to increase precipitation; They ensure that all devices that use water (especially toilets) are super economical; Infrastructure elements are replaced before leaks appear; In case of their appearance, repairs are urgently carried out; The importance of saving water is explained from childhood; A real price for water is set for more efficient use; The state financially stimulates the development of water-saving technologies; They are experimenting with methods of reducing evaporation; They have transformed agriculture and are growing plants that consume less water; Drip irrigation is used as the main method of irrigation.

The peculiarity of this list is not only in its depth and versatility. It reflects the Israelis' conviction that water problems cannot be solved with a single method. Of course, some methods of saving are more effective than others. But even after desalination has created a surplus of water in the country, Israeli water sector professionals continue to successfully implement an "all of the above" approach, consciously combining all available water sources and water conservation technologies.

Israeli utility companies use consumption patterns not only to make large-scale decisions, such as scouting for new reserves, but also to spot early deviations that may indicate the presence of leaks. When something in the routine looks suspicious, an alarm is immediately sounded. If a resident or homeowner simply decides to fill a cistern or pool, the case is closed - the water has been used as intended. But when an explanation cannot be found, the repair team immediately gets to work. This not only reduces the amount on the water bill, but also minimizes water loss due to leaks.

Israelis do not just monitor the quantity, but also carefully collect and analyze a lot of data about the quality of water. With a wealth of water data, they can predict a problem before it escalates.



"To deliberately create a national water system in which water sources intersect and overlap," says Shimon Tal, former head of the Israel Water Commission, "requires a lot of money and expertise in many fields." This means that the bureaucratic apparatus will be larger than with a narrower approach to the problem. On the other hand, it gives us a sense of freedom because we know that the people of Israel will have high quality water at all times, our economy and our agriculture will grow, we will be able to welcome new immigrants and millions of tourists. We will not have to share most of the fears about the lack of water that people around the world feel, and certainly - residents of our region. Any part of our program can collapse - the desalination plant will be destroyed by war, the aquifer will dry up due to drought - but no one will be left without water"

With the consent of the entire population, the Israeli water management is managed centrally. Pricing, distribution, planning - in the hands of a technocratic state organization. Despite this, government policy encourages private innovation and public-private partnerships.

Over 200 water startups have been created in Israel in the last decade alone, which is 10 percent of the total number of water startups created during this period worldwide.

Most of them develop improvements to already existing technologies, but there are also cutting-edge ideas that offer a new way of looking at water supply and sanitation. In the 1960s and 1970s, the country's government encouraged the development of industry in kibbutzim, later stimulated the emergence of numerous startups — thanks to a special national outlook that approves of new ideas and does not stigmatize failures. As in the past, a new generation of enterprises was given financial incentives.

In Israel there is a special holding company - an incubator. Its task is to search for innovations and apply for state support to ensure their take-off

"Mekorot", a national water supply company, not only sponsors start-ups with promising ideas, but also helps their development, providing up to several thousand hours of working time of its leading specialists - and all this for the sake of a private enterprise. Israel's municipal utilities receive subsidies from the state to serve as test sites for new methods. Their engineers help entrepreneurs for free. Exchange of best ideas with other companies is encouraged.

By treating private entrepreneurs as partners of the state in the development of Israel's complex water economy, officials overseeing the water sector manage to avoid obstacles that are typical of the public and bureaucratic sectors around the world. Under the rug intrigues in water innovation are rare, as is the "we didn't invent it" syndrome, which in other countries can lead to the sabotage of fresh ideas and other bureaucratic red tape.

Israelis use public assets when it seems most profitable, and turn to the private sector when it offers less expensive or more innovative solutions. Despite Mekorot's extensive experience in desalination, the government chose a private consortium to build most of the desalination plants, deciding that this entity would spend less. Despite this, "Mekorot" was involved in the work so that the company would share advanced technologies with the private contractor and help achieve the best result.



**Conclusions.** Management of water resources in the country is the prerogative of the state. However, encouraging the role of the private sector is an example of wise industrial policy. "If you want to manage water resources," says Diego Berger, Mekorot hydrologist, "you need to know what consumption patterns are characteristic of users. Israelis know exactly how much water is used and where it goes. Armed with this knowledge, we can make wise decisions".

### References:

1. Let there be water. Israeli experience in solving the global problem of water shortage / SetM. Siegel; trans. from English Yuri Bidnoshiya. - Kyiv: Yakaboo Publishing, 2021. - 352 p. : fig.
2. Becker, Nir. Water Policy in Israel: Context, Issues and Options. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2013.
3. Technological Incubator's Program. Presentation, Yossi Smoler, October 17, 2010.
4. The Parliamentary [Knesset] Committee of Inquiry on the Israeli Water Sector. Report. Jerusalem: Knesset, June 2002.
5. Author interviews: (Shimon Tal, Yossi Yaakobi, Menachem Priel (Tel Aviv, 06.05.13; Yossi Smoler, tel., 18.03.14 years), (Zohar Yinon, Jerusalem 04.24.13, Michael Zaide, Tel Aviv 04.25.13, Diego Berger, 04.30.13 (e-mail), Abraham Tenn, 04.05.13, Pat Mulroy, 06.15 .13 years,)
6. Mekorot. 60 Shanah Le-Kav Ha-Rishon La-Negev [60 Years to the First Pipeline to the Negev]. Tel Aviv: Mekorot, 2007.
7. Netafi m. Irrigation & Strategies for Investment. Presentation, Naty Barak, Agricultural Investment 2011, London, October 5–6, 2011.

УДК 631.6; 631.67

**Шевченко А.М., Козицький О.М., Власова О.В., Шевченко І.А.,  
Боженко Р.П.**

*Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ І ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД РИБНИЦЬКИХ ГОСПОДАРСТВ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗМІНИ ЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК**

**Вступ.** Важливою умовою ефективного раціонального використання земельних ділянок є визначення прийнятних і найбільш оптимальних напрямів їх використання згідно з їхнім сучасним станом і планами та можливостями землекористувачів з дотриманням вимог сталого землекористування.

Беручи до уваги соціально-економічні трансформації в державі, кліматичні зміни, значне зростання фінансових витрат на експлуатаційне забезпечення функціонування рибогосподарських ставків й істотне зниження через це рентабельності ведення рибництва, технічний стан водорегулювальних гідротехнічних споруд тощо доцільним є приведення у відповідність цільового призначення земельних ділянок розташування ставків до їхнього сучасного стану та можливостей ефективного землекористування за існуючих потреб щодо певного виду сільськогосподарської продукції, наявних мілітарних ризиків для рибогосподарської діяльності в умовах широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти України.

Згідно з чинним законодавством України при зміні цільового призначення земельних ділянок здійснюється зміна категорії земель та/або виду цільового призначення. У даному контексті важливим є обґрунтування доцільності зміни категорії земель, до яких належать земельні ділянки розташування рибогосподарських ставків, - землі водного фонду, на землі сільськогосподарського призначення, а також виду їх цільового призначення, насамперед, на основі визначення актуального стану рибогосподарських водойм і гідротехнічних споруд.

**Основна частина.** Дослідження здійснено на земельних ділянках загальною площею близько 8,7 тис. га у межах Бугаївського, Пронозівського, Святилівського старостатів Градизької територіальної громади Кременчуцького району Полтавської області (рис.1). Дані земельні ділянки перебувають у постійному користуванні ПрАТ «Полтаварибгосп» і належать до категорії земель водного фонду, їхнє призначення – для рибогосподарських потреб.

Рибницькі господарства було створено в 1963-1974 рр. після будівництва Кременчуцького водосховища у межах Оболонського захисного масиву. Джерелом живлення і приймачем стічних рибогосподарських вод у період скидання їх із ставків є Кременчуцьке водосховище. У другій половині минулого століття "Полтаварибгосп" було найбільшим рибним господарством у Європі за площею водного плеса. Проте за умов різкого зростання вартості електроенергії і через кліматичні зміни, що обумовили значне зростання втрат води на випарування та водний баланс території в цілому, а також зміни умов господарської діяльності, рибогосподарські ставки перестали заповнювати водою, а їхні зневоднені й осушені ложа використовуються нині як землі сільськогосподарського призначення для вирощування різних сільськогосподарських культур.

У ході натурних досліджень наприкінці березня 2024 року обстежено ложа колишніх ставків з описом їхнього сучасного стану і характеру використання, наявні водні об'єкти, гідротехнічні споруди з визначенням їхнього стану та умов і перспектив подальшого функціонування. Візуально оцінювався стан дамб, водорегулювальних споруд, русел і укосів каналів, а також наявність певних елементів і технічних складових водогосподарської і рибогосподарської інфраструктури. Визначення рівня ґрунтових вод здійснювали шляхом його фіксації в свердловинах, пробурених ручним

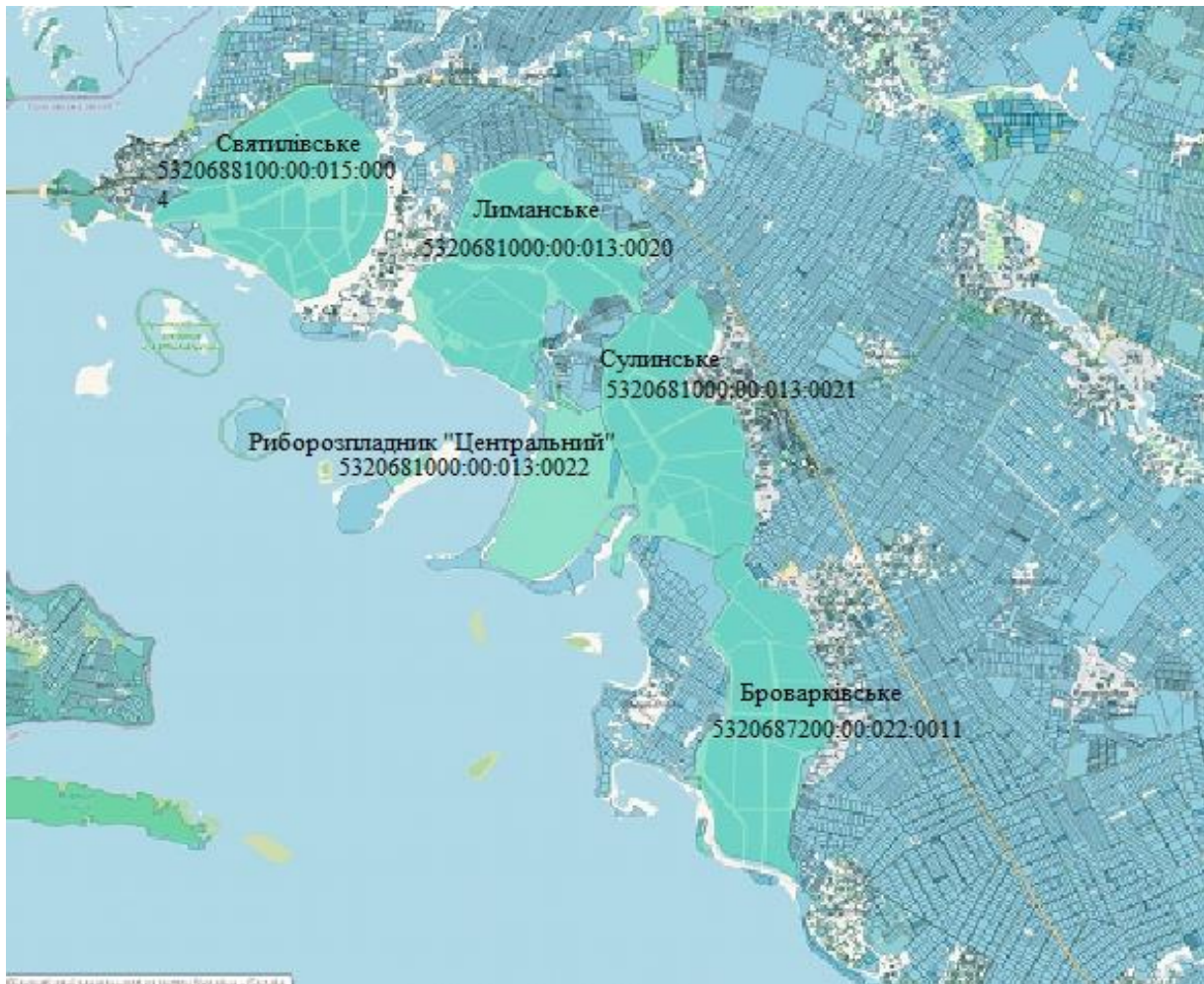


Рисунок 1 – Ситуаційна схема розміщення рибницьких господарств і земельних ділянок, які перебувають у постійному користуванні ПрАТ «Полтаварибгосп»

способом у ложах зневоднених ставків. Для проведення ретроспективного аналізу були задіяні супутникові знімки.

Ретроспективний аналіз стану використання земельних ділянок, результати візуального оцінювання сучасного стану ложа ставків в їхніх межах свідчать про початок істотних трансформацій у функціонуванні рибогосподарських ставків близько 10-15 років тому, які призвели нині до превалювання в межах усіх земельних ділянок зневоднених тривалий час лож затоплюваних раніше ставків. У межах значної частини з них землі використовувалися як сільськогосподарські угіддя для рільництва та вирощування різних сільськогосподарських культур, що засвідчує можливість і доцільність подальшого землекористування саме за цим напрямом.

Стан дниць спорожнених ставків та де-факто сільськогосподарських угідь на сьогодні різний (рис. 2). Окремі ареали в їхніх межах, у тому числі серед оброблюваних ділянок, представлені деревною рослинністю. Поверхня ложа ставків відносно рівнинна з наявністю локальних знижень і підвищень. Поверхня всіх ділянок, що використовувалися у попередні роки, добре спланована, вирівняна, осушена, на окремих ділянках зустрічаються острівки



лісу. Значна частина угідь в межах господарств не оброблялася, сильно заросла високою некошеною травною, чагарником і лозою.



Рисунок 2 - Стан ложа ставків на момент обстежень, березень 2024р.

Результати натурних обстежень свідчать про здебільшого незадовільний стан практично всіх складових інженерної водогосподарської та рибогосподарської інфраструктури на всіх земельних ділянках (рис 3). Переважна більшість магістральних і розподільчих каналів знаходиться в критичному стані, замулені та зарослі некошеною трав'яною рослинністю, кущами і деревами по всьому периметру, укуси часто обрушені. У найгіршому стані знаходяться внутрішньогосподарські канали, які нерідко по всьому перерізу заросли чагарником і молодою деревною рослинністю. У відносно задовільному стані залишилися магістральні канали з укріпленими кам'яним накидом укусами, а також сухі, не заповнені водою. Стан контурних дамб і

дамб вздовж магістральних каналів відносно задовільний, але і вони значно заросли кущами та деревною рослинністю. Стан неукріплених укосів розділових дамб значно гірший, на окремих ділянках вони частково зазнали руйнувань, мають недостатню для підтримання нормального рівня води в ставках висоту та дуже сильно порослі деревною рослинністю. Укоси розділових дамб дуже сильно зарослі, часто пошкоджені, ґрунтові дороги на них знаходяться переважно в незадовільному стані, у вологі періоди непроїзні.

Майже вся технічна інфраструктура рибного господарства на сьогодні знищена: повністю демонтована вся система металевих трубопроводів водоподачі і водовідведення до ставків; повністю знищені гідровузли насосних станцій подачі води із магістральних каналів у ставки і лінії електропередач до них, технологічні та господарські будівлі; практично усі шлюзи - регулятори залишилися без затворів, а їх бетонні конструкції знаходяться в аварійному стані; значна частина нерегульованих водопропускних споруд у тілах дамб забита і замулена, часто пошкоджена. Значна частина водовипусків безпосередньо в ставки або засмічені або частково зруйновані з відсутністю шлюзів-регуляторів.

З усього комплексу гідротехнічних споруд, що були збудовані для забезпечення рибного господарства, на окремих ділянках уцілілими залишилися тільки тільки стіни зруйнованих будівель та аванкамери з комплексом водоскидних гідротехнічних споруд, водопропускні труби, які частково замулені, стовпи без проводів. Гідротехнічні споруди у відносно задовільному стані знаходяться тільки на окремих магістральних каналах, але і на них затвори шлюзів - регуляторів відсутні.

Загалом нинішній здебільшого незадовільний технічний стан каналів, насосних станцій і гідротехнічних, насамперед регульованих, споруд практично унеможливує здійснення водорегулювання для забезпечення належного функціонування ставків на земельних ділянках без проведення значного комплексу відновлювальних робіт.



Рисунок 3 - Стан об'єктів інженерної водогосподарської інфраструктури рибницьких господарств на обстежених земельних ділянках





Рисунок 4 - Стан об'єктів інженерної водогосподарської інфраструктури рибницьких господарств на обстежених земельних ділянках

**Висновки.** Враховуючи практичну відсутність (де-факто) штучно створених рибогосподарських водних об'єктів (наливних ставків), функціональну технологічну неспроможність їхнього відновлення за нинішніх складних соціально-економічних умов, воєнного стану тощо через незадовільний стан більшості гідротехнічних споруд, значну вартість





Рисунок 5 - Стан об'єктів інженерної водогосподарської інфраструктури рибицьких господарств на обстежених земельних ділянках

енергоносіїв для подачі і відведення води, збереження нинішньої категорії та виду цільового призначення земельних ділянок, як земель водного фонду для ведення рибицького господарства є недоцільним як з точки зору трактування понять про такі землі (належність до земель водного фонду згідно земельного і водного законодавства), так і з урахуванням вимог раціонального використання земельного фонду країни та розвитку економіки, зокрема аграрної галузі. Тому на площах з відсутністю ставків або природних водойм чи боліт доцільною є зміна як категорії, так і виду цільового призначення земельних ділянок з переведенням їх до категорії земель сільськогосподарського призначення.

Водночас наявні на даний час водойми в межах ставків, розташовані на місцях природних водойм та заболочених знижень, мають зберегти статус земель водного фонду з відповідним режимом їхнього функціонування, а наявну мережу рибицьких каналів слід трансформувати в меліоративні осушувально-зрошувальні системи.

УДК 556.3: 631.16

**Волк Л.Р., Ромащенко Є.В., Волк П.П.,  
Коптюк Р.М., Рокочинський А.М.**

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

## **МОДУЛЬ ДРЕНАЖНОГО СТОКУ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ЧИННИК ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ДРЕНАЖУ**

Сучасний етап розвитку аграрного виробництва, зокрема, на землях із регульованим водним режимом, характеризується комплексом невирішених завдань, що пов'язані, перш за все, з практичною відсутністю достатніх методів обґрунтування загальної еколого-економічної доцільності реалізації меліоративних заходів з урахуванням змін клімату на різних рівнях прийняття рішень у часі. Тому, необхідно змінювати підходи до створення й функціонування дренажних систем (ДС) шляхом удосконалення технологій водорегулювання, відповідно типів, конструкції й параметрів ДС та їх технічних елементів при роботі в режимі осушення або підґрунтового зволоження, що адаптовані до означених змін, удосконалювати методи й методики з обґрунтування їх розрахункових параметрів [1, 2].

Вартість будівництва та ефективність експлуатації ДС залежить від надійності розрахунку гідрологічних характеристик, та частково від стоку, що формується на осушуваній території. Відповідно дренажний стік є похідною стоку, який формується на території, що осушується, та одним із трьох основних показників гідрологічної дії дренажу і другим за значенням витратним елементом водного балансу дренажних ґрунтів, який безпосередньо, або опосередковано входить у розрахункові залежності міждренних відстаней через норму осушення, коефіцієнт фільтрації та час відведення надлишкового шару води.

При цьому, найважливіші параметрами дренажу, як головного регулюючого елементу ДС в цілому, залежать від багатоваріантних чинників гідрологічних умов та безпосередньо формуються кліматичними, ґрунтовими та рельєфними умовами дренажної території.

Традиційно конструкції та параметри регулюючих елементів ДС визначаються за розрахунковим модулем дренажного стоку (витратою або рівнем води), який забезпечує необхідні умови відведення зайвої вологи з активного шару ґрунту та осушеного масиву в цілому у весняний період (як основний розрахунковий) і відповідає певному рівню розрахункової забезпеченості формування гідрографа стоку.

Для обґрунтування величини розрахункового модуля дренажного стоку найчастіше застосовують **емпіричний, аналітичний, водно-балансовий** методи або приймають його за рекомендаціями без достатнього економічного та екологічного обґрунтування, що не відповідає сучасним вимогам при створенні та функціонуванні такого роду об'єктів [3].



Як показують практика і набутий досвід, при розрахунку параметрів дренажу, як визначального регулюючого елементу ДС, значення модулів дренажного стоку приймалися в межах: для мінеральних ґрунтів 0,6...0,9 л/с·га, для торф'яних – 0,4...0,7 л/с·га, а в деяких країнах Західної Європи, США, Японії та інших їх значення досягали на рівні 2,0 л/с·га й більше. Але ці рекомендовані значення не виправдали себе щодо змін сучасних умов та вимог до формування економічного і абсолютно-екологічного ефекту в межах системи [4].

Тому, виникає необхідність у подальшому удосконаленні методів та методик з обґрунтування розрахункових параметрів модулів дренажного стоку у змінних кліматичних та агроеліоративних умовах, які визначально впливають на дренаваність території, яку обслуговує ДС.

**Основна частина.** Проведені нами дослідження на основі прогнозно-імітаційного моделювання за відповідним комплексом моделей щодо кліматичних умов місцевості, водного режиму, технологій водорегулювання (осушення) та продуктивності осушуваних земель для схематизованих метеорологічних режимів розрахункових щодо тепло й вологозабезпеченості років, природних, агротехнічних, агроеліоративних умов розташування ДС показали, що відбувається значна зміна в часі та просторі динаміки поточних та середньозважених, середньодекадних значень модулів дренажного стоку при різних погодно-кліматичних умовах, вирощуванні різних сільськогосподарських культур на різних ґрунтах зони Західного Полісся України [4].

Було визначено, що поточні максимальні середньодекадні значення модулів дренажного стоку у весняний посівний період для зернових та багаторічних трав на мінеральних ґрунтах змінюються в інтервалі 0,38...0,68 л/с·га, а на торфових – 0,65...0,94 л/с·га, відповідно для картоплі 0,40...0,62 л/с·га та 0,38...0,96 л/с·га. Упродовж періоду вегетації динаміка та значення модулів дренажного стоку для мінерального ґрунту вони в середньому складають 0,25...0,020 л/с·га; для торфового – 0,30...0,015 л/с·га.

Отримані результати свідчать, що значення модулів дренажного стоку, як по виділених основних факторах так і по системі в цілому значно (більш ніж в кілька разів) відрізняються, перш за все, як від їх максимальних поточних 0,41–0,94 л/с·га, так і середньовеgetаційних значень від 0,10–0,50 л/с·га, що істотно не відповідають рекомендованим розрахунковим їх значенням [3,4].

За статистично опрацьованими результатами імітаційного моделювання було побудовано криві забезпеченості для усереднених максимальних середньодекадних значень модулів дренажного стоку на початку польових робіт [4].

Таким чином, отримані результати проведених досліджень переконливо свідчать, що як поточні, так і осереднені значення модуля дренажного стоку в досліджуваних умовах мають виражений змінний характер щодо кліматичних умов, виду вирощуваних культур та виду ґрунту. При цьому його величина як щодо виділених основних факторів, так і по ДС в цілому значно відрізняється від традиційно прийнятих розрахункових його значень, що визначає

необхідність врахування цього при розробці проектів реконструкції, будівництва та експлуатації такого роду об'єктів.

Крім того, як поточні максимальні, так і осереднені значення модулів дренажного стоку значно відрізняються (більш ніж в кілька разів) від рекомендованих розрахункових проектних їх значень, що визначає необхідність удосконалення існуючих методів і підходів до обґрунтування їх оптимальних розрахункових величин у проектах ДС відповідно до сучасних умов та вимог.

Оптимальні розрахункові значення модулів дренажного стоку з урахуванням сучасних економічних та екологічних при розробці проектів ДС можуть бути визначені за розробленим нами оптимізаційним методом на основі реалізації імітаційного й оптимізаційного моделювання за відповідним комплексом моделей, методичним та інформаційним забезпеченням з їх реалізації [4,5].

У разі відсутності такої можливості означене завдання може бути вирішене за удосконаленням нами традиційним підходом відповідно до заданої розрахункової забезпеченості з урахуванням визначених особливостей їх формування в діапазоні можливих змін множинних природно-агро-меліоративних умов реального об'єкту, суть якого полягає у наступному.

Виходячи із загальної постановки задачі, за аналогією та в розвиток до підходів, що розроблені А.М. Янголем [6], розрахункові значення модуля дренажного стоку при розгляді об'ємної задачі руху води в межах осушуваного масиву, на відміну від традиційних підходів до їх визначень, повинні враховувати множинні змінні природо-агро-меліоративні умови реального об'єкту (кліматичні, рельєфні, гідрогеологічні, агро-меліоративні, агротехнічні, технологічні, технічні, економічні та екологічні): щодо змінюваних ґрунтово-меліоративних умов на об'єкті  $\{g\} g = \overline{1, n_g}$  (рельєф, ґрунти, їх водно-фізичні властивості, залягання до водоупору тощо); вирощувані сільськогосподарські культури проектної сівозміни сукупності  $\{k\}, k = \overline{1, n_k}$  з відповідним можливим рівнем економічної та екологічної ефективності роботи ДС та її технічних елементів сукупності  $\{r\} r = \overline{1, n_r}$  ( $r = 1$  – екологічний,  $r = 2$  – технологічний,  $r = 3$  – економічний) та рівнями їх продуктивності (рентабельності та цінності) сукупності  $\{U\} U = \overline{1, n_U}$  ( $U_k^{(1)}$  – низький,  $U_k^{(2)}$  – середній,  $U_k^{(3)}$  – високий).

Вони можуть бути визначені як

$$q = q_0 \cdot q_g \cdot k_{kp} \cdot k_m, \quad (1)$$

де

$q_0$  – базове значення модуля дренажного стоку за наявними зональними умовами формування стоку по території України,  $л/с \cdot га$  [1,7];  $q_g$  – розрахункові значення модуля дренажного стоку для визначених ґрунтово-меліоративних умов досліджуваного об'єкта  $л/с \cdot га$ ;  $k_{kp}$  – коефіцієнт, який враховує різні рівні ефективності роботи ДС щодо різних рівнів продуктивності вирощуваних сільськогосподарських культур в розрахункові щодо тепло- і

вологабезпеченості періодів вегетації сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  л/с·га;  $k_m$  – показник меліоративної ефективності, який залежить від ступеня розвиненості рельєфу за ухилами та перепадами поверхні землі [8,9,10].

При реалізації формули (1) за відповідним комплексом прогнозно-імітаційних моделей [8, 9, 10] було обґрунтовано розрахункові параметри модуля дренажного стоку за такими типовими та осередненими умовами зони Західного Полісся України: кліматичними умовами як розрахунковими за умовами тепло- й вологабезпеченості періоди вегетації сукупності  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  (дуже вологі ( $p=10\%$ ), вологі ( $p=30\%$ ), середні ( $p=50\%$ )); для двох основних найбільш поширених видів ґрунту - дерново-глеєві супіщані ( $k_{\phi} = 0,8\text{м/добу}$ ) та торфові ( $k_{\phi} = 0,4\text{м/добу}$ ); найбільш поширених вирощуваних сільськогосподарських культур проектної сівозміни - озима пшениця, частка культури в сівозміні 0,2; картопля 0,3; багаторічні трави 0,5; осушення як способу водорегулювання.

Узагальнені результати з обґрунтування розрахункових параметрів модулів дренажного стоку за множинними змінними погодно-кліматичними, ґрунтовими, агро-меліоративними умовами зони Західного Полісся України подані в таблиці 1.

Таблиця 1 - Узагальнені результати визначених розрахункових параметрів модулів дренажного стоку щодо досліджуваних множинних змінних природо-агро-меліоративних умов

<i>Дерново-глеєві супіщані</i>									
Р, %	<i>Озимі зернові</i>			<i>Картопля</i>			<i>Багаторічні трави</i>		
	<i>Низький рівень продуктивності</i>								
	<i>Ступінь розвиненості рельєфу</i>								
	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>
10	0,611	0,509	0,407	0,501	0,417	0,334	0,505	0,421	0,337
20	0,565	0,471	0,377	0,477	0,398	0,318	0,482	0,402	0,322
30	0,520	0,433	0,346	0,454	0,379	0,303	0,459	0,383	0,306
40	0,493	0,411	0,329	0,431	0,359	0,287	0,435	0,363	0,290
50	0,488	0,407	0,325	0,421	0,351	0,281	0,422	0,351	0,281
<i>Середній рівень продуктивності</i>									
<i>Ступінь розвиненості рельєфу</i>									
Р, %	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>
10	0,743	0,619	0,495	0,626	0,521	0,417	0,631	0,526	0,421
20	0,687	0,573	0,458	0,597	0,497	0,398	0,603	0,502	0,402
30	0,632	0,527	0,421	0,568	0,473	0,379	0,574	0,479	0,383
40	0,600	0,500	0,400	0,539	0,449	0,359	0,544	0,454	0,363
50	0,594	0,495	0,396	0,526	0,439	0,351	0,527	0,439	0,351

## Продовження таблиці 1

<i>Високий рівень продуктивності</i>										
<i>Ступінь розвиненості рельєфу</i>										
<i>Р, %</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	
10	1,089	0,908	0,726	0,954	0,795	0,636	0,963	0,802	0,642	
20	1,008	0,840	0,672	0,910	0,759	0,607	0,919	0,766	0,613	
30	0,927	0,772	0,618	0,866	0,722	0,577	0,876	0,730	0,584	
40	0,880	0,733	0,586	0,822	0,685	0,548	0,830	0,692	0,553	
50	0,870	0,725	0,580	0,802	0,669	0,535	0,804	0,670	0,536	
<i>Торфові ґрунти</i>										
<i>Р, %</i>	<i>Озимі зернові</i>			<i>Картопля</i>			<i>Багаторічні трави</i>			
	<i>Низький рівень продуктивності</i>									
	<i>Ступінь розвиненості рельєфу</i>									
<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	
10	0,514	0,428	0,343	0,514	0,428	0,343	0,514	0,428	0,343	
20	0,487	0,406	0,325	0,487	0,406	0,325	0,487	0,406	0,325	
30	0,461	0,384	0,307	0,461	0,384	0,307	0,461	0,384	0,307	
40	0,445	0,371	0,297	0,445	0,371	0,297	0,445	0,371	0,297	
50	0,430	0,358	0,287	0,430	0,358	0,287	0,430	0,358	0,287	
<i>Середній рівень продуктивності</i>										
<i>Ступінь розвиненості рельєфу</i>										
<i>Р, %</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	
10	0,642	0,535	0,428	0,542	0,452	0,361	0,513	0,427	0,342	
20	0,609	0,508	0,406	0,525	0,438	0,350	0,493	0,411	0,329	
30	0,576	0,480	0,384	0,508	0,423	0,339	0,474	0,395	0,316	
40	0,557	0,464	0,371	0,501	0,418	0,334	0,468	0,390	0,312	
50	0,537	0,448	0,358	0,495	0,412	0,330	0,461	0,384	0,308	
<i>Високий рівень продуктивності</i>										
<i>Ступінь розвиненості рельєфу</i>										
<i>Р, %</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	<i>Слабо розвинений</i>	<i>Середньо розвинений</i>	<i>Сильно розвинений</i>	
10	0,936	0,780	0,624	0,822	0,685	0,548	0,795	0,663	0,530	
20	0,887	0,740	0,592	0,796	0,663	0,531	0,765	0,638	0,510	
30	0,839	0,699	0,559	0,770	0,642	0,514	0,735	0,613	0,490	
40	0,811	0,676	0,541	0,760	0,633	0,507	0,726	0,605	0,484	
50	0,783	0,653	0,522	0,750	0,625	0,500	0,716	0,597	0,477	

**Висновки.** Наведені результати проведених досліджень переконливо свідчать, що розрахункові значення модуля дренажного стоку в досліджуваних умовах мають виражений змінний характер щодо кліматичних умов, виду вирощуваних культур, виду ґрунту та рельєфу осушуваного масиву. При цьому його величина як щодо виділених основних факторів, так і по ДС в цілому значно відрізняється від традиційно прийнятих розрахункових його значень, що визначає необхідність врахування цього при розробці проектів реконструкції, будівництва та експлуатації такого роду об'єктів.

### Список використаної літератури:

1. Меліорація та облаштування Українського Полісся: колективна монографія / за ред. д.с-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н.,

професора, член-кор. НААН В.А. Сташука, д.т.н., професора А.М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. 932 с.

2. Rokochinskiy A., Kuzmych L., Volk P. (Eds.) (2023) Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone, IGI Global, <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8248-3>.

3. Rokochinskiy A., Shevchenko O., Volk P., Turchenyuk V., Volk L. Hydrogeological action of drainage and drainage systems of Polissia zone in changing climatic conditions. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology*. (2020). v. 4(91). pp. 74-84. ISSN 1728-2713. [http://www.geolvisnyk.univ.kiev.ua/archive/2020/N4\(91\)/Rokochinskiy.pdf](http://www.geolvisnyk.univ.kiev.ua/archive/2020/N4(91)/Rokochinskiy.pdf)

4. Науково-методичні рекомендації щодо створення та функціонування дренажних систем у змінних сучасних умовах. – Рівне: НУБГП, 2021. – 114 с.

5. Rokochinskiy A., Volk P., Tokar L., Shevchenko O., Turchenyuk V., Volk L. Drainage module – an important indicator of the hydrological effect of the drainage. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology*. (2021). v. 1(92). pp. 93-102. ISSN 1728-2713. [http://geolvisnyk.univ.kiev.ua/en/archive/2021/N1\(92\)/Rokochinskiy\\_response\\_page.php](http://geolvisnyk.univ.kiev.ua/en/archive/2021/N1(92)/Rokochinskiy_response_page.php)

6. Янголь А.М. (1970). Двустороннее регулирование влажности при осушении. - М.: Колос,- 135 с.

7. Науково-методичні рекомендації до обґрунтування оптимальних параметрів сільськогосподарського дренажу на осушуваних землях за економічними та екологічними вимогами / А.М. Рокочинський, А.В. Черенков, В.Г. Муранов, О.Ю. Тимейчук, П.І. Мендусь, П.П. Волк та ін. – Рівне, 2013. – 34 с.

8. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (Розділ 3. Осушувальні системи). Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А.М. Рокочинський, О.І. Галік, В.А. Сташук, Н.А. Фроленкова, В.А. Волощук та ін. – Рівне, 2008. – 64 с.

9. Тимчасові рекомендації з оптимізації водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова, О. Ю. Тимейчук, В. М. Бежук, Л. М. Паллу, Р. М. Коптюк, Я. Я. Зубик, Є. І. Волк, С. П. Мендусь, С. Ю. Громаченко, Л. В. Зубик та ін. Рівне, 2010. 52 с.

10. Тимчасові рекомендації з прогнозої оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова, О. Ю. Тимейчук, В. М. Бежук, Л. М. Паллу, Р. М. Коптюк, Я. Я. Зубик, Є. І. Покладньов, Т. В. Савчук, П. П. Волк та ін. Рівне, 2011. 54 с.

УДК 626/627

**Аверчев О.В., Нікітенко М. П.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м.Херсон*

## **ІННОВАЦІЇ ЧЕРЕЗ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЮ: НОВИЙ РІВЕНЬ В МЕЛІОРАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

**Вступ.** Херсонщина унікальний регіон з багатою історією та значним природно-ресурсним потенціалом. Характеризується своєю географічною різноманітністю, культурною спадщиною та значними економічними можливостями. Херсонська область володіє значним природно-ресурсним потенціалом, який сприяє розвитку сільського господарства. Однак для максимального використання цього потенціалу необхідно інвестувати у відновлення та модернізацію зруйнованих зрошувальних систем, здійснювати впровадження сучасних агротехнологій та заходи з охорони ґрунтів. Це дозволить забезпечити стабільне виробництво сільськогосподарської продукції та підвищить економічну ефективність аграрного сектору регіону.

Вигідне географічне місце розташування, надає значні переваги для регіону, що впливає на економічний розвиток, якість життя, доступ до ресурсів та включає багато інших аспектів. Херсонщина розташована в нижній течії річки Дніпро, що має велике значення для регіону як джерело води та транспортний шлях. Територія області включає степові та приморські ландшафти, що надає їй унікальні природні умови. Регіон має континентальний клімат з теплими літами та м'якими зимами. Висока кількість сонячних днів робить його сприятливим для вирощування сільськогосподарських культур, особливо теплолюбних видів культур. Херсонщина багата на природні ресурси, включаючи родючі чорноземи, водні ресурси річки Дніпро, а також мінеральні ресурси, такі як пісок, глина та вапняк.

**Основна частина.** Багатий природно-ресурсний потенціал області відіграє ключову роль у відродженні Херсонщини як одного з провідних аграрних регіонів України. Основні напрямки сільського господарства базуються на вирощуванні зернових, олійних культур, овочів та фруктів. Найбільша в Європі зрошувальна мережа дозволяла забезпечити високі врожаї культур в умовах посушливого клімату. Наразі такий критично важливий елемент для забезпечення стабільних врожаїв в посушливих регіонах, потребує відбудови та модернізації її складових частин. Зрошувальна мережа Херсонської області є складною системою, що включає водозабірні споруди, магістральні та розподільчі канали, поливні системи та дренаж. Впровадження сучасних технологій та автоматизацію процесів управління значно підвищить ефективність використання водних ресурсів та сприятиме сталому та більш ефективному розвитку аграрного сектору регіону.

Використання систем моніторингу зрошувальної системи на Херсонщині значно підвищить ефективність сільського господарства в регіоні, який стикається з проблемою нестачі води та необхідністю оптимізації зрошувальних систем. Встановлення датчиків вологості та температури на

полях, підключення їх до автоматизованих систем управління зрошенням забезпечить точний контроль за поливом, зменшить витрати на воду та підвищить врожайність. Створення спеціалізованого програмного забезпечення для збору та аналізу даних з датчиків, дозволить фермерам оперативно реагувати на зміни умов на полі. Це в свою чергу оптимізує процес прийняття рішень, підвищить точність та ефективність зрошення. Звісно, впровадження сучасних технологій передбачає наявність кваліфікованого робочого персоналу, який забезпечуватиме надійне функціонування таких систем. Тому, організація навчальних програм для фермерів щодо використання систем моніторингу та аналізу даних здійснюватиметься у взаємодії з освітньо-науковими установами. Підвищення кваліфікації аграріїв, дозволить їм ефективніше використовувати новітні технології та підвищувати продуктивність господарств.

Впровадження систем моніторингу, що включають датчики вологості ґрунту, температури та інших важливих природно-кліматичних параметрів, дозволить оптимізувати використання водних ресурсів. Сучасні технології сприятимуть сталому розвитку сільського господарства, забезпечуючи точний контроль за зрошенням та ефективно управління аграрними процесами.

Вимірювання рівня вологості ґрунту на різних глибинах за допомогою електронних датчиків, забезпечить ретельний моніторинг за зрошенням, що дозволить уникнути перевитрати води та запобігти пересушенню або перезволоженню ґрунту. Вимірювання температури повітря та ґрунту – сприятиме у визначенні найкращого часу для здійснення поливу, враховуючи усі температурні умови, що в свою чергу знизить втрати води через випаровування та забезпечить рослинам сприятливі умови для росту. Встановлення автономних бездротових метеостанцій, які здійснюватимуть вимірювання різних погодних параметрів, таких як вологість повітря, швидкість та напрям вітру, кількість опадів, будуть своєчасно надавати інформацію та дозволять передбачати погодні зміни, а також коригувати плани зрошення, що дозволить ефективно використовувати природні опади та мінімізувати використання зрошувальної води.

Діджиталізація меліоративних систем набуває все більшого поширення в світі, оскільки цифрові технології дозволяють значно підвищити ефективність управління водними ресурсами і знизити витрати. Відома американська система *California Irrigation Management Information System* (CIMIS): надає фермерам дані в реальному часі про погодні умови та вологість ґрунту, що дозволяє оптимізувати зрошення та зменшити витрати води. CIMIS використовує мережу метеостанцій та датчиків, які збирають дані про температуру, вологість, швидкість вітру та інші необхідні параметри.

Новітня програма *NASA Harvest* базується на використанні супутникових даних для покращення управління сільським господарством і водними ресурсами. Ця ініціатива надає фермерам критично важливу інформацію, яка допомагає їм приймати обґрунтовані рішення щодо поливу, планування посівів та боротьби з посухою.

Ізраїльська компанія *Netafim*, яка є світовим лідером у сфері крапельного зрошення. *Netafim* використовує цифрові технології для моніторингу та управління зрошенням, що дозволяє зменшити використання води та підвищити врожайність. Системи *Netafim* включають датчики вологості ґрунту, температури, а також програмне забезпечення для аналізу бази даних.

Нідерланди відомі своїми інноваційними підходами до управління водними ресурсами. *Smart Irrigation Systems* використовують сенсори, дрони та супутникові знімки для моніторингу стану полів та управління зрошенням. Ці системи дозволяють зменшити використання води, мінімізувати витрати та підвищити врожайність.

Австралія, також активно використовує цифрові технології для управління водними ресурсами в умовах частих посух. Впровадження *National Water Management Plan* системи моніторингу та управління водними ресурсами на основі супутникових даних та сенсорів дозволило знизити витрати води на зрошення та покращити продуктивність аграрного сектора.

**Висновки.** Використання цифрових технологій для автоматизації рутинних завдань, підвищують продуктивність і знижують витрати на робочу силу. Розробка та впровадження цифрових платформ, які об'єднують різні послуги та продукти в єдину систему, тим самим спрощують доступ до них. Використання великих баз даних та аналітичних інструментів, які використовуються для прийняття обґрунтованих рішень, підвищують точність прогнозів та сприяють оперативному вирішенню складних ситуацій. Зв'язок між фізичними пристроями через інтернет, дозволяє збирати та обмінюватися даними поліпшує ефективність роботи та зручність її виконання. Ці аспекти дозволяють забезпечити високого рівня обслуговування та задоволення потреб сільських господарств через інтеграцію цифрових рішень.

Світовий досвід показує, що діджиталізація меліоративних систем сприяє значному підвищенню ефективності використання водних ресурсів, зниженню витрат та підвищенню врожайності. Використання датчиків, супутникових даних та автоматизованих систем управління дозволяє фермерам приймати обґрунтовані рішення та оптимізувати аграрні процеси, що є ключовим фактором сталого розвитку сільського господарства.

УДК 621.391

**Зубенко В.О.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет,*

**Жесан Р.В.**

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

## **УНІВЕРСАЛЬНА СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**Вступ.** Останнім часом набуває все більшого поширення децентралізація систем енергопостачання. Ця тенденція передбачає перехід від централізованих



моделей до локальних та автономних систем, що дозволяють ефективніше використовувати ресурси, зменшувати втрати енергії під час транспортування та підвищувати надійність енергопостачання. Децентралізація сприяє впровадженню відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [1, 2], таких як сонячні батареї та вітрові генератори, що робить енергетичні системи більш стійкими та екологічно чистими. Завдяки цьому підходу, фермерські господарства та інші споживачі отримують можливість самостійно забезпечувати свої потреби в енергії, знижуючи залежність від диктату енергокомпаній та централізованих мереж і підвищуючи власну енергетичну незалежність.

Сучасне фермерське господарство стикається з численними викликами, серед яких важливе місце займає ефективне керування енергопостачанням. Постійне зростання цін на електроенергію та нестабільність постачання змушують фермерів шукати шляхи зниження витрат та підвищення енергоефективності. Крім того, вимоги щодо екологічної стійкості спонукають до все ширшого використання ВДЕ та оптимізації енергоспоживання. Система керування енергопостачанням здатна забезпечити раціональне використання енергоресурсів, знизити витрати та покращити екологічну ситуацію.

Незважаючи на численні переваги, сучасні системи керування енергопостачанням мають певні недоліки. Перш за все, впровадження таких систем вимагає значних початкових інвестицій, що може бути недосяжним для малих фермерських господарств. По-друге, складність налаштування та обслуговування таких систем потребує спеціалізованих знань та навичок. Також важливим є питання інтеграції системи керування з існуючими інфраструктурними елементами господарства, що обов'язково потребує додаткових технічних рішень та матеріальних витрат.

Метою даної роботи є розробка ефективної системи керування енергопостачанням фермерського господарства, яка дозволить знизити енергетичні витрати, підвищити енергоефективність та забезпечити стабільність постачання, за рахунок оптимізації використання ВДЕ.

Для досягнення поставленої мети, необхідно розв'язати наступні задачі:

- проаналізувати існуючі системи керування енергопостачанням та визначити їхні переваги та недоліки.
- розробити структуру системи керування, що включатиме всі необхідні компоненти для ефективного управління енергоресурсами.
- визначити оптимальні алгоритми роботи системи керування енергопостачанням для різних умов експлуатації.
- оцінити економічну доцільність та енергоефективність розробленої системи.

**Основна частина.** Системи енергозабезпечення фермерських господарств можна класифікувати на декілька типів, за різновидами джерел живлення. Перший тип передбачає використання тільки мережі електропостачання. Другий тип поєднує електромережу з резервною електростанцією, для забезпечення надійності енергопостачання. Третій тип є гібридним і використовує комбінацію електромережі, резервної електростанції та ВДЕ, таких як сонячні батареї, вітрові генератори та ін.

На рис. 1 наведено типові структури систем енергозабезпечення, залежно від використаних у них джерел енергії: з традиційною електромережею, комбінована та гібридна. Не зациклюючись на «традиційній» системі енергозабезпечення, розглянемо більш докладно дві інших.

Для систем комбінованого типу (рис. 1, б) основними проблемами при енергозабезпеченні є: необхідність завезення пального, висока вартість пального та можливі шуми при роботі електростанції (ЕС). Перевагою використання таких систем є те, що, при наявності пального, буде забезпечене безперебійне енергопостачання.

