

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

WATER

EARTH

ENERGY

15 травня
2025
м. Рівне



Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції
здобувачів вищої освіти та молодих вчених

«Вода. Земля. Енергетика»

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут енергетики,
автоматики та водного господарства



ВОДА. ЗЕМЛЯ. ЕНЕРГЕТИКА

Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної
конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених
«Вода. Земля. Енергетика»

Рівне – 2025



УДК 556:631.4:620.9

Вода. Земля. Енергетика : матеріали І Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених (м. Рівне, 15 травня 2025 р.) / редкол.: В. С. Мошинський (голов. ред.), Савіна Н. Б., Сафоник А. П. та ін. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2025. – 260 с.

ISBN 978-966-327-669-4

Редакційна колегія:

Головний редактор:

Мошинський В.С., д.с.-г.н., проф. (Україна, м. Рівне, НУВГП).

Співголови редакційної колегії:

Савіна Н.Б., д.с.н., проф. (Україна, м. Рівне, НУВГП);

Сафоник А. П. – д.т.н., проф. (Україна, м. Рівне, НУВГП).

Члени редакційної колегії:

Басюк Т. О. – к.геогр.н., доц. (Україна, м. Рівне, НУВГП);

Волк Л. Р. – к.т.н., доц. (Україна, м. Рівне, НУВГП);

Волошин М. М. – к.т.н., доц. (Україна, м. Херсон, НУВГП);

Волощук В. А. – д.т.н., проф. (Україна, м. Київ, НУВГП);

Древецький В. В. – д.т.н., проф. (Україна, м. Рівне, НУВГП);

Мельничук В. Г. – д.геол.н., проф. (Україна, м. Рівне, НУВГП);

Моликевич Р. С. – к.геогр.н., доц. (Україна, м. Херсон, НУВГП);

Рябенко О. А. – д.т.н., проф. (Україна, м. Рівне, НУВГП);

Ткачук А. В. – к.с.-г.н., доц. (Україна, м. Рівне, НУВГП);

Турченко В. О. – д.т.н., проф. (Україна, м. Рівне, НУВГП);

Фесюк В. О. – д.геогр.н., проф. (Україна, м. Луцьк, НУВГП);

Чернюк В. В. – д.т.н., проф. (Україна, м. Львів НУВГП).

*Рекомендовано Вченою Радою Національного університету
водного господарства та природокористування.*

Протокол № 7_від 04 липня 2025 р.

Автори опублікованих матеріалів відповідають за точність наведених фактів, цитат, власних імені, статистичних матеріалів та інших відомостей.

УДК 556:631.4:620.9

ISBN 978-966-327-669-4

© Колектив авторів, 2025

© Національний університет
водного господарства
та природокористування, 2025



СЕКЦІЯ 1	
ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ:	
СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	
<i>Войцехович Н. В., Турченко В. О.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВОДОРЕГУЛЮВАННЯ НА ОСУШУВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ ІЗ СКЛАДНИМ РЕЛЬЄСОМ	12
<i>Волощук А. І., Ткачук А. В.</i> ДІАГНОСТИКА ТА ВТРАТИ ВОДИ НА ФІЛЬТРАЦІЮ У ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУДАХ ІЗ ҐРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ	18
<i>Гаркуша Н. І., Кравченко В. І.</i> УТИЛІЗАЦІЯ МУЛОВИХ ОСАДІВ НА КОМУНАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ	22
<i>Гуменюк А. С., Будз О. П.</i> ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ВЕСНЯНОЇ ПОВЕНІ НА РІЧКАХ ПРИП'ЯТСЬКОГО БАСЕЙНУ	26
<i>Гусаренко-Барська Є. В., Гусаренко-Барська Р. В., Будз О. П.</i> ДИНАМІКА ТА ВАРІАЦІЇ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ В ВЕРХІВ'І РІЧКИ ГОРИНЬ	28
<i>Гусаренко-Барський П. В., Козішкурт С. М.</i> ПЕРМАКУЛЬТУРНІ ЛІСОСАДИ ЯК АДАПТИВНЕ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН	30
<i>Гусаренко-Барський П. В., Гусаренко-Барська Є. В., Гусаренко-Барська Р. В., Турченко В. О.</i> ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СНАТ GPT-4O ПРИ ВИВЧЕННІ ГІДРАВЛІКИ	34
<i>Жильчук Ю. А., Приходько Н. В.</i> НЕОХІДНІСТЬ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗРОШЕННЯ В УКРАЇНІ	38
<i>Золотарьов В. О., Герасімов Є. Г.</i> АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАКРИТИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ МЕРЕЖ	42