Для систем гібридного типу (рис. 1, в) проблемами енергозабезпечення є: стохастичний характер надходження ВДЕ та ті ж проблеми, що існують при використанні систем комбінованого типу. Переваги – безкоштовність енергії, екологічна чистота та тривалість існування на перспективу.

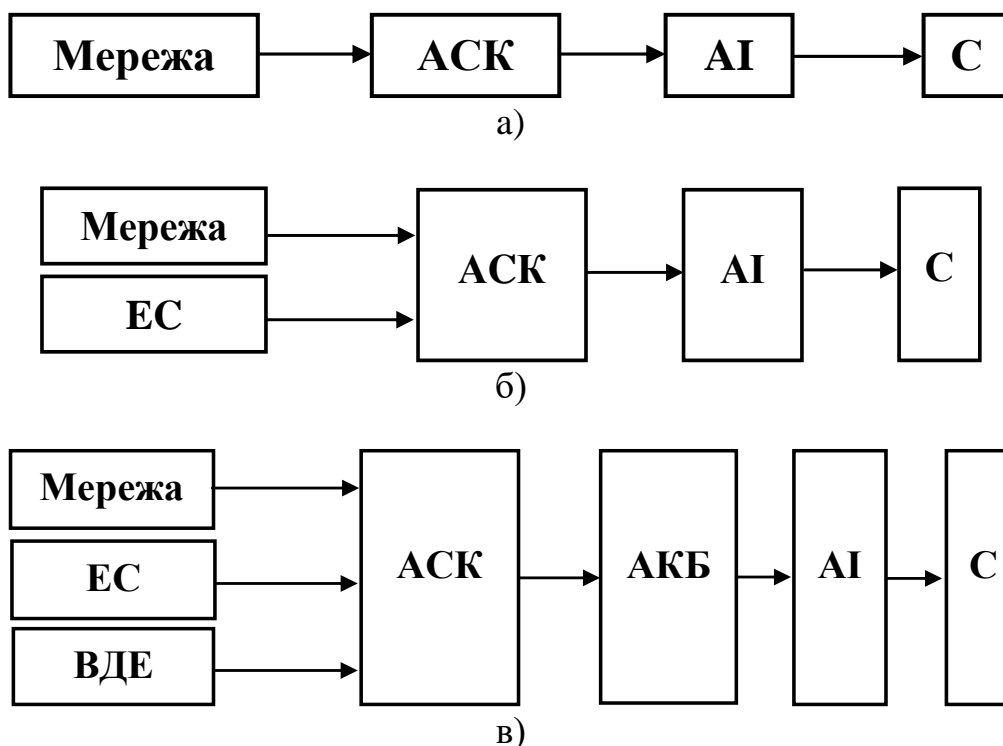


Рисунок 1 – Класифікація систем енергозабезпечення:

а) з традиційною мережею електропостачання; б) комбінована; в) гібридна

АСК – автоматизована система керування; АІ – автономний інвертор; С – споживач;  
ЕС – електростанція; ВДЕ – відновлювані джерела енергії; АКБ – акумуляторні батареї

На основі наведеного вище, структуру універсальної системи енергозабезпечення с/г об'єкта можна представити у вигляді рис. 2.

У літературних джерелах [2-5] зазначено, що, для надійного та безперебійного енергопостачання, доцільним є комплексний підхід до розгляду процесів енергопостачання та енергоспоживання.

В якості джерел енергії можуть виступати як ВДЕ та різноманітні електростанції, так і традиційна мережа електропостачання.

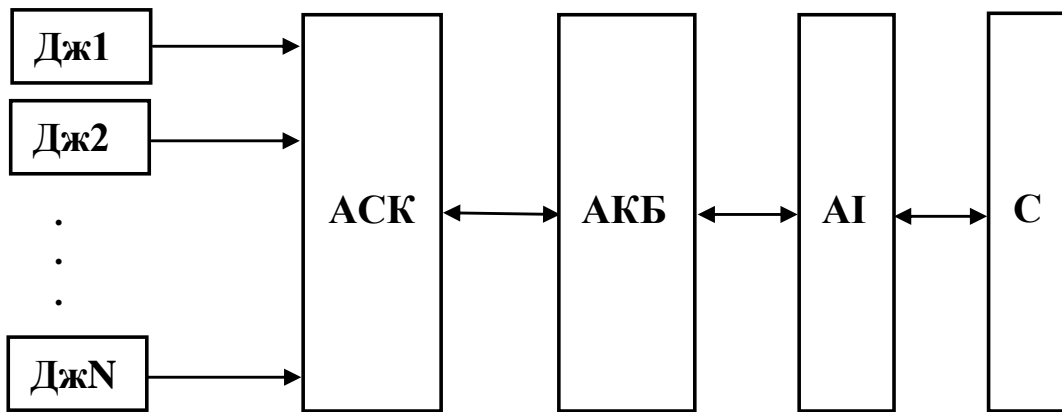


Рисунок 2 – Структура універсальної системи енергозабезпечення с/г об'єкта:  
Дж1, Дж2,..., ДжN – джерела енергії (всі інші позначення такі ж, як на рис. 1)

Керування енергопостачанням вимагає аналізу та визначення типів джерел енергії, їх кількості й потужностей для задоволення потреб споживача.

З іншого боку, при керуванні енергопостачанням, необхідно спочатку врахувати наявні можливості джерел, а потім визначити оптимальний режим. Цей підхід дозволяє уникнути значних витрат на встановлення нових джерел енергії та зосередитися на ефективному використанні наявних ресурсів, оскільки вартість енергетичних установок є високою, і не завжди такі кошти є в наявності у с/г споживача. Таким чином, в подальшому робота буде присвячена розв'язанню задачі керування енергопостачанням фермерського господарства.

На основі досліджень вхідних параметрів та моделювання роботи системи керування енергопостачанням фермерського господарства, запропоновано та розроблено алгоритм роботи, схеми електричні: структурну та функціональну, згідно яких було визначено керуючі впливи на об'єкт керування систем енергозабезпечення.

При розробці алгоритму роботи системи керування енергопостачанням фермерського господарства необхідно враховувати, що, в першу чергу, повинні бути забезпечені енергією споживачі 1-ї категорії [6]. Тому алгоритм роботи системи керування, у загальних рисах, є наступним:

1. Визначення потужності енергетичних потоків.
2. Визначення навантаження енергетичних потреб.
3. Порівняння енергетичних потоків та енергетичних потреб.
4. У разі достатньої потужності енергетичних потоків для задоволення енергетичних потреб всіх категорій електроприймачів, здійснювати енергопостачання.
5. У разі недостатньої потужності енергетичних потоків, визначити для яких категорій електроприймачів буде достатньо енергії (пріоритет надавати категорії 1).
6. У разі, якщо потужності енергетичних потоків не вистачає для задоволення енергетичних потреб 1-ї категорії, визначити чи спроможна задовольнити енергетичні потреби акумуляторна батарея і приєднати її.
7. Як тільки енергетичних потоків стає достатньо для задоволення потреб 1-ї категорії, припинити використовувати акумуляторну батарею.

8. Якщо потужності енергетичних потоків та енергії з акумуляторної батареї не вистачає для задоволення енергетичних потреб 1-ї категорії, подати сигнал аварійної зупинки.

Запропонований алгоритм роботи системи керування енергопостачанням фермерського господарства забезпечує ефективне управління енергетичними ресурсами, що дозволяє максимально використовувати доступні енергетичні потоки для задоволення потреб споживачів. Він передбачає пріоритетне забезпечення енергією найважливіших споживачів (категорія 1) і використання акумуляторної батареї, як резервного джерела, коли основні джерела енергії не здатні задовольнити всі енергопотреби. Такий підхід гарантує надійність енергопостачання та мінімізацію ризиків, пов'язаних з енергетичними кризами чи нестачею потужності. У разі неможливості забезпечення енергетичних потреб, навіть за допомогою акумуляторної батареї, система подає сигнал аварійної зупинки, що дозволяє оперативно реагувати на критичні ситуації.

На основі структури (див. рис. 2) та алгоритму роботи системи керування енергопостачанням фермерського господарства, було розроблено схему електричну структурну системи керування, яка наведена на рис. 3.

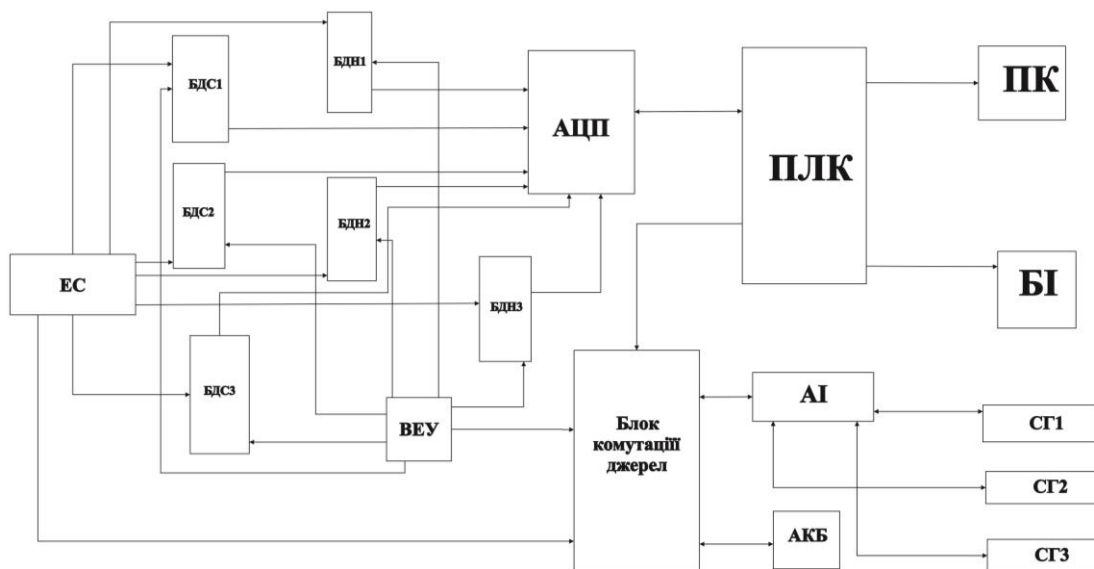


Рисунок 3 – Система керування енергопостачанням фермерського господарства. Схема електрична структурна.

До складу системи керування входять:

- електростанція (бензинова) з двигуном внутрішнього згорання (ЕС);
- горизонтально-осьова вітроелектрична установка (ВЕУ);
- блоки датчиків струму для 1-ї, 2-ї та 3-ї категорій, відповідно (БДС1, БДС2, БДС3);
- блоки датчиків напруги для 1-ї, 2-ї та 3-ї категорій, відповідно (БДН1, БДН2, БДН3);
- аналого-цифровий перетворювач (АЦП);

- блок комутації джерел та споживачів;
- програмований логічний контролер (ПЛК);
- персональний комп'ютер (ПК);
- блок індикації (БІ);
- автономний інвертор (АІ);
- акумуляторні батареї (АКБ);
- електроприймачі 1-ї, 2-ї та 3-ї категорій, відповідно (СГ1, СГ2, СГ3).

Розроблена система керування енергопостачанням фермерського господарства дозволяє створити ефективний та надійний комплекс для забезпечення стабільного електропостачання с/г споживача із використанням ВДЕ. Енергія вітрового потоку, що потрапляє на вітроелектроустановку (ВЕУ), перетворюється в електричну і використовується для живлення різних груп електроприймачів. Блоки датчиків струму та напруги забезпечують точний моніторинг параметрів енергопостачання, передаючи дані до програмованого логічного контролера (ПЛК).

Контролер, на основі запрограмованих алгоритмів, приймає рішення щодо оптимального використання наявних джерел енергії та підключення електроприймачів. Це дозволяє ефективно керувати енергопостачанням та забезпечувати, завдяки акумуляторній батареї, безперебійне живлення, навіть у разі відключення основних джерел енергії.

Інформація про стан системи, аварійні ситуації та режими навантаження виводиться на блок індикації та ПК, що забезпечує зручний візуальний контроль та оперативне керування системою.

Таким чином, розроблена система керування енергопостачанням фермерського господарства забезпечує високу надійність, гнучкість і ефективність керування, знижуючи залежність с/г споживача від традиційних джерел енергії та сприяючи підвищенню енергоефективності та екологічної стійкості.

**Висновок.** Представлена система керування енергопостачанням фермерського господарства забезпечує оптимальне використання доступної енергії, пріоритетне живлення найважливіших електроприймачів і використання резервних джерел, у випадку недостатньої потужності основних джерел, тим самим суттєво підвищуючи надійність та безперебійність енергопостачання, а також мінімізуючи ризики аварійних ситуацій та втрат у господарстві. Впровадження такої системи ввижається економічно доцільним та сприятиме прогресивному розвитку і екологічній стійкості фермерських господарств. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення алгоритму керування, розширення функціональності системи та її універсалізацію.

### Список використаної літератури:

1. Про альтернативні джерела енергії. Закон України від 20 лют. 2003 р. № 555-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення 08.05.2024).

2. Кравцов С.В., Жесан Р.В., Голик О. П. Відновлювані джерела енергії й інші базові компоненти зростання енергоефективності та енергонезалежності. *Центральнотуркранський науковий вісник. Технічні науки*. Вип. 8(39). Ч. I. Кропивницький: ЦНТУ, 2023. С. 48-56.

3. Жесан Р.В., Голик О.П., Коренецька Н.Б., Попок А.А. Шляхи можливого розв'язання сучасних проблем вітчизняної енергетики за допомогою поновлюваних джерел енергії. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. Вип. 28. Кіровоград : КНТУ, 2015. С. 266-274.

4. Жесан Р.В., Голик О. П., Попок А. А. Шляхи енергозбереження у комунально-побутовому господарстві України в світлі зростання тарифів та більш широкого запровадження відновлюваних джерел енергії. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. Вип. 29. Кіровоград: КНТУ, 2016. С. 185-192.

5. Голик О. П., Сосунова О. О., Хавтуляріна І. О. Підхід до автоматизації енергозабезпечення від нетрадиційних відновлюваних джерел енергії. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки*: матеріали ІХ-ї Міжнародної науково-практичної конференції. Вип. 1. Кіровоград: КНТУ, 2013. С. 157-159.

6. Зубенко В.О. Романов І.І. Альтернативне електропостачання фермерського господарства. *Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії*. 2023. № 5. С. 71-77.

УДК 626.82/.83:626.86

**Кузьмич С.А., Онанко Ю.А., Воропай Г.В., Кузьмич Л.В.**  
<sup>1</sup>*Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ*

## **ПЛАН ВІДНОВЛЕННЯ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ**

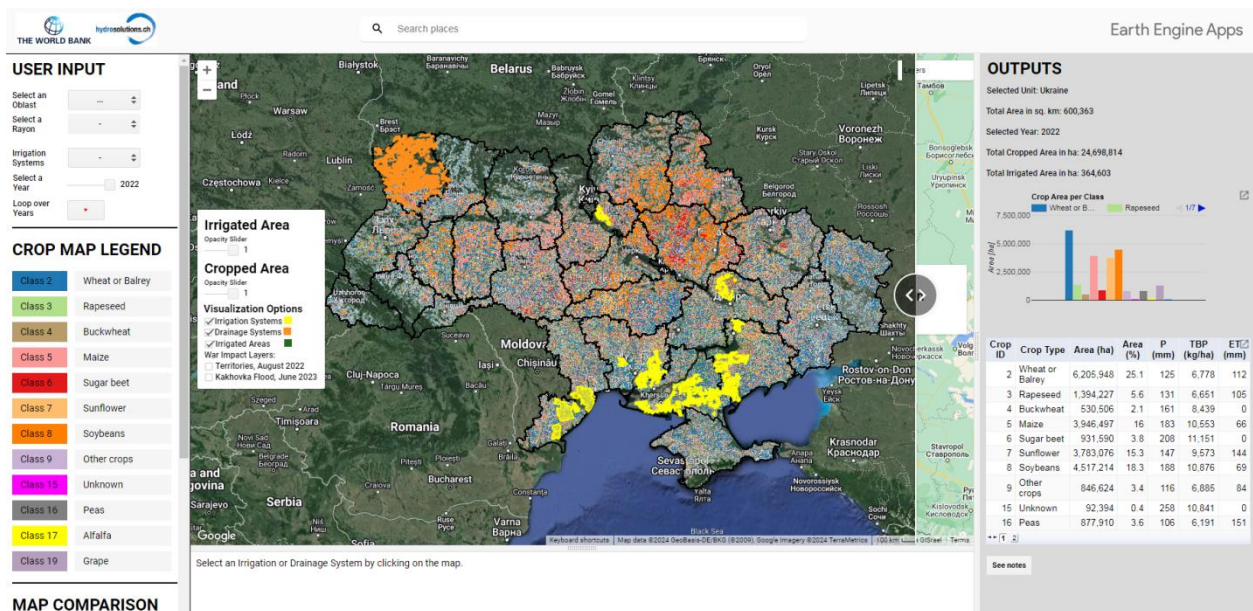
**Вступ.** Аграрне виробництво України, у тому числі на меліорованих землях, зазнає серйозних викликів як через війну, так і через зміни клімату. Колосальні збитки від російської збройної агресії, які наразі оцінити важко, стали серйозним випробуванням для сільського господарства, особливо в прикордонних областях України, зокрема на півночі, півдні та сході - в зонах активних бойових дій [1, с. 8; 2, с. 23; 3, с. 47].

Останні дані інвентаризації меліоративних систем, що здійснювалася Держводагентством, в підпорядкуванні якого був на той час гідромеліоративний сектор, актуальні станом на 01.01.2017 р. Таким чином, за даними інвентаризації, в Україні обліковувалося 5485,3 тис. га меліорованих, у

тому числі 2178,3 тис. га зрошуваних і 3307,0 тис. га осушуваних, земель з відповідною інфраструктурою (водосховища, магістральні та розподільні канали, захисні дамби, насосні станції, колекторно-дренажна мережа та інші гідротехнічні споруди і об'єкти тощо). Згідно «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» наявний потенціал інфраструктури достатній для поливу не менше 1,5-1,8 млн. га, відведення надлишкових вод у весняний період з території площею понад 3,0 млн. га та водорегулювання на площі понад 1,0 млн. га.

В той же час, за даними «Моніторингу земельних відносин в Україні: 2016-2017» станом на 01.01.2017 р. Україна фактично мала всього 1693,7 тис. га зрошуваних земель (на 484,6 тис. га менше, ніж інвентаризація), з них не поливалося 1226,0 тис. га, або 72,4%. Площа осушуваних земель — 3028,9 тис. га, при цьому 229,0 тис. га не використовувалися у сільськогосподарському виробництві, що становить 7,6% від загальної площі осушуваних земель [4, с.8].

Станом на 2022 р. Світовий Банк [5, с.113] оприлюднив інформацію про поточний стан меліорованих земель, що подано на Рис.1.



Джерело: World Bank/Hydrosolutions [використано 20.05.2024 р.]

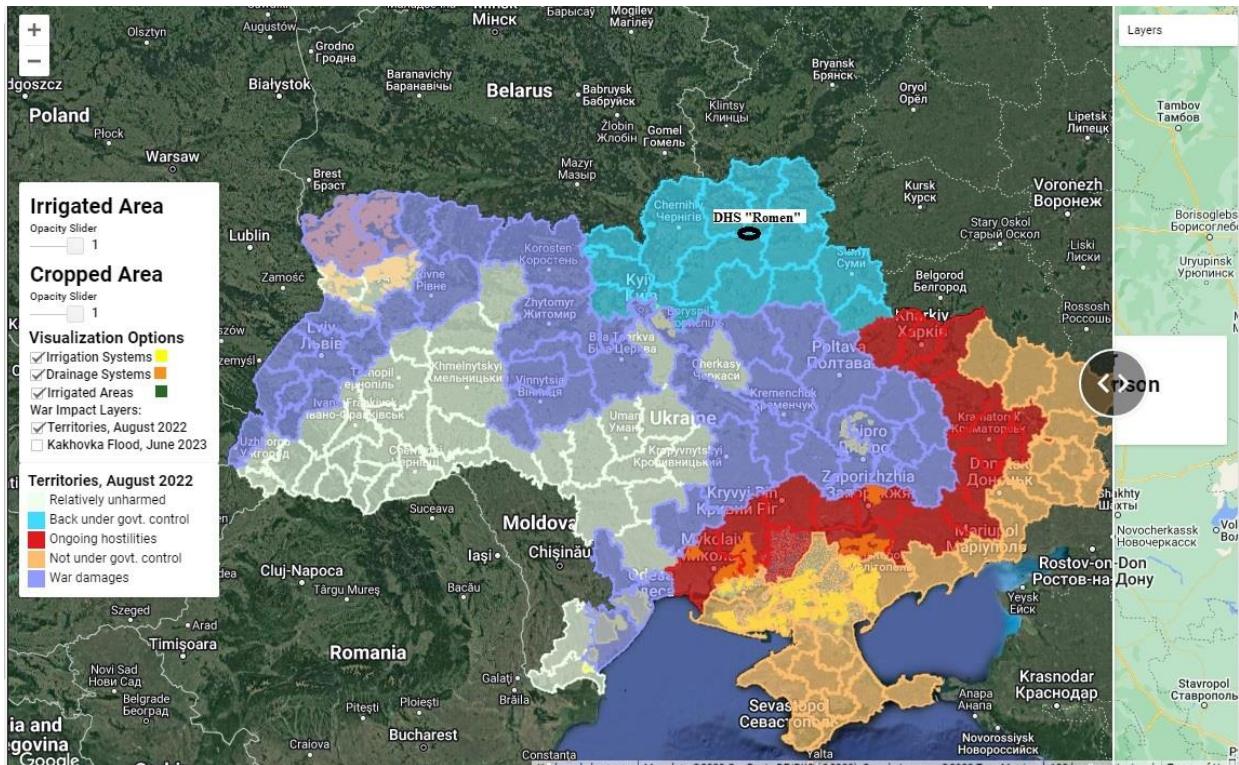
Link: <https://hydrosolutions.users.earthengine.app/view/cropmapper-ukr-demo>

Рисунок 1 – Мапа зрошувальних та дренажних систем України з зазначенням номенклатури та асортименту сільськогосподарських культур, що вирощувалися станом на 2022 р. (дані Світового Банку).

**Основна частина.** Станом на кінець 2023 р. ЗСУ звільнили близько 39 тис. км<sup>2</sup> території країни, у тому числі: 14 тис. км<sup>2</sup> – частини Чернігівської та Сумської областей; 12 тис. км<sup>2</sup> – північ та схід Харківської області; 7 тис. км<sup>2</sup> – північ Київської області; 6 тис. км<sup>2</sup> – частини Миколаївської області та правобережна частина Херсонської області. Росія загалом нині тримає під окупацією ще 109 тис. км<sup>2</sup> території України [6, с.1].

Росія загалом нині тримає під окупацією ще 109 тис. км<sup>2</sup> території України (Рис.2), [1, с.1].





Джерело: World Bank/Hydrosolutions [вжито 20.05.2024 р.]

Link. <https://hydrosolutions.users.earthengine.app/view/cropmapper-ukr-demo>

Рисунок 2 – Мапа меліорованих земель України із зазначенням впливу російської агресії станом на 2023 р. (дані Світового Банку).

Відновлення гідротехнічних споруд, зруйнованих внаслідок військових дій, є складним і багатофазовим процесом, який включає технічні, екологічні, економічні та соціальні аспекти. Пропонуємо декілька ключових етапів та стратегій для успішного відновлення:

- ✓ Оцінка пошкоджень і ризиків:
  - Інспекція і оцінка - провести детальну оцінку ступеня пошкоджень за допомогою інженерних оглядів, дронів, супутникових знімків та інших технологій;
    - Аналіз ризиків - оцінити ризики подальшого руйнування, можливість затоплень, екологічних катастроф та вплив на населення тощо.
  - ✓ Планування і пріоритезація:
    - Розробка плану відновлення - визначити пріоритетні об'єкти для відновлення, розробити детальний план робіт з урахуванням фінансових, матеріальних та людських ресурсів;
      - Фінансування - залучити фінансування через державні програми, міжнародні гранти, кредити від банків та інвестиції.
    - ✓ Проектування і реконструкція:
      - Сучасні технології - використовувати сучасні технології та матеріали для підвищення стійкості споруд до можливих майбутніх атак або стихійних лих;



- Екологічні стандарти - враховувати екологічні аспекти, щоб мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.
  - ✓ Залучення місцевих громад і фахівців:
- Підготовка кадрів - навчати місцевих фахівців новітнім методам та технологіям в будівництві та обслуговуванні гідротехнічних споруд;
- Співпраця з громадою - залучати місцеве населення до процесу відновлення, щоб забезпечити їх підтримку і врахувати їхні потреби.
  - ✓ Контроль і моніторинг:
- Моніторинг - встановити системи постійного моніторингу стану споруд для своєчасного виявлення та усунення проблем;
- Звітність - регулярно звітувати про прогрес робіт перед державними органами, інвесторами та громадою.
  - ✓ Міжнародна співпраця:
- Обмін досвідом - вивчати досвід інших країн, які стикалися з подібними проблемами, і використовувати їхні найкращі практики;
- Міжнародні організації - співпрацювати з міжнародними організаціями для отримання технічної допомоги, консультацій та фінансування.
  - ✓ Довгострокова стійкість:
- Планування - інтегрувати відновлені споруди в загальну систему управління водними ресурсами та меліорації земель;
- Модернізація - постійно вдосконалювати гідротехнічні споруди, враховуючи нові технології та зміни в кліматі.

**Висновки.** Вище перелічені кроки допоможуть забезпечити ефективне і стійке відновлення гідротехнічних споруд, що сприятиме стабільності та безпеці як в регіонах, так і в країні. Враховуючи той беззаперечний факт, що Україна є світовим продовольчим лідером-експортером, можна сміливо стверджувати, що запропоновані нами ключові етапи та стратегії для успішного відновлення гідротехнічних споруд сприятимуть стабільності світової продовольчої безпеки.

### Список використаної літератури:

1. Kuzmych, L., Voropai, H. Environmentally safe and resource-saving water regulation technologies on drained lands. *Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone*, Pages 75 –96. 23 May 2023. ISBN 978-166848250-6, 978-166848248-3. DOI: 10.4018/978-1-6684-8248-3.ch005
2. Kuzmych, L., Voropai, H., Kharlamov, O., Kotykovych, I., & Kuzmych, S. (2023). Study of contemporary climate changes in the Ukrainian humid zone (on the example of the Volyn region). *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 1269(1), 012022. doi:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1269/1/012022>
3. Kuzmych, L., Voropai, H., Kuzmych, S. Mathematical Modeling of the Groundwater Level Regime for Substantiation of Resource-Saving Technological

Parameters of Drained Lands Water Regulation. Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS Pages 47 – 50. 2023 12th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2023Hybrid, Dortmund7 September 2023 through 9 September 2023Code 195733 doi 10.1109/IDAACS58523.2023.10348689

4. Грузинська І., Смагіна А., Жигadlo В., Перепелиця О. Зелена книга. Зрошення та дренаж. Офіс ефективного регулювання, Київ, 2020.-127с.

5. World Bank. (2023). Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment : February 2022 - February 2023 (English). Washington, D.C.: World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099184503212328877/P1801740d1177f03c0ab180057556615497>

6. Денькович Я. Скільки територій України перебувають під окупацією – дані апарату Головнокомандувача ЗСУ. 3 грудня 2023 р. URL: <https://tsn.ua/ato/skilki-teritoriy-ukrayiniperebuvaют-pid-okupaciyeу-dani-aparatu-golovnokomanduvacha-zsu-2463589.html>.

УДК 502.36: 504.062: 626

**Коваленко В.В., Гапіч Г.В., Доценко В.І., Хмельниченко Н.В.**  
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро*

## **ПРИРОДООБЛАШТУВАННЯ БАСЕЙНОВИХ ГЕОСИСТЕМ НА ЗЕМЛЯХ, ЩО ЗАЗНАЛИ ЛИХА ВІЙНИ**

**Вступ.** Катастрофічні екологічні наслідки війни: знищення екосистем в зоні бойових зіткнень, руйнування водогосподарських систем, чисельних гідротехнічних споруд у їх складі – це реалії сьогодення. Що з ними робити після війни? В інформаційному просторі висловлюються думки одна одної радикальніші – від повного інженерного відновлення водогосподарського комплексу до підтримки процесів самовідновлення екосистем природнім шляхом. Досвід поколінь та аналіз пропозицій багатьох науковців говорить про необхідність прийняття компромісних рішень.

На нашу думку, зараз саме час говорити про створення пілотних проектів природооблаштування басейнових екосистем малих річок на основі геоecологічних принципів (Гавриленко, 2014), збалансованого земле- та ресурсокористування на територіях зі значними трансформаціями і пошкодженнями екосистем – це «сірі», прифронтові зони, фронт та окуповані території. В першу чергу такі проекти слід розробляти для степової зони в Харківській, Дніпропетровській та Донецькій областях. Природооблаштування Південного Степу (Запорізька, Миколаївська та Херсонська області), на нашу

думку, логічно ув'язувати навколо проблем, що виникли з втратою Каховського водосховища, з відновленням мінімальних потреб у воді.

**Основна частина.** Одним із шляхів покращення, або хоча б збереження існуючого екологічного стану більшості водних об'єктів в наш час можливе тільки за використання спеціальних технічних систем, робота яких знижувала б рівень негативних впливів на водні об'єкти та землі водного фонду. По відношенню до відносно невеликих водотоків, водойм та їх водозборів ця проблема може бути вирішена шляхом їх інженерно-екологічного облаштування, зокрема *екологічною оптимізацією гідротехнічних споруд*. Таку систему можна сприймати як розробка та здійснення програм, що включають комплекс заходів з підвищення результативності позитивних впливів при одночасному зниженні негативних.

Такі задачі вже зараз розглядають як одні з основних при розробці програм управління басейновими геосистемами. Так, в «Планах управління річковим басейном Дніпра на 2025-2030 рр.» (<https://davr.gov.ua/fls18/DNIPRO4.pdf>), чи аналогічних планах для української частини басейну Дона (<https://davr.gov.ua/fls18/Don.pdf>) сформовані перелік екологічних цілей для масивів поверхневих та підземних вод, територій, що підлягають охороні, та строки їх досягнення. Сформовані також переліки програм (планів) для річкових басейнів, їх зміст та проблеми, які передбачено виконати, очевидно, в післявоєнний період.

Зокрема, в плані управління Дніпром / перелік заходів нижнього Дніпра (<https://davr.gov.ua/fls18/NyzhniiDnipro.xlsx>) включені ряд задач (проектів) *ревіталізації річищ та водойм чи ліквідації гребель* з проведенням комплексу заходів щодо відновлення (поліпшення) гідроморфологічних характеристик водотоку. В задачі таких проектів включають заходи з:

- управління наносами (видалення донних відкладів);
- покращення неперервності потоку русла річки для міграції біоти ;
- управління рослинністю (механічне видалення дерев, кущів);
- збільшення пропускну здатності русла річки;
- покращення морфологічних характеристик русла річки;
- ліквідація греблі (гребель);
- відновлення вільної течії річки (балки).

Виходячи з багаторічного досвіду реалізації подібних програм, наприклад Закону України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року», достатньо очевидним є факт, що ці наміри носять в більшості своїй декларативний характер. Головним обмеженням для впровадження їх на практиці є відсутність концептуальних основ методології такої діяльності, що дозволила б сформулювати конкретні задачі (а не побажання) від реалізації яких був би досягнутий суттєвий ефект. Не мало важливими факторами, також, є «добра воля» на всіх рівнях управління природокористуванням, екологічна та інженерна (профільна) освіта та інформованість суспільства, наявність фінансування таких проектів.

Очевидно, розробка концепції екологічної оптимізації гідротехнічних споруд і басейнових геосистем в цілому потребує відмови від ряду стереотипів, які склалися за багаторічний період природокористування, зокрема ствердження, що будь-яка виробнича діяльність веде до погіршення стану навколишнього середовища.

Розглядаючи проблему природооблаштування басейнових екосистем на геоecологічних принципах, необхідно враховувати, що в теперішній час більшість водних систем степової зони України тотально зарегульовані, русла річок фрагментовано (Гапіч, 2021, 2022) і є, по-суті, вже не природними об'єктами, а природно-техногенними системами. Тобто екологічна оптимізація басейнових екосистем та ГТС в їх складі має представляти собою управління в рамках уже існуючих природно-техногенних систем. Такий підхід стосується басейнових геосистем, які не зазнали суттєвого впливу від військової агресії.

Інша справа з басейнами малих річок, на водозборі яких тривалий час йшли чи йдуть бойові дії. До таких територій можна віднести, наприклад, басейн річки Дурна, лівої притоки р. Вовчої, розташований на північний захід від Донецьку.

На рис.1 представлені дані дистанційного зондування Землі (знімки Sentinel-2 L2A від 07.05.24) в комбінації каналів, які рекомендують використовувати для встановлення посівів сільськогосподарських культур (B11, B8A, B02). Візуально чітко розрізняються зона активного сільськогосподарського використання земель (1), «сіра» зона (2), де практично сільськогосподарські землі залишилися не обробленими та вже тривалий час «стоїть» фронт бойових дій (3). Басейн р. Дурна (4) повністю в цій зоні.



Рисунок 1 - Суміщені знімки Sentinel-2 L2A (07.05.24, комбінація каналів:

B11, B8A, B02 – сільськогосподарські культури):

1 – зона активного землеробства; 2 – «сіра» зона, землі не оброблені; 3 – межа окупованих територій станом на 20.05.24; 4 – водозбір р. Дурна



До таких територій, як басейн р. Дурна, класичний підхід екологічної оптимізації ГТС за такими напрямками як: регулювання потоку забруднювачів, інтенсифікація процесів самоочищення, впровадження природоохоронного обладнання і технологій, підвищення ефективності природоохоронних заходів, підвищення надійності ГТС та зниження ризику нанесення збитків навколишньому середовищу чи розробка заходів, що сприятимуть збереженню, відновленню та раціональному використанню природних ресурсів, буде, на нашу думку, недоречним. Тут *необхідні радикальні кроки до перетворення структури землекористування* басейну річки на принципах природооблаштування за (Реймерсом, 1990), чи більш сучасні наукові розробки оптимізації природокористування (Царик, 2016, інш.). Зокрема, за основу прийняти оптимальну структуру землекористування, яка в рекомендаціях для Степу України становить: природних екосистем – 40-45%, в т.ч. лісів 15-25%, орних земель не більше 45-50%.

До такого підходу спонукають навіть дистанційні знімки крупного масштабу, де чітко видно сліди війни (рис. 2), не говорячи вже про безпосередні враження очевидців наслідків бойових дій.



Рисунок 2 - Знімок Sentinel-2 L2A (07.05.24, комбінація каналів: B04, B03, B02 – природне світло): 3 – межа окупованих територій станом на 20.05.24; 4 – межа північно-західної частини водозбору р. Дурна.

**Висновок.** Природооблаштування басейнових геосистем на геоecологічних принципах, екологічна оптимізація ГТС на територіях, які зазнали нищівного впливу від бойових дій, є необхідною умовою та реальним шляхом поліпшення екологічного стану водних систем.

Настав час говорити про створення пілотних проектів природооблаштування басейнових екосистем малих річок.

Для реалізації окремих задач при ревіталізації річищ (покращення неперервності потоку русла річки для міграції біоти та відновлення вільної течії річки, покращення морфологічних характеристик русла річки) автори (Гапич, Коваленко, 2024) пропонують ідею, яка викладена в патенті UA 156105 U (<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1798419/>) – «Спосіб облаштування комплексу гідротехнічних споруд на ставках руслового типу для забезпечення течії малих річок».

УДК: 548.736

**Заводяний В.В.**

*Херсонський державний аграрно-екномічний університет, м. Херсон*

### **ПРО КРИСТАЛІЧНУ СТРУКТУРУ $\text{BaMnV}_2\text{O}_7$ СПОЛУКИ**

**Вступ.** Розробка матеріалів з відмінними діелектричними властивостями є важливою для сучасних телекомунікацій. Актуальність даної роботи полягає у важливості вивчення цих властивостей в контексті розширення можливостей для високочастотних додатків у сучасних телекомунікаційних технологіях, включаючи 4G і 5G зв'язок.

**Основна частина.** Метою даного дослідження є вивчення кристалічної структури сполуки  $\text{BaMnV}_2\text{O}_7$  і її діелектричних властивостей. Для досягнення поставленої мети використовувалися методи аналізу, експерименту, порівняння і комп'ютерного моделювання. У рамках даного дослідження було ретельно вивчено керамічний матеріал LTCC (низькотемпературна спільнообпалювальна кераміка), який відзначається високою ефективністю у якості захисту від вологи. Була запропонована і досліджена структурна модель для сполуки  $\text{BaMnV}_2\text{O}_7$ . Зокрема, виявлено, що радіус  $\text{Mn}^{2+}$  (0,75 Å) майже ідентичний радіусу  $\text{Zn}^{2+}$  (0,68 Å), що підтверджує подібність кристалічних структур  $\text{BaMnV}_2\text{O}_7$  та  $\text{BaZnV}_2\text{O}_7$ .

Таблиця 1 - Мікроструктурні параметри  $\beta\text{-BaZnV}_2\text{O}_7$

Атом	Wyck	$x/a$	$y/b$	$z/c$
Ba	4e	-0,2830(1)	0,28596 (3)	0,4471(7)
Zn	4e	-0.2077(2)	0,05006(6)	0,3676(1)
V1	4e	-0,2525(2)	0,36597(8)	0,6654(2)
V2	4e	-0,2052(2)	0,56203(8)	0,7105(2)
O1	4e	-0,246(1)	0,2824(4)	0,5224(8)
O2	4e	-0,256(1)	0,4716(4)	0,5530(8)
O3	4e	-0,229(1)	0,6604(4)	0.617(1)
O4	4e	0,077(1)	0,5527(4)	0,8214(9)
O5	4e	-0,414(1)	0,5542(4)	0.8681(8)
O6	4e	-0,494(1)	0,3553(4)	0,7904(9)
O7	4e	0,005(1)	0,3609(4)	0,8099(9)

Основні результати показали, що пірванадат має моноклінну сингонію та має просторову групу симетрії  $P121/c1$  (14), характеризуючись такими параметрами решітки:  $a=5,6221(5)$  Å,  $b=15,271(1)$  Å,  $c=9,7109(8)$  Å,  $\beta=123,702(3)^\circ$ . Фактор розбіжності склав 9,05, що свідчить про відповідність моделі експериментальним даним.

**Таблиця 2** - Мікроструктурні параметри  $BaMnV_2O_7$ .

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z
Ba1	4e	1,0	0,403(2)	0,2068(4)	0,6468(8)
V1	4e	1,0	0,930(3)	0,1236(9)	0,130(2)
V2	4e	1,0	0,954(4)	0,948(1)	0,240(2)
Mn1	4e	1,0	0,595(4)	0,442(1)	0,874(2)
O1	4e	1,0	0,81(1)	0,220(3)	0,079(4)
O2	4e	1,0	0,84(1)	0,823(4)	0,724(7)
O3	4e	1,0	0,92(1)	0,855(3)	0,107(5)
O4	4e	1,0	0,73(1)	0,960(3)	0,276(5)
O5	4e	1,0	0,825(8)	0,523(3)	0,570(5)
O6	4e	1,0	-0,107(9)	0,190(3)	0,311(4)
O7	4e	1,0	0,825(9)	0,103(3)	0,340(3)

Крім того, була розрахована густина сполуки, яка становить  $4,2699$  г/см<sup>3</sup>. За допомогою експериментальних даних було підтверджено наявність міжатомних відстаней в межах  $1,33$ – $3,47$  Å. Мінімальна міжатомна відстань в структурі сполуки становить  $1,33$  Å між атомами кисню (O5) та ванадію (V2). Максимальна міжатомна відстань складає  $3,47$  Å та спостерігається між атомами кисню (O1) та (O2). За характеристиками, такими як низька діелектрична проникність ( $\epsilon_r \sim 8,9$ ) та високий коефіцієнт якості ( $Q_u \times f$  31362 ГГц), сполука  $BaMnV_2O_7$  проявляє відмінні мікрохвильові діелектричні властивості.

**Висновок.** Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості розвитку та вдосконалення матеріалів з високими діелектричними властивостями, таких як  $BaMnV_2O_7$ , для їх застосування в телекомунікаційних технологіях та сприяє розробці більш компактних та надійних компонентів для електроніки.

### Список використаної літератури:

[1] Роман Л. О., 2019, Приймально-передавальний модуль X-діапазону, *Радіоелектроніка у XXI столітті: матеріали II Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів та аспірантів*, Київ, Україна, КПІ ім. Ігоря Сікорського, РТФ. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 80-81. – Бібліогр.: 3 назви., <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33998>

[2] Немирович О.А., 2019, Температурні та частотні властивості п'єзоелектричних кристалів германо- і силікосилленітів: автореферат на



здобуття ступеня магістра, Київ: НТУУ КПІ,  
<https://core.ac.uk/download/pdf/323530247.pdf>

[3] Д.І.Варварук, 2021, Розробка графічного інтерфейсу та модуля підключення Bluetooth мультимедійної сенсорної клавіатури: автореферат на здобуття ступеня магістра, ЗВО Університет Короля Данила, <http://repository.ukd.edu.ua/bitstream/handle/123456789/242/Варварук%20Д.%20І..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[4] Ящишин, Є.М., 2022, Особливості практичного використання терагерцевого діапазону, *Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології*, <https://scholar.archive.org/work/k5lzs7m53febdew2z2eqafswti>

[5] Гричановська, Т.М., 2004, Розмірні домішкові ефекти в кристалічній структурі тонких плівок ванадію і титану, <http://irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000147896>

[6] Халамейда, С.В., Сидорчук, В.В., Skubiszewska-Zięba, J., Leboda, R., Зажигалов, В.О., 2013, Фізико-хімічні та фотокаталітичні властивості V-Mg оксидних композицій, синтезованих різними методами, [http://nbuv.gov.ua/UJRN/khphpt\\_2013\\_4\\_1\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/khphpt_2013_4_1_9)

[7] PDF-2 data bases for 2009 <https://www.icdd.com/pdf-2/>

[8] Li, F., Li, Y., Wang, Sh., Zhang, J., Tang, T., Liao, Y., Lu, Y., Liu, X., Wen, Q., 2022, Improved Co-substituted zinc vanadate ceramics based on LTCC for enhanced polarization converters, *Journal of Alloys and Compounds*, Volume 921, 166089, ISSN 0925-8388, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.166089>

[9] Zhang, R., Seth, S., Cumby, J., 2022, Grouped representation of interatomic distances as a similarity measure for crystal structures. *Digital Discovery*, DOI: 10.1039/D2DD00054G <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2023/dd/d2dd00054g>

[10] Thomas, J.C., Natarajan, A.R. & Van der Ven, A., 2021, Comparing crystal structures with symmetry and geometry. *npj Comput Mater* 7, 164 <https://doi.org/10.1038/s41524-021-00627-0>

[11] Lin, Y., Yan, K., Luo, Y., Liu, Y., Qian, X. & Ji, S., 2023, Efficient Approximations of Complete Interatomic Potentials for Crystal Property Prediction, 202:21260-21287 Available from <https://proceedings.mlr.press/v202/lin23m.html>

[12] Ahmad, M. A. and Olule, L. J. A., 2022, Meshed Stacked LTCC Antenna for Space Application, *IEEE Access*, vol. 10, pp. 29473-29481, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3158679, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9732973>

[13] Sadeghi, M., 2022, Analysis and design of a mm-wave wideband LTCC patch antenna for 5G

Applications: Master's thesis, University of Calgary, Calgary, Canada, <https://prism.ucalgary.ca>

<http://hdl.handle.net/1880/115642>

[14] Birol, H., & Maeder, Th., & Ryser, P., 2005, Materials compatibility issues in LTCC technology and their effects on structural and electrical properties, <https://infoscience.epfl.ch/record/87958>

УДК 556.388(477.61)

**Міхалкова Н.В., Удалов І.В.**

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків*

## **ВПЛИВ НАКОПИЧУВАЧА ТОВ «РУБІЖАНСЬКИЙ КРАСИТЕЛЬ» НА СТАН ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА**

**Вступ.** Гідротехнічні споруди є важливою ланкою виробничих підприємств. Зокрема для потужного (в минулому) підприємства ТОВ «Рубіжанський Краситель» було створено накопичувач стічних вод та відходів, що складається з кількох секцій. Розташування таких споруд майже завжди спричинює негативний вплив на навколишнє природне середовище (НПС) – від наявності специфічних запахів до розповсюдження забруднюючих речовин. Тому прилеглі території «Красителя» періодично піддавались забрудненню як з боку накопичувача, так і проммайданчика. Наразі важливо проаналізувати екологічні ризики з боку накопичувача, який лишився після закриття підприємства.

**Основна частина.** Накопичувач розташований неподалік від р. Сіверський Донець (близько 700 м від крайньої секції № 6) і територіально примикає до м. Рубіжне з південно-західного напрямку. Він функціонує більше 80 років (деякі секції – менше), за зовнішніми ознаками має занедбаний стан [1]. Ймовірно, що такий стан накопичувача сформувався переважно через недбале ставлення протягом останніх десятиліть, особливо в період 2000-х років. Це пов'язано із спаданням темпу виробничої діяльності та, згодом, повним припиненням роботи підприємства.

Негативний вплив накопичувача на НПС відслідковувався ще в періоди найбільш активної робочої діяльності підприємства (1960-80 рр.), коли здійснювався інтенсивний скид відходів до резервуарів. Це відобразалось в забрудненні поверхневих, підземних вод і повітряного басейну. Тому періодично розроблялись проекти щодо захисту НПС, зокрема системи дренажу для захисту підземних вод від забруднень.

Наразі накопичувач залишається джерелом надходження забруднюючих речовин до НПС, але через ряд причин (незадовільний стан споруд, військові дії тощо) як техногенний об'єкт з відходами хімічного виробництва створює екологічні ризики виникнення аварійних ситуацій з проривом дамб.

Звичайно, що для накопичувача як постійної гідротехнічної споруди (згідно ДБН В.2.4-3:2010) при проектуванні було враховано всі необхідні параметри для збереження несучої здатності конструкцій протягом визначеного часу, а також мінімізацію екологічного ризику [2]. Проте тривалий термін експлуатації об'єкта з недостатнім рівнем технічного обслуговування призвів до загального «виснаження» стану споруд. Тому під впливом певних чинників (наприклад, інтенсивних опадів) на накопичувачі ймовірно виникнення аварійної ситуація з виливом вмісту із окремої секції.

На сьогодні основний негативний вплив здійснюється на геологічне середовище (ГС), і, зокрема, на підземні води. «Виснаженість» споруди відображається в просочуванні небезпечних речовин із накопичувачів через ґрунти до незахищених водоносних горизонтів, що є джерелами питної води регіону [1]. На рис. 1 схематично показано напрями ймовірного руху забруднюючих речовин від накопичувача.



Рисунок 1 - Карта-схема напрямків розповсюдження забруднюючих речовин із накопичувача

Водозабори знаходяться загалом вище по потоку від накопичувача. Зрозуміло, що при виборі місця розташування водозабірних споруд проектні виконавці спирались на державні нормативні вимоги. Тому було враховано геологічні фактори, топографічні умови, відомості про використання води іншими споживачами та санітарний стан води, зважаючи на наявність поряд великого підприємства хімічної промисловості [3]. Тим не менш, Ліньовський водозабір з роками став не придатним для питного водопостачання через інтенсивну забрудненість.

В цілому, враховуючи топографічні і геологічні особливості території, маємо гідрогеологічні та геологічні передумови можливості руху забруднень від накопичувача по водоносному горизонту до Володинського водозабору. Ця ділянка є пологим лівобережжям з незначною амплітудою коливань висот (~50 м), що показано на рис. 2. Але основним фактором є розташування споруд в зоні впливу Північно-Донецького насуву. Однією з головних характеристик

Північно-Донецького насуву є наявність зони дроблення порід, яка розташована на відстані 1,5 – 3 км навкруги нього. Ця зона має змінені фільтраційні властивості і може транспортувати забруднення на великі відстані. Тому напрямки розповсюдження забруднюючих речовин із накопичувача спрямовані не тільки вниз за течією р. Сіверський Донець (тобто нижче по потоку), але й в інші сторони, зокрема вище по потоку.

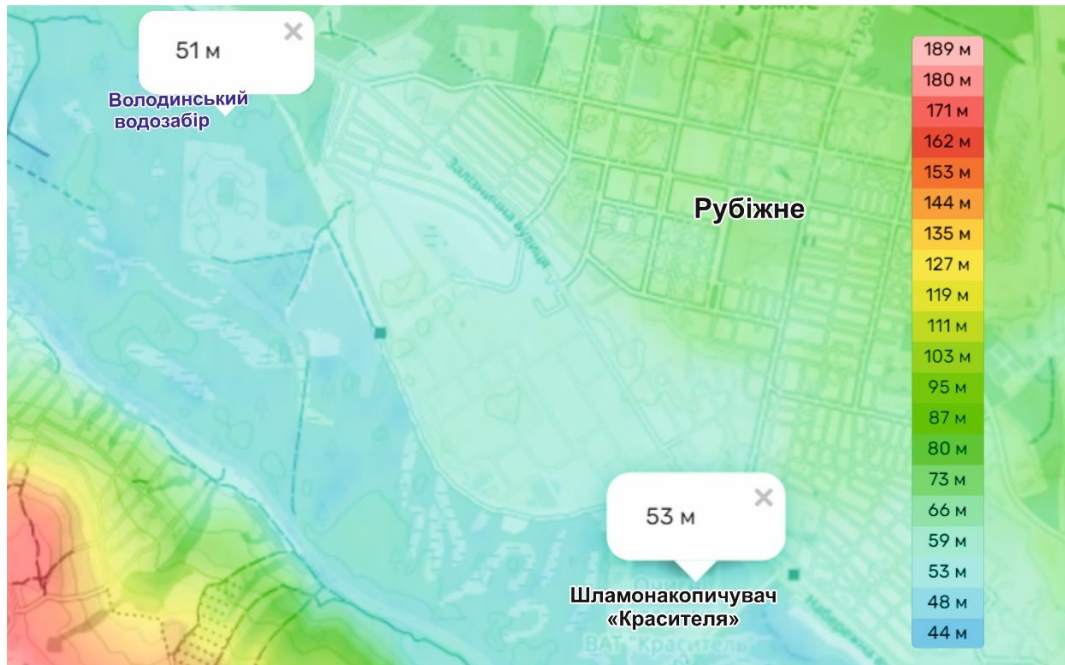


Рисунок 2 - Фрагмент топографічної карти з відображеними висотами [4]

Володинський водозабір експлуатує мергельно-крейдянний водоносний горизонт (МКВГ) для питних та господарсько-побутових потреб м. Рубіжне. Зазвичай більшість підземних вод надійно захищені від попадання в низ забруднених поверхневих стоків [3]. Але у випадку МКВГ в районі всієї Лисичансько-Рубіжанської промислової агломерації природна захищеність водоносного горизонту майже відсутня. Джерелом живлення МКВГ в основному слугують атмосферні опади, а також води алювіальних відкладів, гідравлічно зв'язаних з МКВГ. Значну роль в поповненні запасів грають паводкові води р. Сіверський Донець. Таким чином, умови режиму підземних вод знаходяться в прямій залежності від кліматичних факторів та режиму поверхневих вод. Тому при надходженні забруднюючих речовин до річки, є ризик попадання забруднюючих речовин з паводковими водами до водозабору.

Важливо зазначити, що наразі є фактор, який може змінити «стабільну» обстановку на території накопичувача й спровокувати аварійну ситуацію – це ведення активних військових дій та окупація даної місцевості. Район розташування накопичувача неодноразово перебував під обстрілами. Так, на супутникових знімках, оновлених ще за 2023 р., зафіксовано сліди влучань, які відображаються у вигляді вирв (рис. 3). Порушення цілісності резервуарів



призводить до швидкого розповсюдження небезпечних для НПС речовин, зокрема це потрапляння їх у ґрунті, а звідти у поверхневі і підземні води [5].



Рисунок 3 - Сліди влучань снарядів в секціях накопичувача (зображення взято із Google, 2024)

**Висновки.** Наявність накопичувача відходів хімічної промисловості сприяє просуванню забруднюючих речовин до НПС, і є безпосередньою загрозою для виникнення більш масштабних наслідків.

Варто зазначити, що наразі накопичувач знаходиться на балансі підприємства житлово-комунального господарства м. Рубіжне – КП «РВУВКГ», тобто він не залишився покинутим об'єктом. В подальшому даний техногенний об'єкт потребує перегляду проєктів щодо технології консервації накопичувача та постійного моніторингу стану НПС прилягаючих територій.

### Список використаної літератури:

1. Дослідження поточного стану хвостосховищ у Донецькій та Луганській областях. 2020. РЕЗЮМЕ. URL: <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/486259>.
2. ДБН В.2.4-3:2010 Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення.
3. Орлов В.О., Назаров С. М, Орлова А.М. Водозабірні споруди. Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 167 с.
4. Топографічна карта світу. URL: <https://uk-ua.topographic-map.com/map/?center=49.01138%2C38.3885&zoom=12&base=6>
5. Міхалкова Н.В., Кононенко А.В. Потенційні екологічні ризики на території Лисичансько-Рубіжанської промислової агломерації у зв'язку з військовими діями // Геологічна будова та корисні копалини України: Збірник тез всеукраїнської наукової конференції. Київ, 2022. С. 97-100.

УДК 556.166:551.577.5:627.516(292.451/454)

**Савчук Д.П.**

*Інститут водних проблем і меліорації НААН України, м. Київ*

## **ВОДНІ СТИХІЇ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ ЗА 1992-2021 РОКИ**

**Вступ.** Розглянуто серію водних стихій у Херсонській області за останні 30 років.

**Основна частина. 1-13 січня 1998 р.** Сталося надзвичайне підтоплення територій півдня України. Постраждало понад 1000 населених пунктів. Підтоплено близько 53000 садиб, пошкоджено майже 5000 будинків, відселено 500 чоловік.

**Березень 2003 р.** Сталися значні підтоплення на території Іванівського, Горностаївського, Верхньорогачицького та Білозерського районів. Підтоплення зумовило різке потепління, танення снігового покриву та формування поверхневого стоку. У зону стихії потрапило 45 населених пунктів, понад 560 будівель. У селищі Велика Лепетиха внаслідок льодоходу зруйновано пішохідний міст.

**10 травня 2004 р.** У Херсонській області пройшли сильні зливи. Протягом доби випала місячна норма опадів.

**Липень 2004 р.** В селі Борозенське Великоолександрівського району через тривалі дощі зазнали підтоплення 620 дворів.

**14 серпня 2004 р.** На території Великоолександрівського району пройшли сильні дощі. Протягом 5 годин випало 93 мм. В селі Борозенське зазнало підтоплення 878 будинків, у селищі Біла Криниця – 100, у селі Кучерське – 60. У селі Борозенське затоплення охопило майже всю територію. Глибина затоплень місцями сягала 40 см.

**Грудень 2004 р.** У Херсонській області внаслідок сильних дощів сталося підтоплення у Великоолександрівському і Генічеському районах. Підтоплено 155 садиб.

**15 лютого 2005 р.** Розпочалося масове і тривале затоплення і підтоплення півдня України. Причиною водної стихії стали снігопади в кінці січня-початку лютого, утворення суцільного снігового покриву товщиною 8-10 см, різке потепління в середині лютого, танення снігу. Тривалість затоплень сягала 1-1,5 місяці з наступним підтопленням протягом 2-3 місяців і більше. У Херсонській області затоплення поверхневими водами зазнало близько 2500 садиб.

**14 серпня 2005 р.** У Херсоні випала місячна норма опадів. Сильна злива тривала близько двох годин. В різних районах міста зливова каналізація не справлялась з відведенням води. Внаслідок високого рівня було призупинено рух транспорту в районі залізничного мосту на Миколаївському шосе і біля суднобудівного заводу на острові.

**16 червня 2007 р.** Внаслідок сильного дощу з градом зазнали затоплення три села у Скадовському районі (Вишневе, Андріївка та Гостре). Випало до 200 мм опадів. На прилеглих полях сформувались потоки води глибиною до 1,0-1,2 м. Зазнали затоплення сільські садиби. На вулицях Вишневого утворився шар граду товщиною до 40 см. Вода залила погребі, затопила кладовище. В окремі будинки вода зайшла через вікна. У Вишневому знищено посівів на площі 1087 га, у Андріївці – 512 га, у Гострому – 605 га.

**13 лютого 2010 р.** У Херсонській області зазнали затоплення 40 населених пунктів (4130 дворів).

**1 липня 2010 р.** Після сильних дощів зазнали підтоплення окремі території у Скадовському та Новотроїцькому районах. Підтоплено понад 200 присадибних ділянок. У селі Василівка Новотроїцького району затоплено 30 підвалів.

**16 липня 2010 р.** На Каховському водосховищі біля села Заводівка Горностаївського району зазнала пошкодження дамба, на якій утворився прорив шириною 23 м. Затоплено 12 дворів і 1 підвал. Пошкоджено покриття доріг.

**25 грудня 2010 р.** У селі Сокологірне Генічеського району пройшли сильні опади. Зазнали затоплення 38 присадибних ділянок, 6 житлових будинків, переселено 3 сім'ї.

**6 вересня 2011 р.** У селі Геройське та прилеглих територіях пройшла сильна злива, під час якої протягом двох годин випало 120 мм опадів. Дощова вода потрапила у промислові басейни сільзаводу, в яких знаходилась ропа, і зменшила їхню концентрацію.

**25 січня 2012 р.** На Азовському морі виник шторм. В районі Генічеська затопило ділянку автодороги Генічеськ-Стрілкове на відтинку близько 1 км. Затоплено базу відпочинку та дитячі оздоровниці. Евакуйовано 45 осіб.

**15 лютого 2012 р.** У Херсоні спостерігалась відлига. Затопило території індивідуальної забудови у мікрорайоні Забалка, вздовж річки Кошова, у провулках Прямий та 4-й Кошовий, на вулицях Польова та Ракетна.

**13 травня 2012 р.** В районі населених пунктів Білозерка, Чернобаївка, Комишан, Ромашкове спостерігався сильний град, який заподіяв значних збитків посівам, садам і виноградникам. В агрофірмі «Радгосп «Білозерський» град пошкодив 100 га яблуневих садів.

**4 червня 2013 р.** У Херсоні пройшов сильний дощ з вітром. На Корабельному спуску утворився потік води, який збивав людей з ніг. Затоплено десятки будинків.

**15 червня 2013 р.** У Херсоні спостерігались зливи з ураганим вітром і градом. У провулку Санаторному потоки води зруйнували тротуар. На вулиці Ватутіна підтоплено житлові будинки.

**21 січня 2014 р.** У місті Скадовськ пройшли дощі з мокрим снігом. Припинено водопостачання та водовідведення.

**2 травня 2014 р.** У Херсоні пройшли сильні дощі та грози з градом, які тривали кілька годин. Випало 30-40 мм опадів. На вулицях міста формувались

потоки води. Зазнали затоплення території на вулицях Чайковській, Кошовій, Причальній та провулках Рибному, Першому Сквозному, Червоному. Біля Панкратівського мосту у зливовий колектор впала жінка і загинула. Виникли перебої з рухом залізничного транспорту.

**23 вересня 2014 р.** У Херсонській області потерпіли від злив і буревіїв шість районів. Спостерігались затоплення територій в Херсоні, Каховці та Цюрупинську. Довкола Генічеська на полях стояла вода.

**18-20 січня 2016 р.** У Херсонській області спостерігався крижаний дощ, після якого прийшли сильні морози. Зазнали знеструмлення 115 населених пунктів.

**Травень 2016 р.** У Херсонській області пройшли сильні дощі. Випало близько 100 мм опадів.

**18 квітня 2017 р.** У Херсонській області спостерігався буревій із зливами та снігом. Знеструмлено населені пункти в Іванівському, Високопільському і Чаплинському районах.

**14 серпня 2017 р.** У Херсоні пройшла сильна злива з буревієм. Зазнали затоплення окремі ділянки міських вулиць. В області знеструмлено 14 населених пунктів.

**21 травня 2018 р.** У Херсоні спостерігався сильний дощ. Вулиці міста були залиті водою. Внаслідок забитої каналізації на них відбулося затоплення.

**6 червня 2019 р.** У селі Козачі Лагері Олешківського району пронісся буревій, який пошкодив дахи 50 будинків, повалив 100 дерев. У Каховському районі за 5 годин випало до двох місячних норм опадів.

**18 червня 2019 р.** В селищі Нова Маячка Олешківського району підтоплено близько 200 домогосподарств.

**Висновки.** Розгляд показав, що у Херсонській області водні стихії відбуваються майже щорічно. Протягом останніх 24 років (1998-2021рр.) спостерігалось щонайменше 29 стихій, найбільші серед яких відбулись у 1998 та 2005 роках. В області інколи випадали короточасні сильні дощі, які ставали причиною виникнення затоплення територій в населених пунктах та сільськогосподарських угіддях. Аналіз наведених стихій, що відбулися в області, показав їх зменшення. Очевидно це пов'язано з глобальним потеплінням клімату.

Слід відмітити, що аналіз водних стихій в Херсонській області охопив мирний час. 24 лютого 2022 року РФ розпочала війну проти України, яка триває досі. У червні 2023 року було підірвано Каховську ГЕС, в результаті чого сталася одна з найбільших рукотворних водних стихій в регіоні.



**Йовжій І.І., Гапіч Г.В.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м.Дніпро*

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ТА ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ З БУДІВНИЦТВА РЕГУЛЮЮЧОГО БАСЕЙНУ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ**

**Вступ.** Внаслідок військових дій Україна втратила майже третину накопичених (інженерних) запасів прісної води. Зруйновано десятки водосховищ, насосних станцій, магістральних каналів і трубопроводів та інших гідротехнічних елементів водогосподарської інфраструктури [1]. Окупація південних і східних регіонів та знищення Каховського водосховища практично припинили зрошення. Оцінки заподіяних втрат і збитків (від падіння рівня ВВП, припинення інвестицій у різні сектори економіки, відтік робочої сили, додаткові витрати на оборону країни та соціальну підтримку населення тощо) оцінюються у понад 600 мільярдів доларів і продовжують постійно зростати [2]. У зв'язку з цим, повоєнне відновлення України, її деградованих земель, територій та акваторій, забезпечення продовольчої і водної безпеки будуть першочерговими питаннями найближчого майбутнього.

**Основна частина.** Аналіз сучасних досліджень показує, що стратегічний розвиток зрошення має ґрунтуватися на застосуванні оптимальних технологій вирощування сільськогосподарських культур задля мінімізації витрат і непродуктивних втрат води. Перспективним є перепланування (перепроєктування) систем вирощування, наприклад, шляхом крапельного зрошення, впровадження різноманітних сівозмін з посухостійкими культурами і надання більшої переваги овочівництву, садівництву та виноградарству. Без відновлення Каховського водосховища та контролю за водними ресурсами південні регіони повернуться до сухого степу чи напівпустелі протягом одного покоління (за прогнозами до 2100 року). Реконструкція систем зрошення дозволить цим регіонам відновитися, як значущі агропродовольчі системи, що підтримує різноманітність агроєкосистем та розвиток громад, а також зберегти цілісність і родючість ґрунтового покриву.

В рамках виконання кваліфікаційної роботи об'єктом нашого дослідження було обрано процес проєктування і будівництва регулюючого басейну для зрошення (Новомосковський район, Дніпропетровська область). У 1980-90 роках на території досліджень діяла зрошувальна мережа. На теперішній час власники сільськогосподарських земель докладають зусиль з відновлення частини існуючої зрошувальної системи. Магістральні та розподільчі трубопроводи існуючі й знаходяться у працездатному стані. Для накопичення потрібного об'єму води для зрошення необхідно влаштування регулюючого басейну (РБ). Проєктом передбачено будівництво РБ корисним об'ємом 2000 м<sup>3</sup> для накопичення і розподілу поливної води (рис. 1).

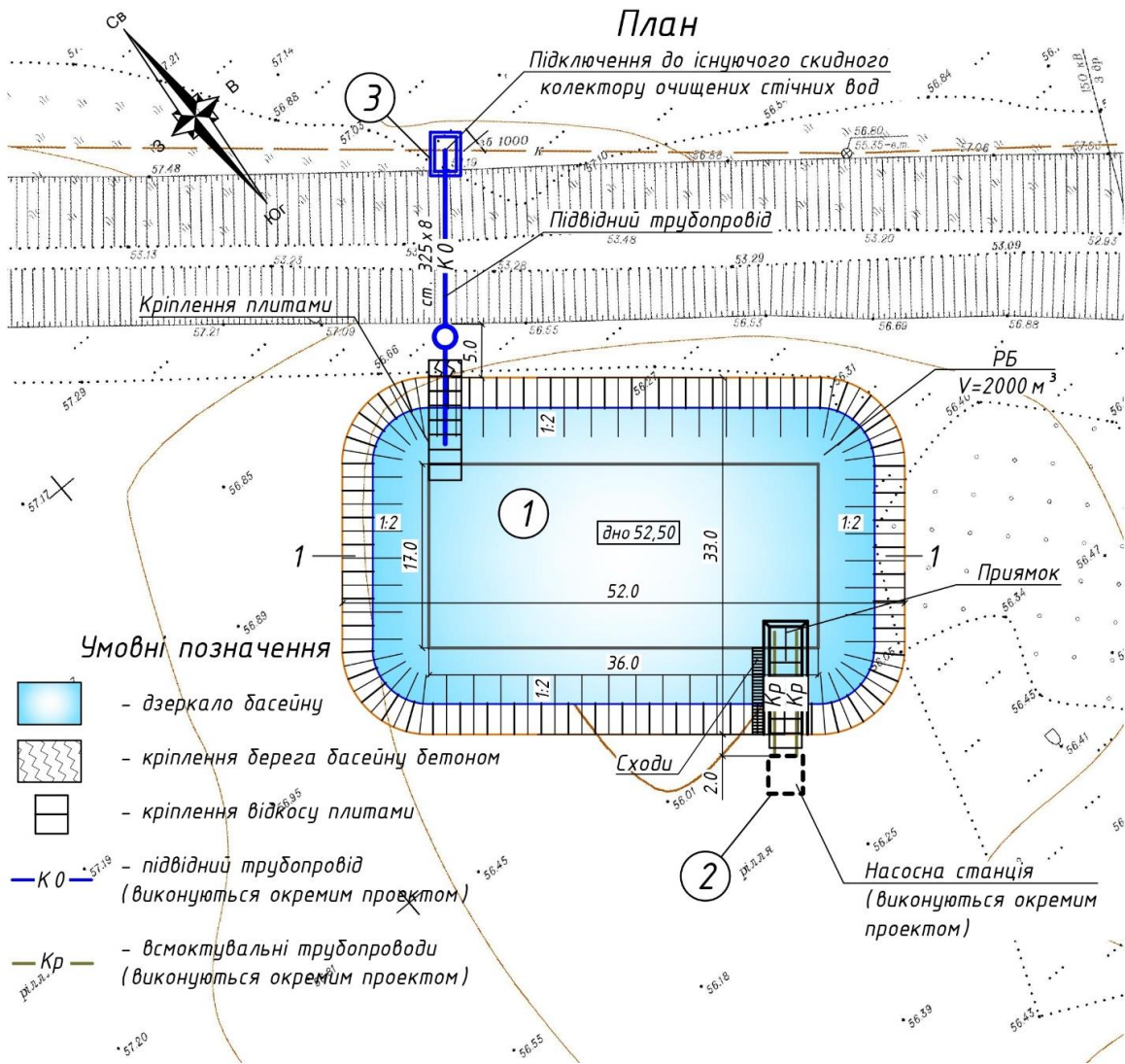


Рисунок 1 - План регулюючого басейну

Регулюючий басейн запроєктовано згідно вимог ДБН В 2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди». Основні конструктивні параметри наступні (рис. 2): розміри басейну в плані 33×52 м; розташування у виїмці; відмітка дна 52,50 м; відмітка рівня води 55,10 м; ухил внутрішнього укосу складає 1:2. Рівень ґрунтових вод на ділянці знаходиться на глибині 4 м, що дозволяє виконати проєкт з будівництва без додаткових технологічних заходів з водозниження. Води за хімічним типом є сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридні, натрієво-калієві з сухим залишком 2,3 г/л і загальною жорсткістю 16,6 мг-екв/л. Рівень ґрунтових вод даного горизонту схильний до сезонних коливань. Амплітуда коливання РГВ становить 0,8 м. Забір поливної води з РБ передбачувано буде здійснюватися пересувною насосною станцією. Протифільтраційним заходом є кріплення дна та укосів басейну водонепроникною геомембраною. Будівництво РБ допоможе відновити зрошення на площі близько 10-20 га сільськогосподарських угідь за різних технологій поливу та збільшити економічну ефективність вирощування агропродукції.



УДК 621.382.28

**Литвиненко В.М.***Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

## **СПОСІБ ОЧИСТКИ КВАРЦОВИХ ТРУБ ДЛЯ ДИФУЗІЇ БОРУ В ТЕХНОЛОГІЇ КРЕМНІЄВИХ ДІОДІВ**

**Вступ.** Кварцові труби у складі дифузійних печей широко застосовуються у виробництві напівпровідникових приладів і інтегральних схем для проведення процесів термічного окислення, дифузії домішок, різного високотемпературного відпалу. У виробництві  $p^+$ - $n$  діодів кварцові реактори використовуються для дифузії бору. В процесі дифузії на внутрішніх стінках кварцових реакторів і в порах в кварці утворюється боросилікатне скло, що є хорошим гетером. При температурах дифузії бору (900-1200°C) боросилікатне скло інтенсивно адсорбує різні домішкові атоми, гази і пари. Домішки, що містяться в кварці, можуть проникати в  $p$ - $n$  - структури, що виготовляються, знижуючи їх вихід.

Очищення кварцових труб, використовуваних для дифузії бору, представляє значну трудність. Особливо важкорозчинними є плівки боросилікатного скла, що утворюються на внутрішній поверхні труб в процесі дифузії бору. Розроблено багато методів обробки кварцових труб, використовуваних для дифузії бору, але їм бракує повне видалення плівки боросилікатного скла з внутрішньої поверхні кварцової труби та пор в кварці.

Виходячи з цього, виникає необхідність проведення досліджень, спрямованих на розробку ефективного способу обробки кварцових труб, що використовуються для дифузії бору. Метою даної роботи є розробка ефективного способу очистки внутрішньої поверхні кварцових труб, що застосовуються при дифузії бору, яка б забезпечувала повне видалення боросилікатного скла з внутрішньої поверхні та пор в кварці з метою підвищення відсотка придатних діодів, що виготовляються з використанням досліджувальних реакторів, за рахунок покращання їх зворотних характеристик.

**Основна частина.** Одним з традиційних способів очищення кварцового оснащення і, зокрема кварцових труб, являється очищення у два етапи [1]. На першому етапі здійснюється хімічна обробка оснащення в царській горілці впродовж години, промивання в дистильованій воді і сушка спиртом. Другим етапом є нагрів оснащення до 1100-1500°C в суміші хлору, хлористого водню і чотирьохлористого вуглецю.

До недоліків методу слід віднести:

1. Застосування методу не забезпечує видалення з поверхні кварцу, що містить небажані домішки, плівки боросилікатного скла, оскільки вона є практично нерозчинною в подібних травниках.

2. Висока токсичність методу в результаті застосування хлорвмісних газів, що вимагає застосування спеціального дорогого устаткування.

Інший відомий спосіб очищення полягає в обробці кварцової труби в концентрованій плавиковій кислоті і подальшого промивання у воді [2]. Для цього трубу заповнюють на одну третину концентрованою плавиковою кислотою і обертають навколо повздовжньої вісі, промивають на протязі 10-30хв. Після розбавлення і зливу плавикової кислоти, внутрішню поверхню реактора протирають ватно-батистовим тампоном, змоченим плавиковою кислотою до повного видалення забруднень, а потім промивають проточною водою на протязі 20-30хв. Щоб видалити каплі вологи, реактор споліскують етиловим спиртом або продувають азотом. Заключним етапом очистки являється відпал труби в дифузійній печі при температурі дифузії або окислення на протязі 24год з безперервним пропусканням через неї інертного газу.

Основним недоліком відомого методу є те, що його застосування для очищення кварцової труби не забезпечує повного видалення з поверхні кварцу плівки боросилікатного скла, що утворюється на стінках труби в процесі дифузії, тому що, зазвичай, до складу боросилікатного скла входить важкорозчинна фаза типу Si – B (наприклад, SiB<sub>4</sub>, SiB<sub>6</sub> та ін.) [3], яка є важкорозчинною у плавиковій кислоті.

Запропонований спосіб очищення кварцових труб полягає в наступному. Кварцову трубу 1, що підлягає очищенню, підключають до парогенератора 2 (рис. 1 ), заправленого деіонізованою водою з питомим опором ( $\rho \geq 18$  МОм), і проводять обробку внутрішньої поверхні труби водяною парою з метою дії на плівку боросилікатного скла 3. При цьому кварцова труба знаходилася в дифузійній печі при  $T = 700^\circ\text{C}$ . Тривалість обробки труби водяною парою складає 30 хв. Після обробки водяною парою кварцову трубу поміщають у ванну з концентрованою плавиковою кислотою і, обертаючи навколо подовжньої осі, витримують в ній впродовж 25 хв. Потім трубу промивають проточною деіонізованою водою на протязі 30 хв. і продувають сухим азотом для видалення крапель вологи. Далі оброблену трубу поміщають в дифузну піч і відпалюють при температурі дифузії ( $T = 1000^\circ\text{C}$ ) в потоці аргону впродовж 2 годин з метою остаточного видалення вологи.

Експериментальним шляхом були встановлені оптимальні граничні значення температур і тривалості обробки кварцових труб водяною парою, які склали відповідно  $700 - 800^\circ\text{C}$  і 15 - 30 хвилин.

Для випробування розробленого способу обробки кварцових труб було вибрано дві кварцові труби, які до цього впродовж місяця використовувалися при проведенні дифузії бору в кремнієві структури з використанням твердого джерела дифузії бору В<sub>2</sub>О<sub>3</sub>. Одна труба була оброблена запропонованим способом. При цьому кварцова труба знаходилася в дифузійній печі при  $T = 750^\circ\text{C}$ . Тривалість обробки труби водяною парою – 25 хвилин. Після обробки водяною парою була проведена обробка кварцової труби концентрованою плавиковою кислотою з послідуочим відпалом в середовищі аргону за технологією, приведеною вище. Іншу трубу обробляли відомим способом [2]. Якщо порівняти технологію очищення відомим і запропонованим способами то, очевидно, що відмінність двох способів очищення полягає тільки в

додатковій обробці труб водяною парою перед хімічним очищенням (запропонований спосіб).

Для випробування розробленого способу обробки кварцових труб було вибрано дві кварцові труби, які до цього впродовж місяця використовувалися при проведенні дифузії бору в кремнієві структури з використанням твердого джерела дифузії бору  $B_2O_3$ . Одна труба була оброблена запропонованим способом. При цьому кварцова труба знаходилася в дифузійній печі при  $T=750^\circ C$ . Тривалість обробки труби водяною парою – 25 хвилин. Після обробки водяною парою була проведена обробка кварцової труби концентрованою плавиковою кислотою з послідувачим відпалом в середовищі аргону за технологією, приведеною вище. Іншу трубу обробляли відомим способом [2]. Якщо порівняти технологію очищення відомим і запропонованим способами то, очевидно, що відмінність двох способів очищення полягає тільки в додатковій обробці труб водяною парою перед хімічним очищенням (запропонований спосіб).

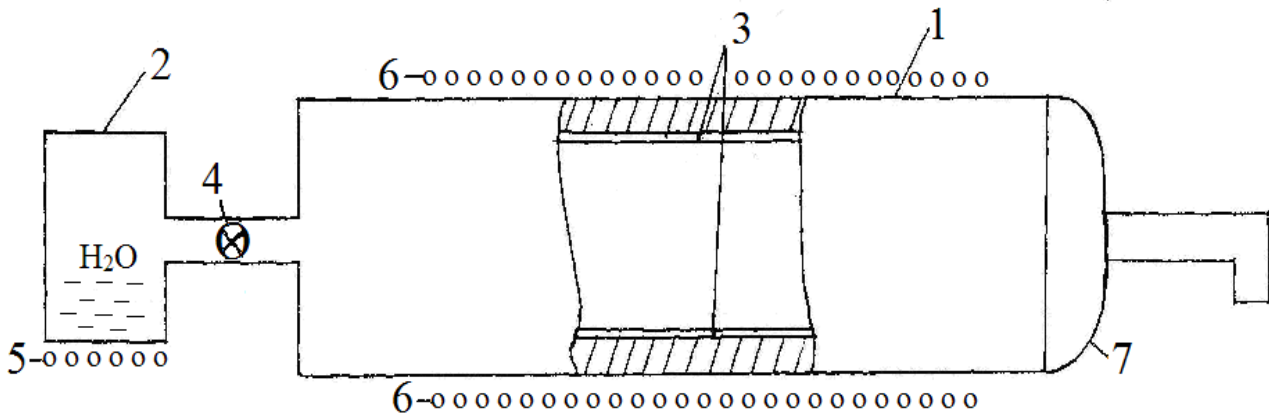


Рисунок 1 - Схема проведення експерименту:

1 – кварцова труба; 2 - парогенератор; 3 - шар боросилікатного скла на стінці кварцового реактора ; 4 – вентиль; 5 – нагрівач парогенератора; 6 - нагрівач дифузійної печі; 7 – заглушка

Ефективність використання запропонованого способу очищення кварцових труб оцінювалась порівнянням залежності рівня зворотних струмів діодних структур, виготовлених з використанням кварцової труби, очищеної за розробленою і базовою технологіями, від методу обробки кварцової труби. яка використовувалася при створенні р - n переходу, з цією метою були виготовлені діоди за стандартною епітаксіально-планарною технологією [3] на кремнієвих епітаксіальних структурах, які мали питомий опір  $1,8 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  і товщину  $10 \text{ мкм}$ . Експериментальна партія ділилася на дві рівні частини. На одній частині пластин дифузія бору здійснювалася з використанням труби, очищеної за базовою технологією, на іншій – за розробленою технологією. Дифузійний процес проводився за температури  $1060^\circ C$  на протязі 25 хв. Результати контролю готових діодних структур по рівню зворотного струму приведені в таблиці 1. Критерій придатності :  $I_{зв} \leq 1 \text{ мкА}$  при зворотній напрузі  $35 \text{ В}$ .

Таблиця 1 - Залежність зворотних струмів діодних структур від методу очистки кварцової труби

Номер партії	Вихід придатних діодних структур, %	
	Базова технологія очистки кварцової труби	Оптимізована технологія очистки кварцової труби
1	77,8	83,7
2	75,4	82,3
3	78,5	85,1
4	76,3	84,6
5	75,6	82,1

Як видно з таблиці 1, застосування оптимізованої технології очистки кварцової труби дає можливість підвищити вихід придатних діодних структур у середньому на 6,9%. При цьому діодні структури, які виготовлені при використанні кварцової труби, очистка якої проводилась за розробленою технологією, мали рівень зворотних струмів у 2 ... 7 разів нижчий в порівнянні з діодними структурами, виготовленими з використанням базової технології очистки кварцової труби.

Також з метою порівняння якості очистки кварцових труб, яка проводилась за базовою та розробленою технологіями, проводився візуальний контроль внутрішньої поверхні труб після завершення очистки. Візуальний контроль показав, що розроблена технологія забезпечує повне видалення плівок боросилікатного скла з поверхні внутрішніх стінок труби. В той же час при обробці труб базовим методом на поверхні труби були помічені острівки плівок темно коричневого кольору, що говорить про залишки важко розчинної фази типу Si – В. Істотне підвищення ефективності очищення кварцових труб при використанні розробленого способу можна пояснити таким чином. Під впливом водяної пари, очевидно, відбувається окислення фази Si - В, що входить до складу боросилікатного скла, а також зміна в'язкості скла. Це значно покращує розчинність плівки боросилікатного скла при подальшій обробці кварцової труби в плавиковій кислоті. Водяна пара, глибоко проникаючи в пори кварцу, забезпечує його очищення від плівок боросилікатного скла і, отже, від домішкових забруднень.

**Висновки.** Використання розробленої технології очищення кварцових труб проведенням їх попереднього відпалу в середовищі водяної пари в діапазоні температур 700 - 800°C на протязі 15 - 30 хвилин перед хімічною обробкою труб в плавиковій кислоті у порівнянні з обробкою труб, що проводиться за базовою технологією, забезпечує повне очищення внутрішньої поверхні труби від плівок боросилікатного скла разом з забруднюючими домішками, і, як наслідок, дає можливість зменшити рівень зворотних струмів і підвищити вихід придатних діодів.



### Список використаної літератури:

1. Маслов А.А. Технологія і конструювання напівпровідникових приладів. М.: Енергія, 1970. 296с.
2. Мокєєв О.К., Романов А.С. Хімічна обробка і фотолітографія у виробництві напівпровідникових приладів і мікросхем. М.: Вища школа, 1979. 272с.
3. Литвиненко В.М. Фізика та технологія напівпровідникових діодів. Монографія. Херсон : ФОП Вишемирський В.С, 2018. 184 с.

УДК 624.01, 627.8.09

**Чеканович М.Г.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

### **РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОПРОЇЗДУ КАНІВСЬКОЇ ГЕС**

**Вступ.** Відновлення об'єктів енергетичної сфери України після пошкоджень через військові дії є нагальною проблемою сьогодення. Першим етапом на цьому шляху виступає обстеження, оцінка технічного стану споруди, визначення можливості її відновлення. На прикладі Канівської ГЕС розглянемо характерні руйнування і їх вплив на технічний стан автопроїзду по спорудам греблі [1, 2].

**Основна частина.** Конструкції проїзної споруди греблі Канівської ГЕС були зведені ще 1972 році. В результаті ракетного обстрілу міст по спорудам ГЕС зазнав численних ушкоджень. Нами за підтримки ПП «БУДНАУКПРОЕКТ» було виконано інструментальне обстеження мостового переходу через ГТС Канівської ГЕС філії «Канівська ГЕС» ПрАТ «Укргідроенерго» (рис. 1-5).

Основні дефекти, що були виявлені під час обстеження, наступні: руйнування, наскрізні отвори (рис. 1, 2), вибоїни сколювання, тріщини, оголення і деформації, вигини арматури в місцях ракетного удару (рис. 3, 4); двостороннє або одностороннє руйнування плитної частини таврових залізобетонних балок внаслідок ракетного удару; руйнування з утворенням отворів в монолітній плиті проїзної частини; руйнування з утворенням отворів у тротуарній частині в місцях ракетного удару [2, с.199-204].

Визначення міцності бетону здійснювалося повіреним приладом імпульсної дії Beton Pro CONDROL (рис. 5). Міцність бетону на стиск варіювалася в межах 29,0 – 39,0 МПа.



Рисунок 1 – Наскрізний отвір в плитній частині автопроїзду гідротехнічної споруди



Рисунок 2 – Вивал бетону, деформації і відгини арматури



Рисунок 3 – Визначення міцності бетону ребра балки



Рисунок 4 – Порушення захисного шару бетону, оголення корозія арматури, визначення залишкової міцності бетону





Рисунок 5 – Визначення міцності ригеля гідротехнічної споруди

Термін експлуатації споруди 52 роки.

Надійність  $P = 0,9731$

Параметр інтенсивності відмов  $\lambda = 0,03495$

Залишковий ресурс споруди автопроїзду складає:

$$T = 60 - 52 = 8 \text{ років}$$

Ресурс від початку експлуатації до досягнення стану 5 становить 8 років.

Залишковий ресурс після відновлювальних, ремонтних робіт кладе

$$T = 126 - 52 = 74 \text{ роки}$$

При цьому стан споруди автопроїзду становитиме – 2.

**Висновки та рекомендації.** За результатами аналізу даних проведеного обстеження автопроїзду, залізобетонних прогонових будов проїзної частини по спорудах греблі, після ракетного удару встановлено, що причинами виникнення та розвитку виявлених руйнувань. дефектів, є безпосередньо наслідками ракетного удару, значного терміну експлуатації, карбонізації бетону, корозії сталевий арматури, недотримання нормативних термінів проведення необхідних ремонтних робіт, збільшення величин тимчасових навантажень від рухомого складу. Виявлені дефекти знижують несну здатність автопроїзду, негативно впливають на довговічність та надійність конструкцій, знижують безпеку руху, а в окремих випадках, можуть призвести до аварійних ситуацій.

В цілому автодорожній проїзд по спорудах греблі згідно ДСТУ 9181:2022 має технічний стан - **4 (обмежено працездатний)**.

Наразі залишковий ресурс 8 років. Рекомендується в подальшому повністю замінити пошкоджені залізобетонні балки, або розібрати пошкоджений бетон до міцного, відновити арматуру і добетувати плитні частини балок.

### Список використаної літератури:

1. Leongard F. "Spannbeton" für die Praxis. Wyd.3. Ernst u Sohn, Berlin-München-Düsseldorf, 1973, p. 246.
2. Чеканович, М.Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкції. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (5), 199-204. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24>

УДК 627

**Онищенко А.М.**

*Національний транспортний університет, м. Київ*

**Шимановський О. В.**

*ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського», м. Київ*

**Чижено Н.П., Мошківський Р.В.**

*Національний транспортний університет, м. Київ*

## ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНЬОГО ПЕРЕХОДУ ГРЕБЛІ КАНІВСЬКОЇ ГЕС

**Вступ.** Будівництво Канівської ГЕС (рис. 1) розпочалося у вже далекому 1964 році й було приурочене до 150-річчя від дня народження Тараса Шевченка. Вона стала останнім елементом, який довершив цілісну систему гідроелектростанцій у межах України і була запущена в експлуатацію у 1972 році. Канівська ГЕС знаходиться на заплаві правого берега р. Дніпро біля північної околиці м. Канева і є другим ступенем Дніпровського каскаду. До складу Канівського гідровузла входять: суміщена з водозливною греблею зі спряженими стоянами будівля ГЕС, правобережна та лівобережна земляні греблі зі шлюзом і монтажним майданчиком і розділова дамба з відкритим розподільчим пристроєм 110/330 кВ. Зазначимо, що важливою технологічною особливістю цієї споруди є, крім безпосередньо виробництва електроенергії, забезпечення транспортного сполучення між правим і лівим берегами р. Дніпро з використанням влаштованого за всією її довжиною автодорожнього переходу.

**Основна частина.** Автодорожній мостовий перехід проходить по греблі Канівської ГЕС і призначений для пропуску автомобільного транспорту та пішоходів (рис. 2).



Рисунок 1 - Загальний вигляд Канівської ГЕС



Рисунок 2 - Автодорожній перехід по греблі Канівської ГЕС

Основні геометричні характеристики автодорожнього переходу наведені на рис. 3 і полягають у наступному: повна довжина – 342,25 м, геометрична схема –  $24 \times 12,8$  м, габарит проїзної частини – 8 м, тротуари – один тротуар із верхової сторони завширшки 1,25 м із пішохідним проходом завширшки 1,0 м. Вкажемо також на те, що в плані міст знаходиться на прямій ділянці дороги, а в профілі – на горизонтальній площині.

Характеристичне рухоме навантаження на споруду прийнято Н-30 і НК-80, а проект розроблено відповідно до чинних на час проектування норм [1].

Прогонова будова моста вирішена балковою, залізобетонною. Балки з каркасним армуванням завдовжки 13,75 м виконані на основі типового проекту залізничних мостів внаслідок того, що при будівництві ГЕС міст тимчасово



використовувався під залізничне навантаження. Підферменники під прогонові будови мосту розміщені на опорах греблі.

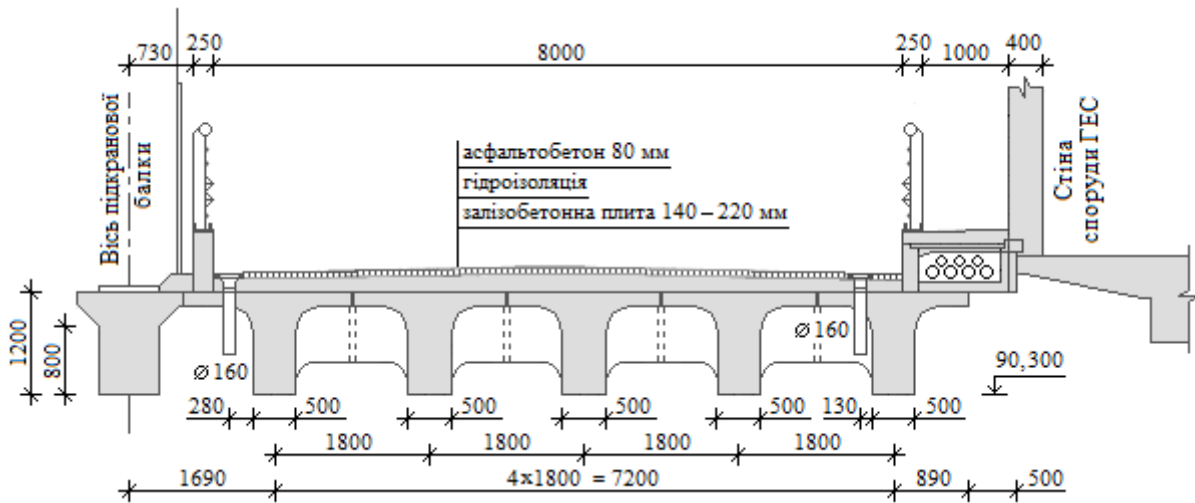


Рисунок 3 - Поперечний переріз автодорожнього переходу

А зараз більш детально розглянемо конструктивні особливості основних елементів автодорожнього переходу.

*Опори та опорні частини.* Міст розміщено на виконаних із монолітного бетону опорах греблі з боку нижнього б'єфу. Тіло греблі має шість секцій, які відділяються одна від одної деформаційними швами. Кожна секція має чотири прогони з отворами по 12,0 м. Всі опори запроектовано у вигляді стінок завтовшки 1,8 м, окрім опор, які розділяють секції греблі. А особливістю конструктивного рішення останніх є те, що вони складаються з двох стінок завтовшки 1,8 м, між якими є деформаційний зазор завширшки 50 мм.

Опорні частини тангенціального типу металеві зварні за типовим проектом залізничних мостів, встановлені на залізобетонні підферменники з підливкою під них цементно-піщаного розчину. Вздовж підферменників по гранях опор влаштовані оглядові ходи із залізобетонних плит, які огорожені металевими поручнями.

*Прогонові будови.* Всі прогони мосту перекриті однаковими прогоновими будовами – балковими розрізними завдовжки 13,75 м із розрахунковою довжиною 12,8 м. Балки мають каркасне армування та виготовлені згідно типового проекту залізничних мостів під тимчасове навантаження С14, при цьому типові балки подовжені на 0,25 м завдяки плиті проїзної частини, через що довжина їх ребер дорівнює 13,5 м. Висота балок становить 1,2 м, а товщина ребра – 0,5 м.

Поперечний переріз прогонової будови складається з п'яти балок, які об'єднані між собою діафрагмами над опорами (рис. 3). Плитні частини суміжних балок не сполучаються між собою, бо між ними існує зазор за виключенням окремих швів заповнених при ремонті. З низової сторони плита фасадної балки примикає до плити підкранової балки (портальний кран, що обслуговує затвори), зазор між яким заповнено монолітним бетоном.

*Мостове полотно.* Дорожнє покриття на мосту має наступну конструкцію: монолітна плита з ухилом 0,02 завтовшки від 140 до 220 мм, гідроізоляційний шар і асфальтобетон завтовшки 80 мм.

*Огородження.* Огородження проїзної частини на мосту виконане залізобетонним із бортом заввишки 0,35 – 0,45 м, який додатково нарощений металевою бар'єрною огорожею заввишки 1,2 м.

*Тротуар.* На автодорожньому переході з його верхової сторони влаштовано односторонній тротуар, що розташований на блоках із збірного залізобетону, всередині яких влаштовано канал для прокладки кабельних комунікацій. Фактична ширина пішохідної частини тротуару в «світлі» становить 1,0 м. Тротуар впритул примикає до стіни службового приміщення ГЕС. Покриття на тротуарі прийняте асфальтобетонним, а огорожа – металевою.

З низової сторони міст відгороджено від зони проїзду порталного крану бар'єрною огорожею.

*Підходи.* Покриття проїзної частини на правобережному та на лівобережному підходах виконане асфальтобетонним. А огороження проїзної частини ближніх підходів є продовженням огорожі проїзної частини мосту.

Результати обстеження конструкцій мостового переходу. Під час проведеного у жовтні 2021 р. обстеження була виявлена низка дефектів конструкцій автодорожнього переходу, найбільш суттєві з яких полягають у наступному.

Основними дефектами *опор та опорних частин* являються: поверхнева корозія опорних плит, балансирів і закладних деталей (рис. 4); забруднення та засміченість опорних частин; подекуди тріщини, відколи в підливці під опорними частинами; в окремих місцях тріщини, оголення та корозія арматури в монолітному ригелі (рис. 5).



Рисунок 4 - Поверхнева корозія закладних деталей і опорних балансирів балки, зазори на місці бетонної підливки



Рисунок 5 - Вертикальна тріщина в монолітному залізобетонному ригелі

До дефектів *прогонових будов* можна віднести карбонізацію бетону, а в окремих місцях руйнування його захисного шару (рис. 6); подекуди тріщини в балках прогонових будов і діафрагмах суміжних балок із розкриттям 0,1 – 0,3 мм (рис. 7); корозію арматури, що супроводжується незначним зменшенням площі перерізу (рис. 6).



Рисунок 6 - Руйнування захисного шару бетону, корозія арматури



Рисунок 7 - Характерні тріщини з шириною розкриття 0,1 – 0,3 мм у діафрагмах, ребрах і полицях балок

В *плитних частинах залізобетонних балок* виявлені наступні дефекти: в окремих місцях сліди зволоження, затікання з патьоками іржі та вилугування цементного каменю; ремонтна суміш Sika під час останнього ремонту нанесена частково на відшарованих поверхнях бетону плит та не виконує свої функції відновлення та ізоляції; незначна корозія арматури збірних плит; часткова корозія металу кріплень у службових оглядових проходах.

*Покриття проїзної частини* має суттєвий недолік у вигляді наявності води та зволоження під асфальтобетонним покриттям (рис. 7), що при поперемінному заморожуванні та відтаванні в холодну пору року з часом призведе до відшарування і руйнування асфальтобетонного покриття на автодорожньому переході. Також, на підходах до моста, в асфальтобетонному покритті виявлені поперечні тріщини до 4 мм (рис. 8).

Серед дефектів конструкцій *водовідведення* можна відзначити наступні: корозійні пошкодження нижніх частин водовідвідних труб (рис. 9), недостатню довжину водовідвідних труб, які мають довжину менше проєктної (рис. 9) та відсутність організованого водовідведення дощових вод у міську каналізацію або до очисних споруд.

З дефектів *бар'єрної огорожі* можна відзначити одну деформовану стійку та в окремих місцях часткову корозію елементів бар'єрної огорожі (рис. 10).

**Висновки.** Згідно [2,3] основні елементи автодорожнього переходу через греблю відповідають наступним експлуатаційним станам: мостове полотно – стан 2 (обмежено справний); прогонова будова – стан 3 (працездатний); опорні



частини – стан 3 (працездатний). А за рейтингом основних конструктивних елементів автодорожній перехід знаходиться у стані 3 – працездатний.



Рисунок 7 - Застій води під асфальтобетонним покриттям проїзної частини, зволоження нижнього шару



Рисунок 8 - Поперечні тріщини до 4 мм в асфальтобетонному покритті підходів проїзної частини



Рисунок 9 - Корозія сталевих труб водовідведення з проїзної частини, недостатня довжина труб водовідведення, що є меншою за проектну



Рисунок 10 - Часткова корозія елементів бар'єрної огорожі

Для недопущення погіршення технічного стану автодорожнього переходу, рекомендовано проведення ремонтних заходів із усунення вище наведених дефектів, в першу чергу – дефектів несних залізобетонних конструкцій. Також особливу увагу треба приділити видаленню вологи з-під асфальтобетонного покриття проїзної частини, бо в протилежному випадку вона призведе до швидкого його руйнування. Вирішення цієї проблеми пропонується шляхом влаштування отворів у металевих воронках водовідведення на рівні низу асфальтобетонного покриття над гідроізоляцією, що забезпечить відтік води до водовідвідних труб. При цьому необхідно

прокласти дренаж між водовідвідними трубками вздовж моста з низової та верхової сторін. З цією метою можна використати стандартну дренажну стрічку.

Окремо треба зазначити про відсутність організованого водовідведення дощових вод із проїзної частини в міську каналізацію або до очисних споруд, як це передбачено вимогами чинних норм [4]. Тому, виходячи з вимог [4], необхідно виконати ремонт системи водовідведення.

### Список використаної літератури:

1. СН 200-62. Технічні вимоги проєктування залізобетонних автодорожніх та міських мостів і труб., 1962. – 328 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 45 с.
3. ДСТУ 9123:2021 Настанова з обстеження та випробування мостів і труб. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 43 с.
4. ДБН В.2.3-22:2009. Мости і труби. Основні вимоги проєктування. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2009. – 73 с.

УДК 502.175:528.9

**Ладичук Д.О., Ладичук В.Д., Лисенко А.В.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

## **ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВТОРИННОГО ЗАСОЛЕННЯ ҐРУНТІВ В ХЕРСОНСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

**Вступ.** На даний момент часу в Херсонській області прогресує вторинне засолення ґрунтів. Внаслідок цього відбувається деградація ґрунтів, що призводить до зменшення урожайності сільськогосподарських культур на зрошуваних землях. Розробка та перевірка у виробничих умовах методів запобігання цьому деградаційному процесу є на сьогодні актуальним питанням.

Мета дослідження: дослідження проблеми засолення в Херсонській області, а саме в Чаплинському районі, а також розробка власних заходів щодо подолання цієї проблеми.

У роботі були поставлені наступні завдання:

1. Визначити причини виникнення вторинного засолення ґрунтів і встановити можливі наслідки цього деградаційного процесу.

2. Визначити еколого - меліоративний стан обстеженої території, виявити та оцінити ефективність методів, які в даний час застосовується для боротьби з проявами вторинного засолення ґрунтів в даному регіоні.

3. На підставі узагальнення зібраного матеріалу та результатів аналізу власних досліджень, розробити еколого – меліоративні заходи щодо покращення стану зрошуваних ґрунтів Чаплинського району Херсонської області.

**Основна частина.** Проведені авторами протягом 2015 – 2021 років теоретичні та практичні дослідження в польових та лабораторних умовах дозволяють сформулювати особливості вторинного засолення ґрунтів вододільних рівнин Лівобережжя Херсонської області та запропонувати способи зменшення прояву цього деградаційного процесу.

У каштанових ґрунтах сухостепової зони спрямованість і інтенсивність процесів зміни ґрунтово-меліоративних умов (при глибокому заляганні ґрунтових вод) визначається в основному вмістом та хімічним складом солей, якістю зрошувальних вод; при близькому заляганні ґрунтових вод велику роль грає їхня мінералізація та хімізм [1].

Досліджуваний район має певні рельєфні особливості, тому було виконане порівняння кількості засолених територій в пунктах з різними рельєфними особливостями. Для порівняння вибрані Ільїнська, Першоконстантинівська та Хрестівська селищні ради.

За визначеними дослідженнями була створена, на платформі MapInfo [2], карта розподілу засолених земель в межах району.

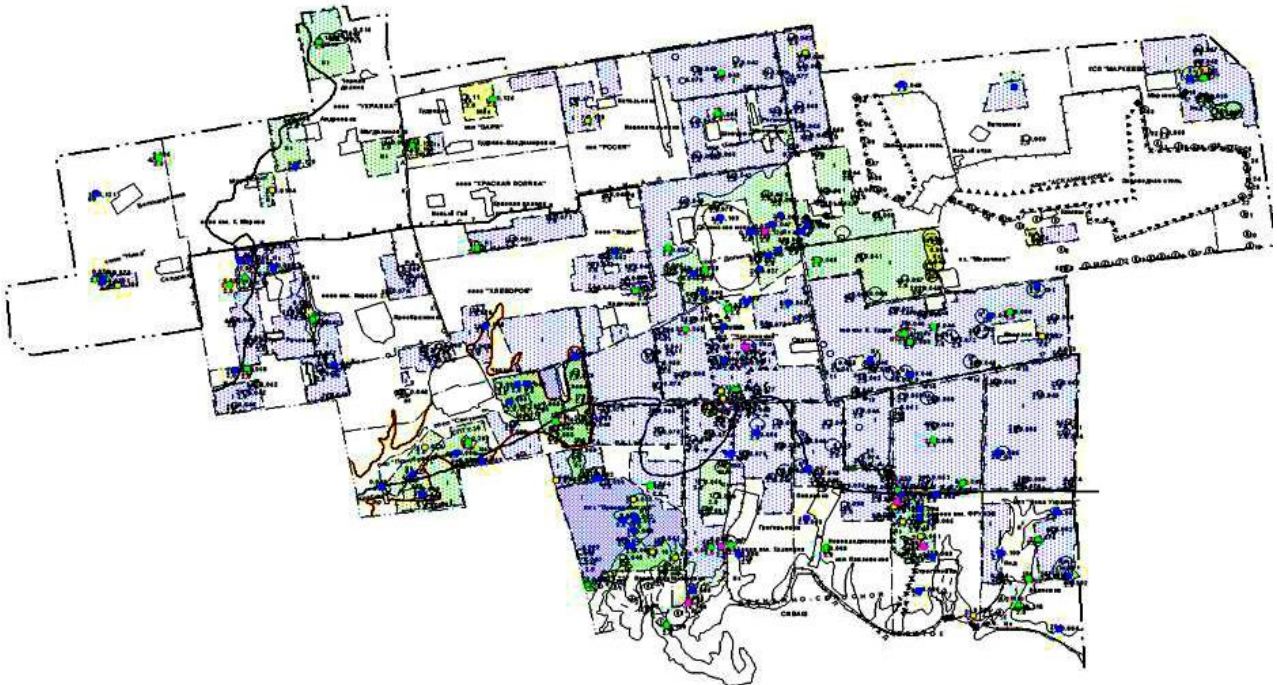


Рисунок 1 - Карта засолення ґрунтів Чаплинського району Херсонської області



Таким чином, аналіз гіпотетичного складу солей, загального їх вмісту і запасів показав, що в складі токсичних солей ґрунтів на різних сільськогосподарських угіддях переважають сульфати натрію та магнію, а також хлориди натрію.

В засолених ґрунтах накопичуються хлориди, як найбільш рухомі солі і сульфати. Слабкозасолені ґрунти розвиваються на масиві, як в гідроморфних, так і в напівгідроморфних умовах, і навіть у автоморфних. Процес накопичення солей відбувається під впливом природних і антропогенних факторів.

Якість зрошувальної води погіршується, тим самим, призводить до збільшення ступеня прояву вторинного засолення зрошуваних земель. Прогноз мінералізації зрошувальної води показує поступове її збільшення, за рахунок зважених часток.

**Висновки.** Найефективнішим методом запобігання вторинному засоленню ґрунтів є – створення промивного режиму зрошення земель. Він є екологічно та економічно обґрунтованим. Для кожного ґрунту повинний бути розроблений (не тільки по кількісному, а по якісному критерію) «порог розсолення».

### Список використаної літератури:

1. Ладичук Д.О., Шапоринська Н.М., Волошин М.М., Ладичук В.Д. Метод визначення типовості антропогенно змінених ландшафтів для проектів меліоративного будівництва в степовій зоні України. *Science and education a new dimension. Natural and Technical Sciences* - VI(18), Issue: 158, 2018. P. 69-71.
2. MapInfo Pro - Desktop GIS. URL: <https://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence/geographic-information-systems/mapinfo-pro.html>.

УДК 628.38

**Kravchenko V.I.**

*Kherson State agrarian and economic University, Kherson*

### **EXPERIMENTAL EVALUATION OF BIOFUEL PRODUCED FROM SEWAGE SLUDGE**

**Introduction.** Treatment systems are used to treat large volumes of wastewater based on the creation of sludge, which remains for years in sludge dumps. For example, up to 3 600 tonnes of sludge is generated annually at the Kropyvnytskyi wastewater treatment plant alone, and overall, the amount of accumulated sludge in Ukraine exceeds 5 billion tonnes, to which another 3 million tonnes of new sludge is added annually [1]. Unfortunately, using such sites for sewage sludge (SS) disposal is a traditional but outdated and irrational way of dealing with sludge. Such sites pose a serious environmental problem in Ukraine and worldwide, as they exclude significant

areas of land from circulation and pose a threat to the environment by emitting pollutants such as methane, hydrogen sulphide, ammonia, etc., and therefore require urgent disposal [2].

It is well known that the feasibility of using a particular technology to treat sewage waste depends on a number of local factors, namely, the capacity of the wastewater treatment plant, the composition and treatment methods of the wastewater and its sludge, the capacity of the treatment plant, the availability of energy, etc. [2].

In Ukraine, the use of solid waste as fertiliser is limited (5%) by the presence of bacterial contaminants (worm eggs, mould, fungi, etc.), the content of toxic compounds, in particular salts of heavy metals and trace elements (Mn, Mo, Co, etc.), which adversely affect plants and the quality of agricultural products, so the utilisation of solid waste has been the primary method of disposal for decades [1].

**Main part.** Sewage sludge are combined substances of inorganic and organic origin [3]. The properties of the sludge depend on the initial contamination of the treated water, and the excess activated sludge also depends on the technical characteristics of the treatment process. An analysis of the sludge composition demonstrates the possibility of exploiting the energy potential contained in this product. Energy potential of sludge ranges from 10 to 14.5 MJ/kg and is approximately equal to the calorific value of lignite [1,4].

The widespread use of thermochemical treatment of SS in Ukraine and worldwide, including incineration, is primarily limited by the high moisture content, which is at least 70% [5]. Some researchers recommend using SS in energy combustion only after the moisture content reaches 10% [6]. Modern drying equipment using combustion gases as a heat carrier will achieve low moisture content in SS. Such dryers have been introduced in recent years and ensure the preparation of raw materials for thermochemical processing with an initial moisture content of 60-70% [7].

A promising and cost-effective way to process sewage sludge is to use it as pellets or briquettes. It will increase energy efficiency and reduce the volume of tanks for transport and storage.

A diagram of the traditional SS processing technology, which is particularly used at the wastewater treatment plants Kropyvnytskyi city is shown in Figure 1.

For the experimental study, «Dnipro-Kirovograd» Company in Kropivnitskiy city provided the following types of sludge: after centrifugation with a moisture content of 70-75%, two types - raw sludge (SS-1) and excess active sludge (SS-2) (in the form of a cake) and SS from sludge storage sites after three years of storage (SS-3).

As the sludge samples provided had a high moisture content, it was observed during the initial press testing of such raw materials that they stuck to the surface of the press, preventing the production of biofuels in pellet form. Therefore, the raw materials were prepared by heat and mechanical treatment before their production. After heat treatment, the samples were destroyed with the formation of individual particles, the vast majority of which (60-70%) were 3-5 mm in size and had a moisture content of 16%.

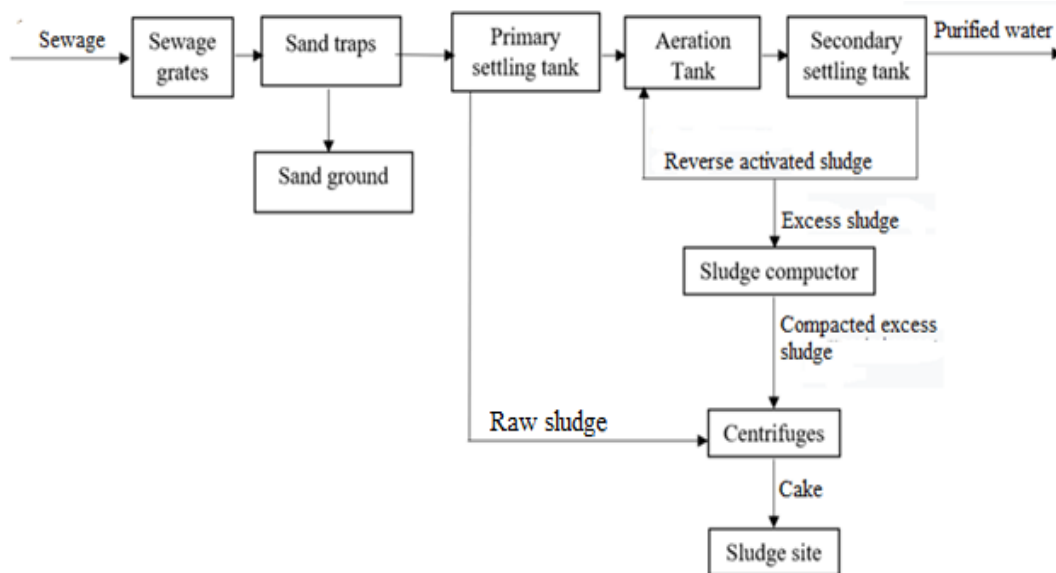


Figure 1 - Schematic diagram of sewage sludge treatment and processing

Figures 2a and 2b show the general appearance of the provided sludge samples before thermal and mechanical treatment. In contrast, Figure 2c shows SS-3 after thermal and mechanical treatment, which has impurities of organic and inorganic origin due to its long stay on sludge sites.

The following technological sequence was used in experimental studies of sludge pellet production: sludge drying; grinding sludge; pressing in a closed die; pellet surface test; determining the ash content of manufactured pellets.

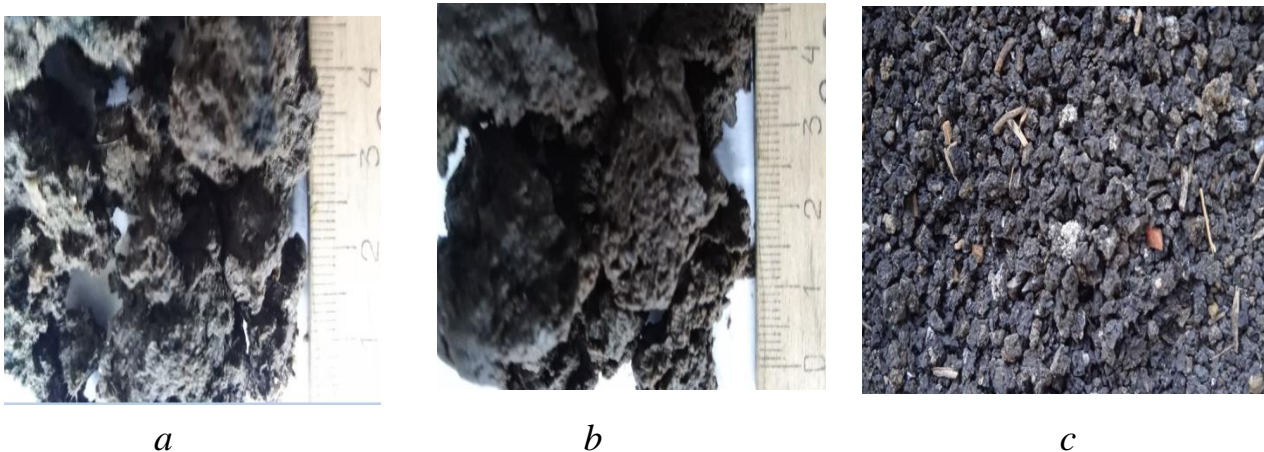


Figure 2 - General appearance of delivered SS samples before and after thermomechanical treatment - author's photo

a - raw sludge (SS-1); b - excess sludge (SS-2); c - sludge from sludge sites (SS-3) after thermal and mechanical treatment

For the production of SS-3 pellets in a closed die, a YBM -50 universal testing machine was used, with a general view of the working part and the specially made device shown in Fig. 3. The pressing device consisted of a punch 1, a die 2 with an internal diameter of 16 mm and a stop 3 installed in the lower part of the die body.

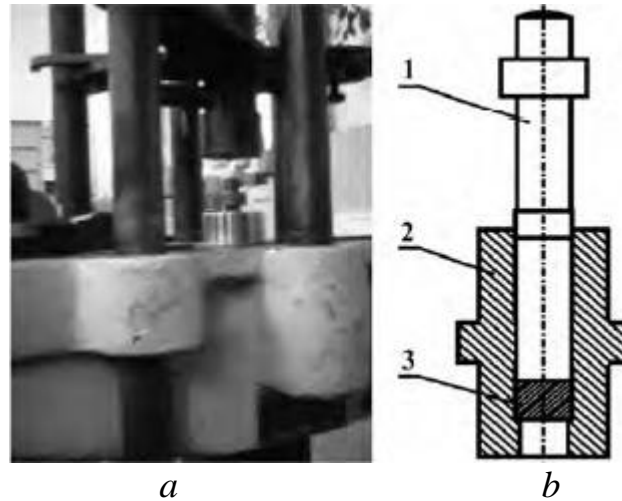


Figure 3c- Working section of YBM -50 with press unit installed (*a*) and diagram of press unit (*b*)

An optical-digital unit consisting of a model МБС -9 stereoscopic microscope, a webcam, and a laptop computer was used to study the fractographic surface structure of granules made from SS-3. A 0.15 mm diameter comparison element was also used to determine the density of the SS particles between each other.

The ash content was assessed using a muffle furnace.

The main experimental results are shown in Table 1. A general view of the pellets produced from sludge obtained from three years of SS is shown in Fig. 4.

Table 1 - Main results of the experimental study developed in-house

l.p.	Raw materials	Pellet density $\rho_p$ , g/cm <sup>3</sup>		Calorific value, $Q_c$ MJ/kg	Ash content, %.
		Pressure 130 MPa	Pressure 217 MPa		
1	SS-1	-	-	19,54	46,0
2	SS -2	-	-		24,5
3	SS -3	1,22	1,26		54,8

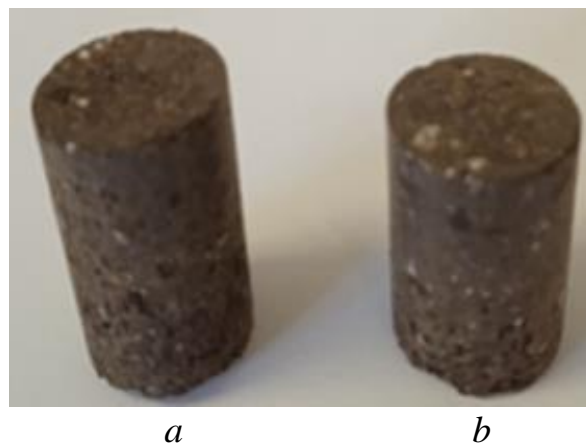


Figure 4 - Pellet samples ( $d = 16$  mm,  $h = 30$  mm) made from sewage sludge with a 3-year ageing period: *a* - pressure 130 MPa; *b* - pressure 217 MPa

According to the results of the pellet production experiments, it was found that in a pressing unit with a vertical punch and a closed die, using SS-3 with a moisture content of 16% at a final pressure of 130-217 MPa produces biofuel samples with a relatively smooth lateral surface (Figure 5) and a high-density  $\rho_p$  1.22-1.26 g/cm<sup>3</sup>.

The pellet surface structure's nature and the spaces' density between the raw material particles after compression were studied on samples of different densities using a microscope and eyepiece with a scale and comparison element.

The fractographic results showed that as the density of the pellets increases (at final pressures of 130 and 217 MPa), the distance between particles at the surface decreases from 0.08 mm to 0.02 mm. The reduced accessible boundaries between particles indicates an increase in the density and strength of samples produced at higher pressures.

The ash content of the SS-3 pellets, determined experimentally after incineration, was then converted to the dry weight of the pellets and raw materials tested. The ash content per dry weight of sludge is shown in Table 1.

The ash residue per dry weight of SS-1 was almost twice as high as that of SS-2, at 46.0 and 24.5 %, respectively, consistent with the data reported in [8].

The ash residue from the combustion of pellets and raw materials from the SS (at  $\leq 800^\circ$  C) had a brittle structure and was quickly destroyed with a transition to a finely dispersed state at low effort.

Solid particles up to 1 mm were observed in the composition of the SS-3 ash residue, which is explained by the three-year residence of the SS in sludge sites.

The higher heat of combustion of the investigated sludge sediments, which is given in Table 3, was determined by the calculation method taking into account the obtained experimental data on ash content.

The higher calorific value of the tested SS, which is given in Table 1, was determined by calculation, considering the experimental data on ash content. The formula of D. Mendeleev [9] was used to determine the higher calorific value of the sludge pellets  $Q_c$ .

The results shown in Table 3 indicate that the  $Q_c$  values of the SS pellets (19.54 MJ/kg) are in satisfactory agreement with the average calorific values: 16.8...27.4 MJ/kg, reported in [10] for domestic sewage sludge.

**Conclusions.** 1. Based on the experimental results, the effect of sewage sludge heat treatment and pressing pressure on the physical properties of the produced biofuel was evaluated.

2. From the prepared sewage sludge with a moisture content of 12-15%, pellet samples with a high texture and high density of 1.22-1.26 g/cm<sup>3</sup> are produced after pressing to a final pressure of 130 and 217 MPa in a vertical punch and closed die pressing device.

3. Based on the experimental data, raw sewage sludge's ash content per dry weight was almost twice that of excess activated sludge and was 46.0% and 24.5%, respectively. The ash content of the pellet samples produced from sewage sludge after three years of storage was the highest at 54.8%, explained by the storage time.

4. The heat of combustion of the pellets was calculated according to known methodology, taking into account experimentally obtained ash content values, and

averaged 19.54 MJ/kg. Using sewage sludge as pellets for combustion in industrial and municipal power plants will allow the production of heat and electricity.

5. The proposed method of disposal of sewage sludge will allow to comprehensively solve the problems of resource conservation, energy efficiency and environmental protection

### References:

1. Kravchenko V.I., Bilous YU.V., Kravchenko V.P. Stvorenniya ta obhruntuvannya kompozytnoho palyva na osnovi osadu stichnykh vod. *Tekhnichni nauky*. Kherson: KHDAEU. 2023. vyp. 3. P. 88-94. URL: <http://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/403>

2. Zorina O.V., Mavrykin YE.O.. Suchasni pidkhody do obrobky ta utylizatsiyi vtorynykh osadiv hospodars'ko-pobutovykh stichnykh vod // *Vodni resursy. Melioratsiya i vodne hospodarstvo*. 2021. № 2. S. 55-68.

3. Saied Shatyr A. Saied-Khassan, Yy Van, Sun Khu, Shén Su, Tszium Sian (2017) Termokhimichna konversia osadiv stichnykh vod v enerhiu ta palyvo: osnovy, problemy ta mirkuvannia [Thermochemical conversion of sewage sludge to energy and fuel: fundamentals, challenges and considerations]. *Zhurnal Scopus Ohliady vidnovliuvanoi ta staloi enerhetyky*, vol. 80, pp. 888-913. Available at: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117309036>

4. Serdyuk V. R., Khrystych O. V., Tereshchenko O. P., Zherdets'kyi V. F., Zhytnyk V.V. Vykorystannya zalyshkiv piroliznoyi pererobky mulovykh osadiv stichnykh vod v budivel'nykh sumishakh DOI 10.31649/2311-1429-2018-2-37-44

5. Babayev V.M., Panov V.V., Khaylo YA.M., Volkov V.M., Horokh M.P. Al'ternatyvni tekhnolohichni rishennya problemy povnoyi utylizatsiyi mulovoho osadu stichnykh vod // *Komunal'ne hospodarstvo mist*. 2018. № 144. S. 32-42.

6. Malhozhata V. ta Mariush T. Production of solid biofuel from city sewage sludge. Technical and economic optimization. 2015. vol. 33(8). URL: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0734242X15588584>

7. Serdyuk V.R., Khrystych O. V., Tereshchenko O.P., Zherdets'kyi V.F., Zhytnyk V.V. Vykorystannya zalyshkiv piroliznoyi pererobky mulovykh osadiv stichnykh vod v budivel'nykh sumishakh DOI 10.31649/2311-1429-2018-2-37-44

8. Bondar O.I., Lozovits'kyi P.S., Mashkov O.A., Lozovyts'kyi A.P. Ekolohichnyy stan nakopychenykh osadiv stichnykh vod m. Kyyeva. *Naukovo-praktychnyy zhurnal Ekolohichni nauky*. №7. P. 38-53. URL: <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2015/7/5.pdf>.

9. Konstantinov S.M., Panov YE.M. Teoretychni osnovy teplotekhniky: Pidruchnyk. - K.: "Zoloti vorota", 2012. - 592 p.

10. Shamans'kyi SY.. Enerhoefektyvna ta ekolohichno bezpechna tekhnolohiya stabilizatsiyi osadiv stichnykh vod aviapidpryyemstv /S.Y. Shamans'kyi, S.V. Boychenko. *Vostochno-Evropeysky zhurnal peredovykh tekhnolohiy*. - 2015. - № 5(8). - PP. 39-45. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte\\_2015\\_5%288%29\\_\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2015_5%288%29__8)



УДК 631.311 (631.432)

**Кравець С.В., Лук'янчук О.П., Степанюк Б.І.**

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

## **ВИБІР ТА ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ І МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТУ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЙОГО ПРИРОДНОЇ ВОЛОГОСТІ**

**Вступ.** Сучасні кліматичні зміни, зокрема, зміна кількості та інтенсивності ґрунтового зволоження (режим атмосферних опадів), мають значний вплив на водно-фізичні властивості мінеральних ґрунтів. Найбільш визначальним для властивостей ґрунту більш за все можна вважати стан його твердої фази. Через структуру ґрунту можна впливати на рівномірність розподілу води в ґрунтовому масиві не тільки у вертикальному, а й частково у горизонтальному напрямі, що дозволить врегулювати питання локальних підтоплень окремих ділянок і несучої здатності мінеральних ґрунтів.

Для вибору вихідних даних числових значень фізико-механічних характеристик ґрунтів, які впливають на їх міцність, існує загально відома методика [1]. По цій методиці, перш за все, експериментально визначається природня вологість ґрунту. Потім експериментально необхідно визначити границі розкочування, текучості, число практичності та показник консистенції. Якщо відомі вологість ґрунту ( $\omega$ ) та показник його консистенції ( $B_{кр}$ ) із таблиць вибирають числові значення коефіцієнта зчеплення ( $c$ ), кутів внутрішнього ( $\varphi_0$ ) та зовнішнього ( $\varphi$ ) тертя та питому силу тяжіння ґрунту ( $\gamma_{гр}$ ).

**Основна частина.** Простіша методика розроблена в національному університеті водного господарства та природокористування (України), що дозволяє визначити фізико – механічні показники ґрунтів тільки по їх природній вологості [2, 3].

За цією методикою експериментально необхідно визначити тільки природню вологість ґрунту. Потім за природньою вологістю ґрунту визначають тип ґрунту, який знаходиться у межах [2, 4]: для пісків –  $\omega = 7...10\%$ ; для супісків –  $\omega = 10...15\%$ ; для суглинків –  $\omega = 15...25\%$ ; для глин –  $\omega = 25...35\%$ .

Число пластичності ( $\omega_n$ ), границі текучості ( $\omega_t$ ) та розкочування ( $\omega_p$ ), а також показник консистенції ( $B_{кр}$ ) необхідно визначити за критерієм залежності А.М. Зеленіна [2, 3, 4].

$$\omega_n = \omega - 8; \quad (1)$$

$$\omega_t = 14,8 + 1,2\omega_n = 1,2\omega + 5,2; \quad (2)$$

$$\omega_p = \omega_t - \omega_n = 0,2\omega + 13,2; \quad (3)$$

$$B_{кр} = \frac{\omega - \omega_p}{\omega_t - \omega_p} = \frac{0,8\omega - 13,2}{\omega - 8}; \quad (4)$$

У залежності від показника консистенції визначають консистенцію ґрунтів: тверда ( $B_k < 0$ ); напівтверда ( $0 < B_k < 0,25$ ); тугопластична ( $0,25 < B_k < 0,5$ ); мягкопластична ( $0,5 < B_k < 0,75$ ); текучопластична ( $0,75 < B_k < 1$ ); текуча ( $B_k > 1$ ). Оскільки фізико – механічні параметри цих ґрунтів з урахуванням найбільш ймовірної їх природної вологості які визначені в монографії [5], приведені в таблицях додатків [5, 6, 7]. Такі, як питому силу тяжіння ґрунту ( $\gamma_{гр}$ ), кути внутрішнього ( $\varphi_0$ ) та зовнішнього ( $\varphi$ ) тертя, коефіцієнта зчеплення ( $c$ ).

У подальшому можливо визначити механічні показники та характеристики ґрунтів.

Коефіцієнт бічного розширення (коефіцієнт Пуассона) дорівнює [2]

$$\mu = \frac{\xi}{1+\xi}; \quad (5)$$

де

$\xi$  – коефіцієнт бічного тиску визначається за формулою Покровського Г.І. [2].

$$\xi = 1 - 0,74 \tan \varphi_0 - \frac{1,52c}{q_{кр}}; \quad (6)$$

де

$q_{кр}$  – критичний тиск, який визначає несучу спроможність ґрунту за формулою Паукера [2, 8]

$$q_{кр} = \gamma_{гр} \left( h_з + \frac{c}{\gamma_{гр} \tan \varphi_0} \right) \tan^4 \left( 45^\circ + \frac{\varphi_0}{2} \right); \quad (7)$$

де

$h_з$  – глибина заглиблення штампа, що деформує ґрунт.

Компресійний модуль деформації, що визначається при стисненні ґрунту без можливості бічного розширення [1, 9]

$$E_{гр} = \frac{(1+\omega)\rho_{ТВ}}{c_k \rho_{пр}}; \quad (8)$$

де

$\rho_{ТВ}$ ,  $\rho_{пр}$  – відповідно щільність твердих частинок і природня щільність ґрунту;  $c_k$  – коефіцієнт компресії ґрунту [3, 9]

$$c_k \approx 0,07 \dots 0,09(\omega_T - 10); \text{ МПа}^{-1} \quad (9)$$

Модуль об'ємної деформації, який характеризує все стороннє однакове у всіх напрямках (об'ємне) стискання однорідного зразка ґрунту, дорівнює [2, 9]

$$h_\theta = \frac{1+2\xi}{3} E_{гр}; \quad (10)$$

З іншої сторони і модуль об'ємної деформації дорівнює [2, 9]

$$h_{\theta} = \frac{E}{3(1-2\mu)}; \quad (11)$$

де

$E$  – модуль пружності ґрунту, який визначається при однобічному стисканні зразка ґрунту з можливістю бічного розширення.

Прирівнюючи (10) і (11) визначимо

$$E = (1 + 2\xi)(1 - 2\mu) \frac{(1+\omega)\rho_{тв}}{c_k \rho_{пр}}; \quad (12)$$

Модуль загальної деформації, який визначається за діаграмами однобічного стискання зразка ґрунту з можливістю бічного розширення, дорівнює [1]

$$M_{заг.} = E_{гр} \left(1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu}\right); \quad (13)$$

Якщо швидкість деформування наближається до критичної величини, то пластичні деформації не виникають і ґрунт деформується по закону Гука [10]. У цьому випадку середній модуль загальної деформації у першому наближенні дорівнює модулю пружності ( $M_{сер.} \approx E$ ) [10, 11].

При визначенні фізико – механічних показників ґрунтів знаючи межі їх природній вологості отримані наступні межі їх значень, які приведені в (табл.1).

Таблиця 1 - Фізико – механічних показників ґрунтів

Тип ґрунту	Граничні межі	$\omega$ , (%)	$\xi$	$\mu$	$c_k$ , (МПа <sup>-1</sup> )	$E_{пр.}$ , (МПа)	$E$ , (МПа)	$M_{заг.}$ , (МПа)
Твердий супісок	Min	10	0,525	0,344	0,416	3,502	2,238	2,238
	Max	14			0,48	3,145	2,01	2,01
Напівтвердий суглинок	Min	17	0,576	0,365	0,528	2,795	1,62	1,62
	Max	20			0,576	2,628	1,523	1,523
Тугопластична глина	Min	25	0,633	0,388	0,656	2,524	1,285	1,285
	Max	30			0,736	2,339	1,191	1,191
Твердий суглинок	Min	10	0,548	0,354	0,416	3,184	1,949	1,949
	Max	14			0,48	2,859	1,751	1,751
Напівтверда глина	Min	17	0,606	0,377	0,528	2,795	1,517	1,517
	Max	20			0,576	2,628	1,426	1,426

$\omega$  – вологість ґрунту (%);  $\xi$  – коефіцієнт бічного тиску;  $\mu$  – коефіцієнт бічного розширення;  $c_k$  – коефіцієнт компресії ґрунту (МПа<sup>-1</sup>);  $E_{пр.}$  – компресійний модуль деформації (МПа);  $E$  – модуль пружності (МПа);  $M_{заг.}$  – модуль загальної деформації (МПа).

**Висновки.** З отриманих даних фізико – механічних показників ґрунтів (табл.1) можна підсумувати наступне:

- середній модуль загальної деформації у першому наближенні дорівнює модулю пружності ( $M_{сер.} \approx E$ ), що свідчить про відсутність пластичних деформацій.

- зі зростанням вологості ґрунту ( $\omega$ ) коефіцієнт компресії ґрунту ( $c_k$ ) зростає. А компресійний модуль деформації ( $E_{пр}$ ), модуль пружності ( $E$ ), модуль загальної деформації ( $M_{заг}$ ) зменшується.

### Список використаної літератури<sup>^</sup>

1. Бабич Є. М., Крусь Ю. О. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. Підручник – Рівне: РДГУ, 2001, - 367 с.
2. Кравець С. В. Теорія руйнування робочих середовищ. Навч. пос. – Рівне: НУВГП, 2008 – 124с.
3. Наукові основи та практика створення мінімально енергоємних робочих органів для формування комунікаційних порожнин у ґрунті. Монографія/ С. В. Кравець, В. М. Супонєв, О. П. Посмітюха, С. П. Балесний. – Харків: ХНАДУ, 2021 – 304 с.
4. Зеленин А. Н., Баловнев В. І., Керов М. П. Машини для земляних робіт. Навч. пос. – М.: Машинобудування, 1975 – 424 с.
5. Кравець С. В. Ґрунтозахисні та енергозберігаючі машини для прокладання підземних комунікацій. Монографія – Навч. пос. – Рівне: РДГУ, 1999 – 277с.
6. Кравець С. В., Кованько В. В., Лукянчук О. П. Наукові основи створення землерийно – ярусних машин та підземно рухомих пристроїв. Монографія – Рівн: НУВГП, 2015 – 322с.
7. Кравець С. В., Нечидюк А. А., Косяк О. В. Машини для прокладання підземних комунікацій (наукові основи створення); підручник/ за загальною редакцією С. В. Кравець. – Рівне: НУВП, 2018 – 270с.
8. Маслов Н. Н. Основи інженерної геології і механіки ґрунтів. – М.: Вища школа, 1982 – 511с.
9. Гольдштейн М. Н. Механічні властивості ґрунтів. – М.: Стройіздат, 1979 – 304 с.
10. Станевський В. П. Удосконалення робочого процесу землерийних машин – Київ: Вища школа, 1984 – 128с.
11. Федоров В. М. Робочі органи землерийних машин – М. Машинобудування, 1997 – 288с.

УДК 624.138

**Желуденко К.В.***Херсонський державний аграрно-економічний університет, Херсон*

## **УДОСКОНАЛЕНІ МЕТОДИ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТІВ ОСНОВ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

**Вступ.** Ґрунтове ущільнення є ефективним методом, що покращує фізичні й механічні властивості ґрунту у спорудах. Для ущільнення ґрунтів використовують найбільш відомі на сьогодні вибухові методи, глибокі віброущільнювачі і важкі трамбівки. Це дає можливість значно збільшити або навіть примножити несучу здатність основ, а відповідно, підвищити навантаження будівель і споруд на одиницю площі, надійність відкосів, стійкість структури ґрунтів до динамічних (сейсмічних, фільтраційних тощо) навантажень, отже, таким чином підвищити надійність та економічність конструкцій.

**Основна частина.** Помилки в будівництві фундаментів старих будівель, в оцінці властивостей ґрунту призводять до того, що виникає необхідність укріплювати фундаменти і ґрунт в основі. Зазвичай всі традиційні методи підсилення фундаментів направлені на збільшення площі основи існуючого фундаменту і, відповідно, зменшення інтенсивності тиску на фундаменти основи. Крім того, розробляються технологічні методи штучного покращення властивостей ґрунту в фундаменті, вводячи різні хімічні реагенти.

Якість ґрунтового ущільнення зумовлено передусім його гранулометричним складом, вихідними вологістю, видами і характеристиками ґрунтових ущільнювачів, а також правильної організації їх роботи. Найкращий результат з ущільнення досягається при оптимальній ґрунтовій вологості (залежить від його гранулометричного складу). Ущільнення ґрунтів різних гранулометричних складів в значній мірі залежить і від того, який зовнішній вплив на нього має ущільнювач. У такому випадку розрізняється чотири типу ущільнення (трамбування, укатка, вібрування, вібротрамбування), а також відповідні типи ущільнюючих машин.

Віброущільнення найчастіше використовується для піску і сумішей піску. Поверхнєве віброущільнення виконується віброплитою і застосовується для ущільнення основ, дорожнього одягу, піщаної подушки і насипів. Глибина ущільнення виконується глибинним вібратором з одночасною водонасиченістю ґрунту. Метод використовується в основному для ущільнення основ, що дозволяє покращити несучу здатність ґрунту.

Серед різних способів ущільнення ґрунту доцільно виділити метод глибинного віброущільнення піщаної основи. В процесі роботи вібраційного агрегату виникає занурення ущільнювача в ґрунт основи на заданій глибині і наступне його опускання. Протягом всіх проміжків часу занурення і підйом ущільнювача через сопло внизу штанги до ґрунту основи вода подається під тиском. Обирати технологічну схему потрібно в залежності від умов:

- виду і характеристики доступної ґрунтової сировини;

- рівня обґрунтування виготовлення технологічних матеріалів і процедур у відповідності до вихідної сировини;
- відповідності технологічним і методичним вимогам в процесі виконання робіт.



Рисунок 1 - Ущільнення ґрунтів за допомогою вібротрамбовки

Метод армування передбачає, що при будівництві ґрунтової конструкції використовуються спеціальні елементи, які сприяють покращенню механічних властивостей ґрунту. У складі конструкції ґрунту армовані елементи сприймають частину навантажень і розподіляють напруження по всім ділянкам армування. Більш перспективні у використанні матеріали геосинтетики – об’ємна георешітка, плоска геосітка, геотканина та геополотно. В деяких випадках краще використовувати метод розподілення випадкового волокна. Його сутність полягає у змішуванні окремих волокон (натуральних, штучних, мінеральних) з масою ґрунту, і таким чином надати йому посилені характеристики.

Ущільнення палями є методом глибинного ущільнення. Він передбачає спочатку утворення бурової свердловини, а потім її заповнення ґрунтом або іншими наповнювачами. Після цього виконують ущільнення. Такий спосіб ущільнення забезпечує міцність ґрунтових масивів і зменшує їх руйнівні властивості.

При сильному насиченні ґрунту водою і вологою необхідно обережати ґрунт. Таке зустрічається при високому заляганні рівня ґрунтових вод або при сезонному водонасиченні. Щоб позбавити ґрунт надлишку води, створюються спеціальні системи дренажу. Метод найчастіше використовується для того, щоб попередити потрапляння води на будівельний майданчик, тому не є основним, але є захисним.



Смолізація – ущільнення ґрунтів синтетичним полімером (смолою). В ґрунті і клею формується масив з кращими характеристиками (твердий, однорідний). Смола подається у ґрунт шлангом через анкерні системи, що пробурюються у ґрунт. В залежності від матеріалу, що використовується, через кілька годин отримується тверда суміш ґрунту та смоли, що характеризується високою несучою здатністю та потрібними міцнісними характеристиками. Для склеювання ґрунтів можна використовувати різні методи: послідовно – першим завантажується клей, далі – речовина, яка сприяє твердненню, і одночасно завантажується в ґрунт клей і речовина для тверднення, що змішані до початку процедури. Даний метод використовується для посилення скельних, великоуламкових, піщаних, земляних ґрунтів. Метод з укріплення ґрунтів ензимом використовується при укріпленні ґрунтів лінійних об'єктів будівництва (дороги, залізниці, трубопроводи тощо).



Рисунок 2 - Хімічне зміцнення ґрунтів (смолізація)

Бітумізація – це метод ущільнення тріщинуватих піщаних і скельних ґрунтів. Він заснований на основі введення бітумів в ґрунт. Можуть бути у вигляді розплавів, емульсій, пасти. Бітумна суміш використовується як в гарячій, так і в холодній формі. Бітумізація застосовується для укріплення глибини і поверхні. Перед подачею в ґрунт бітумна маса розігрівається в котлу до температури 150°C. А потім за допомогою насоса подається в ін'єктори по трубам. Ін'єктори розміщуються на відстані 0,75 – 2 м один від одного. Тиск, під яким в ґрунт подається бітум, складає 2,5 – 3 МПа. Холодні бітумні емульсії виготовляються з бітуму, який розщеплюється у воді на дрібні частинки за допомогою емульгатора. Склад отриманої суміші – 40% води і 60% бітуму. В багатьох випадках гарячі бітуми поєднуються з холодними, оскільки гарячі бітуми не можуть проникнути у невеликі тріщини (менше 1 мм). Холодні бітумізації вважаються успішними тоді, коли менше часток бітуму в емульсії.



Рисунок 3 - Бітумізація ґрунту

Незважаючи на традиційне використання органічного і мінерального в'язучого для ущільнення ґрунту, на сьогодні широко використовуються стабілізатори ґрунту. Всі стабілізатори, виходячи зі свого складу і природи взаємодії ґрунтів, об'єднані в два основні класи: перший клас відноситься до іонних закріплювачів глинистого ґрунту (головним чином застосовуються для глинистих ґрунтів), другий клас відноситься до полімерних емульсій (застосовуються для піщаних ґрунтів). Використання стабілізаторів знижує оптимальну вологість ґрунту, а також сприяє підвищенню щільності ґрунту на 5-10%; при використанні стабілізаторів можна збільшити щільність і пружність ґрунту.

**Висновки.** Аналіз існуючих методів покращення фізико-механічних властивостей ґрунту показав, що застосовуються в будівництві тільки деякі з них: ущільнення за допомогою укатування і вібрації, ущільнення геосинтетикою, глинізація, гідрофобізація, бітумізація, застосування ензимів, укріплення мінеральними в'язучими і спеціальними стабілізаторами. Більшість цих методів перспективні для розвитку чи модернізації, але ті, які входять до групи фізико-механічних і хімічних, є найбільш перспективними.

### Список використаної літератури:

1. Винников Ю.Л. Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі : монографія. Полтава: ПолтНТУ, 2016. Вид. 2-ге, перероб. і доп. 280 с.
2. Зоценко М. Л., Коваленко В. І., Яковлев А. В. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: підручник. Полтава : ПолтНТУ, 2003. 446 с.
3. Попович М.М., Парньовий Д.В., Бойко С.П. Ефективні способи влаштування фундаментів будівель і споруд. Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/31951/%D0%9F%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

УДК 628.35

**Телима С.В.***Інститут гідромеханіки НАН України, м. Київ*

## **ХАРАКТЕРИСТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БІОПЛІВОК ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД В БІОРЕАКТОРАХ**

**Вступ.** Погіршення гідроекологічного стану водного середовища в Україні протягом останніх років обумовило появу низки проблем, пов'язаних з необхідністю нагального поліпшення ситуації, що виникла, оскільки в деяких регіонах країни, зокрема, на Півдні мають місце наявні ознаки наступаючої екологічної катастрофи. На сьогодні має місце інтенсивне навантаження на нього у зв'язку із неконтрольованим забрудненням різного походження річкової мережі, водойм і водоносних горизонтів, суттєво знизилась якість питної води і спостерігається дефіцит водних ресурсів, придатних для водопостачання населення. З іншого боку, війна з Росією створила додаткове техногенне навантаження на всю екосистему нашої держави в цілому. Тому виникає необхідність у будівництві та впровадженні сучасних технологій очищення стічних вод на об'єктах різного профілю, що сприятиме покращенню екології в Україні у післявоєнний час. Одним із способів покращення ситуації зі стічними водами, які забруднюють водне середовище, є їх додаткове очищення. Зараз найбільш ефективними методами очищення забруднень вважаються методи біологічного очищення з використанням біореакторів різних конструкцій.

Актуальність питання очищення стічних вод в нашій державі на сьогодні безсумнівна. Багато наукових праць і практичних рекомендацій присвячено різним аспектам вирішення розглянутих завдань, наприклад, фундаментальні роботи зарубіжних вчених [1, с.4340; 2, с.10]. Серед вітчизняних робіт слід відмітити роботи Олійника О.Я. та його колег [3, с.180; 6, с.56] та інших.

В процесі проведених досліджень виконано аналіз впливу деяких гідродинамічних процесів та біохімічних перетворень на характеристики та структурні особливості біоплівки при очищенні стічних вод у біореакторах різних конструкцій. Розглянуто різні типи біоплівки та основні її параметри, які характеризують її структуру та можливість використання цих характеристик з метою обґрунтування та розробки основних підходів до створення математичних моделей процесу формування біоплівки, зокрема, її товщини з постійною та змінною пористістю при різних режимах роботи біореакторів для більш ефективного очищення стічних вод від забруднень різного походження.

**Основна частина.** Процеси біоочистки базуються на двох основних положеннях:

1. Активні мікроорганізми накопичуються в межах системи у вигляді біоплівки;
2. Мікроорганізми видаляються із стічної води перед тим як вона вийде із очисної споруди (біореактора).

В біореакторі мікроорганізми накопичуються у вигляді біоплівки, прикріплюючись до твердої поверхні. При цьому накопичення активної біомаси не потребує відстійників. Бактерії та суспензії можуть видалятися потоками води, а бактерії в біоплівках захищені від вимивання і ростуть на ділянках, де забезпечене їхнє живлення.

Біоплівки створюються бактеріями, що знаходяться всередині матриці поза кліткових полімерних сполук (EPS), які містять полісахариди, протеїни, вільні нуклеїнові кислоти та воду. EPS в основному являє собою клей, який утримує біоплівку на місці завантаження.

Біоплівка складається із основної рідини, пограничного шару та підтримуючого шару (субстрат). Массоперенос субстрату та електронних акцепторів всередині біоплівки відбувається в основному за рахунок молекулярної дифузії і цей процес проходить повільніше, чим видалення субстрату за рахунок градієнту всередині біоплівки.

Для оцінки процесів, що відбуваються в системах біоплівок, необхідне розуміння взаємозв'язку між масопереносом та процесами перетворення субстрата.

В реальних умовах розглядається, як правило, очищення стічних вод у біореакторах із завислим біоценозом і неоднорідною біоплівкою. За таких умов використовується добре відоме рівняння, що описує утилізацію органічних забруднювачів з одним обмежувальним субстратом в стаціонарних умовах. Дане балансове рівняння описує швидкість видалення субстрату в умовах нелінійної кінетики реакції Моно.

У запропонованій нами математичній моделі неоднорідної плівки прийнятий зв'язок між ефективним коефіцієнтом дифузії та щільністю біоплівки, отриманий в результаті експериментальних робіт.

Аналіз проведених теоретичних та експериментальних досліджень показав, що процеси вилучення субстрату залежать від концентрації мікроорганізмів у біоплівці. Однак, при значних його концентраціях відбувається деяке зменшення субстрату, що пов'язано із зменшенням коефіцієнту дифузії, так як видалення субстрату контролюється у більшій мірі процесами масообміну.

$$D_L(z) \frac{d^2 L}{dz^2} + D_{L1} \frac{dL}{dz} - \frac{\mu_{\max} X_L}{Y} \cdot \frac{L}{K_{m_L} + L} = 0 \quad (1)$$

Представлене вище рівняння балансу описує швидкість використання субстрату в умовах нелінійної кінетики реакції Моно. Позначення прийнятих значень у рівнянні (1) наведено, зокрема, у роботах [1, с.43-45; 3, с.182].

В цілому процеси вилучення субстрату залежать від концентрації мікроорганізмів у біоплівці  $X_f$ . Однак, при значних концентраціях  $X_f$  відбувається деяке зменшення субстрату, що можна пояснити тим, що має місце значне зниження коефіцієнта дифузії, а процеси екстракції субстрату більшою мірою контролюються процесами масообміну та мають більший вплив порівняно з концентрацією  $X_f$ .

При вирішенні рівняння (1) було прийнято ряд умов, зокрема, що субстрат транспортується шляхом дифузії та використовується мікроорганізмами відповідно до відомого кінетичного рівняння Моно. Ефективну дифузію та щільність біоплівки можна розраховувати на межі кожного шару стратифікованої біоплівки, процес у біоплівці можна розглядати в стаціонарних умовах, субстрат переноситься в перпендикулярному напрямку, а біоплівка формується на непроникній і неактивній поверхні. Також припускається, що забруднення транспортуються до нижньої поверхні в напрямку лише шляхом дифузії. Розв'язки (1), в яких враховуються значення концентрації  $X_f$  та коефіцієнт ефективною дифузії  $D_f$ , запропоновані в роботах [1, с.43-46; 4. с.96].

При формуванні однорідної біоплівки прийнято наступне:

1) однорідна біоплівка має ефективний коефіцієнт дифузії, що дорівнює середньому значенню ефективного коефіцієнта дифузії для однорідної стратифікованої біоплівки.

2) однорідна біоплівка має значення ефективного коефіцієнта дифузії, що дорівнює значенню біля нижньої поверхні стратифікованої біоплівки.

3) ці коефіцієнти вважаються однаковими біля її верхньої поверхні.

Слід зауважити, що в цілому вирішення проблем, пов'язаних з біологічним очищенням стічних вод від різних забруднювачів за допомогою біоплівок, залежить від прийнятої моделі їх структури.

На основі аналізу існуючих літературних джерел, а також отриманих результатів досліджень зроблено наступний загальний висновок, що при розробці та використанні моделей біоплівок достатньо обмежитися розглядом і дослідженням одновимірних моделей з плоскими поверхнями. При цьому для врахування кривизни поверхні можна використовувати поправочний параметр  $A_e$ , значення якого для різних геометричних форм отримано експериментальним шляхом і змінюється в межах 1.0-2.32 [4, с.115] У результаті проведеного аналізу з використанням експериментальних даних було з'ясовано, що для біоплівки, яка має щільну тверду матрицю та плоску поверхню оцінка відповідає значенню параметру  $A_e=1.0$  При значеннях більше 1.0 ми маємо складну структурну поверхню біоплівки типу «гриб» - з різними скупченнями і каналами і в цьому випадку цю складну структуру біоплівки слід враховувати при проведенні розрахунків.

Таким чином, параметр  $A_e$  можна розглядати як міру неоднорідності біоплівки. Чим більше нерегулярна і геометрично неоднорідна структура, тим більше значення  $A_e$  відхиляється від значення, отриманого для плоскої біоплівки ( $A_e=1$ ). Чим більше піків у біоплівки, тим більш нерегулярна її структура. На нашу думку, дане складне питання слід досліджувати й надалі [5, с.18; 6, с.63].

При використанні біоплівок з плоскими поверхнями необхідно звернути увагу на те, що в моделях біоплівки бере участь не вся товщина біоплівки, а лише її активна частина. Активна товщина біоплівки в умовах вилучення різних субстратів, наприклад, органічних забруднювачів і азоту, складається з різних бактерій, і тому процеси, які відбуваються в біоплівці, зокрема, її зростання,



залежатимуть від конкуренції між ними, оскільки обидва типи бактерій використовують кисень для свого живлення.

Спочатку при формуванні гетерогенної структури біоплівки, яка складається з бактерій автотрофів, гетеротрофів та інертної біомаси за відсутності обмеження кисню можуть розвиватися обидва типи бактерій. При цьому переважає швидкий ріст гетеротрофних мікроорганізмів по всій товщині біоплівки. Приблизно через 15 днів товщина біоплівки збільшується і в її товщі починають домінувати повільно зростаючі автотрофні мікроорганізми, а гетеротрофні мікроорганізми повільно накопичуються біля її поверхні. Через 19-20 діб відбувається відшарування (відмирання), після чого залишається більше автотрофної біомаси. Слід зазначити, що відшарування, зазвичай, відбувається майже протягом усього часу утворення біоплівки, однак, протягом основного періоду швидкість відшарування буде нижчою, ніж швидкість утворення біомаси і тому біоплівка росте.

При сумісному вилученні із стічних вод різних субстратів, зокрема, органічного (O<sub>3</sub>) і азоту (N), для забезпечення процесів їх вилучення гетеротрофними і автотрофними бактеріями, які знаходяться в різних шарах біоплівки, необхідний кисень. При цьому між зазначеними групами бактерій спостерігається значна конкуренція за кисень і тому процеси екстракції O<sub>3</sub> і N, які відбуваються в різних шарах біоплівки, можуть бути обмежені нестачею кисню. У попередніх дослідженнях були визначені умови та критерії, за яких кисень буде обмежувати процес роздільного вилучення O<sub>3</sub> та N у біоплівці через його визначену кількість проникнення в біоплівку [6, с.59]. Швидкий ріст гетеротрофних бактерій призводить до незначного повільного росту автотрофних бактерій, гетеротрофний ріст і екстракція органічної речовини (ХПК) обмежені автотрофним ростом, а автотрофний ріст і окислення амонію пов'язані з нестачею кисню, який виноситься гетеротрофними бактеріями через шар, в якому він проходить і гетеротрофи та автотрофи можуть існувати лише в тому випадку, коли концентрація органічної речовини в реакторі менше 30 мг/л [2, с.120; 5, с.7], тобто, при концентрації більше 30 мг/л нижче гетеротрофного шару не буде кисню для автотрофного шару. Таким чином, можна зробити висновок, що існування гетеротрофних і автотрофних бактерій можливе лише тоді, коли окислення органічної речовини обмежене значенням ХПК, а не киснем. Аналіз існуючих досліджень комбінованої очистки O<sub>3</sub> і N показує, що приблизно таке ж критичне значення ХПК було отримано при аналізі роботи різних реакторів.

Крім того, встановлено, що на початку очищення стічних вод відбувається значне зростання біоплівки, яка потім інтенсивно зменшується, що також призводить до значних змін у розподілі біомаси. Формування товщини біоплівки з плином часу при великому і низькому співвідношенні O<sub>3</sub>/N відбувається приблизно протягом 10 днів. При великому відношенні O<sub>3</sub>/N зростання біоплівки відбувається в основному за рахунок видалення органічної речовини гетеротрофами, а видалення азоту (амонію) автотрофами майже відсутнє. При низьких співвідношеннях O<sub>3</sub>/N відбувається значна нітрифікація

разом із зростанням біоплівки, а видалення азоту починається майже після повного видалення ОЗ.

При зміні внутрішньої щільності змінюється і формування активності біоплівки. Зростання біоплівки істотно залежить від розподілу біомаси, тобто. від розташування в ній окремих компонентів.

Встановлено, що на формування активної частини біоплівки впливають процеси утворення інертного осаду та позаклітинних полімерних речовин у складі біоплівки, які займають значний додатковий об'єм під час росту біоплівки та в цілому впливають на параметри біоплівки.

На основі аналізу результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблено стратифіковану одновимірну модель структури біоплівки з домінуванням розміщення гетеротрофних бактерій на поверхні біоплівки та зростанням нітрифікаторів по її глибині.

Для оцінки впливу стратифікації біоплівки також було проведено і досліджено моделювання біоплівки з однорідним розподілом біомаси по її товщині. У випадку однорідної біоплівки відносна кількість гетеротрофів, автотрофів та інертної біомаси змінювалась з часом в результаті загального росту. Таким чином, однорідний розподіл біомаси зменшує переваги гетеротрофів, які більше не домінують на поверхні біоплівки.

У дослідженнях, проведених під час екстракції забруднюючих речовин біоплівками, сформованими в різних біореакторах, профілі концентрації в біоплівках розраховувалися за умови, що концентрація забруднюючих речовин на поверхні біоплівки вважалася рівною концентрації забруднюючих речовин на поверхні біоплівки. При цьому гідродинаміка потоку і концентрація  $Le$  в різних біореакторах були різними і цей факт не враховувався. Однак, навіть при повному перемішуванні в біореакторах спостерігається утворення пограничного шару (рідкої плівки), і тому процеси масопереносу забруднюючих речовин у біоплівку необхідно враховувати в моделях біоплівки.

Важливим є питання оптимальної товщини пограничного шару для забезпечення ефективної роботи біореактора. В результаті проведених експериментальних робіт було визначено, що для ефективної роботи біореактора товщина пограничного шару повинна бути в межах 100-200 мкм, а при значній його товщині порядку 500 мкм потік забруднень зменшується майже на 70% [5, с.16; 6, с.60].

**Висновки.** Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки: для практичних розрахунків очищення стічних вод пропонується одновимірна модель однорідної біоплівки з урахуванням отриманих оцінок та обмеження на її використання. Порівняння результатів розрахунків з експериментальними даними показало, що така однорідна модель у багатьох випадках добре узгоджується з експериментальними. Запропоновано деякі рекомендації відносного визначення форми поверхні біоплівок.

Загалом, аналіз теоретичних досліджень показав, що екстракція субстрату в основному відбувається в початковій частині біоплівки, яка становить приблизно 20-25% від загальної її товщини  $\delta$ .

Можна говорити про те, що ефективність біологічних методів видалення забруднюючих речовин різного походження, зокрема, органічних сполук (ОЗ) і азоту (N), у різних біореакторах можна підвищити за рахунок організації на поверхні додаткового завантаження у вигляді фіксованого біоценозу з високою концентрацією мікроорганізмів (біоплівка). Слід зауважити, що запропоновані однорідні моделі біоплівки з постійною товщиною потребують подальшого вивчення та удосконалення для більш достовірної оцінки процесів формування структури біоплівки, зокрема, для урахування неоднорідності її товщини, впливу різноманітних гідродинамічних факторів на функціонування біоплівки, наявності в ній інших неактивних речовин, зокрема, інертної біомаси та полімерних речовин тощо.

### Список використаної літератури:

- [1] Beyenal H. and Levandowski Z. 2005 *Mathematical mass transport and microbial activity in stratified biofilms* Chemical Eng. J. **60**. 4337-4348.
- [2] Henze M., M van Loosdrecht M.E., Ekama G.A., Brdjanovic D. 2008 *Biological Wastewater Treatment*. IWA Publishing London p511
- [3] Kelareva D. Kravchuk A. & Oliynyk O. 2012 *Modeling of the joint removing of the organic contaminations and nitrogen at the wastewater treatment by biofiltration* Dopov. Nac. acad. nauk Ukr. **5**. 179-183 (in Ukrainian).
- [4] Wanner O., Ebert N.I., Rittman B.E. 2006 *Mathematical modeling of biofilms* Scientific and Technical report **18** p208.
- [5] Oliynyk O. Telyma S. Kalugin Yu. & Oliynyk E. 2022 *Modeling and calculations of parameters of joint treatment of organic contaminations (OC) and nitrogen (N) compounds in bioreactors with using of the fixed biocenosis (biofilm)* Ecological safety and natural resources. **3**. 82-96 (in Ukrainian).
- [6] Oliynyk O. Telyma S. Kalugin Yu. & Oliynyk E. 2023 *Theoretical analysis of the processes of the simultaneous wastewater treatment from the organic contaminants and nitrogen compounds using of the biofilm models* Dopov. Nac. acad. nauk Ukr. **2**. 55-64 (in Ukrainian).

УДК 626.8:631.6

**Курінний В.Ю.**

*Управління каналів річки Інгулець*

**Ладичук Д.О., Федорченко О.О.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

**Вступ.** Південний регіон України відомий своєю великою роллю у сільському господарстві. Зрошувані ґрунти цього регіону використовуються для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур. Аналізуючи

природні умови, важливо враховувати якість поливної води, оскільки це безпосередньо впливає на родючість ґрунтів та врожайність культур. Деградація зрошуваних ґрунтів може стати серйозною загрозою для аграрного сектору економіки країни.

Екологічна рівновага в зоні функціонування агроєкосистеми значною мірою залежить від хімічного складу води, що використовується для зрошення. Якісні показники зрошувальної води: температура, рН, сольовий склад, співвідношення іонів, вміст макро- та мікроагрегатів впливають на мікробіологічні, біохімічні та фізико-хімічні процеси, які визначають родючість ґрунтів. Разом з тим, якість зрошувальної води впливає на норми водоспоживання, урожайність та якість сільськогосподарської продукції, збереження та довговічність матеріалів і в цілому споруд систем зрошення. Найбільш активно діючим фактором у формуванні ґрунтово-меліоративного стану зрошуваних земель є хімічний склад поливної води. Актуальною проблемою є збереження, послідовне поліпшення, раціональне використання та охорона ґрунтового покриву.

**Методологія досліджень.** Найбільш активно діючим фактором у формуванні ґрунтово-меліоративного стану зрошуваних земель є якісний склад поливної води. Тому правильна оцінка якості поливної води за діючими критеріями та постійний моніторинг її хімічного складу є основними чинниками еколого-безпечного землеробства.

На півдні України діють зрошувальні системи з використанням для поливу води, що має нестабільний хімічний склад не тільки за періодами року, а й протягом доби. Прикладом такої зрошувальної системи є Інгулецька, де хімізм води формується шляхом змішування води р. Дніпро та р. Інгулець, яка використовується для транзитних пропусків високомінералізованих стічних вод Криворізького гірничорудного басейну. Тому в умовах Інгулецького зрошуваного масиву виникає потреба в оперативному контролі за хімічним складом поливної води з метою виключення непридатної для поливу.

Завданням досліджень є розробка методу оперативного контролю та визначення якості поливної води з метою вирішення екологічних проблем на Інгулецькому зрошуваному масиві, що пов'язані з використанням води, яка формується під впливом активного антропогенного пресингу Кривбасу.

**Результати досліджень.** Даний метод повинен бути простим у використанні, оперативним у часі, давати змогу застосовувати його окремими фермерськими господарствами та іншими зацікавленими особами та господарствами, бути дешевим, мати невелику похибку при визначенні хімічного складу води та давати загальне уявлення про її хімізм і вміст в ній головних компонентів. Окрім цього, він повинен бути доступним для використання спеціалістами фермерських господарств без спеціальної підготовки.

Діюча сьогодні в Україні система аналізу і контролю хімічних і мікробіологічних показників поливної води базується на диференційованому визначенні їх концентрації і порівнянні з нормативними значеннями. Крім загального фізико-хімічного контролю, спрямованого на визначення жорсткості

води, сухого залишку, також є визначення найбільш поширених у воді компонентів як природного походження, так і внесених в процесі антропогенної дії різних факторів (алюміній, миш'як, нітрати, нітроти, поліакриламід, свинець, фтор, залізо, марганець, мідь, поліфосфати, сульфати, хлориди, цинк).

Єдино точний і надійний спосіб перевірки поливної води на якість, придатність для зрошення - це хімічний аналіз води, який проводиться у відповідних лабораторіях.

При цьому вимірюються фізичні (значення рН, жорсткість води), хімічні (вміст у воді заліза, хлору, нітратів, фосфатів, важких металів, перманганатна окиснюваність) і токсикологічні характеристики води (ГДК). Головним недоліком даного методу є довготривалість в часі процесу аналізу.

Окрім цього існує безліч портативних тест-систем, що дозволяють проводити експрес-аналіз води в польових умовах. Часто ці системи укомплектовані всіма необхідними реагентами, індикаторами і спеціальним устаткуванням, типу портативних спектрофотометрів і фотокалориметрів, але вони дорогі та потребують постійного поповнення складових для тестування води.

До створу водозабору ГНС потрапляє стік Інгульця, до якого додається вода з річки Дніпро. Для чого гирлова частина р. Інгулець до ГНС у вегетаційний період працює за принципом «анти-річки». Цей принцип заключається в тому, що гирлова частина р. Інгулець до насосної станції (83,3 км) зарегульована та має ширину по дну до 40 м, середню глибину - 3 м, зворотний ухил - 0,00010.

При роботі головної насосної станції Інгулецької зрошувальної системи по руслу р. Інгулець підтягується дніпровська вода, яка змішується з мінералізованою інгулецькою та подається в голову магістрального каналу. Протягом досліджень мінералізація в р. Дніпро коливалась у вегетаційний період в межах 0,356-0,457; вміст іонів  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  відповідно складав 2,40-3,28; 1,03-1,36 і 1,20-2,60 мекв/дм<sup>3</sup>. Спостерігалась періодична поява іонів  $\text{CO}_3^{2-}$  у кількості 0,16-0,64 мекв/дм<sup>3</sup>, вміст іонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  відповідно дорівнював 2,00-3,30; 1,40-2,60 і 0,72-2,36 мекв/дм<sup>3</sup>.

Після впровадження з 2011 року нового регламенту формування якості води в р. Інгулець «Промивка русла р. Інгулець дніпровською водою з Карчунівського водосховища у вегетаційний період», якість поливної води в магістральному каналі Інгулецької зрошувальної системи суттєво покращилась і стабільно відповідає II класу якості зрошувальної води згідно діючого ДСТУ 2730:2015, а це сприяє покращенню еколого – агроеліоративного стану, показників родючості і продуктивності грантів Інгулецького масиву. Але аналіз існуючого регламенту показав, що він не враховує процес промивки при поширенні забруднень, відсутня система активного управління, тобто прийнята рішень в залежності від якості води при заборі на ГНС Інгулецької зрошувальної системи.

Тому на сьогодні розробляється проект подачі дніпровської воли через канал Дніпро-Інгулець до верхніх створів Інгульця, з наступним скидом її по



руслу ріки для її промивки. Це потребує додаткових спостережень за якістю води в нових умовах її існування.

Для вирішення проблеми оперативного та недорогого контролю за якістю поливної води розроблений і запатентований експрес-метод визначення мінералізації та якісного складу. Він відповідає висунутим вимогам і дозволяє, без використання висококваліфікованого лаборантського персоналу, із задовільною точністю контролювати в поливній воді загальний вміст легкорозчинних солей та кількісні показники основних іонів.

Головними складовими методу є сконструйований солемір та графік вмісту іонів у поливній воді залежно від її мінералізації. Принцип дії солеміра базується на визначенні електропровідності води спеціальним електродом і відображенні безпосередньо на шкалі приладу мінералізації води (г/дм<sup>3</sup>) без будь-яких додаткових розрахунків. Шкала солеміра має два діапазони вимірювань: 0-1,0 г/дм<sup>3</sup> та 0-10,0 г/дм<sup>3</sup>, що дозволяє контролювати мінералізацію поливної води з різним вмістом легкорозчинних солей. До позитивних характеристик солеміра слід віднести його малі розміри, простоту та надійність в користуванні, автономний тип живлення, задовільну точність вимірювань та невисоку вартість.

**Висновки.** Розроблений та запатентований експрес-метод оперативного контролю поливної води дозволяє:

- оперативно визначати мінералізацію та іонний склад поливної води з задовільною точністю;
- заощадити кошти на виконанні контролю якості поливних вод;
- запобігти деградації зрошуваних ґрунтів шляхом використання тільки придатної для поливу води.

УДК 628.1

**Voloshyn M.M., Vorona A.R.**

*Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson*

## **ENERGY EFFICIENT WATER SUPPLY OF IRRIGATION PUMPING STATIONS**

**Introduction.** Rising prices for electricity and water are causing increasing interest in energy-saving technologies. The Law of Ukraine "On Energy Conservation" also points to this, stating that "energy efficient products, technology, equipment - products or methods, means of its production, ensuring the rational use of fuel and energy resources compared to other options for use or production of the same consumer products level or with similar technical and economic indicators [1].

**Main part.** The analysis of literature sources shows that the most common in our country is the method of traditional supply control of pumping units, which consists in throttling (to reduce or increase the supply by opening or closing the valve) pressure lines of pumps and changing the total number of operating units on

one of the technological parameters - pressure on the collector or at the command point of the network, the level in the receiving or regulating tank, etc. [2,3]. These methods of regulation are aimed at solving technological problems and practically do not take into account the energy aspects of water transportation.

With such regulation, from 5 to 15%, and sometimes up to 25-30% of the consumed electricity is consumed irrationally due to: energy losses in the throttle body; creation of excess pressures in the pipeline network; leaks and unproductive water consumption in the network and at the consumer; increasing the geometric rise when pumping water, and so on [4].

Energy and resource saving directly depends on the operation of pumping units. The effectiveness of regulating the modes of operation of centrifugal pumps by changing the angular velocity of the impellers has long been known. The characteristics of centrifugal pumps are listed according to the laws of geometric and hydrodynamic similarity. According to these laws, when the speed changes, the pump supply changes in proportion to the first stage, the pressure - in proportion to the second degree, power - in proportion to the third measure of speed, the efficiency is almost independent of speed (Fig. 1). Thus, if at a nominal speed  $n_n$  the pump at supply  $Q_n$  develops pressure  $H_n$  and consumes power  $N_n$ , then at speed at the new characteristic this point will correspond to a point with giving  $Q = Q_n (n/n_n)$ , pressure  $H = H_n (n/n_n)^2$ , power on the shaft  $N = N_n (n/n_n)^3$ .



Figure 1 - Frequency converters

When using frequency converters, the speed control of the induction motor in this case is carried out by changing the frequency and magnitude of the motor supply voltage. The efficiency of this conversion is about 98%, the network consumes almost only the active component of the load current, the microprocessor control system provides high quality control of the motor and controls many of its parameters, preventing the possibility of emergencies [5].

The effect of installing frequency converters is achieved due to the following factors: energy savings, increased service life of process equipment, reducing the cost of scheduled maintenance and repair work, ensuring operational management and reliable control over the course of technological processes, and others.

Significant energy savings are easily achieved under one condition - the drive mechanism must regulate something (maintain any - not any technological parameter) [6]. The use of frequency converters on irrigation systems will improve the operational capabilities of pumping stations, and thus rationally use electricity.

**Conclusions.** When the prices for electricity and water increase, it is necessary to introduce energy-saving technologies, namely the introduction of irrigation systems - frequency converters at pumping stations. The introduction of frequency converters will save approximately 15 to 30% of electricity and funds annually.

### References:

1. Law of Ukraine "On Energy Saving" (3260-IV (3260-15) of 22.12.2005).
2. Leznov BS Energy saving and adjustable drive in pumping units. M., 1998.
3. Leznov BS and others. Payback of the regulated electric drive in pump installations. *Water supply and sanitary equipment*. 2002. № 12.
4. Kuryapov VN, Maltsev AP, etc. Energy saving potential and its practical implementation`1. *Energy supervision and energy efficiency*. 2003. № 3.
5. Shkredin DG Frequency converters in energy-saving pump drives/ *Water supply and sanitation*. 2004. №7.
6. Shishkov AA, Andrianov VA Application of frequency-controlled drive in energy-saving control systems of pumping units. *Water supply and sanitation*. 2004. № 7.

УДК 631.411.6-631.417.7/631.5

**Козішкурт С.М., Токар І.В.**

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

## **ВІДРОДЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ: ОКУЛЬТУРЕННЯ ҐРУНТУ В ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД**

**Вступ.** Російсько-українська війна завдала значної шкоди ґрунтовим ресурсам країни. Забруднення, деградація та ерозія ґрунту є одними з найсерйозніших наслідків війни, які матимуть довгостроковий вплив на сільське господарство та продовольчу безпеку. Відродження сільськогосподарських земель є складним завданням, яке вимагає розробки стратегій відновлення родючості та окультурення ґрунту після війни. Це передбачає проведення комплексних досліджень та оцінок стану ґрунтових ресурсів, встановлення рівня забруднення та деградації, а також визначення оптимальних методів і технологій для відновлення родючості ґрунту.

**Основна частина.** Війна в Україні призвела до забруднення та деградації значних площ ґрунту, що несе в собі серйозні ризики для здоров'я людей та довкілля. Понад 30% сільськогосподарських угідь України піддавалися прямому впливу бойових дій, що призвело до низки негативних наслідків [1].

По-перше, військові дії спричинили забруднення ґрунту хімічними речовинами, що мають негативний вплив на якість ґрунту та його придатність для сільськогосподарського використання. Просочування паливно-мастильних матеріалів у ґрунт призводить до суттєвого зниження водопроникності, що негативно впливає на його водний режим. Забруднюючі речовини з ґрунту потрапляють до ґрунтових вод, що ускладнює вирішення проблем з водопостачанням та зрошенням сільськогосподарських угідь. Погіршення водно-повітряного режиму та обігу поживних речовин негативно впливає на продуктивність ґрунту [2].

По-друге, військові дії зумовили деградацію ґрунту через руйнування територій, утворення траншеїв, окопів, бомбових кратерів та інших пошкоджень, які призвели до збільшення ерозії ґрунту, втрати органічної речовини та загального погіршення родючості ґрунтів та забруднення водою. Забруднений та деградований ґрунт має меншу здатність до утримання вологи та поживних речовин, що призводить до зменшення врожаїв сільськогосподарських культур. Бойові дії, що поєднуються з кліматичними змінами та втратою джерел прісної води, можуть призвести до опустелювання, особливо у степовій частині країни.

По-третє, воєнні дії також спричинили знищення ґрунтового біорізноманіття [3]. Сірка, що міститься у боєприпасах, вступаючи в реакцію з опадами, утворює сірчану кислоту. Ця кислота знищує мільйони корисних ґрунтових організмів, руйнуючи ґрунтову екосистему. Загибель комах, черв'яків, грибів та інших мікроорганізмів, які є важливою складовою екосистеми ґрунту, призвела до порушення екологічного балансу та погіршення його функцій. Важливо зазначити, що ґрунт відіграє важливу роль у регуляції клімату, очищенні води та у підтримці екологічної стійкості.

Ці проблеми після війни в Україні потребують комплексного підходу та наукових досліджень для знаходження ефективних рішень у сфері охорони та відновлення ґрунтових ресурсів.

Окультурення ґрунту – це комплекс заходів, спрямованих на покращення фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунту, збереження ґрунту від ерозії та відновлення продуктивності.

Існує багато світових прикладів окультурення порушеного в результаті бойових дій ґрунту в повоєнний період.

Після Другої світової війни майже 40% ґрунту Німеччини було забруднено або деградовано. Завдяки комплексному підходу, який включав очистку ґрунту, рекультивацію земель та відновлення родючості, Німеччині вдалося не лише окультурити ґрунт, але й перетворити його на одні з найпродуктивніших сільськогосподарських угідь у Європі. У Японії ґрунт був сильно пошкоджений бомбардуваннями та хімічною зброєю. Урядова програма

включала такі заходи, як внесення органічних добрив, використання біологічних методів боротьби зі шкідниками та розвиток терасованого землеробства. Завдяки цій програмі ґрунт був відновлений упродовж декількох десятиліть. Після Корейської війни урядова програма Південної Кореї включала такі заходи, як внесення органічних добрив, посадка лісів та розвиток зрошення [4].

Ці приклади свідчать про те, що окультурення порушеного ґрунту після війни є можливим, але це складний та довготривалий процес, який потребує значних зусиль та інвестицій. Важливо також зазначити, що методи окультурення ґрунту повинні бути адаптовані до конкретних умов, таких як тип ґрунту, рівень забруднення та кліматичні умови. В Україні також є багато досвіду окультурення порушених земель. Наприклад, після Чорнобильської катастрофи було проведено значні роботи з очищення ґрунту та рекультивації земель в 30-кілометровій зоні навколо станції.

Відновлення ґрунту потребує комплексного підходу, який включає рекультивацію деградованих земель, відновлення біорізноманіття ґрунту та використання стійких методів ведення сільського господарства.

Заходи з окультурення ґрунту необхідні для формування основи розвитку культурних екологічних систем і ландшафту в цілому.

Існує багато методів та технологій, які можна використовувати для відновлення ґрунту. Усі методи, застосовувані для окультурення ґрунту, можна систематизувати за трьома основними напрямками: фізичні, хімічні та біологічні.

Фізичний метод направлений на зміну таких агрофізичних властивостей ґрунту: щільності, пористості і структури. Хімічні методи направлені на збільшення вмісту доступних для рослин поживних елементів у ґрунті шляхом внесення мінеральних добрив, а також на поліпшення хімічних властивостей ґрунту, наприклад, через вапнування чи гіпсування. Біологічні методи включають заходи, спрямовані на збагачення ґрунту органічними речовинами.

Вибір методу відновлення ґрунту залежить від багатьох факторів, таких як тип забруднювача (важкі метали, радіонукліди, паливо-мастильні матеріали, хімічні речовини), концентрація забруднювача; стан ґрунту (ступінь ущільнення, вміст органічної речовини, кислотно-лужний режим) та інших. Важливо провести комплексне обстеження ґрунту, щоб визначити його стан та підібрати найбільш ефективні методи відновлення.

Вибухи, рух важкої техніки та інші дії спричиняють ущільнення та забруднення ґрунту, що призводить до погіршення його фізичних властивостей.

Для відновлення ґрунту та повернення його до продуктивного стану ефективним методом є агротехнічні заходи, які збільшують пористість ґрунту та покращують його структуру. Глибокий орний шар, порівняно з поверхневим, сприяє кращому забезпеченню рослин вологою та поживними речовинами завдяки поліпшеній водопроникності та вологоємності, а також вищій біологічній активності. Збільшення глибини кореневмісного шару і його окультурювання особливо ефективно у випадку невеликої глибини гумусового



горизонту, недостатньої кількості поживних речовин або наявності шкідливих сполук у ґрунті.

Хімічна меліорація є одним із методів, що використовує хімічні речовини з метою зменшення рухомості забруднювачів в ґрунті та поліпшення його фізико-хімічних властивостей. Основні техніки хімічної меліорації включають в себе вапнування, гіпсування, використання цеолітів та базальтових туфів.

Багато сільськогосподарських угідь відзначається підвищеною кислотністю ґрунтового розчину, що призводить до низької родючості та обмеженої ефективності використання добрив. Збільшення кислотності ґрунтів є наслідком як природних чинників, так і впливу бойових дій та випаданням кислотних атмосферних опадів.

Кислі ґрунти характеризуються низьким вмістом кальцію і магнію, а також наявністю оксидів алюмінію і заліза, які перетворюють рухомі форми поживних елементів ґрунту на такі, які важко доступні для рослин [5].

У результаті зростання кислотності ґрунтів відбувається погіршення їхніх фізичних, фізико-хімічних, агрохімічних та мікробіологічних властивостей. Внаслідок підкислення ґрунту стає щільнішим орний та підорний шар, пористість зменшується, порушується водно-повітряний режим, і активізуються ерозійні процеси. Це призводить до деградації ґрунтового покриву.

Кардинальним заходом для підвищення продуктивності кислих ґрунтів є хімічна меліорація, зокрема використання вапнування [6].

Вапнування кислих ґрунтів знижує кислотність та покращує властивості, що впливають на рівень родючості. Вапнування створює сприятливі умови для активізації корисних мікробіологічних процесів, сприяє зростанню кількості доступних форм поживних елементів в ґрунті. Вапнування сприяє поліпшенню водного режиму та покращенню ґрунтового складу за рахунок зростання вмісту органічної речовини та поліпшення його якості. Крім того, застосування меліорантів сприяє зниженню концентрації радіоактивних елементів.

Сумісне застосування вапна та добрива (вапнякове добриво) нейтралізує надмірну кислотність, забезпечує поліпшення структури ґрунту, підвищує його водопроникність та шпаруватість, посилює доступність макроелементів, таких як кальцій і магній. Гіпсування є методом, спрямованим на нейтралізацію лужних ґрунтів. Застосування гіпсу призводить до реакції з лужними речовинами, що допомагає зменшити рівень рН та відновити баланс між кислотними та лужними компонентами ґрунту. Використання цеолітів та базальтових туфів є ефективними методами очищення ґрунту від радіонуклідів та важких металів [7]. Ці матеріали мають властивості поглинання та утримання забруднювачів, забезпечуючи фільтрацію та зменшення їх мобільності в ґрунті.

Фіторемедіація є важливою стратегією для зниження рівня забруднення ґрунту за допомогою рослин, які поглинають та видаляють забруднювачі. Ефективними рослинами для фіторемедіації є коноплі, горох та місантус гігантський, оскільки вони володіють властивостями активного відновлення ґрунту та поглинання шкідливих речовин [8]. Однак, важливою проблемою у фіторемедіації є утилізація рослинних решток, що мають високий вміст

забруднювачів після процесу фіторемедіації. Ця проблема потребує вивчення та розробки ефективних технологій для безпечного та ефективного видалення цих решток, щоб уникнути подальшого забруднення навколишнього середовища.

Широке застосування бобових культур і сидератів у сівозміні також відіграє важливу роль у процесі окультурювання. На сірих лісових ґрунтах та на чорноземах опідзолених із близьким заляганням карбонатів важливо в сівозміну включати такі фітомеліоранти як люцерна, конюшина, люпин. Ці рослини володіють властивістю переміщення кальцію із нижніх шарів ґрунту у верхні, сприяючи поліпшенню вапнякового потенціалу кореневмісного шару. Цей процес сприяє нормалізації кислотно-лужної рівноваги ґрунтів, що в свою чергу сприяє оптимальним умовам для росту інших культур.

Мікробіологічні препарати представляють собою важливий інструмент у відновленні ґрунту за допомогою мікроорганізмів, які здатні до розщеплення забруднювачів та відновлення мікрофлори. Ці препарати є ефективними у боротьбі з забрудненням важкими металами та паливно-мастильними матеріалами, оскільки вони мають здатність до біодеградації та знищення цих шкідливих сполук [9].

Використання добрив для покращення ґрунтової родючості та зменшення доступності забруднювачів для рослин є важливою стратегією в сільському господарстві. Органічне землеробство, що передбачає внесення компосту, сидератів та інших органічних матеріалів, займає важливе місце у цьому контексті. Після розкладання в ґрунті вони утворюють гумус, який покращує структурні характеристики ґрунту, робить його більш пористим та здатним до збереження вологи. Це в свою чергу покращує аерацію ґрунту та сприяє підвищенню його здатності утримувати воду. Органічні добрива мають важливе значення у забезпеченні сталого розвитку аграрного сектору. Вони сприяють зв'язуванню забруднювачів у ґрунті та стимулюють розвиток мікроорганізмів, що є важливим для збереження екологічної стабільності ґрунтового середовища. Також важливою перевагою органічних добрив є їхня спроможність зберігати ґрунтовий покрив, який відіграє важливу роль у захисті ґрунту від ерозії, що виникає в результаті вітрових та водних факторів.

Фосфорні добрива також мають важливе значення, оскільки вони перетворюють важкі метали на менш розчинні сполуки, що сприяє зниженню їх доступності для рослин. Калійні добрива в свою чергу допомагають знизити накопичення цезію-137 в рослинах, забезпечуючи більш безпечно та стійке вирощування сільськогосподарських культур [10].

Якщо сільськогосподарські землі через забруднення не можуть бути повернуті у використання, то необхідно провести їх рекультивацію або ренатуралізацію для відновлення природного балансу.

**Висновки.** Відновлення родючості ґрунту після війни - це складне завдання, яке потребує комплексного підходу і використання різноманітних методів. Фізичні, хімічні та біологічні методи грають важливу роль у цьому процесі, сприяючи поверненню ґрунту до продуктивного стану та його окультуренню. Агротехнічні заходи є ключовим методом відновлення ґрунту, оскільки вони сприяють поліпшенню його структури, що в свою чергу

підвищує родючість та збереження вологи. Використання органічних матеріалів сприяють відновленню деградованого ґрунту та стимулюють розвиток його мікроорганізмів. Хімічні методи відіграють важливу роль у встановленні оптимального кислотно-лужного балансу та поліпшенні фізико-хімічних властивостей ґрунту. Такий комплексний підхід є ключовим для ефективного відновлення родючості ґрунту та створення сприятливих умов для росту сільськогосподарських культур після періоду війни.

### Список використаної літератури:

1. Війна завдає впливу на сільськогосподарські землі України. <https://agropolit.com/news/27215-eksperti-rozprovili-pro-masshtabi-vplivu-viyni-na-silskogospodarski-zemli-ukrayini>.
2. Випалена земля. Як війна впливає на екологію півдня України. Радіо Свобода, <https://www.radiosvoboda.org/a/novynu-pryazovu-a-viyna-pivden-ekolohiya-spalena-zemlya/32191731.html>.
3. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-summary3.pdf>.
4. Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України. <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii1.pdf>.
5. Кислотність ґрунту та вапнякові меліоранти. Agroexpert. <https://agroexpert.ua/kislotnist-gruntu-ta-vapnyakovi-melioranti/>.
6. Хімічна меліорація кислих ґрунтів. Монографія. [https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2020/12/monografiya\\_-himichna-melioratsiya-kislih-gruntiv\\_2019.pdf](https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2020/12/monografiya_-himichna-melioratsiya-kislih-gruntiv_2019.pdf).
7. Сорбційні властивості базальтового туфу та можливість його використання у сільському господарстві. AgroONE, <https://www.agroone.info/agronews/sorbcijni-vlastivosti-bazaltovogo-tufu-ta-mozhlivist-jogo-vikoristannja-u-silskomu-gospodarstvi/>.
8. Boretska, I., et al. «Phytoremediation of technogenically contaminated soils by means of energy crops». Ecological Sciences, с. 72–76. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11>.
9. Біоремедіація, або як відновити ґрунти, порушені воєнними діями, за допомогою біопрепаратів і сільськогосподарських культур. <https://latifundist.com/blog/read/3060-shcho-kriyetsya-za-modnim-slovom-bioremediatsiya-abo-yak-biotehnolog-i-btu-tsentr-rozroblyali-sposobi-vidnovlennya-gruntiv-porushenih-voyennimi-diyami>.
10. Портал Agravery. Радіоактивні добрива: чи потрібен дозиметр в полі? <https://nubip.edu.ua/node/62820>.

УДК 631.6 (631.5)

**Приходько Н.В., Ричко Д.М., Лук'янчук О.П.,  
Волк Л.Р., Волк П.П., Рокочинський А.М.**

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
М. Рівне*

## **ПОКРАЩЕННЯ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ МЕЛІОРОВАНИХ УГІДЬ У ЗМІНЮВАНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ НА ОСНОВІ ПІДВИЩЕННЯ ВОЛОГОАКУМУЛЯЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ҐРУНТУ**

**Вступ.** При наявних у глобальних масштабах продовольчій, водній та енергетичній кризах однією з головних проблем у водному господарстві України і меліорації земель є проблема дефіциту природного вологозабезпечення, яка виступає основним чинником, що обмежує продуктивність сільськогосподарських угідь й потенціал аграрного виробництва. Проблема дефіциту природного вологозабезпечення актуальна для більш ніж 2/3 території нашої країни і має стійку тенденцію до загострення внаслідок кліматичних змін й зменшення запасів водних ресурсів, придатних для зрошення сільськогосподарських культур.

Внаслідок підвищення температурного режиму, викликаного кліматичними змінами, площа території України зі значним дефіцитом природного вологозабезпечення за останні два десятиліття збільшилась на 7%, а з надмірним та достатнім зволоженням навпаки – зменшилась на 10%. Це призводить до зниження рівня врожайності вирощуваних культур, недоотримання вирощуваної сільськогосподарської продукції та зниження ефективності використання меліорованих земель в цілому [1].

Через такі кліматичні зміни у середньо- й довгостроковій перспективі існує висока імовірність збільшення площ ріллі з недостатнім рівнем зволоження до 20,6 і 24,9 млн га, з одночасним зниженням площ орних земель з достатнім зволоженням до 5,5 та 1,8 млн га. Тому проблема необхідності підвищення ефективності використання водних і земельних ресурсів меліорованих земель не втрачає своєї актуальності, а тільки посилюється.

Питання раціонального використання водних і земельних ресурсів меліорованих земель відповідно до сучасних змінюваних умов та вимог визначає такі завдання:

– необхідність диференціації ступеня дренажності ґрунту для покращення поверхневого і внутрішньогрунтового стоку, з чим пов'язана направленість і інтенсивність ґрунтових процесів;

– проведення агроеліоративних заходів, спрямованих на збільшення акумулюючої здатності активного шару ґрунту та збагачення його поживними елементами.

Глибоке розпушення є традиційним агроеліоративним заходом освоєння меліорованих мінеральних ґрунтів та може бути ефективним адаптивним заходом у змінних кліматичних умовах. Воно позитивно впливає на водно-фізичні властивості ґрунту та ефективність водорегулювання в цілому.

Конструкції традиційних глибокорозпушувачів не гарантують необхідну якість розпушення ґрунтів, їх оструктурування, захист ґрунтового середовища від техногенного впливу, ущільнюють ґрунт стінок прорізуваних щілин,

потребують при розпушенні значних енерговитрат, мають недостатню повноту розпушення та тривалість його післядії, а тому потребують подальшого удосконалення відповідно до таких вимог: 1) забезпечувати тривалу післядію; 2) поліпшувати водно-фізичні властивості та структуру ґрунту, підвищувати його родючість; 3) забезпечувати високу акумулюючу та сорбційну здатності ґрунту, підвищувати ефективність його водорегулювання; 4) забезпечувати ресурсозбереження, високу економічну та енергетичну ефективність; 5) відповідати сучасним принципам адаптивного природокористування.

Тому метою даної роботи є покращення вологозабезпеченості меліорованих мінеральних ґрунтів у змінюваних кліматичних умовах шляхом підвищення ефективності використання опадів та зрошувальної води на основі відповідного збільшення вологоакумуляційної здатності ґрунту за рахунок удосконалення агро меліоративних заходів, зокрема енергоефективних та вологорегулюючих технологій і засобів глибокого розпушення ґрунту.

**Основна частина.** Для досягнення поставленої мети розглянуто питання щодо розроблених нами енергоефективних та вологорегулюючих технологій і засобів глибокого розпушення меліорованих мінеральних ґрунтів [2; 3 та ін.], які істотно підвищують їх акумуляційну здатність, а також результати експериментального дослідження впливу акумуляційної здатності ґрунту на ефективність використання опадів та зрошувальної води у лабораторних умовах.

**Удосконалена технологія та засоби глибокого розпушення ґрунтів.** Впродовж 2013–2023 рр. у розвиток традиційних щільового та смугового розпушення нами удосконалена технологія й засоби глибокого суцільного розпушення, які дають змогу пошарово поліпшити структуру ґрунту, що розробляється в кожному горизонті, при цьому, одночасно диференціювати ступінь його розпушення за глибиною до 0,6 м.

Для усунення недоліків традиційних глибокорозпушувачів розроблені нові за принципом формування та дії, енергоефективні робочі органи та їх компоновка на агрегаті в цілому для глибокого розпушення ґрунтів – *ярусні робочі органи* (рис. 1–2).

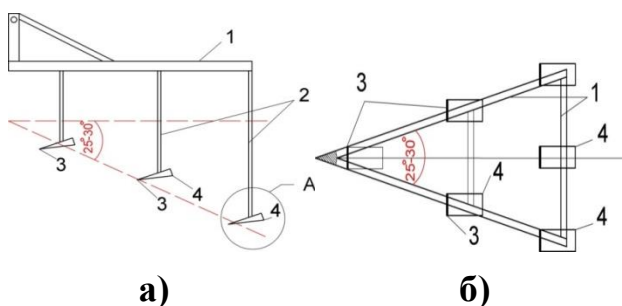


Рисунок 1 - Багатоярусний енергоефективний розпушувач-оструктурувач:

а) вигляд збоку; б) вигляд зверху;  
А – ґрунторозробний елемент; 1 – рама; 2 – стояк; 3 – леміш; 4 – ґрунторозпушувальна поверхня

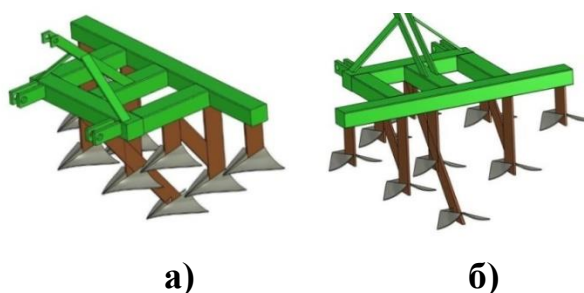


Рисунок 2 - Модель багатоярусного розпушувача, виконана на 3D принтері: а) вигляд спереду збоку; б) вигляд позаду збоку

Кут атаки такого агрегата ( $25-30^\circ$ ) на ґрунт як в горизонтальній, так і

вертикальній площині сприяє рівномірному за якістю розпушенню усього просторового обсягу ґрунту та суттєво зменшує енергозатрати за рахунок зменшення протидії ґрунту робочим елементам розпушувача-оструктурювача. При цьому, він має питомий опір розпушення до 40% менший, ніж у традиційних глибокорозпушувачів.

Глибоке суцільне розпушення, порівняно з традиційними щільовим та смуговим, має кращу ефективність відповідно за: щільністю – 3–21%; водопроникністю 206–443%; акумуляційною здатністю – 30–56%.

**Експериментальне дослідження впливу акумуляційної здатності ґрунту на ефективність використання опадів та зрошувальної води.** Для вивчення впливу акумуляційної здатності ґрунту на підвищення ефективності використання опадів та зрошувальної води використано результати дослідження, спланованого та реалізованого в навчально-дослідній лабораторії кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування. В його основу було покладено вегетаційний дослід з вирощування багаторічних трав (люцерна, сорт «Надія»), як однієї з найбільш вологолюбивих культур, із застосуванням удосконаленої технології поверхневого поливу [4]. Вегетаційний дослід проводився у 2017 та 2018 рр., які відносяться відповідно до середніх ( $p=50\%$ ) та дуже сухих ( $p=90\%$ ) груп розрахункових років за умовами тепло- й вологозабезпеченості [5].

Для проведення вегетаційного дослідження використано ємності квадратної форми  $0,25\text{ м} \times 0,25\text{ м}$ , які були заповнені насипним середньосуглинистим ґрунтом шаром  $0,25\text{ м}$  поверх гравійно-піщаної дренажної суміші. Для спостереження за умовами формування водного режиму та обліку складових водного балансу (ВБ), вегетаційні ємності було обладнано відповідними пристроями та датчиками. Максимальний запас продуктивної вологи розрахункового шару ґрунту (РШГ) лабораторної установки  $WPh^0=200\text{ м}^3/\text{га}$ . Всі складові елементи ВБ визначалися експериментально за загальноприйнятими методами.

Загальна схема моделі вегетаційного дослідження представлена на рис. 3.

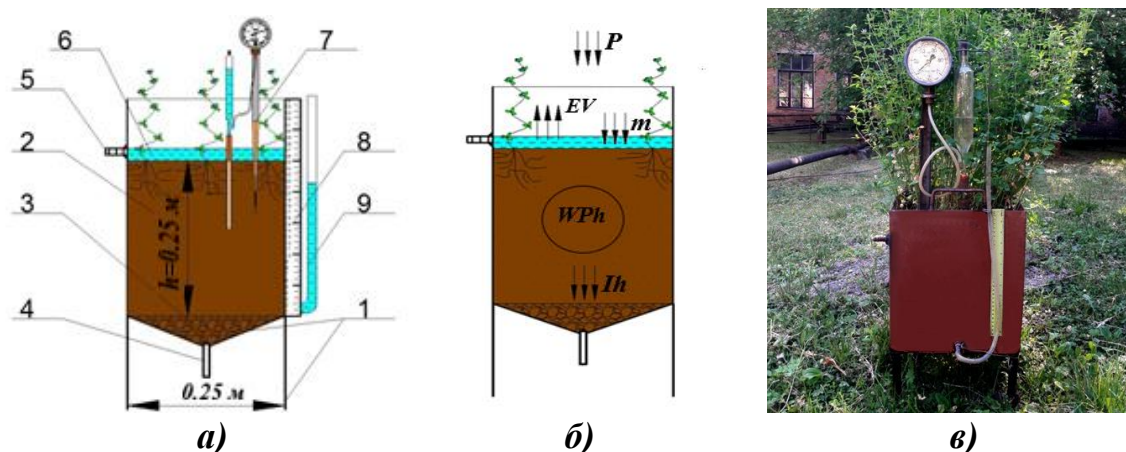


Рисунок 3 - Загальна схема вегетаційного дослідження: а) схема лабораторної установки; б) розрахункова схема ВБ установки; в) загальний вигляд установки:

- 1 – ємність для вегетаційного дослідження; 2 – насипний середньосуглинистий ґрунт;  
3 – гравійно-піщана дренажна суміш; 4 – трубка для відведення дренажної (інфільтраційної) води; 5 – трубка для подачі зрошувальної води; 6 – шар води; 7 – тензіометр; 8 – мірна шкала;  
9 – п'езометр



Для прийнятої схеми дослідження модель ВБ лабораторної установки (див. рис. 3б) і заданого кроку дискретизації  $\tau$  (доба),  $\tau = \overline{1, n_\tau}$  має такий вигляд:

$$WPh_\tau = WPh_{\tau-1} + P_\tau - EV_\tau + m_\tau - Ih_\tau \quad \tau = \overline{1, n_\tau}, \quad m^3/2a, \quad (1)$$

де

$WPh_\tau$  – запаси продуктивної вологи РШГ на поточний розрахунковий період  $\tau$ , м<sup>3</sup>/га;  $WPh_{\tau-1}$  – запаси продуктивної вологи РШГ на попередній розрахунковий період  $\tau-1$ , м<sup>3</sup>/га;  $P_\tau$  – ефективні опади за час  $\tau$ , м<sup>3</sup>/га;  $EV_\tau$  – сумарне випаровування за час  $\tau$ , м<sup>3</sup>/га;  $m_\tau$  – поливна норма за час  $\tau$ , м<sup>3</sup>/га;  $Ih_\tau$  – величина інфільтрації за час  $\tau$ , м<sup>3</sup>/га;

Модель ВБ описує квазістаціонарний процес, коли всі зміни досліджуваного складного явища відбуваються миттєво наприкінці розрахункового терміну часу  $\tau$ . Вона, в цілому, дає змогу виконувати водобалансові розрахунки при дослідженні зміни водного режиму і визначальних його складових у динаміці в рамках вегетаційного досліду в умовах реального року.

Традиційно зміна акумуляційної здатності ґрунту до та після його розпушення визначається за такою формулою:

$$\Delta WPh = WPh_p - WPh_n, \quad m^3/га, \quad (2)$$

де

$\Delta WPh$  – зміна акумуляційної здатності ґрунту при його розпушенні, м<sup>3</sup>/га;  $WPh_p, WPh_n$  – відповідно запаси продуктивної вологи ґрунту після та до його розпушення, м<sup>3</sup>/га.

На відміну від традиційного підходу за (2), зміна акумуляційної здатності ґрунту до та після його розпушення може бути визначена аналогічним чином за зміною величини інфільтрації, що утворюється у нерозпушеному та розпушеному ґрунті, за однакових умов його використання (вирощувані культури, погодно-кліматичні умови, технології й режими зрошення тощо).

При підвищенні акумуляційної здатності ґрунту на основі проведення його глибокого розпушення відбувається зменшення величини інфільтрації та, відповідно, підвищення ефективності використання опадів і зрошувальної води в розпушеному ґрунті.

Тоді вплив акумуляційної здатності ґрунту на ефективність використання опадів та зрошувальної води може бути визначений у відносному вигляді як:

$$k_i^{P+m} = 100 - \left( \frac{Ih_i}{(P+m)} \cdot 100 \right), \quad \%, \quad (3)$$

де

$k_i^{P+m}$  – коефіцієнт ефективності використання опадів та поливної води за

розглянутими варіантами  $i$  до та після розпушення ґрунту, %;  $Ih_i$  – величина інфільтрації за відповідними варіантами,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

У розвиток проведених лабораторних досліджень та з використанням отриманих результатів виконано машинний експеримент (2023–2024 рр.) щодо імітаційного моделювання складових водного балансу ґрунту у аналогічних до лабораторного дослідження (2017–2018 рр.) умовах з метою оцінювання впливу збільшення акумуляційної здатності ґрунту шляхом проведення його глибокого розпушення на ефективність використання опадів та зрошувальної води.

Оскільки глибоке розпушення забезпечує суттєве підвищення вологоємності ґрунту, нами розглянуто такі варіанти реалізації експерименту: а) при  $WPh^0=200 \text{ м}^3/\text{га}$ , що відповідає умовам проведеного вегетаційного дослідження, тобто без глибокого розпушення ґрунту; б) при  $WPh^0=400 \text{ м}^3/\text{га}$ , що відповідає відповідним умовам з проведенням глибокого розпушення ґрунту.

Узагальнені результати щодо оцінювання зв'язку величини інфільтрації від кількості опадів та зрошувальної води за розглянутими варіантами наведено на рис. 4.

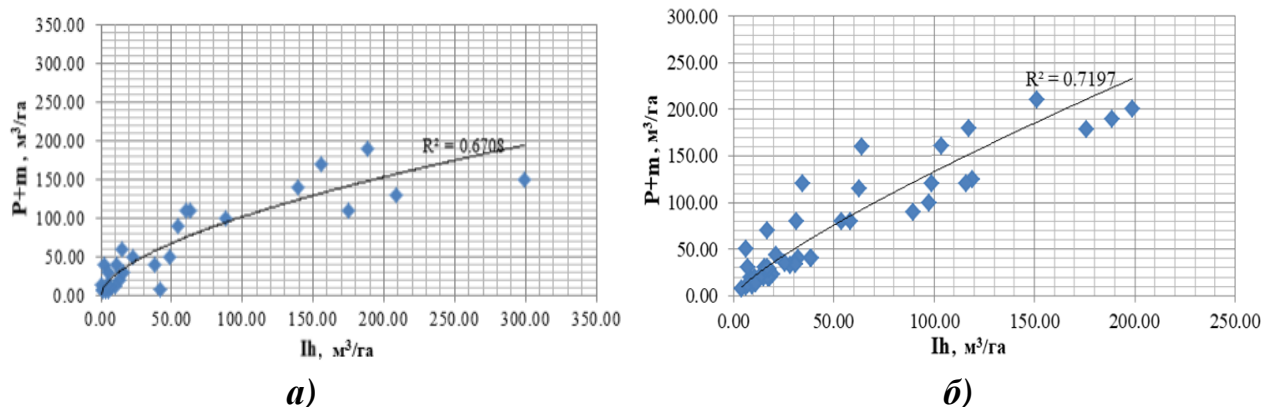


Рисунок 4 - Графіки залежності величини інфільтрації від кількості опадів та зрошувальної води: а) при  $WPh^0=200 \text{ м}^3/\text{га}$ , що відповідає умовам без проведення глибокого розпушення ґрунту; б) при  $WPh^0=400 \text{ м}^3/\text{га}$ , що відповідає умовам із проведенням глибокого розпушення ґрунту

Узагальнені результати оцінювання впливу акумуляційної здатності ґрунту на ефективність використання опадів та зрошувальної води за відповідним коефіцієнтом (3) за розглянутими варіантами представлено в табл. 1.

Отримані результати свідчать, що збільшення вологоакумуляційної здатності ґрунту сприяє істотному підвищенню ефективності використання опадів та зрошувальної води, зокрема для досліджуваних умов таке додаткове підвищення становить за відповідним коефіцієнтом 30% або 75% взагалі.

При цьому тривалість підтримання сприятливого водного режиму  $(0,5-1,0)WPh^0$  у посушливі періоди вегетації в умовах зрошення складає відповідно 70–80% на варіанті без розпушення і 90–100% для розпушеного ґрунту.

Таблиця 1 - Узагальнені результати оцінювання впливу акумуляційної здатності ґрунту на ефективність використання опадів та зрошувальної води

Основні показники за даними дослідження		Значення показників при різних акумуляційних здатностях ґрунту		Зміна показників, %
		$WPh^0=200$ м <sup>3</sup> /га	$WPh^0=400$ м <sup>3</sup> /га	
1		2	3	4
сума опадів та зрошувальної води за вегетацію, м <sup>3</sup> /га	$P+m$	4986	4986	-
сума інфільтрації за вегетацію, м <sup>3</sup> /га	$Ih$	2980	1500	-49,6
середнє значення запасу вологи в ґрунті за вегетацію, м <sup>3</sup> /га	$WPh_{cp}$	149	190	+27,0
частка середнього значення запасу вологи в ґрунті за вегетацію від запасу вологи в ґрунті на початку періоду	$WPh_{cp}/WPh^0$	0,75	0,95	+26,6
частка величини суми інфільтрації від суми опадів та зрошувальної води за вегетацію	$Ih/(P+m)$	0,60	0,30	-50,0
коефіцієнт ефективності використання опадів та зрошувальної води, %	$100 - Ih/(P+m) \cdot 100$	40	70	+75,0

**Висновки.** Таким чином, підвищення ефективності використання опадів та зрошувальної води на основі відповідного збільшення вологоакумуляційної здатності ґрунту є ефективним рішенням для покращення вологозабезпеченості меліорованих мінеральних ґрунтів у змінюваних кліматичних умовах. При цьому досягти необхідного збільшення вологоакумуляційної здатності ґрунту можливо за рахунок впровадження відповідних агроеліоративних заходів, насамперед глибокого розпушення ґрунту на основі розглянутих енергоефективних та вологорегулюючих технологій і засобів їх реалізації.

### Список використаної літератури:

1. Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone : Handbook of Research / Anatoliy Rokochynskiy, Lyudmyla Kuzmych, Pavlo Volk, et al. IGI Global, 2023. 479 p. DOI: 10.4018/978-1-6684-8248-3.

2. Науково-методичні рекомендації до застосування глибокого розпушення на осушуваних мінеральних ґрун-тах Західного Полісся України / В.С. Гавриш, В.Ф. Ткачук, П.І. Мендусь, Г.І. Сапсай та ін. Рівне. 2013. 46 с.

3. Глибоке розпушення ґрунтів рисових систем. Підвищення ефективності функціонування Придунайських рисових зрошувальних систем. / Сташук В.А., Рокочинський А.М., Турченко В.О та ін. Одеса-Рівне: НУВГП, 2018. С. 80–85. ISBN 978-966-327-391-4.

4. Підвищення ефективності функціонування рисових зрошувальних систем України: науково-методичні рекомендації / за заг. ред. Сташука В.А., Вожегової Р.А., Дудченка В.В., Рокочинського А.М., Морозова В.В.). Вид. 2-ге, перероб. та доповн. [Електронне видання]. Київ-Херсон-Рівне : НУВГП, 2020. 203 с. <http://ep3.nuwm.edu.ua/16836/>.

5. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем : посібник до ДБН В.2.4-1-99. *Меліоративні системи та споруди (Розділ 3. Осушувальні системи)* / А. М. Рокочинський та ін. Рівне. 2008. 64 с.

УДК 621.311

**Рагулін С.В.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

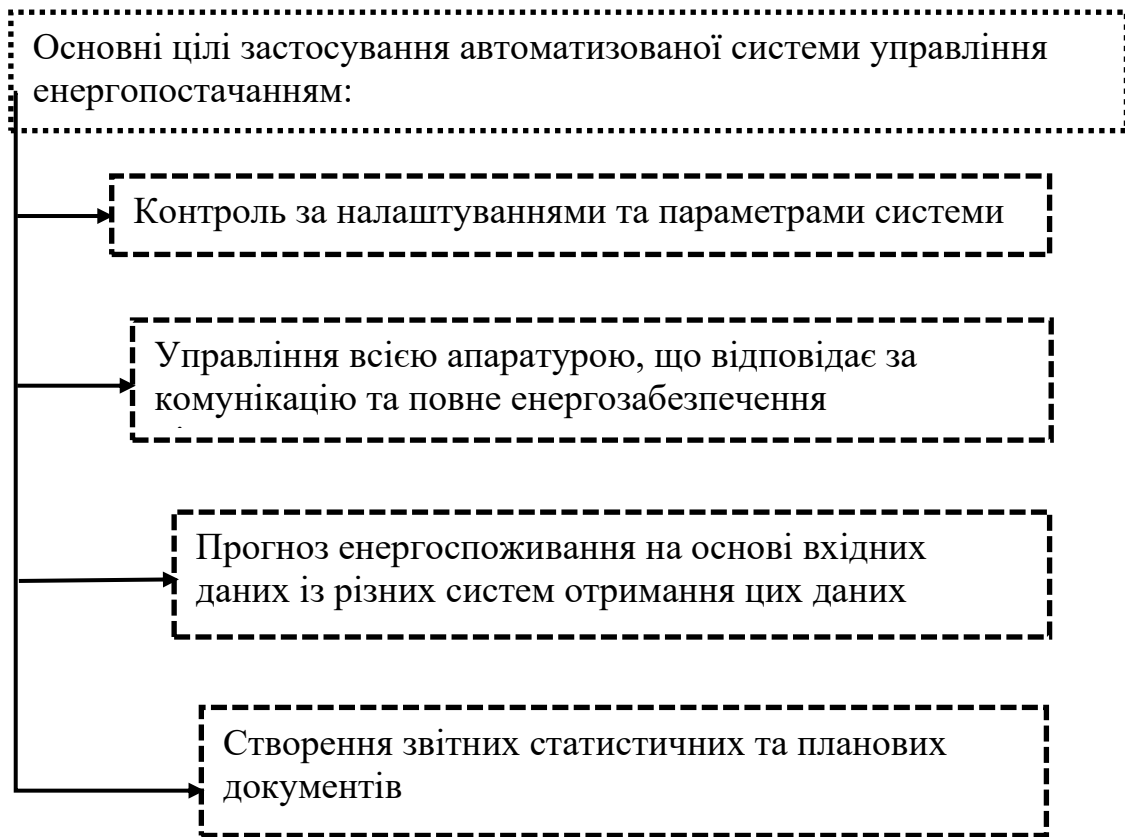
## **ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯМ**

**Вступ.** Впровадження автоматизованої системи управління енергопостачанням є ключовим фактором зниження енерговитрат і збільшення прибутку підприємства.

Автоматизована система управління енергопостачанням - складна система, яка призначена для виконання широкого комплексу інформаційно-керуючих функцій. Серед функцій виділяють не тільки контроль і аналіз устаткування, а й діагностику самого устаткування. Система попереджає адміністратора, якщо будь-яка деталь потребує ремонту або заміни, вказуються всі відомості, аж до серійного номера. Автоматизована система управління енергопостачанням - це зв'язок суміжних електронно-обчислювальних машин. Архітектура системи часто не вимагає великих потужностей, виняток становлять корпорації.

**Основна частина.** Щоб забезпечити високу енергоефективність, необхідно удосконалювати управління енергозабезпеченням промислових підприємств, які використовують автоматизовані системи управління енергопостачанням.

Завдання підприємств при використанні автоматизованої системи управління енергопостачанням можна поділити на технічні та організаційні.



#### Технічні:

- Реалізація більш перспективних режимів електропостачання, перерахунок електроенергії та економія (розрахунок балансів електричної енергії за точками постачання)
- Збільшення терміну служби обладнання
- Врахування технологічних особливостей роботи цехів, ділянок з можливістю коригування норм витрати електроенергії
- Забезпечення захисту вимірювальних ланцюгів та приладів обліку, програмного забезпечення та даних від несанкціонованого доступу на апаратному та програмному рівнях

#### Організаційні:

- Зменшення та запобігання збиткам на підприємстві, підвищення якості обладнання шляхом збору статистичних даних
- Зниження питомої енергоємності виробництва
- Отримання точної, прив'язаної до єдиного астрономічного часу, достовірної та легітимної інформації про споживання електроенергії та потужності у межах балансової належності електричних мереж
- Діагностика, моніторинг та збір статистики помилок функціонування технічних засобів автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії
- Зниження кількості аварійних ситуацій та відхилень режимних параметрів від допустимих у роботі підприємства за рахунок моніторингу параметрів електропостачання та управління електропостачанням об'єктів

**Висновки.** Збільшення кількості завдань, що вирішуються з використанням відкритих технологій, дозволяє інтегрувати цю систему з іншими ІТ-системами. Система такого класу зможе вирішити низку проблем оцінки енергоефективності головних виробничих процесів підприємства, а її розробка та впровадження допоможуть промисловим підприємствам справлятися з усіма завданнями.

### Список використаної літератури:

1. Berezianskyi, B. “Automated system of commercial electric power accounting”, *Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparobuduvannia*, 2010. № 0(42), pp. 123-126.

2. Малиновський Т.О., Яненко О.П. Програмний комплекс електроенергії. «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування». Матеріали V міжнародної науково-технічної конференції. Вінниця, 2011.

3. Концепція побудови автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії в умовах енергоринку, затверджена спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду, Держпром політики No 32/28 / 28/ 276 /75/54 від 17 квітня 2000р.

УДК 633

**Доценко В.І., Запорожченко В.Ю.,  
Гапіч Г.В., Безуглий О.Г.**

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро*

### **ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ ЗРОШЕННЯ САДУ**

**Вступ.** В умовах змін клімату та дефіциту водних ресурсів актуальним питанням для зменшення водоемності сільськогосподарського виробництва є перегляд (перепроєктування) структури сівозмін з розширенням площ зрошення для овочівництва, садівництва та виноградарства. Серед основних факторів, що забезпечують ріст і розвиток рослин, важливе місце займає ґрунтова волога. Оптимальний її рівень протягом вегетаційного періоду гарантує отримання високого і стійкого врожаю в садах. На сьогодні, а також у прогнозованих майбутніх змінах клімату, переважна більшість території країни буде знаходитися в зонах недостатнього зволоження й посушливості, що потребує додаткового залучення водних ресурсів – поливу сільськогосподарських культур. З цієї метою необхідно проводити влаштування сучасних зрошувальних мереж, які забезпечують енергоефективність та значну економію води. При цьому потрібно враховувати і той фактор, що створення та експлуатація таких систем відбуватиметься в різних умовах. Важливою вимогою таких систем є екологічна безпека. До цих



вимог належать: повне виключення поверхневого і глибинного стоку води, а також зниження витрат зрошувальної води відповідно до евапотранспірації. Усі ці вимоги виконують малооб'ємні способи поливу. Застосування цих технологій є одним із можливих шляхів створення нових екологічно безпечних систем зрошення. При малооб'ємних способах поливу вода подається витратою, що не перевищує поглинаючу здатність ґрунту. Це досягається локальною подачею води безпосередньо в кореневмісну зону рослин, а краплинне зрошення – це саме той вид поливу, що дозволяє досягати цієї мети і ефективно використовувати водні ресурси.

**Основна частина.** Досліджувана ділянка знаходиться біля села Адамівка Кам'янського району Дніпропетровської області (рис. 1). На території запроєктовано 20 поливних ділянок площею 2,3 га кожна. Серед них передбачено вирощування наступного виду дерев: яблунь – на десяти ділянках, груш – на чотирьох, черешень – на чотирьох, а також кущів смородини – на двох ділянках. З використанням програмного комплексу *WATER* [1] проведено розрахунок режимів зрошення для вибраних культур саду. За результатами проведених розрахунків встановили, що для року 75% забезпеченості для поливу яблунь необхідно 720 м<sup>3</sup>/га; груш – 660 м<sup>3</sup>/га; черешень – 540 м<sup>3</sup>/га; смородини – 530 м<sup>3</sup>/га, що в декілька разів менше ніж при дощуванні чи поверхнево-самопливному поливі. Джерелом зрошення є водосховище на річці Базавлук.



Рисунок 1 - Розташування об'єкту досліджень та схема ділянки зрошення саду

Зрошення дерев планується окремими крапельницями з витратою 2 л/год, а для смородини – 1 л/год. Враховуючи схеми посадки дерев і кількість

крапельниць на одне дерево, частка площі живлення для дерев складе 23,7%, а для смородини – 19,6%, що суттєво зменшує зрошувальну норму.

Зрошувальна мережа планується з екологічно безпечних поліетиленових труб. Крапельниці встановлюватимуться під кожне дерево, при цьому загальна кількість їх складе 2500 шт./га, або 115 тис. на всю територію саду. Загальна довжина поливних трубок, діаметром 16 мм, складе 153 тис. м. Розподільча мережа планується закритого типу на глибині 1,2 м.

Стандартна комплектація вузла підготовки води дає можливість вносити разом з поливною водою добрива та інші елементи, що зменшує об'єм робіт по догляду за рослинами.

**Висновки.** Отже, за результатами проведених розрахунків отримали, що при поливі саду краплинним способом для підтримки оптимального водного режиму ґрунту необхідно 30 тис.м<sup>3</sup> води для середньосухого року-моделі 75% забезпеченості. Для більш вологих років ця кількість буде меншою.

### Список використаної літератури:

1. Доценко В.І., Ткачук Т.І. Застосування інформаційних технологій при побудові поздовжнього профілю закритої зрошувальної мережі. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції “Прискорення змін до подолання водної кризи в Україні” присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів. 22 березня 2023 р. Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2023. С. 117-118.

UDC 621.391

**Zubenko V.O.**

*Kherson state agrarian and economic University, Kherson*

## **WATER SUPPLY AND QUALITY OF WATER RESOURCES IN KIROVOGRAD OBLAST**

**Introduction.** Water supply is a vital component of the infrastructure of any region [1, 2]. Water is used not only for domestic needs, but also for agriculture, industry and many other areas of activity. Kirovograd oblast, located in the center of Ukraine, has its own unique features of water supply and water quality, which deserve detailed study and analysis.

The problems of water supply and water quality are becoming increasingly relevant in the context of climate change, population growth and increased industrial capacity. Kirovograd region is no exception, and the issues of providing the population with highly-quality drinking water and protecting water resources require special attention. Increasing pollution of water sources, deteriorating infrastructure, and a lack of modern water treatment technologies pose serious challenges for the region.

The purpose of this paper is to analyze the current state of water supply and water quality in Kirovohrad oblast, identify the main problems and ways to solve them.

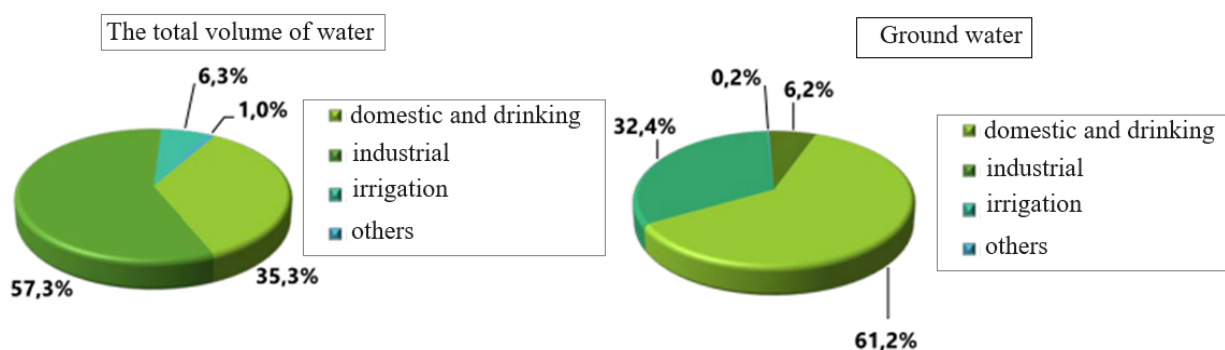
To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks: assess the state of water resources in Kirovohrad oblast, analyze the existing water supply system and its efficiency, identify the main sources of water pollution, study the impact of water quality on public health, and develop recommendations for improving the quality of water resources and water supply in the region.

**The main part.** The water supply system of Kirovohrad oblast is based on the use of both surface and underground water sources. The region's drinking water supply is based on water from surface sources - the Sugoklia, Pivdennyi Buh, Syniukha, Ingulets, Chornyi Tashlyk rivers, Karachuniv, Kremenchuk and Iskra reservoirs, as well as artesian wells.

The main source of water supply for the four cities of regional significance and adjacent settlements is the Dnipro-Kirovohrad water pipeline, which is one of the ten longest in Ukraine with a length of 120 km. There is no centralized water supply in the urban-type settlements of Znamianka Druha in Znamianka, Yelyzavetgradka in Kropyvnytskyi raion, Kapitanivka in Novoukrainskyi raion, Pavlysh in Oleksandriia raion, and Salkove in Holovanivskyi raion.

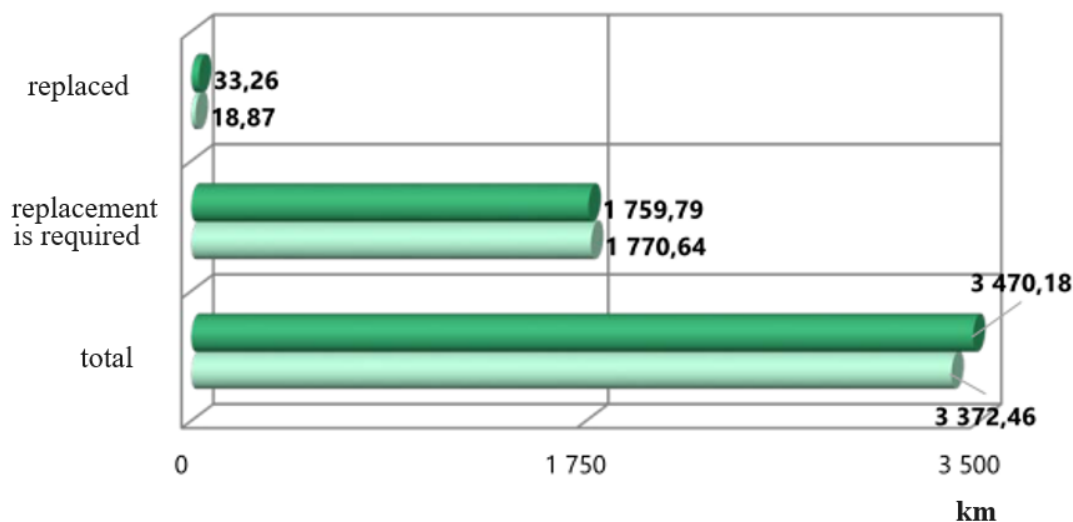
According to the State Agency for Water Resources in Ukraine, in 2022, there were 27 settlements in low-water areas, including 1 city (Novoukrainka), 1 urban-type settlement (Ustynivka) and 25 villages in Novoukrainka and Kropyvnytskyi raions. In the field of centralized water supply and sewerage, 95 business entities of various forms of ownership operate in the region.

In 2022, 143.926 million m<sup>3</sup> of water was withdrawn from natural sources in the oblast, which is 56.707 million m<sup>3</sup> less than in the previous year. The total volume of water used amounted to 43.576 million m<sup>3</sup> (0.771 million m<sup>3</sup> less), including 15.388 million m<sup>3</sup> (1.158 million m<sup>3</sup> more) for domestic and drinking needs, and 24.99 million m<sup>3</sup> (2.767 million m<sup>3</sup> less) for industrial needs. For groundwater, these figures were as follows: 6.15 million m<sup>3</sup> of water was used in total (down by 1.142 million m<sup>3</sup>), including 3.765 million m<sup>3</sup> for domestic and drinking needs (up by 0.653 million m<sup>3</sup>) (Figure 1).



**Figure 1** - Water use for various needs in 2022

The analysis of water supply networks in 2022 showed the following indicators: the total length of the networks was 3,470.18 km, of which 1,759.79 km or 50.7% were classified as worn out and emergency. This indicates a high level of infrastructure deterioration, which poses significant risks to stable water supply. In 2022, only 33.26 km of pipes were replaced, which is 1.9% of the total need for network renewal (Figure 2).



**Figure 2** - Length of water supply networks

These indicators emphasize the insufficient amount of repair work is being done to keep the water supply system in good condition and point to the need for a significant investment increase in infrastructure modernization and renewal. Overall, however, the network accident rate has decreased from 0.65 to 0.6 accidents per 1 km of network.

One of the main problems in Kirovograd oblast is the shortage of drinking water due to the uneven distribution of water resources across the region. The water supply per 1 person by local runoff is 1.2 thousand cubic meters and in low-water years it decreases to 0.3 thousand cubic meters. In neighboring oblasts, this figure is: Poltava - 1.3 thousand cubic meters, Cherkasy - 1.3 thousand cubic meters, Mykolaiv - 0.5 thousand cubic meters. In addition, there are settlements in the region that use imported water. Additional factors that affect the quantity and quality of drinking water are natural changes, such as climate change, and human activity, which exacerbate the water supply crisis.

Another, but no less important problem is the issue of water quality. The main sources of water pollution in Kirovohrad region include:

- industrial waste.
- agricultural runoff containing pesticides and fertilizers.
- domestic wastewater.
- improper recycling of solid waste.

Whereas Kirovohrad oblast has a high concentration of the most environmentally hazardous minerals, in particular uranium [3]. This leads to a

significant increase in man-made impact on the environment and deterioration of water resources in the oblast. Laboratory water testing in recent years has also shown non-compliance with the requirements for dry residue, sulfates, and total hardness. An increase in the content of nitrates in water has been registered, which may be due to non-compliance with the legal regime in the areas of sanitary protection of water sources, the use of chemicals in soil cultivation and plant cultivation; and the construction of cesspools and landfills in private homes on the banks of rivers and reservoirs. For centralized water supply, the deterioration of water quality is caused by the destruction and aging of municipal infrastructure.

Drinking water quality tests are carried out by accredited laboratories: RUPC “Dnipro-Kirovohrad” (Kropyvnytskyi PSE, Oleksandriia PSE, Svitlovodsk PSE, Znamiansk PSE and Smolinsk PSE); PUC “Teploenergetik”, Nove village; PUC “Petrivske”; LLC “Pobuzhsky Ferronickel Plant”.

The list of indicators monitored by the laboratories, the timing and frequency of water sampling are defined in the Laboratory Control Plan and the work program developed in accordance with the Sanitary and Epidemiological Requirements for Drinking Water Intended for Human Consumption 2.2.4-171-10.

In 2022, the quality of drinking water from centralized water supply systems did not meet the established standards in the following settlements of the region.

<b>Name of the settlement</b>	<b>Indicators</b>
Svitlovodsk city (RUPC “Dnipro-Kirovohrad”)	Turbidity, general iron
Blahovishchenske city	general hardness, nitrates
Oleksandriia city (RUPC Dnipro- Kirovohrad)	Color, turbidity, general coliforms
Golovanivsk urban-type settlement in Golovanivska TC, Pervozvanivka мшддфпуof Pervozvanivska TC, Vlasivka urban-type settlement in Svitlovodsk TC (MWSSE “Vodograi”)	General hardness
Novhorodka urban-type settlement in Novhorodkivska TC, Petrokorbivka village, Novhorodkivska TC Velyka Checheliyivka village, Novhorodka raion, Andriyivka village, Priyutivska TC, Ketrysynivka village, Ketrysynivka TC	General hardness, dry residue, sulfates
Verblyuzhka village, Novhorodkivska TC	General hardness, dry residue, sulfates, total iron
Haiove village, Novopratska TC, Malynivka village, Petrivska TC (PJSC “Sharivske”)	Nitrates, total hardness, general coliforms
Dmytriivka village, Dmytrivska TC	Dry residue, general iron, sulfates, general hardness, turbidity, general coliforms
Sharivka village, Kvitneve village Novopratska TC (PJSC “Sharivske”)	Enterococci



Contaminated water can cause a variety of illnesses, including infectious diseases, allergies, poisoning, and chronic diseases. Children and the elderly are particularly vulnerable. Therefore, the quality of drinking water is of crucial importance to maintaining public health. Therefore, solving the water supply issue in Kirovohrad oblast and ensuring the quality of water resources becomes extremely important.

As a result of the analysis of the situation and previous studies [4], the following ways of solving the issue of water supply in Kirovohrad oblast in the context of military conflict were outlined:

1. To study the condition of water intakes and water intake wells in each settlement of the oblast.

2. To develop environmental passports for existing wells and boreholes, which indicate the design parameters, flow rate and chemical analysis of water at the stages of initial, current and final use. In case of absence or loss of passports, it is necessary to obtain information from local residents and collect water samples for analysis.

3. For each raion, settlement, or district in cities and towns, administrative data should be available:

- Number of inhabitants;
- Number of yards in rural areas;
- Number of schools and hospitals with attendance and number of beds;
- Information on enterprises, their profile, water consumption and water sources;
- Approximate data on the presence of cattle and small livestock and other indicators;
- Other relevant data for calculating the demand for domestic water, including technical needs according to water consumption standards and comparison with the current situation.

4. Analyze the possibility of using alternative sources of water supply.

5. Develop detailed plans for the supply of clean water in a resource-limited environment. This includes the placement of mobile water points, the use of drainage structures, and the efficient transportation of water to areas of greatest need.

6. Promote the preservation and rehabilitation of existing water supply infrastructure.

7. Conduct awareness-raising activities on ways to save water, rationalize its use by the population, and conduct an information campaign on the separation of water for technical needs and drinking water.

Implementation of these measures will ensure the stability of water supply and preservation of water resources in the region even in difficult conditions of military conflict.

**Conclusion.** Ensuring quality water supply and preservation of water resources in Kirovohrad oblast is extremely important, especially in the context of the military conflict. Contaminated water poses serious health risks, especially for children and the elderly. An analysis of the situation showed the need to implement a number of



measures, including studying the condition of water intakes, developing environmental passports for wells, collecting administrative data on the population and infrastructure, analyzing the possibility of using alternative water sources, and developing plans for the supply of clean water. It is also important to preserve and restore the existing infrastructure and conduct information campaigns on the rational use of water. Implementation of these measures will ensure stable water supply and conservation of water resources even in difficult conditions. Water supply and water quality in Kirovograd oblast are important issues that require a comprehensive approach. Through the introduction of modern technologies, infrastructure modernization and active community involvement, a significant improvement can be achieved. Only through joint efforts can the oblast be provided with clean and safe water, which will be the key to a healthy and comfortable life for the population.

### References:

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of October 23 (2000), establishing a framework for Community action in the field of water policy. [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_962#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text)
2. Ecological passport of the Kirovohrad region (2021) *Govt. example environmental protection. environment in the Kirovohrad region. Kirovohrad*: – 81 p.
3. Екологічний паспорт Кіровоградської області / Держ. упр. охорони навколишнього природ. середовища в Кіровоградській обл. - Кіровоград: 2021. - 81 с.
4. Зубенко В.О., Радько В.І. Альтернативні джерела водопостачання в територіальних громадах Кіровоградської області. *Збірник тез XI Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції «Прискорення змін для подолання водної кризи в Україні»*, присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів 22 березня 2023 р. Київ. – 2023. – С. 165–166.

УДК 625.7/.8, 625.745.1/.2

**Онищенко А.М., Гаркуша М.В.**

*Національний транспортний університет, м. Київ*

## **ПРОЄКТУВАННЯ БЕРЕГОУКРІПЛЮЮЧИХ СПОРУД З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Вступ.** За функціональним призначенням у дорожньому будівництві відкосні та прибережні укріплювальні конструкції відносяться до спеціальних споруд для захисту автомобільних доріг, підмостових конусів, регуляційних споруд та прилеглих до них берегів та руслових зон від впливів: небезпечного прояву природно-техногенних процесів та явищ, у тому числі гідрометеорологічного походження Ці споруди пов'язані та функціонально

взаємообумовлені із земляним полотном, водопротіканнями та водовідвідними спорудами, а також з прилеглою до дороги місцевістю. Тому від стійкості укріплювальних споруд залежить стійкість пов'язаних із нею інших споруд, отже, і фактична функціональна здатність автомобільних доріг за виконанням саме свого заданого призначення. Ступінь достатності необхідного функціонування відкосних та прибережних зміцнювальних споруд у внутрішньорічному та багаторічному періоді визначається науково-технічною обґрунтованістю та якістю проектно-будівельних рішень та експлуатаційних заходів і насамперед достовірністю обліку гідрометеорологічних факторів та впливів, а також виконуваного у процесі проектування інженерного прогнозу просторово-часових проявів їх розрахункових показників.

Однак у більшості випадків проектування цих споруд здійснюється переважно з використанням тільки типових рішень, без взаємної ув'язки з іншими спорудами спеціального призначення та обліку конкретних гідрометеорологічних факторів та впливів. Нерідко подібний підхід до влаштування зміцнювальних споруд є однією з основних причин їх деформацій та руйнувань. Таке становище посилюється тим, що питанням влаштування та інженерно-гідрометеорологічного обґрунтування цих споруд не приділяється належної уваги як при постановці та проведенні відповідних наукових наук досліджень, узагальнення накопиченого досвіду експлуатації, розроблення типових та індивідуальних рішень та конструкцій, так і при виробленні концептуально-теоретичних основ цих споруд.

**Основна частина.** Конструювання протиерозійного захисту укосів із застосуванням геосинтетичних матеріалів виконується згідно з ГБН В.2.3-37641918-544 [1].

Геосинтетики виконують сім основних функцій в конструкції: армування; дренажування; захищення; ізолювання; протиерозійний захист; розділення; фільтрування.

Термін служби геосинтетичних матеріалів повинен перевищувати термін служби конструкцій, в яких вони застосовуються.

Схеми закладання геосинтетичних матеріалів для протиерозійного захисту розрізняють для систем постійної дії з жорстким кріпленням і з використанням об'ємних геоматів, геосот тощо згідно з ГБН В.2.3-37641918-544 [2].

Конструктивні рішення, які застосовують для протиерозійного захисту постійної дії з жорстким укріпленням, поділяють на :

- захист укосів потоконаправляючих дамб;
- захист укосів від дії набігаючих хвиль;
- захист каналів поверхневого водовідводу;
- захист основ фундаментів від розмивання;

При поєднанні геосинтетика з зернистим чи монолітним шаром утворюється новий композитний матеріал, який поєднує в собі характеристики вихідних матеріалів.

При захисті основ фундаментів від розмивання при швидкості течії більше критичної, геосинтетик вибирають для критичних умов роботи в конструкції. При вкладанні полотен, напрямок укладки полотна повинен вибиратися у відповідності із напрямком потоку. При виборі геосинтетику приймають до уваги густину полімеру, з якого виготовлено геотекстиль, для оцінки можливості його спливання при вкладанні під водою.

Протиерозійний захист постійної дії з використанням об'ємних геоматів, геосот застосовують у водовідвідних канавах, на крутонахилених водовипусках і при захисті укосів насипів (виїмок) від ерозії інтенсивними атмосферними опадами. Тримірні протиерозійні геомати є ефективними для захисту в умовах нетривалих до 2 годин злив, і швидкості потоку води до (5 — 6) м/с. В умовах довготривалого потоку більш ефективними є жорстко армуючі протиерозійні системи. При перевищенні крутизни укосів насипів або виїмок більше за нормативну, необхідно передбачати заходи укріплення укосів з використанням протиерозійних геоматів або сіток. Необхідність застосування протиерозійного захисту оцінюють по швидкості потоку і гранулометричному складу ґрунту основи згідно з ГБН В.2.3-37641918-544 [1].

Конструктивні рішення з вкладання полотен геомата на укосі приймають згідно з рисунком 1.1. Використання геоматів можливе в сухих і обводнених умовах. В останньому випадку велике значення має динамічна дія течії чи набігаючих хвиль. При вкладанні полотен перевагу віддають їх вертикальній орієнтації згідно з рисунком 1.3 (а) ГБН В.2.3-37641918-544 [1].

Геосинтетичні матеріали, залежно від свого різновиду та конструкції, у якій вони використовуються, можуть виконувати різні функції та їх комбінації.

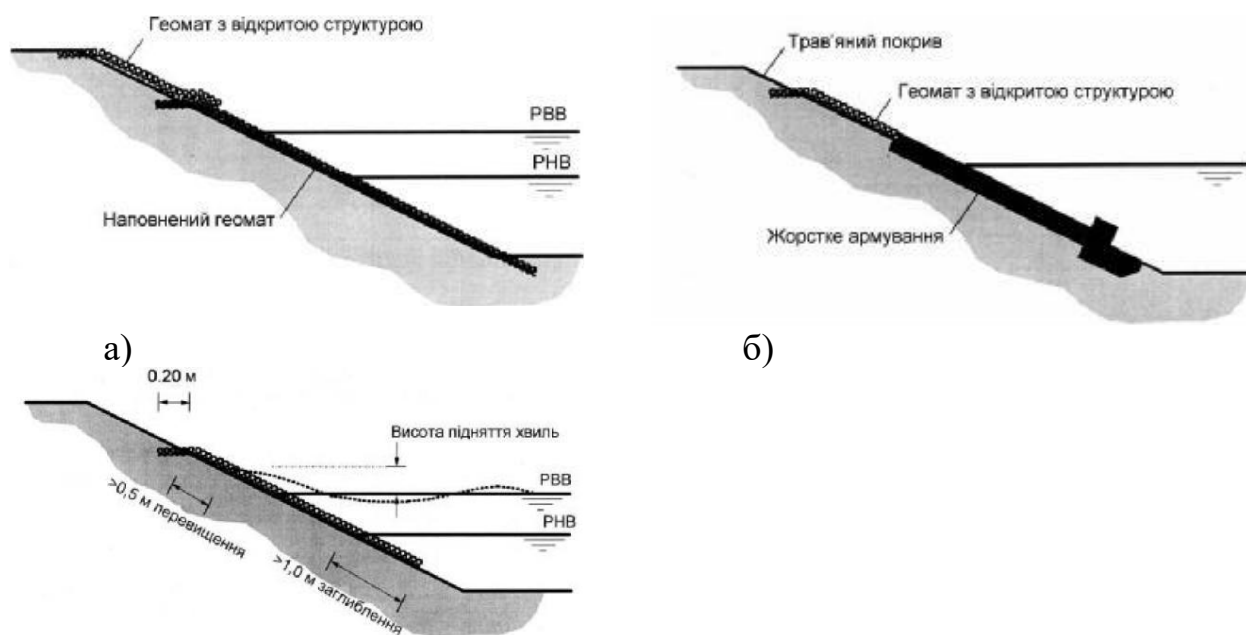
Основні функції геосинтетичних матеріалів:

- розділення;
- ізоляція;
- захист;
- контроль ерозії;
- фільтрація.

Використання геотекстилю зберігає і покращує однорідність і функціональність різних матеріалів. При цьому можливі два механізми: коли фракційний матеріал вкладається поверх слабкої ґрунтової основи і коли на фракційний матеріал прикладається вертикальне навантаження [2].

Геотекстиль запобігає проникненню фракції в ґрунт слабкої основи. Геотекстиль обмежує шар фракційного матеріалу, і завдяки цьому можливо досягти вищого ступеню ущільнення шару і, як наслідок, вищої несучої здатності.

Вдається уникнути забруднення фракційного матеріалу підстилаючими ґрунтами і в такий спосіб можливо попередити зниження несучої здатності.



в)

Рисунок 1 - Схеми укладання полотен геомата на підтоплюваному укосі

Проникнення тонкозернистих ґрунтових частинок у чистий крупнофракційний шар особливо проявляється під динамічним навантаженням і має назву «ефект закачування». Такі тонкозернисті фракції проявляють себе як шар змащування між крупними фракціями й можуть суттєво знизити зчеплення, і, як наслідок, знижується міцність при зсуві матеріалу крупнозернистого шару. Крім того, незабруднений матеріал краще виконує дренажні функції та краще протистоїть ефекту морозного спучування.

При розділенні геотекстилі в конструкції також виконують функції стабілізації та укріплення. При стабілізації на геотекстиль передаються напруження розтягу від зернистого матеріалу насипу і, таким чином, це покращує умови роботи підстилаючого ґрунту (матеріалу) основи, який у звичайних умовах має малу міцність при розтягу при прикладанні вертикальних зусиль.

Існує три окремих механізми, у результаті дії яких геотекстиль може стабілізувати крупнозернистий шар і покращити його стійкість до постійних деформацій під повторним навантаженням. Чим вищий початковий модуль геотекстилю, тим більш ефективним є цей механізм. Геотекстилі з малим початковим модулем (голкопробивні) мають велику деформацію і не забезпечують необхідне укріплення.

Геотекстилі з високим початковим модулем (термічно скріплені) дозволяють розподілити навантаження, зменшити напруження й забезпечити опір переміщенню. Оптимальне видовження (45 — 55) % запобігає місцевому пробиванню геотекстилю, оскільки це дозволяє геотекстилю розтягуватися навколо каменю, який його пронизує.

Функція ізоляції геосинтетичними матеріалами ефективна при влаштуванні протифільтраційних екранів полігонів відходів, резервуарів-накопичувачів, водоймищ, екрануванні дамб тощо [2].

Термічно зміцнений геотекстиль застосовується при захисті геомембрани від пробивання та механічного пошкодження. При цьому геотекстиль знижує точкове контактне напруження від суміжного шару кам'яного шару як під час будівництва, так і впродовж експлуатації. Найбільш важливими характеристиками геотекстилів для виконання функції захисту є показники опору пробиванню (CBR), ефективність захисту, грейферна міцність та однорідність матеріалу.

Результати випробування на опір пробиванню різних геоматеріалів свідчать, що показник поверхневої щільності не відображає повною мірою всіх захисних функцій геосинтетичного матеріалу.

Геосинтетик використовується для зниження ерозії ґрунту дощовими опадами і водами поверхневого стоку.

Геосинтетичні полотна тимчасової дії та легкі поліамідні протиерозійні геомати постійної дії EnkaMat® укладаються на поверхню укосу, що сприяє проростанню рослинності й запобігає поверхневому розмиванню укосу.

Геосинтетичний матеріал працює подібно до зернистого (піщаного) фільтра, пропускаючи воду й затримуючи захоплені фільтраційним потоком ґрунтові частинки від виносу.

Геотекстиль використовується для запобігання попаданню ґрунтів у дренаючі крупнозернисті шари чи геотуби, не перешкоджаючи при цьому водному потоку потрапляти в дренаючий шар/систему. Геотекстилі також використовуються під кам'яною засипкою та армуючими матеріалами в конструкціях укріплення укосів дамб, берегів річок і водойм для запобігання ерозії ґрунтів.

При фільтрації звертається увага на такі процеси, як: суфозія, ерозія і кальматація (забивання) самого геосинтетика. Розмір пор ефективного геотекстилю повинен бути достатньо малим, щоб затримувати великі ґрунтові частинки для запобігання ерозії ґрунту. Малі ґрунтові частинки спочатку повинні проходити через геотекстиль для того, щоб підтримувати вибудову перехідної сітки з більших частинок, які працюють як природний ґрунтовий фільтр, суміжний до геотекстилю.

Якщо розмір пор в геотекстилі є дуже малим, то малі частинки не можуть вимитися назовні й створюється перехідна сітка малого діаметру. Це створює природний ґрунтовий бар'єр з низькою водопроникністю.

Обмеження при використанні геосинтетиків для протиерозійного захисту укосів та схилів виконують згідно з ГБН В.2.3-37641918-544 [1].

Для протиерозійного захисту укосів та схилів не використовують геосинтетика, які виготовлені зі смужок, бо відбувається вимивання дрібнозернистих часток під окремими смужками матеріалу та вони не забезпечують аточного ефекту.

Якщо на будівельному об'єкті наявні ґрунти пилюваті, ґрунти з переривчастим гранулометричним складом, шаруваті піщано-пилюваті товщі, дисперсні глини, кам'яна мука тощо, то необхідно виконувати випробування протиерозійних матеріалів в умовах будівництва.

Інші обмеження визначають згідно з 8.4 ГБН В.2.3-37641918-544 [1].

Приклад рішення протиерозійного захисту відкосів з використанням геомату наведено на рис. 1.

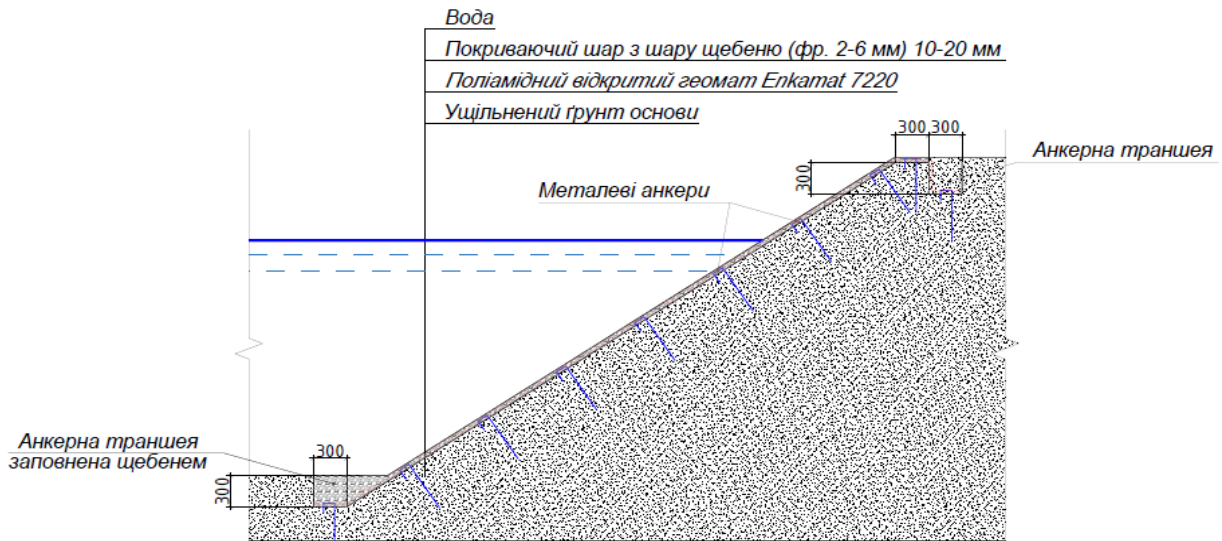


Рисунок 2 - Протиерозійний захист сухих відкосів з використанням геомату [2]

Конструктивні рішення з протиерозійним бетонуєчим матрасом наведено на рис. 2.

Стійкість конструкції зміцнення на поверхні укосу оцінюють на основі теорії граничної рівноваги. Сума утримувальних сил має перевищувати зусилля:

$$K_{зан} = \frac{\sum T_{уд}}{T_{вес}} \geq 1,25 \quad (1)$$

де

$\sum T_{уд}$  — сума сил, що утримують конструкцію зміцнення на укосі;

$T_{вес}$  — зсув зусилля від ваги конструкції зміцнення на укосі.

$$\sum T_{уд} = T_{тр} + T_{осн} + T_{анк} \quad (2)$$

де

$T_{тр}$  — утримуюче зусилля, що створюється тертям і зчепленням по поверхні ковзання;

$T_{осн}$  — величина пасивної відсічі при упорі конструкції зміцнення в основі земляного полотна біля його підшви;

$T_{анк}$  — утримуюче зусилля за рахунок кріплення конструкції за допомогою несучих анкерів.

Розрахункові характеристики ґрунту укосу - зчеплення та кут внутрішнього тертя у разі, якщо у конструкції зміцнення використовується геотекстильна прошарок, слід приймати 60 % від вихідних. Рифлення створює додаткове зчеплення.



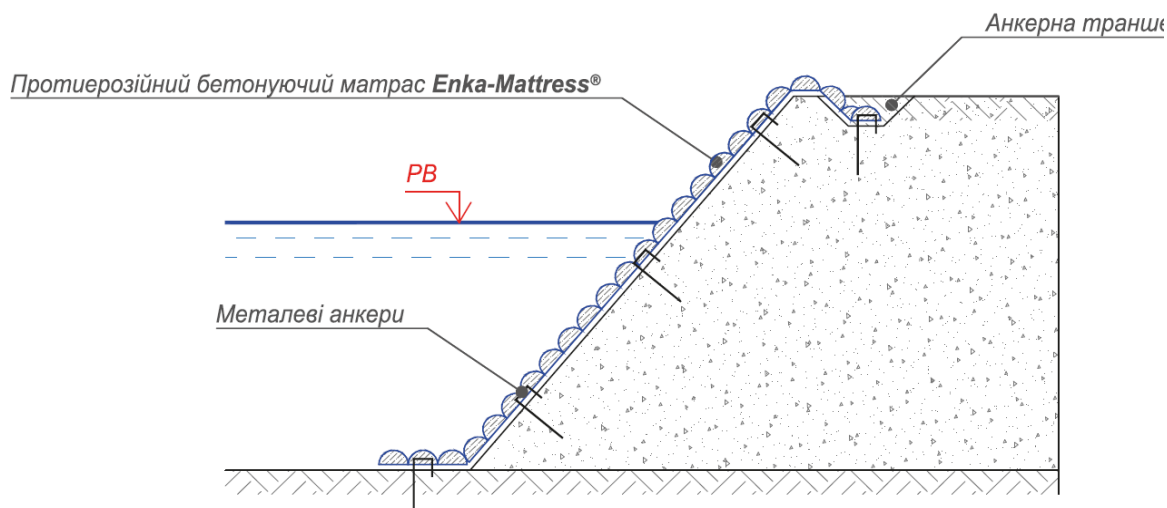


Рисунок 3 - Типове конструктивне рішення з Enka-Mattress® [2]

**Висновки.** В роботі проведено аналіз основних підходи проектування берегоукріплюючих споруд з використанням геосинтетичних матеріалів та підтвердження ефективність застосування сучасних рішень з використанням геосинтетичних матеріалів.

#### Список використаної літератури:

1. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги
2. МР 2.3-247292568-001:2022 Методичні рекомендації з проектування берегоукріплюючих споруд з використанням геосинтетичних матеріалів

УДК 627.12:330.52

**Шапоринська Н.М., Радько В.І.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

#### **УПРАВЛІННЯ РАЦІОНАЛЬНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ**

**Вступ.** Екологічний стан водних ресурсів України становить серйозну та нагальну проблему, яка потребує комплексного підходу та термінових заходів для його вирішення. Україна має значний потенціал водних ресурсів, зокрема річок, озер, водосховищ та підземних вод, які є важливим джерелом питної води, забезпечують розвиток сільського та промислового секторів, а також є важливою складовою природного середовища.

Проте, екологічний стан водних ресурсів України погіршується через ряд факторів. Перш за все, це забруднення водойм від побутових та промислових

викидів. Недостатня обробка стічних вод, неправильне відведення та зберігання відходів сприяють забрудненню річок та озер шкідливими речовинами, які шкодять водним організмам та порушують екологічний баланс.

Додатковим чинником є викиди агрохімікатів у сільському господарстві. Використання пестицидів та мінеральних добрив може призвести до забруднення ґрунтових вод та зниження якості ґрунту, що негативно впливає на водні ресурси.

Розвиток інфраструктури, зокрема будівництво гідротехнічних споруд, також має великий вплив на екосистеми водних ресурсів. Зміни рівня води у річках та водосховищах можуть призвести до втрати природного середовища та вимирання деяких видів риб та інших водних організмів.

**Основна частина.** Для поліпшення екологічного стану водних ресурсів України необхідно вжити низку заходів. Серед них - посилення контролю за викидами та забрудненням водойм, впровадження сучасних технологій очищення стічних вод, сприяння створенню екологічно чистих технологій у сільському господарстві, а також створення заповідних зон та резерватів для збереження біорізноманіття водних екосистем.

Крім того, важливо проводити постійну екологічну освіту серед населення та підвищувати обізнаність громадськості про проблеми водних ресурсів та шляхи їх вирішення. Тільки спільними зусиллями уряду, бізнесу та громадськості можна забезпечити сталий розвиток та збереження водних ресурсів для майбутніх поколінь.

Охорона водних ресурсів України від забруднення є важливою проблемою, яка потребує негайних та ефективних заходів для збереження екологічного балансу та забезпечення здоров'я населення. На сьогоднішній день Україна стикається зі значним забрудненням водних джерел, що викликане як людською діяльністю, так і природними факторами.

Однією з основних причин забруднення водних ресурсів є промислові викиди та стічні води. Багато підприємств не дотримуються екологічних норм у сфері викидів та обробки відходів, що призводить до потрапляння шкідливих речовин у водоймища. Річки та озера стають сприймачами отруйних речовин, що має серйозні наслідки для водних організмів та людського здоров'я.

Також значний вплив на якість води має сільське господарство. Використання пестицидів, агрохімікатів та мінеральних добрив призводить до забруднення ґрунтових вод та зниження якості ґрунту, що впливає на водні екосистеми та може мати негативний вплив на здоров'я людей, які використовують цю воду для пиття та сільськогосподарських потреб.

Для забезпечення охорони водних ресурсів України необхідно вжити комплекс заходів. По-перше, це впровадження строгих екологічних норм та стандартів для промислових підприємств щодо викидів та очищення стічних вод. Контроль за дотриманням цих норм повинен бути посиленним.

Другим важливим кроком є розвиток та впровадження екологічно чистих технологій у промисловості та сільському господарстві, які дозволять зменшити вплив на навколишнє середовище та водні ресурси.

Крім того, необхідно залучити громадськість до процесу охорони водних ресурсів через проведення інформаційних кампаній, навчальних заходів та підтримку екологічних ініціатив громадськості.

Загальнонаціональна програма з охорони водних ресурсів та зменшення забруднення має стати пріоритетним завданням для уряду та всіх зацікавлених сторін. Тільки в результаті спільних зусиль можна досягти значного покращення стану водних ресурсів та забезпечити їхню стійкість для майбутніх поколінь.

Управління раціональним використанням водних ресурсів України є ключовим аспектом забезпечення сталого розвитку країни та збереження природного середовища. З урахуванням зростаючих потреб у воді в сільському господарстві, промисловості та господарських потребах, ефективне управління водними ресурсами стає надзвичайно важливим завданням.

По-перше, необхідно встановлення строгих норм та правил щодо використання водних ресурсів. Це може включати в себе регулювання водозаборів з водойм, контроль за викидами стічних вод, встановлення ліцензій на водокористування для підприємств та сільськогосподарських об'єктів.

Другим важливим аспектом є збереження та відновлення водно-болотних угідь та екосистем. Водні басейни, болота та вологі екосистеми виконують важливі екологічні функції, такі як очищення води, збереження біорізноманіття та контроль за рівнем ґрунтових вод. Їхнє збереження та відновлення важливі для підтримки сталого водного циклу.

Третім кроком є стимулювання ефективного використання водних ресурсів через впровадження сучасних технологій та інновацій. Ефективне зрошення в сільському господарстві, рециклінг стічних вод у промисловості, а також використання екологічно чистих технологій у виробництві можуть значно зменшити водний стрес та забезпечити економічну ефективність.

Крім того, важливо розвивати механізми співпраці та координації між урядовими установами, місцевими органами влади, громадськістю та приватним сектором у питаннях водокористування та охорони водних ресурсів. Тільки за умови спільних зусиль та згуртованості можна досягти значних успіхів у забезпеченні ефективного та сталого використання водних ресурсів. Управління раціональним використанням водних ресурсів України вимагає комплексного підходу, що включає в себе правову базу, екологічні стандарти, впровадження новітніх технологій та сприяння співпраці між різними зацікавленими сторонами. Тільки таким чином можна забезпечити ефективне та стає управління водними ресурсами для майбутніх поколінь.

Ключовими аспектами екологічно безпечного водокористування є: *Забезпечення води високої якості.* Важливо забезпечити, щоб вода, яка використовується для пиття, сільського господарства, промисловості та інших цілей, відповідала стандартам якості, щоб не мала шкідливого впливу на здоров'я людей та екосистем. *Раціональне використання водних ресурсів.* Важливо використовувати воду ефективно та економно, уникати надмірного використання та зайвої витрати води. *Мінімізація забруднення води.* Слід зменшити викиди забруднюючих речовин, хімічних речовин, відходів та інших

забруднень до водних джерел, щоб підтримувати чистоту водних екосистем та забезпечити безпеку для водних організмів та людей.

Водні екосистеми - це комплексні біологічні та фізичні системи, які включають в себе водні тіла (річки, озера, ставки, болота, моря, океани), водні процеси, навколишнє середовище та живі організми, що з ними пов'язані. Ці екосистеми мають ключове значення для підтримки життя на Землі та виконання численних екологічних, гідрологічних та кліматичних функцій. Водні екосистеми є важливими центрами біорізноманіття, оскільки вони підтримують велику різноманітність живих організмів, таких як водні рослини, риби, зоопланктон, водяні птахи та безліч інших видів, які взаємодіють у складних екологічних взаємовідносинах. Водні екосистеми забезпечують важливі послуги у вигляді водних ресурсів, які використовуються для забезпечення питної води, сільськогосподарського зрошення, промислових процесів та інших потреб людини. Водні екосистеми виконують важливу функцію фільтрації та очищення води шляхом утримання забруднюючих речовин, нейтралізації токсинів та розкладання органічних речовин. Деякі водні екосистеми, такі як мангрові ліси та коралові рифи, мають важливе значення для регуляції клімату шляхом поглинання вуглекислого газу та впливу на атмосферні та морські потоки. Водні екосистеми, такі як морські прибережні зони та мангрові ліси, допомагають утримувати берегову лінію, захищаючи прибережні території від ерозії та ураганів.

Загальною метою охорони водних екосистем є збереження їх функцій та біорізноманіття для підтримки стійкого розвитку та забезпечення благополуччя суспільства. Важливо зберігати та охороняти водні екосистеми, включаючи річки, озера, болота, мокрі землі та морські угіддя, для підтримки біорізноманіття та екологічного балансу. Розвиток та використання альтернативних джерел води, таких як дощі, відновлювальні джерела води, рециклінг та повторне використання води, може допомогти зменшити тиск на природні водні ресурси та забезпечити стійке водокористування. Важливо розробляти та впроваджувати стратегії адаптації, що спрямовані на захист водних екосистем від негативного впливу зміни клімату, таких як зміни в режимі опадів, підвищення рівня морів та інші.

**Висновки.** Відтворення та охорона водних ресурсів є надзвичайно важливими завданнями з точки зору сталого використання води та збереження природного середовища. Ключовими аспектами використання води та збереження природного середовища є: *охорона водних джерел, яка* включає в себе заходи зі збереження природного середовища, що оточує водні джерела, таких як ліси, вологі місця, прибережні зони, які допомагають у фільтрації та очищенні води, а також утриманні стабільної екологічної рівноваги; *управління водними екоресурсами, яке* включає в себе регулювання водних потоків, забезпечення доступу до води для різних видів живих організмів, включаючи ті, що є важливими для екосистемної різноманітності; *моніторинг водних ресурсів, що* включає в себе систематичне спостереження за якістю води, рівнем води, екосистемами водойм та іншими параметрами для вчасного виявлення проблем та прийняття відповідних заходів; *відновлення водних систем* може включати в

себе програми відновлення річкових дельт, мокрих земель, відновлення рибних запасів, відновлення природного стану річок, озер та інших водних ресурсів; інноваційні технології. Використання новітніх технологій та методів для очищення води, зменшення водних втрат та підвищення ефективності використання водних ресурсів; *співпраця та участь громадськості*. Важливо залучати громадськість, місцеві громади, науковців, галузевих експертів та інших зацікавлених сторін до процесів відтворення та охорони водних ресурсів для забезпечення успішності та підтримки усіх заходів.

### Список використаної літератури:

1. Irrigation and drainage strategy in Ukraine (project proposal) Prepared jointly by a group of experts from the World Bank, the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the Institute of Water Problems and Reclamation of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine in cooperation with the Coordination Council established under the Cabinet of Ministers of Ukraine.
2. Лисогоров К.С. Прогнозування та регулювання стану навколишнього середовища. Курс лекцій / К.С. Лисогоров, Н.М. Шапоринська. – Херсон: РВЦ ХДАУ “Колос”, 2007. – 196 с
3. Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика, В.М. Хорєва. - К.: Генеза, 2000. - 456 с.

УДК 621.382.28

**Литвиненко В.М., Волкович А.М.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

## РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО ПОЛИВУ РОСЛИН

**Вступ.** Зрошення є одним із самих впливових факторів, яке стимулює урожайність, регулярність плодоношення і тривалість продуктивного життя плодкових насаджень в умовах південного степу України, де поряд з частими весняними приморозками спостерігаються ще й літні суховії, які призводять до часткових або повних втрат урожаю кісточкових культур та водним стресам рослин у різні періоди їх розвитку, особливо у період формування майбутнього урожаю. Тому істотне місце у технології вирощування плодкових культур у ґрунтово-кліматичних умовах південного степу України слід відводити зрошенню плодкових насаджень, яке забезпечить не тільки виконання зволожувальних поливів, а й передбачає проведення спеціальних поливів (протиприморозкових, освіжних та інших). Проведення цих поливів неможливо без автоматизації управління системою зрошення [1]. Поточна інформація про вологість і температуру ґрунту в системі керування виробництвом сільськогосподарської продукції необхідна, у першу чергу, для прийняття





зовнішній фактор який може бути помилковим збудником.

Якщо мікросхема видає позитивний результат, тобто збудник спокою справжній, з ніжки номер 1, що є виходом першого каналу мікросхеми, одержуємо логічну одиницю у вигляді невеликої позитивної напруги. Якої досить щоб запалити світлодіод усередині оптрона й тим самим відкрити базу транзистора того ж оптрона. Відкриття бази транзистора знаменується включенням реле К1 і запалювання зеленого світлодіода HL2, що сигналізує про спрацювання датчика. Спрацювання реле К1 призводить до замикання електричного ланцюга подачі живлення до поливних насосів, які виконують полив контрольованих рослин. Полив рослин суттєво змінює вологість ґрунту, що викликає зворотну реакцію пристрою – реле К1 виключається і розмикає електричний ланцюг подачі живлення до поливних насосів. Завершення поливу рослин відбувається після достатнього зволоження ґрунту.

**Висновки.** Використання розробленого пристрою забезпечує автоматичний дозований полив рослин, що дає можливість одержати економію коштів за рахунок скорочення обслуговуючого персоналу та економії електроенергії в системі поливу.

### Список використаної літератури

1. Сушко С. Л., Чижиков І. О. Використання методології фітомоніторингу як засобу управління вегетаційними поливами кісточкових плодкових культур. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2023. Випуск 13. Том 2. С.29-37.
2. Головка Д.Б., Реґо К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. К.: Либідь, 2001. 408с.
3. Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка. Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003. 544с.

УДК 004.65:631.95:631.67

**Ладичук Д.О., Левченко А.С., Коршманюк К.А.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

### **СПОСОБИ ЗАХИСТУ БАЗ ДАНИХ ГІС, СТВОРЕНИХ ПРИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Вступ.** Однією з актуальних наукових проблем підвищення ефективності використання зрошуваних земель є створення екологічно стійких агроландшафтів в умовах багаторічного зрошення у південнестеповій зоні України. Сьогодні сформовані складні природно-технічні (ландшафтно-меліоративні) системи, що функціонують на відміну від природних ландшафтів за новими законами і мають свої регіональні часові та просторові особливості.

**Основна частина.** Проведення земельної реформи в Україні викликало необхідність визначення вартості кожної ділянки землі та напрямів господарювання сільськогосподарських товариств, які визначаються родючістю ґрунтів та еколого-меліоративним станом даного агроландшафту.

Природна родючість темно-каштанових ґрунтів не забезпечує без зрошення отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур. Необхідне застосування комплексу еколого - меліоративних заходів, що знижують негативний вплив несприятливих погодних умов і підвищують родючість ґрунтів.

На сьогодні існують два основних принципи екологізації сільськогосподарського та переробного виробництва. Це: 1) збереження природного біорізноманіття на залишковому рівні з виведенням значних площ угідь з обігу; 2) підвищення продуктивності агроландшафтів за рахунок покращення меліоративного режиму із збереженням екологічної стійкості ландшафтів.

Принципова задача меліоративного режиму полягає у тому, що при мінімумі витрат на управління необхідно створювати такі умови вологості ґрунту та вертикальної проточності у зоні аерації, які б забезпечили отримання високих та гарантованих урожаїв сільськогосподарських культур і стійкість родючості ґрунтів на тривалий період часу.

При формуванні екологічно стійких агроландшафтів найважливішого значення набуває моделювання процесів, що відбуваються, в системі еколого-меліоративного моніторингу.

Комплексні дослідження особливостей формування показників (чинників) меліоративного режиму, як кожного окремо, так і у взаємозв'язку, в натурних умовах кожного агроландшафту протягом тривалого часу і створення на їх базі надійних математичних моделей дозволить зберегти їх екологічну стійкість, но і дозволить розробити еколого- економічний механізм екологізації сільського господарства.

Для встановлення особливостей формування показників меліоративного режиму на основі моделювання процесів з використанням ГІС-технологій необхідно створення багатовекторних просторово-часових баз даних. Але наявність значної кількості баз даних потребує забезпечення їх захисту.

Захист інформації - комплекс заходів, що направлені на забезпечення найважливіших аспектів інформаційної безпеки. Основними критеріями оцінки надійності систем захисту є: політика безпеки і гарантованість. Об'єктами баз даних, які підлягають захисту, є всі об'єкти, що зберігаються в базі даних: таблиці, уявлення, процедури, що зберігаються, і тригери. Для кожного типу об'єктів існують свої дії, тому для кожного типу об'єктів можуть бути визначені різні права доступу. Однак він виявляється незадовільним, якщо в установі необхідно організувати дійсно багаторівневе середовище захисту інформації. Багаторівневий захист означає, що: 1) в обчислювальній системі зберігається інформація, що відноситься до різних класів таємності; 2) частина користувачів не мають доступу до максимально секретного класу інформації. Клас доступу характеризується двома компонентами. Перший компонент визначає ієрархічне

положення класу. Другий компонент являє собою безліч елементів з неієрархічного набору категорій, що можуть відноситися до будь-якого рівня ієрархії.

Варіанти захисту баз даних можна проілюструвати наступними прикладами. Компанія Microsoft випустила СУБД SQL Server з кодовою назвою Yukon, куди ввійшли засоби шифрування, що затрудняють доступ до інформації для ненаділених відповідними правами користувачів У новій версії SQL Server шифруються і дані, що зберігаються в самій базі даних, що робить її набагато стійкішою до атак.

Oracle випустила опцію Oracle Label Security для своїх продуктів Oracle 8i і Oracle 9i. Ця опція дозволяє позначати дані на самому нижньому рівні БД, щоб управляти доступом користувачів до певної інформації. Вона дозволяє управляти доступом до бази даних на рівні записів.

IBM випустила нову версію DB2 і Unix з функціями шифрування і дешифрування. Корпорація Fujitsu Siemens Computers випустила нову версію програмного рішення NetWorker Backup Suite. Версія 7.3 модуля NetWorker PLUS орієнтована на Oracle і дозволяє виконувати повністю автоматичне резервне копіювання і відновлення баз даних за розкладом. В результаті забезпечується безперервний захист даних підприємства і підвищення ефективності процесів резервного копіювання і відновлення.

**Висновки.** Для мінімізації ризику втрат необхідна реалізація комплексу нормативних, організаційних і технічних захисних мір, у першу чергу: уведення рольового управління доступом, організація доступу користувачів по пред'явленню цифрового сертифіката, а в найближчій перспективі - промислове рішення щодо вибіркового шифрування і застосування алгоритмів ДСТ для шифрування обраних сегментів бази. Для повного рішення проблеми захисту даних адміністратор безпеки повинний мати можливість проводити моніторинг дій користувачів, у тому числі з правами адміністратора.

UDC 538.9.537.5:620

**Zavodyannyi V.V., Shpilko O.O.**

*Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson*

## **ION MEMRISTIC EFFECTS ON THE NANOMETRE SCALE IN METAL OXIDES**

**Introduction.** The relevance of the study is due to the great potential of memristive effects, which are manifested in the change of material resistance under the influence of an external electric field and ion flows. The goal is to analyze and study the mechanisms of ion memristive effects with a detailed consideration of the process of changing the valence of metal cations. The basis of the work was the study of nanometer metal oxides TiO<sub>2</sub> and ZrO<sub>2</sub>. The materials were obtained by chemical deposition synthesis using highly pure precursors. The obtained results open wide

possibilities for the practical use of ion memristive effects. In the course of studies of ionic memristive effects in films based on TiO<sub>2</sub> and ZrO<sub>2</sub>, it was established that the change in resistance occurs due to various mechanisms, including ion migration, electrochemical reactions, and reorganization of defects. Under the influence of an external electric field, a change in the resistance of both materials is observed. In TiO<sub>2</sub> there is a decrease in resistance with increasing voltage, while in ZrO<sub>2</sub> there is an increase in resistance. During additional experiments in the temperature range of 25-200°C, it was found that the temperature significantly affects the ion memristive effects. When it increases, a noticeable increase in the intensity of these effects is observed in both materials. The use of X-ray diffractometry and infrared spectroscopy revealed that changes in the valence of metal cations in both films occur under the influence of an electric field. The analysis of changes in the X-ray and infrared spectra proved the existence of a modification of the crystalline and molecular structure in response to the electric field. In particular, the change in the positions and intensity of the peaks indicates the rearrangement of bonds in the crystal lattice.

The paper proposes new research to expand the understanding of these effects and consider possible ways to improve memristive devices. The study of ionic memristive effects in TiO<sub>2</sub> and ZrO<sub>2</sub> has important practical significance for the development of electronics and the creation of new generations of memristors and neuromorphic systems.

**Main part.** During the rapid development of nanotechnology and nanomaterials, the study of electrical properties of materials on the nanometer scale is becoming a key area of science and technology. One of the phenomena in this area is ion memristive effects in metal oxides, which open up new opportunities for the development of highly efficient electronic devices and artificial intelligence systems. These effects are associated with a change in material resistance under the influence of an external electric field and ion currents. The study of these effects on the nanometer scale in metal oxides opens the problem of the mechanism of valency change in these materials. An important aspect is the understanding of the process of changing the valence of metal cations, which can become the basis for the development of new memristors and electronic devices with the ability to learn and adapt. Nanometer ionic memristive effects in metal oxides are related to the resistive switching behavior of materials based on these oxides, which are used in memristors.

The valence switching mechanism is a bipolar resistive switching mechanism that plays a key role in such devices. In this mechanism, the movement of oxygen ions within the oxide semiconductor can change the resistance of the memristor as the valence changes. In the work of D.Y. Shovkoplyas and others consider in detail the mechanism of memristor functioning, which is explained as the electromigration of oxygen ions under the influence of alternating electric fields [1]. This mechanism is the main reason for the occurrence of a two-digit dependence of the current on the voltage in the contacts of a metal electrode with complex oxides of transition metals.

The most effective materials are films based on platinum oxide and tantalum. According to the research of V.V. Shamayev and others, the concentration of oxygen

vacancies in such materials becomes very heterogeneous as it approaches the surface [2]. On the example of yttrium-barium cuprate, a thin incomplete layer is formed in this region, which has the properties of an antiferromagnetic dielectric. Since the change in valence of the metal is directly related to the change in resistance, the fact that the electrical resistance of the film decreases with the formation of oxygen vacancies is interesting. So in the work of D.V. Zalevskii studied ZnO films [3]. As a result, the energy distance between the last filled and the first unoccupied levels decreases by two orders of magnitude. At this time, an internal electric field is formed in the direction of stacking vacancies.

The potential distribution acquires a linear character with a pronounced difference along the direction of the vacancy thread, that is, an internal bias voltage is formed. This leading effect is enhanced with an increase in the density of oxygen vacancies up to a certain concentration. The technique of creating films based on metal oxides plays an equally important role in research. In the work of M.I. Khodakovskii proposed a method of creating nanostructures based on a local probe oxidation of conductive materials, such as semiconductor substrates and ultrathin metal films [4].

During the experiment, the valence of the surface changes, it can undergo oxidation when a positive voltage shift relative to the probe is applied to it. Also Y.O. Kravchenko established the uneven distribution of elements in the cross-section of coatings, which is due to radiation-stimulated processes and oxidation of the surface layer [5]. Understanding the process of valence change in nanometer-scale ion memristive effects in metal oxides is important for the development of high-performance applications in computing, digital and analog circuits, including neuromorphic networks. For example, a titanium oxide-based memristor uses oxygen vacancy drift to switch points out A.V. Lemeshko in his article [6]. One of the important tasks in the development of neuromorphic systems is the effective implementation of these components.

**Conclusions.** Therefore, the main goal is the study and analysis of ion memristive effects with a special emphasis on the process of changing the valence of metal cations. Conducting studies of ionic memristive effects in metal oxides allows for a better understanding of the valence change process and its effect on the electrical properties of memristive devices. A deep understanding of this process is essential for the development of new materials, device architectures and systems with high efficiency and long lifetime. Research and development of ion memristive effects are a significant challenge in the field of science and technology, which can significantly affect the future of modern electronics and nanotechnology. Understanding these phenomena opens up new opportunities for creating highly efficient and intelligent electronic systems that can adapt to the needs of modern society.

### References:

- [1] Chua L. Memristor – The missing circuit element. *IEEE Transactions on Circuit Theory*. 1971;18(5):507-19. <https://doi.org/10.1109/TCT.1971.1083337>.

[2] Dittmann R, Menzel S, Waser R. Nanoionic memristive phenomena in metal oxides: The valence change mechanism. *Advances in Physics*. 2021;70(2):155-349. <https://doi.org/10.1080/00018732.2022.2084006>.

[3] Jeon YJ, An H, Kim Y, Jeon YP, Kim TW. Highly reliable memristive devices with synaptic behaviour via facilitating ion transport of the zeolitic imidazolate framework-8 embedded into a polyvinylpyrrolidone polymer matrix. *Applied Surface Science*. 2021; 567:150748. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.150748>.

[4] Khodakovskii IM. Methods and models of building memory devices using nano- and molecular technologies. Kyiv: National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; 2019. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29186/1/Khodakovskiy\\_diss.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29186/1/Khodakovskiy_diss.pdf).

[5] Kindsmüller A, Schmitz C, Wiemann C, Skaja K, Wouters DJ, Waser R, Schneider CM, Dittmann R. Valence change detection in memristive oxide based heterostructure cells by hard X-ray photoelectron emission spectroscopy. *APL Materials*. 2018;6:046106. <https://doi.org/10.1063/1.5026063>.

[6] Kravchenko Y.O. Structure and properties of multi-layer and multi-element nanometer-scale coatings on the basis (TiAlSiY)N/MeN (Me=Mo, Cr, Zr). Sumy: Sumy State University; 2020. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/77077>.

[7] Kwon KC, Baek JH, Hong K, Kim SY, Jang HW. Memristive devices based on two-dimensional transition metal chalcogenides for neuromorphic computing. *Nano-Micro Letters*. 2022;14:58. <https://doi.org/10.1007/s40820-021-00784-3>.

УДК 621.391

**Скрипниченко Д.А., Зубенко В.О.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м.Херсон*

## **ЕЛЕКТРИЧНА СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЗРОШЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ**

**Вступ.** Сучасне сільське господарство активно шукає ефективні способи зрошення полів. В умовах зміни клімату та непередбачуваних погодних умов, ефективне зрошення полів є основою для забезпечення високих та стабільних врожаїв. Тому особливого значення у сучасному сільському господарстві набувають електричні системи автономного зрошення з використанням насосів (насосних станцій).

Суть електричної системи автономного зрошення полягає у використанні насосів для перекачування води з джерела, таких як: водойма, свердловина або криниця, на поле для зрошення. Ця система дозволяє забезпечувати рівномірне та ефективне зрошення в усіх ділянках поля, що сприяє рівномірному зростанню та розвитку культур та впливає на збільшення врожаю та його



якість. Одним із ключових переваг використання електричних систем автономного зрошення є їх автономність. Тобто система може функціонувати без постійного контролю та участі людини, що дозволяє сільськогосподарським виробникам сконцентруватися на інших аспектах виробництва.

В той же час, сьогодні Україна стикається з проблемами енергетичної кризи, яка негативно впливає на сільське господарство. Стабільне енергопостачання є критично важливим для систем зрошення, які забезпечують належний ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Традиційні системи енергопостачання не завжди можуть гарантувати безперебійне функціонування систем зрошення через можливі перебої в електропостачанні. А аварійні відключення електроенергії можуть призвести до значних втрат у фермерських господарствах. Тому, використання автономних джерел живлення, таких як сонячні батареї, вітрові генератори, дизельні генератори, біогазові установки, дозволяє забезпечити незалежність від центральних електромереж і стабільне функціонування зрошувальних систем. Крім того, завдяки використанню електричних насосів, можливе ефективне використання енергії та зниження витрат на зрошення в порівнянні з традиційними системами зрошення.

Зростаюча популярність електричних систем автономного зрошення також пов'язана з їхньою можливістю інтеграції з іншими сучасними технологіями, такими як системи автоматизації та віддаленого керування. Це дозволяє забезпечити ще більшу ефективність та точність у використанні водних ресурсів та забезпечує можливість моніторингу та керування системою з будь-якої точки земної кулі за допомогою мобільних пристроїв або комп'ютерів. У цьому контексті електричні системи автономного зрошення з використанням нетрадиційних джерел живлення є не лише ключовим елементом сучасного сільського господарства, але й важливим інструментом для забезпечення сталого розвитку та ефективного використання природних ресурсів.

Головною метою роботи є дослідження та аналіз принципів роботи електричних систем автономного зрошення з метою розкриття їхнього потенціалу у забезпеченні ефективного використання водних ресурсів для поливу сільськогосподарських культур. Основні дослідження було спрямовано на вивчення основних компонентів таких систем, а також на розгляд перспектив розвитку та вдосконалення цих технологій.

**Основна частина.** Першим кроком, для проектування та впровадження таких систем є визначення наявності джерела води. Це може бути природне джерело або штучно створена система зберігання води. Далі, для перекачування води з джерела водопостачання на поле для зрошення, необхідно обрати електричний насос. Існують різні типи насосів, такі як поверхневі, занурювальні та вертикальні, які обираються в залежності від конкретних умов та вимог до них господарств. З літературних джерел [1-3], визначені основні типи насосів та приведена їх порівняльна характеристика.

Таблиця 1 - Порівняння різних типів електричних насосів

Тип насосу	Продуктивність (л/год)	Ефективність (%)	Вартість (\$)
Поверхневий	500-10,000	40-70	200-1000
Занурювальний	1000-50,000	50-80	500-3000
Вертикальний	1000-20,000	60-85	300-2000

Проведений аналіз, показав, що різні типи насосів мають свої особливості та переваги, які слід враховувати при виборі для конкретної системи зрошення. Наприклад, занурювальні та вертикальні насоси зазвичай мають більшу продуктивність та ефективність, але при цьому є дорожчими у порівнянні з поверхневими насосами.

Перекачка води по трубопроводній мережі від насоса до поля, може бути здійснена за допомогою гнучких поліетиленових труб або сталевих труб. Обидва типи труб мають свої переваги і недоліки, які важливо враховувати при виборі для конкретного проекту та обрахуванні кошторису.

Після досягнення поля вода розподіляється за допомогою системи зрошення. Це може бути крапельна лінія, спринклери або інші методи, які забезпечують рівномірне та ефективне розподілення води по поверхні поля.

Електричні системи автономного зрошення зазвичай обладнані системами керування, які автоматично контролюють час та тривалість зрошення. Це може бути програмне забезпечення, яке враховує показники вологості ґрунту, погодні умови та інші параметри. Наприклад, датчики вологості в ґрунті можуть надсилати дані до центральної системи керування, яка визначає, коли та скільки води потрібно подавати на поле. Крім того, важливою частиною електричних систем зрошення є можливість моніторингу їхньої роботи та підтримки. Це може включати в себе моніторинг витрати води, віддалене керування системою через мобільні додатки або веб-інтерфейси, а також технічну підтримку для усунення неполадок.

Особливе значення при розробці та впровадженні таких систем має вибір джерела живлення насосної станції. Після проведення аналізу сільськогосподарських угідь Херсонського регіону, де (особливо зараз) відсутнє або ускладнене живлення від електромережі, стає очевидним необхідність у впровадженні систем автономного зрошення та водопостачання, які працюватимуть на сонячних батареях. Крім того, повинно бути передбачено, резервне живлення системи за допомогою дизельного генератора (рис. 1). Дизельний генератор може застосовуватися в автономній системі живлення, коли відсутня або недостатня сонячна енергія, у випадку аварійних відключень електроенергії або інших непередбачуваних ситуацій, а також для покриття пікових навантажень, коли споживання електроенергії перевищує можливості основних джерел живлення. Такі системи забезпечують незалежність від централізованої електромережі та стабільне живлення насосної установки навіть при відсутності електричної мережі або її вимкненні.

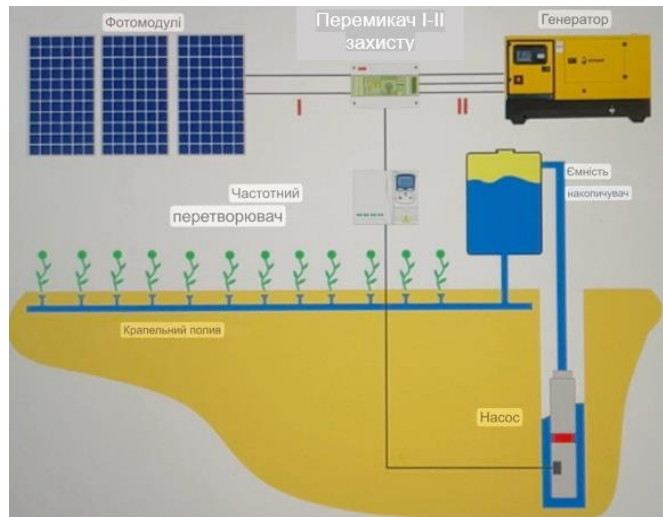


Рисунок 1 - Система автономного зрошення з використанням альтернативних джерел живлення

В разі використання сонячних батарей, енергія з сонячних панелей перетворюється на електричну енергію, та живить насосну станцію безпосередньо або зберігається у батареях для подальшого використання.

Відомо, що потужність сонячної електростанції залежить від сонячної активності. Це означає, що виробництво електроенергії від сонячних панелей коливається протягом дня. Тому для Херсонського регіону був визначений середній денний графік продуктивності 10 кВт фотоелектричної станції, для літнього періоду роботи (рис. 2).

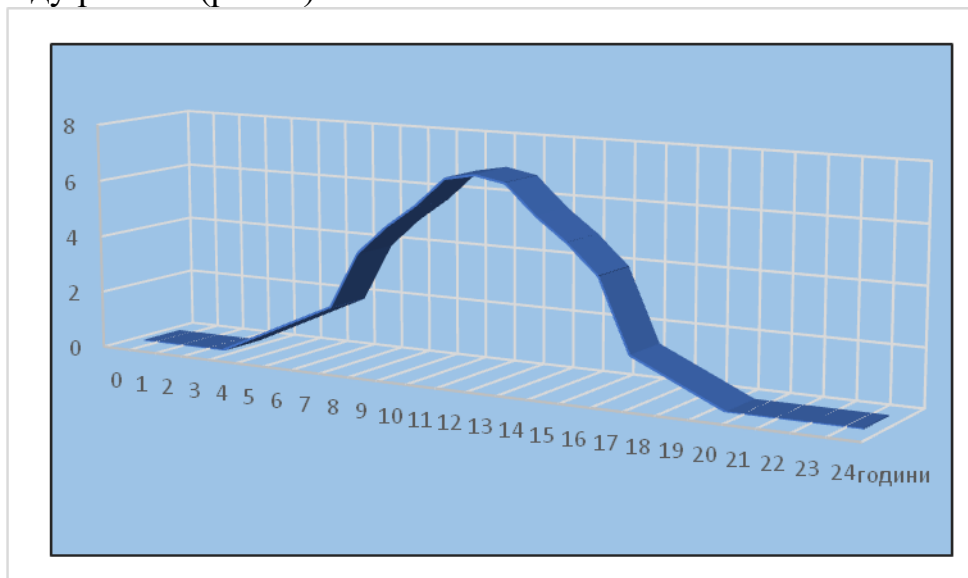


Рисунок 2 - Середній денний графік продуктивності 10 кВт фотоелектричної станції, для літнього періоду південного регіону країни.

Наразі існують кілька популярних варіантів систем для насосів різних потужностей, які можуть бути успішно використані в цьому регіоні. Тому враховуючи продуктивність фотоелектричної станції, та потреб фермерських господарств, було розраховано кількість сонячних панелей при використанні

фотомодулів потужністю 250 Вт і спеціальним трифазним сонячним інвертором (перетворювачем частоти) для насосних станцій з різною потужністю

Потужність насосу	3 кВт	5 кВт	10 кВт
Кількість сонячних панелей	12×260 Вт	20×260 Вт	40×260 Вт
Монтажна площа	15 м <sup>2</sup>	30 м <sup>2</sup>	60 м <sup>2</sup>
Подавання зі свердловини (напір 40 м) *	80 м <sup>3</sup> на день	130 м <sup>3</sup> на день	260 м <sup>3</sup> на день
Подавання із водойми (напір 8 м) *	150 м <sup>3</sup> на день	250 м <sup>3</sup> на день	500 м <sup>3</sup> на день

В результаті проведеної роботи, було встановлено, що зазвичай стандартна сонячна станція може забезпечити від 70% до 100% електроенергії, необхідної для роботи насоса протягом лише 8 годин на добу - з 9:00 до 16:00 годин. Впродовж ранку, вечора або при хмарній погоді потужність сонячних панелей зменшується вдвічі. Для поливу вночі або в умовах хмарності використовується дизельний генератор. Циркуляційні насоси працюють як від сонячної електростанції, так і від генератора, керовані частотним перетворювачем. Інверторна схема керування дозволяє використовувати її на різних об'єктах. Перемикання між джерелами живлення відбувається вручну або автоматично. Ще один варіант нічного поливу передбачає використання додаткових ємностей, які сонячна електростанція наповнює водою протягом дня, а вночі ця вода під власним тиском постачається на поля.

З урахуванням різної потужності насосів та обсягу потреб у воді, важливо підібрати відповідну систему, яка забезпечить ефективне та надійне функціонування сільськогосподарської діяльності. Такі системи дозволять забезпечити регулярний доступ до води для зрошення та інших потреб фермерських господарств без залежності від електромережі.

**Висновки.** Дослідження та аналіз принципів роботи електричних систем автономного зрошення виявив їхній значний потенціал у сфері сільського господарства. Головною метою цієї роботи було розкриття можливостей цих систем у забезпеченні ефективного використання водних ресурсів для зрошення сільськогосподарських угідь.

Аналізуючи основні компоненти електричних систем зрошення, ми виявили їхню ключову роль у процесі забезпечення рівномірного та ефективного зрошення полів. Використання різних типів насосів, трубопроводної мережі та систем зрошення дозволяє адаптувати систему до конкретних умов господарювання та забезпечити оптимальні умови для росту та розвитку рослин.

Впровадження систем автономного зрошення та водопостачання, що працюють на сонячних батареях, виявляється незамінним для сільськогосподарських угідь Херсонського району, де відсутнє або обмежене живлення від електромережі. Розглянуті системи забезпечують ефективне та надійне функціонування сільськогосподарської діяльності, надаючи регулярний доступ до води для зрошення та інших потреб фермерських господарств. З урахуванням різної потужності насосів та обсягу потреб у воді важливо вибрати оптимальну систему, що відповідає потребам конкретного

сільськогосподарського об'єкту. Ці системи забезпечать незалежність від електромережі, що є головним фактором для успішної сільськогосподарської діяльності в умовах південного.

Отже, на основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що електричні системи автономного зрошення відіграють важливу роль у забезпеченні сталого розвитку сільського господарства та ефективного використання водних ресурсів. Впровадження та подальший розвиток цих технологій є важливим кроком у напрямку модернізації сільськогосподарського виробництва та забезпечення продовольчої безпеки.

### Список використаної літератури:

1. Системи автоматичного поливу і зрошення. URL: <https://smarteco.biz.ua/solution/solar-pumping/>
2. Бондаренко, Л., Вершков, О. (2023). Вибір типу насоса для системи крапельного зрошення насаджень черешні в ТОВ «САН МІЛЕТ». *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, 12(2). <https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v12i2.310>
3. Гаврилко П.П., Чорний Р.С., Шевчук Я.В. (2016). Розвиток та впровадження сонячної енергетики в домогосподарствах України. *Міжнародний науковий журнал*, № 10 (20), 2 т., с. 66-71.
3. Гурин В.А., Степаненко М.П., Степаненко М.Г. (2013). Технологія зрошування: навч. посіб. Рівне, Україна: НУВГП.
4. Казіміров О.О., Власов К.В., Куртов А.І., Потіхенський А.І. (2017). Дослідження можливостей використання сонячної енергії для автономного живлення об'єкту, *Системи обробки інформації*, № 1 (147), с. 58-61.

УДК 699.86

**Желуденко К.В.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

### ЕФЕКТИВНІ СПОСОБИ УТЕПЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ НЕГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ

**Вступ.** Однією з головних задач, що постають у сучасному будівництві є енергоефективність, що виникає через великі витрати на опалення приміщень і збереження в них тепла. Основними є тепловтрати через дах, вікна, стіни, вентиляцію, а також через фундамент. Останнім приділяється дуже мало уваги при проектуванні будівель, що знижує ефективність прийнятих рішень з енергозбереження будівлі в цілому.

**Основна частина.** Промерзання ґрунту, викликане холодним кліматом і кількістю ґрунтових вод, стає причиною такого явища як морозне здимання (збільшення об'єму ґрунту у межах глибини промерзання, внаслідок чого

викликаються нерівномірні впливи на фундамент споруди, що призводить до деформації і руйнування будівельної конструкції. Виключити цей негативний вплив морозного здимання можна кількома способами. Один з них – заглиблення фундаменту до позначки нижче глибини промерзання або вище здимального ґрунту до глибини промерзання і заміни його не здиманим ґрунтом. Але такі роботи будуть мати великі об'єми земляних робіт і, як наслідок, високі трудозатрати і вартість. Більш ефективним способом може бути утеплення фундаменту, яке суттєво знижує, ліквідує вплив морозного здимання, внаслідок чого дає можливість уникнути деформації конструкції в цілому. Для повної нейтралізації сил морозного здимання ґрунту необхідно утеплювати фундамент по всьому периметру будівлі.

Як тільки волога проникає у конструкцію фундаменту, це сприяє погіршенню теплоізоляційних властивостей конструкцій, причому у тому випадку, якщо стіни підвалу не ізольовані від впливу вологи і низької температури, то на зону підвалу і цоколя приходиться близько 20% всіх тепловтрат будівлі. Також не варто забувати, що якісна теплоізоляція стін підвалу дає підвальному приміщенню немалий ефект акумулятора тепла, що забезпечує постійну комфортну температуру і взимку і влітку. Утеплення фундаменту допомагає значно зменшити втрати тепла, забезпечує стіни від утворення конденсату, розвитку плісняви і грибів.

Утеплювати будівлі намагалися завжди, робили це різними способами, з розвитком технологій матеріали стали більш ефективними. Розглянемо види матеріалів для утеплення.

До тих пір, поки на ринку не з'явилися матеріали для утеплення нового покоління, використовували керамзит. Головна його перевага – низька вартість, але через високий ступінь теплопровідності його потрібно використовувати у великих кількостях. Головний мінус – матеріал досить швидко набирає у себе вологу.



Рисунок 1 - Утеплення фундаменту керамзитом



Пінопласт, як правило, використовують для робіт всередині приміщень, але ним також можна утеплювати стрічкові фундаменти. Має найкращі теплозберігаючі властивості серед листових матеріалів за рахунок великої кількості повітряних камер у своїй структурі, але у той же час велика кількість повітряних камер є і недоліком, так як вони знижують фізичну міцність матеріалу. Ще одним мінусом пінопласту є вразливість до ультрафіолетового випромінювання, через який він починає руйнуватися. Але головний недолік – він не може тривалий час контактувати з водою.



Рисунок 2 - Утеплення фундаменту пінопластом

Екструдований пінополістерол має таку властивість, як рівномірною структурою, яка складається з дрібних закритих комірок, розмірами від 0,1 – 0,2 мм. У виробництві гранули полістиролу змішують при достатньо високому тиску і температурі, вводять вспінюючі суміші легких фреонів і двоокис вуглецю, що називається агентом, після цього видавлюють з екструдера. Важливою властивістю утеплювача з даного матеріалу є повна відсутність водопоглинення. Результати випробувань показують, що водопоглинальна здатність даного матеріалу складає не більше 0,2% по об'єму. При цьому заповнюються лише комірки, розташовані на поверхні, а всередину екструдованого пінополістиролу волога не потрапляє. Завдяки цій властивості матеріал можна використовувати для влаштування підлоги, покрівлі і підвалу, причому додатковий захист матеріалу не потрібен. Використання теплоізоляції з екструдованого пінополістиролу безпосередньо забезпечує теплоізоляцію фундаменту і цокольного поверху, додатково захищає від вологи, захищає гідроізоляцію від механічних ушкоджень.

Пінополістерол має низькі показники міцності, які у свою чергу компенсуються завдяки використанню спеціальної технології укладання

матеріалів. При утепленні таким видом матеріалу потрібно виключити контакт пінополістиролу з землею.



Рисунок 3 - Утеплення фундаменту екструдованим пінополістиролом

Піноплекс має кращі показники, ніж у пінополістиролу, по теплопровідності, але гірші по міцності. При цьому піноплекс найчастіше використовується при промисловому будівництві через свою дешевизну, і більш високих характеристик теплопровідності у порівнянні з іншими матеріалами.

Утеплення рідким пінополіуретаном – найбільш ефективний варіант з енергозбереження, та як пінополіуретан створює безшовний шар утеплювача, виключаючи містки промерзання, може наноситися на будь-які поверхні, а також у важкодоступних місцях. В залежності від попередніх матеріалів для утеплення фундаментів, пінополіуретан не обов'язково гідроізолювати. Пінополіуретан товщиною 50 мм замінює 1200 мм пінополістиролу, термін служби такого покриття складає більше 40 років. Також він має низьку паропроникність, екологічно чистий і біологічно нейтральний, що робить його абсолютним лідером на ринку утеплювачів. Серед недоліків пінополіуретана є його вартість – це найдорожчий матеріал серед розглянутих. Другий мінус – це необхідність у спеціальному обладнанні для укладання, так як пінополіуретан змішується з двох компонентів і під великим тиском розпилюється через сопло на поверхню, яку утеплюють. Ще один недолік – пінополіуретан здатний, як і пінопласт, руйнуватися під дією ультрафіолетових променів, а значить, його потрібно ретельно ізолювати іншими матеріалами.

Фундамент можна утеплювати як під час будівництва, так і після введення будівлі в експлуатацію. Перший крок, який потрібно зробити, - це викопати ґрунт до основи фундаменту, після чого обстежити фундамент на наявність тріщин. Якщо є відхилення, то їх потрібно ліквідувати. Потім

фундамент потрібно почистити від бруду, і нанести спеціальні розчини для його гідроізоляції.



Рисунок 4 - Утеплення фундаменту пінополіуретаном

Після цього використовується будь-який з перерахованих матеріалів. Якщо використовувати листові матеріали для утеплення, то їх необхідно прикріплювати до стіни за допомогою спеціального клею, а також необхідно захити всі широкі шви між плитами, щоб не було містків холоду. Потім траншею потрібно засипати піском, щоб знизити тиск на теплоізоляцію в зимову пору року. Також потрібно виконати відведення води від цоколю для того, щоб фундамент поглинав як можна менше вологи – тоді він прослужить довше, знизиться коефіцієнт теплопровідності, що позитивно відобразиться на мікрокліматі приміщення в цілому. По верху теплоізоляційного матеріалу укладається геотекстильне полотно, а потім вся траншея засипається. Спочатку на вирівняній зовнішній поверхні стін підвалу влаштовується гідроізоляція, яка може бути обмазувальною або оклеювальною.

По гідроізоляції кріпляться плити з екструдованого пінополістиролу. Для закріплення плити з екструдованого пінополістиролу гідроізоляція підвалу підплавлюється в трьох-пяти точках, а потім міцно притискається теплоізоляційна плита з екструдованого пінополістиролу. Для кріплення плит використовується мастика, але в даному випадку вона наноситься на поверхню теплоізоляції у вигляді точок у кількості 8-10 штук на плиту 1250x600 мм. Для кріплення на цоколі встановлюються анкери, по кількості приблизно по 4 анкери на плиту. Встановлювані плити розташовуються так, щоб вони знаходилися в шахматному порядку. Плити з екструдованого пінополістиролу з кромкою у вигляді вибраної чверті укладають впритул до сусідніх плит, щоб шип-паз верхньої плити закривав шип-паз нижньої плити, завдяки цьому не

виникають зазори через шар теплоізоляції і знижуються тепловтрати. Після влаштування зворотньої засипки котлована під фундамент, плити щільно притискають до стін підвалу завдяки підпору ґрунту.

**Висновки.** Для створення комфортного клімату в приміщенні підвалу чи цокольного поверху, вони повинні мати достатній рівень теплоізоляції, Як показують дослідження, найбільш теплоефективним матеріалом є пінополіуретан, але через його вартість і необхідність використовувати додаткове обладнання, більш раціональним рішенням є використання піноплексу.

### Список використаної літератури:

1. <https://blokbud.lviv.ua/blog/yteplennja-fyndamenta-keramzutom/>
2. Артемошін О.О. Утеплення фасадів будинків, сучасним матеріалом – екструдованим пінополістиролом. *Наукові записки*, вип.17. 2015. С. 87 – 90.
3. Концевич В.О., Сорочак А.П. Аналіз способів підвищення енергоефективності фундаменту. Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій. Тернопіль. 25-26 листопада 2020. С. 78.
4. Філоненко О.І. Аналіз внутрішнього утеплення фундаментної зони цивільних будинків для зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті. *Науково-технічний збірник*. №97. С. 73 – 77.

УДК 614.7:628.3

**Нечипас С.В., Кравченко В.І.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

### **МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НА КОМУНАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ «ДНІПРО-КІРОВОГРАД»**

**Вступ.** Більшість споруд очищення стічних в Україні вод було побудовано ще у радянські часи, на базі технологій 60-70х років минулого століття. Тому основними недоліками багатьох каналізаційних очисних споруд (КОС) є малоефективне очищення стоків, зокрема від біогенних елементів (азоту і фосфору), що призводить до контамінації.

Не винятком є і КОС міста Кропивницький, які збудовані та введені в експлуатацію ще у 1973 році та на початок 21 століття були зношені та технічно виснажені. Застаріле технологічне обладнання енергоємне і розраховане на значні об'єми та потужності. Такий стан не давав можливості забезпечити якість очистки стічних вод до нормативних вимог по скиду їх у річку Інгул. Так, наприклад, у стічних водах значення ГДК на виході з очисних споруд перевищував норми ГДС за показниками фосфатів – 5,8 мг/дм<sup>3</sup> при ГДК 3,5 мг/дм<sup>3</sup>, БСК<sub>5</sub> – 22 мг/дм<sup>3</sup> при ГДК 15 мг/дм<sup>3</sup> та азоту амонійного – 3,26 мг/дм<sup>3</sup> при ГДК 2,0 мг/дм<sup>3</sup>.



**Основна частина.** Проведена реконструкція очисних споруд м. Кропивницький забезпечила наступні стадії технологічного процесу очищення стічних вод:

- механічне очищення побутових стічних вод;
- біологічне очищення побутових стічних вод;
- знезараження очищених стічних вод;
- доочистка від сполук фосфору.

Відповідно до прийнятої технологічної схеми (рис. 1) стічні води від м. Кропивницький надходять в існуючу приймальню камеру і далі надходять в будівлю решіток. З приймальної камери СВ перетікають каналом до будівлі решіток. В будівлі решіток встановлені решітки в кількості 3 шт. з прозором 6 мм.

Уловлені відходи збираються за допомогою шнекового транспортера і подаються на гвинтовий прес відходів. Зневоднені відходи подаються в контейнер і далі видаляються з території КОС.

Після решіток, стічні води надходять на модернізовані пісколовки, в яких встановлені занурені насоси для видалення піску та скребкові механізми. Стічна вода, після пісколовок, подається у розподільчу камеру первинних відстійників, де вона розподіляється між двома існуючими первинними відстійниками діаметром 28 м та 30 м. Пісок з системи видалення переноситься за допомогою насосів на пісковий майданчик.

У первинних відстійниках очищення стічних вод здійснюється шляхом відстоювання, а сирий осад і плаваючі речовини збираються установкою зі скребкових механізмів. Сирий осад переміщується скребками у центральну частину відстійників та прямок, а потім у насосну станцію первинних відстійників. Стічні води, що пройшли механічну очистку надходять у камеру



Рисунок 1 – Технологічна схема очистки та обробки осадів стічних вод

для дефосфотації. Як камера дефосфотації використаний 4-ий первинний відстійник Ø 30 м, в якому встановлена установка механічних мішалок та подача зворотного активного мулу від насосно-повітродувної станції.

Осад з первинних відстійників та плаваючі речовини надходять до насосної станції первинних відстійників, в якій здійснена заміна насосів сирого осаду та насосів перекачування плаваючих, а також заміна запірної арматури. Вподальшому сирий осад та плаваючі речовини подаються на блок механічного зневоднення мулу.

Мулова суміш з камери дефосфотації подається на біологічну очистку в аеротенки і вторинні відстійники.

Мулова суміш з камери дефосфотації подається в розподільчу камеру аеротенків, а далі на біологічну очистку в аеротенки. Для реалізації схеми “карусельного типу”, що дозволяє не тільки заощадити до 40% електроенергії, в аеротенку здійснені наступні заходи:

1. подача мулової суміші здійснюється в початок другого коридору;
2. В 1-му та 2-му коридорах організовано рух мулової суміші за принципом “каруселі” - з кінця в початок за рахунок спеціальних мішалок великого діаметру, які створюють поздовжню швидкість руху. Для зниження втрат швидкості, на поворотах (в кінцях коридорів) виконано заокруглення стін і додаткові напрямні потоку стінки;
3. Весь 3-й та 4-й коридори виділені під зону аерації;
4. З кінця 4-го коридору в кінець першого коридору організовано внутрішній рецикл мулової суміші.

Мулова суміш з кінця четвертого коридору аеротенка, надходить в мулову кишеню і далі надходить у розподільчу чашу вторинних відстійників.

При використанні технології глибокого видалення фосфору та азоту біологічним методом передбачається штучне створення різних зон, які поділяються на три: аеробна, аноксидна та анаеробна [1].

Так, первинна аеробна зона призначена для видалення органічних забруднюючих речовин, з наступною нітрифікацією. При цьому у стічних водах знижується вміст органічних речовин та амонійного азоту, а збільшується вміст нітритів та нітратів.

Вторинна стадія є аеробною, де завершується цикл видалення азоту та фосфору.

Таке послідовне використання в традиційному біологічному очищенні стічних вод стадій (Bardenpho-процес) дозволяє забезпечити глибоке видалення азоту і фосфору (рис. 2). Зони денітрифікації організовано за рахунок встановлених мішалок-штовхачів і створення аноксидних умов (без подачі повітря).

У такій технологічній схемі для більш повного зниження концентрацій амонійного азоту (до 0,5 мг/л) в останньому коридорі відбувається додаткова нітрифікація [2].



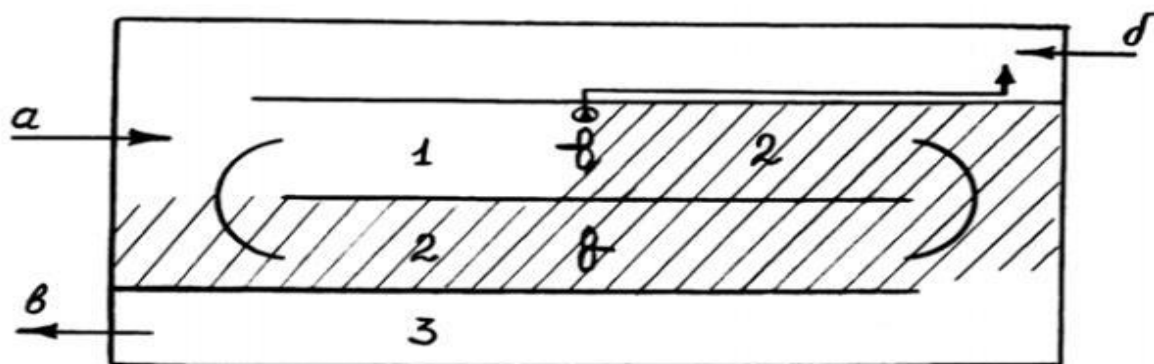


Рисунок 2 – Схема аеротенка по модифікації процесу BARDENPHO:

1 – зона без аерації; 2 – зона регульованої аерації; 3 – зона постійної аерації;  
 а – зворотний мул; б – освітлена стічна вода; в – мулова суміш на вторинні відстійники

Така схема дозволяє провести повне окиснення азоту амонійного і знизити концентрацію азоту нітратів в 2,5-3,5 рази за рахунок денітрифікації.

У вторинних відстійниках встановлені мулососи. Осівший у вторинних відстійниках мул, надходить в муловий резервуар насосно-повітродувної станції.

Зворотний активний мул за допомогою насосів, встановлених в насосно-повітродувній станції, подається в камеру дефосфотації, а надлишковий мул окремою групою насосів подається на обробку за існуючою схемою.

Крім біологічного видалення фосфору передбачено реагентний спосіб дефосфотації із застосуванням залізовмісного коагулянту ( $\text{FeCl}_3$ ) у разі залпового скиду стічних вод та неможливістю видалення забруднюючих речовин лише за допомогою біологічної очистки.

У вторинних відстійниках під впливом гравітації активний мул відділяється від очищеної стічної води і надходить в існуючі мулові камери.

Зворотний активний мул за допомогою насосів подається в камеру дефосфотації або в розподільчу камеру аеротенків, а надлишковий мул – на обробку за існуючою схемою.

Від піскових та мулових майданчиків, мулоуцільнювачів дренажні стічні води надходять у дренажну насосну станцію і перекачуються насосами у приймальну камеру.

Знезараження очищених стічних вод передбачається за допомогою гіпохлориту натрію ( $\text{NaOCl}$ ).

Аналіз результатів очистки стічних вод за період 2021-2023 роки показав, що після реконструкції КОС м. Кропивницький показники якості очищення біогенних речовин, які впадають у р. Інгул, не виходять за допустимі межі (рис. 3). Так, наприклад, показники азоту амонійного та фосфатів на протязі 2021-2022 рр. періодично перевищували граничні концентрації відповідно у два рази та на 60%. Після реконструкції ці значення є нижчі чинних в Україні нормативів.

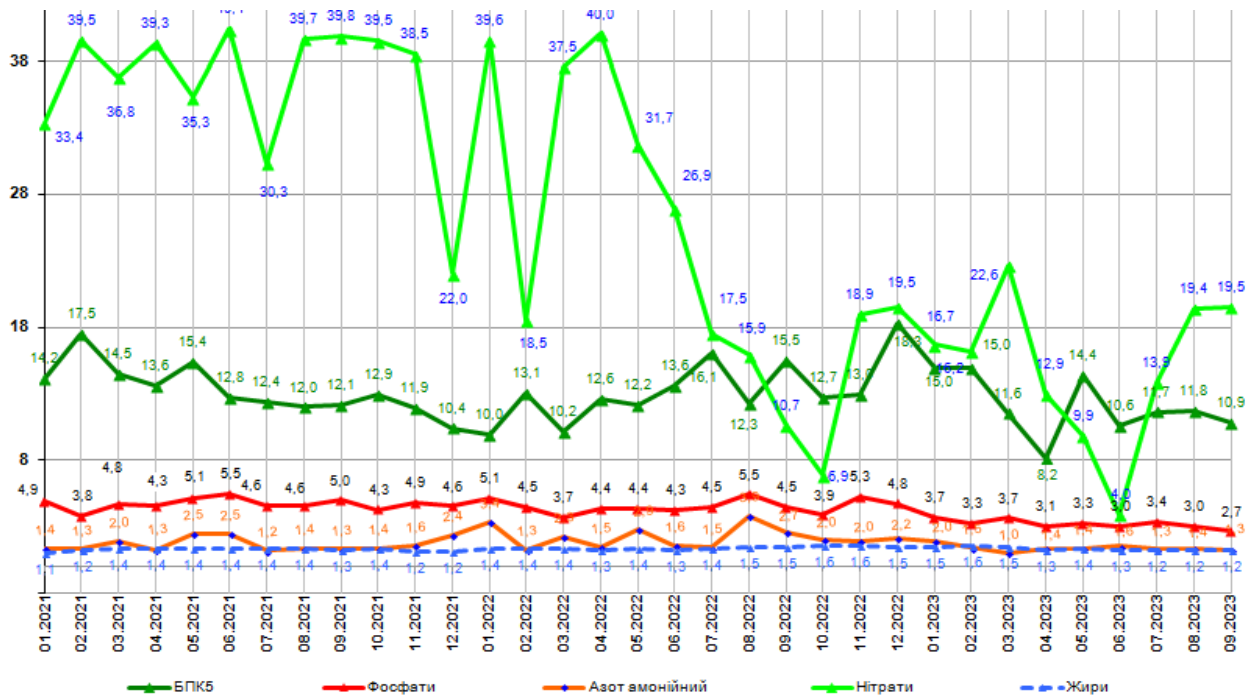


Рисунок 3 – Показники якості очищення стічних вод на КОС

**Висновки.** Визначені показники свідчать про ефективність проведеної реконструкції та методів очищення стічних вод очисних споруд ОКВП “Дніпро-Кіровоград”. На час дослідження вони функціонують у штатному режимі та забезпечують достатнє очищення стічних вод м. Кропивницький.

### Список використаної літератури

1. Волошин М.Д., Щербак О.Л., Черненко Я.М., Корнієнко І.М.. Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод. - Дніпродзержинськ: Дніпродзержинський державний технічний університет, 2009. - 230 с.
2. Доліна Л.Ф. Очищення стічних вод від біогенних елементів: моногр. Дніпропетровськ. Континент. 2011. 198 с.

УДК 621.3

**Рагулін С.В., Шикіло О.А.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

### ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СФЕРІ

**Вступ.** Останнім часом виробництво та застосування композитних ізоляторів в електроустановках неухильно розширюється. Це пов'язано в першу чергу з тим, що основна перевага композитних ізоляторів полягає в їх кращих електричних характеристиках, стійкості до вандалізму, відносно малій вазі,

зручності транспортування та монтажу, можливості використання в компактних електроустановках, а також хорошій працездатності в умовах забруднення навколишнього природного середовища. Крім того, композитні ізолятори мають гарний зовнішній вигляд, низьку вартість та можливість їх отримання на основі полімерних силіконових матеріалів. Композитні ізолятори можуть виявитися незамінними в умовах сильного забруднення навколишнього середовища, тому що в результаті їхньої хорошої самоочищуваності та гідрофобності поверхні не потрібно застосування очищення в процесі експлуатації.

**Основна частина.** Важливим стимулом організації виробництва композитних матеріалів є відносно невеликі капіталовкладення, які не можна порівняти з витратами на будівництво заводів для виробництва скляних або керамічних ізоляторів. При цьому основною сировиною для виробництва композитних ізоляторів є силіконова гума, перевагою якої є її низька гідрофобність, а також нижчі струми витоку. Силіконова гума здатна відновлювати свою поверхневу гідрофобність внаслідок її тимчасової втрати, наприклад, після перекриття дугою. Це дозволяє передавати водовідштовхувальні властивості силікону до шару забруднення на поверхні ізолятора, що призводить до досить низьких струмів витоку в умовах сильного забруднення та зволоження. Полімерні ізолятори зазвичай отримують литтям під низьким та високим тиском, екструзією та полімеризацією при підвищених температурах.

Для підвищення міцності силіконових ізоляторів в них вводяться різні добавки, в якості яких використовують пористі інертні матеріали, а також кремнійорганічну кислоту. При цьому висока еластичність та пружність силіконів практично не залежить від температури вулканізації. Силіконовий зв'язок Si-O сприяє високій температурній стійкості готового виробу, високому опору до сил впливу навколишнього середовища, озону, ультрафіолетових випромінювань та коронного розряду. При модифікації силіконів оксидом амонію спостерігається поліпшення опору матеріалу ерозії, оскільки кількість низькомолекулярних компонентів є достатньою для відновлення поверхневої гідрофобності протягом усього терміну експлуатації полімерних ізоляторів. Для випробування ізоляторів на основі силіконової гуми зазвичай застосовують метод тривалого застосування напруги в альтернативних варіантах. До таких відносяться:

- метод чистого туману, що подається на забруднений ізолятор, що знаходиться під високою напругою;

- метод солоного туману, коли чисті ізолятори включають під напругою, а потім починається зволоження туманом з різним вмістом солі.

Як правило, для виготовлення ізоляторів у силіконову гуму вводять різні добавки, які покращують якість кінцевої продукції. У виробництві композиційних полімерних матеріалів наповнювачі завжди відігравали важливу роль. Через слабку міжмолекулярну взаємодію вплив наповнювачів на фізико-механічні властивості полісілоксанових каучуків кількісно інший, ніж у каучуків загального призначення. Так, міцність гуми після введення

наповнювачів у силіконовий каучук може збільшитись до 40 разів і більше. Поєднання полімерів з наповнювачами дозволяє отримувати матеріали з новими технологічними та експлуатаційними характеристиками. Наповнювачі впливають на теплопровідність, термостабільність, маслостійкість, бензостійкість та на електричні властивості.

Наповнювачі для силіконових гум повинні відповідати наступним основним вимогам: вони повинні бути стійкими за всіх умов, в яких гума може працювати, і повинні бути інертними до всіх інших складових частин суміші. Ці вимоги обмежують вибір наповнювачів різними типами кремнезему та деякими неорганічними солями та окислами.

Так, наприклад, з цією метою використовується гумова суміш, яка складається з метилвініл силіконового каучуку, аеросилу, цинкових білил, червоного пігменту залізоокисненого, пилоподібного кварцу, органічного перекису та кремнійорганічної сполуки. Отримані також гумові суміші на основі високомолекулярного метилвініл силіконового каучуку, які використовуються для отримання полімерних ізоляторів для високовольтних ліній електропередач, в яку додатково вводять поліметилгідрид силіконову рідину, що містить активний водень. Це призводить до утворення більш щільної та досконалої вулканізаційної сітки за більш низької температури вулканізації.

**Висновок.** Таким чином, введення в гумову суміш різних додаткових складових дозволяє отримувати полімерні композиції з поліпшеними технічними характеристиками, які є перспективними матеріалами для отримання полімерних ізоляторів.

### Список використаної літератури:

1. Нові матеріали та технології їх отримання: Підручник / Е.С. Геворкян, Г.Д. Семченко, Л.А. Тимофєєва та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2015. 341 с.
2. Композитні та порошкові матеріали: навчальний посібник / П.П. Савчук, В.П. Кашицький, М.Д. Мельничук, О.Л. Садова; за заг. ред. П.П. Савчука. – Луцьк: Видавець: ФОП Теліцин О.В., 2017. – 368 с.

УДК 691.12

**Барулін Д.С.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

## ЦІЛІСНИЙ ОГЛЯД ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ ЯК ЕКОЛОГІЧНОГО БУДІВЕЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

**Вступ.** Зміна клімату, глибока довгострокова зміна глобальних або регіональних кліматичних моделей, змінює світ, яким ми його знаємо. Хоча клімат Землі протягом історії зазнавав коливань, нинішня тенденція до

потепління не має собі рівних за своєю швидкістю та в основному зумовлена діяльністю людини. Будівельний сектор, який охоплює широкий спектр діяльності, несе значну відповідальність за глобальні викиди парникових газів. У Глобальному звіті про стан будівель і споруд за 2022 рік зазначено, що на будівельний сектор припадає 36% кінцевого споживання енергії та 39% викидів вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), пов'язаних з енергією та технологічними процесами. Що підтверджено Глобальним альянсом для будівель і будівництва та Всесвітньою радою з екологічного будівництва (WGBC), що робить його третім за величиною викидом після енергетики та транспорту. Вплив на навколишнє середовище можна частково пояснити енергоємним виробництвом будівельних матеріалів, таких як цемент, сталь та алюміній. Серед них виробництво цементу виділяється як основний внесок у викиди вуглецю в галузі, викидаючи приблизно одну тону CO<sub>2</sub> на кожен тону виробленого звичайного портландцементу [1].

Отже, зростає увага до екологічних методів будівництва, енергозберігаючих проектів, використання матеріалів з низьким вмістом вуглецю та відновлюваних джерел енергії для зменшення цих викидів. У цьому контексті біологічні матеріали постають як перспективний шлях для мінімізації викидів вуглецю, а також зменшують виснаження невідновлюваних ресурсів. Серед різноманітних волокнистих культур, придатних для біоматеріалів, виділяється технічні коноплі.

Основна частина. Світова практика вказує на те, що використання будівельних матеріалів на основі коноплі є перспективним напрямом у зеленому та екологічно чистому будівництві [2].

Технічна конопля є екологічно чистим будівельним матеріалом, який стає більш доступним основним будівельним продуктом. Сьогодні конопля привертає значну увагу як дослідників, так і виробників, оскільки:

- по-перше, це технічна культура, здатна накопичувати величезну біологічну масу в порівнянні з іншими культурами;
- по-друге, вона може бути використана для виготовлення необмеженої кількості продуктів у різних галузях промисловості;
- по-третє, вона здатна очищувати забруднені території, що сприяє збереженню навколишнього середовища [3].

Найпоширеніші види будівельних виробів із технічної коноплі включають:

«Конопляні плити» - виготовляються шляхом змішування конопляного волокна з біоцидами та натуральними зв'язувальними речовинами. Ці плити можуть бути використані як підлогове покриття, стінові панелі та стелі, пропонуючи чудові звукоізоляційні та теплоізоляційні властивості.

«Конопляний бетон» - виготовляється шляхом змішування конопляного волокна з вапном, піском та водою. Завдяки своїй низькій щільності, він є легким, але міцним, стійким до вологи та має хороші теплоізоляційні властивості. Компанія Hempail UA розробила екологічно чистий матеріал під назвою Hempail Mich, виготовлений із технічної коноплі. До стебел промислової коноплі додають вапно та запатентовану сполуку, розроблену

компанією. Цей матеріал може бути використаний як ізоляція або як будівельні блоки.

«Конопляна цегла» - екологічно чистий будівельний матеріал, оскільки його компоненти є натуральними та нетоксичними. Конопляно-вапняна або конопляно-глиняна штукатурка та конопляна цегла містять лише екологічно чисті матеріали, такі як вапно, глина, кварцові добавки, мінеральні добавки та конопляне насіння. Переваги включають теплоізоляцію, енергоефективність, вогнестійкість та ідеальне зчеплення з конопляною ізоляцією. Тому використання екологічних будівельних матеріалів може значно покращити мікроклімат у приміщеннях та зменшити викиди вуглецю в навколишнє середовище, забезпечуючи захист довкілля [2].

Властивості конопель дозволяють ефективно використовувати їх для виробництва звуко-, паро- та теплоізоляційних матеріалів, що сприяє створенню унікального мікроклімату в приміщенні. Ці матеріали пригнічують патогенні мікроорганізми, гриби та бактерії, одночасно приносячи користь здоров'ю людини. Низька вартість і можливість повного утилізування без шкоди для навколишнього середовища забезпечують додаткові переваги матеріалів на основі конопель [4].

Завдяки цим властивостям, будівельні продукти з конопель займають важливу нішу серед будівельних матеріалів. Будинки, побудовані з використанням конопляного костриці (як наповнювача та ізоляції) у поєднанні з вапном, стали дедалі поширенішими в усьому світі.

Таблиця 1 - Порівняння теплопровідності костробетону з іншими будівельними матеріалами

Матеріал	Теплопровідність, Вт/мК	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>
Костробетон	0,07 до 0,17	180-260
Газобетон	0,18 до 0,28	600-800
Шлакобетон	0,20 до 0,60	900-1400
Керамзитобетон	0,50 до 0,70	900-1200
Цегла	0,56 до 1,5	1550-1900

Утеплювач з костри є інноваційною альтернативою традиційної ізоляції з мінерального волокна. Він ідеально підходить для дерев'яних конструкцій у малоповерховому будівництві. Складається з 85% конопляного волокна і 15% поліефірного волокна для термосклеювання, випускається у вигляді рулонів і плит. Основні переваги утеплювача з конопель у порівнянні з іншими теплоізоляційними матеріалами – низька теплопровідність та вага, а також висока екологічність [4].

Унікальна здатність конопель поглинати електромагнітні хвилі, які мають потужний негативний вплив на людський організм, додатково підвищує цінність цього будівельного матеріалу.



Таблиця 2 - Порівняння теплоізоляційних матеріалів

Матеріал	Теплопровідність, Вт/мК	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>
Утеплювач з костри	0,04-0,041	35-40
Мінеральна вата	0,048-0,07	50-100
Пінополістирол	0,038-0,058	40-100

Економічні показники підкреслюють економічну ефективність використання будівельних блоків з конопляного бетону порівняно з традиційними цеглинами:

- менша вага та об'єм необхідних будівельних матеріалів;
- висока екологічність і біостійкість;
- краща теплоізоляція з меншою кількістю матеріалу;
- спрощення оздоблювальних робіт та внутрішнього облаштування;
- зменшення трудомісткості та тривалості будівельних робіт;
- зниження витрат на фундамент через меншу вагу будівлі;
- зниження витрат на оплату будівельних робіт та будівництво;
- довготривала експлуатація будинку за різних температур [5].

**Висновки.** Наукові дослідження показали, що будівельні матеріали з конопель перевершують традиційні будівельні матеріали за різними санітарними та гігієнічними параметрами. Їх здатність «дихати» і поглинати вуглекислий газ, а також антиалергенні та антистатичні властивості, чудова тепло- і звукоізоляція забезпечують широкі можливості для використання як у зовнішніх, так і у внутрішніх оздоблювальних роботах.

Виробництво конопляного бетону вимагає низького споживання енергії, що робить його екологічно чистим вибором. Технології ущільнення, які використовуються у виробництві конопляного бетону, є важливими факторами, що впливають на споживання енергії, теплові характеристики, щільність і, отже, міцність на стиск і вигин отриманого продукту.

Сполучна речовина в конопляному бетоні відіграє вирішальну роль у забезпеченні міцності конопляної стружки, що в кінцевому підсумку формує загальну продуктивність конопляних структур.

Ключовими характеристиками матеріалу для визначення придатності конопляного бетону для різних застосувань (наприклад, стінові блоки, будівельні блоки, дахи та підлоги) є щільність і вміст в'язучого.

Однак, варто зазначити, що значною проблемою, пов'язаною з використанням рослинних матеріалів, включаючи волокна конопель, у будівництві є їх природне розкладання, що розкриває велике поле для подальших досліджень.

Враховуючи досвід країн з розвинутою ринковою економікою, а також власний досвід України останніх років, можна відмітити, що для реального розвитку будівельної галузі в майбутньому є перспективи, які зумовлені тим, що Україна має певні потенційні можливості. Одним з таких шляхів може стати комплексний підхід з виробництва новітніх будівельних матеріалів, а також їх ефективне використання у будівельному комплексі.

### Список використаних джерел:

1. Muhit I.B., Omairey E.L., Pashakolaie V.G. A holistic sustainability overview of hemp as building and highway construction materials. *Building and Environment*. 2024. P. 111470. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111470>
2. Ковальський В.П., Горковлюк І.І. Будинки з екологічних будівельних матеріалів. *Сучасні світові тенденції розвитку науки, освіти, технологій та суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Кропивницький, 28 червня 2023 р.)*. Кропивницький: ЦФЕНД, 2023. С. 63-65.
3. Ляліна Н.П., Вотченікова О.В. Безпечність інноваційних будівельних матеріалів з технічних конопель. *Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку: Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (Київ, 20 квітня 2023 року): тези доповідей / відп. ред. П. В. Захарченко. Київ : 2023. С. 408-410.*
4. Ляліна Н.П., Кацан І.В. Маркетингові дослідження ринку інноваційних будівельних матеріалів. *Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку: Матеріали Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. : (Київ, 14 квітня 2020 року: тези доповідей)*. Відп. ред. П.В. Захарченко. Київ : КНУБА, 2020.С. 113-116.
5. Олійник Т.П. Екологічні будівельні матеріали. *Матеріали П'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Євроінтеграція екологічної політики України»*. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2023. С. 170-171.

*Наукове видання*

*Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: збірник наукових праць. – 6-й випуск. Кропивницький - Херсон: ХДАЕУ, 2024. – 174 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»*

*Випуск присвячений 60-річчю заснування  
факультету архітектури та будівництва  
(Гідромеліоративного факультету)  
Херсонського державного аграрно-економічного університету*

*Формат А4  
Гарнітура Times New Roman  
Умовних друкованих аркуша 10,81*