Юлтуховська М. Г., Ободовський О. Г. ФОРМУВАННЯ ТА ТРАНСФОРМАЦІЯ РУСЕЛ ЛІВИХ ПРИТОК ДНІПРА	45
Калиняк А. Р., Волошин М. М. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ	49
Картавов Ю. О, Турченко В. О. ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ДЖЕРЕЛ ДРЕНАЖНО-СКИДНИМИ ВОДАМИ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ	53
Коваленко В. В., Хмельниченко Н. В., Доценко В. І. ОЦІНКА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ДАНИМИ ДЗЗ	56
Коваленко Р. Ю. ЦИФРОВИЙ ДВІЙНИК БАСЕЙНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ	60
Кузьмич С. А., Воропай Г. В., Кузьмич Л. В. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ІНЖЕНЕРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДРЕНАЖНОЇ СИСТЕМИ «МАРИНИНСЬКА» У РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ	63
Курилюк О. М. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ У ВОДНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ	66
Літвінчук О. В., Козішкурт С. М. ІНТЕГРОВАНА МОДЕЛЬ СТАЛОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ ДЛЯ МАЛИХ І СЕРЕДНІХ ГРОМАД	70
Таборовець І. Б., Козішкурт С. М. ВОДНІ РЕСУРСИ ТА ВОДНО-БОЛОТНІ УГІДДЯ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ	74
Шахворостова Г. М., Козішкурт С. М. ПОЄДНАННЯ МЕЛПОРАТИВНИХ СИСТЕМ ТА ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ ДЛЯ ЗБАЛАНСУВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ	78



СЕКЦІЯ 2 ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО: МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ	
Богущ О. О., Хланук М. М. ПРИНЦИП РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЯТОРА РІВНЯ ВОДИ В ОСУШУВАЛЬНО-ЗВОЛОЖУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ	83
Деркач М. В., Коваленко В. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНЕВОДНЕННЯ СТАВКІВ В БАСЕЙНІ БАЛОК ІЛЬКОВА ТА ЧИНБАРКА	87
Заводяний В. В. ВИКОРИСТАННЯ ТЕСТІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ	91
Кардаш О. С., Пінчук О. Л. ЗЕЛЕНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ: ТЕПЛОНАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ КЛІМАТИЧНОЇ АДАПТАЦІЇ В АГРОСЕКТОРІ	95
Літвінчук О. В., Концемал В. О., Дем'янюк А. В. ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЙ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА R ДЛЯ АНАЛІЗУ РЯДІВ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ГІДРОТЕХНІЧНИМИ СПОРУДАМИ НА СЕЗОННІСТЬ	97
Мельничук І. М. ПРИРОДОПОДІБНІ ТИПИ РИБОПРОПУСКНИХ СПОРУД: ДОННІ РАМПИ ТА СХИЛИ	100
Новачок О. М. КОМПАКТНИЙ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДАНИХ	104
Новачок О. М. КОМПЛЕКТ ДЛЯ ПРЕЗЕНТАЦІЙ	106
Панасюк І. С., Токар Л. О. ГІДРАВЛІЧНІ ОПОРИ ПЛАСТМАСОВОГО ГОФРОВАНОГО ДРЕНАЖНОГО ТРУБУПРОВОДУ ЧЕРЕЗ ДВА РОКИ ПІСЛЯ КАТАСТРОФИ	108



Панасюк І. С., Токар Л. О. СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІНЛИВОСТІ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАКЛАДАННЯ УКОСІВ КАНАЛІВ	112
Шкабара Є. О., Шинкарук Л. А. СТАН КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЧЕРЕЗ ДВА РОКИ ПІСЛЯ КАТАСТРОФИ	115
Шумлянський А. О., Корнійчук В. І. ГРАДІЄНТИ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ НАПОРІВ В ТІЛІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ ДАМБ	119
СЕКЦІЯ 3 ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТОТЕХНІКА	
Бернацький Е. В., Стець С. Є. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЗМІННОГО СТРУМУ	125
Гончаров В. М., Литвиненко В. М. РОЗРОБКА ВОЛОГОМІРА ДЛЯ ҐРУНТУ	127
Зубенко В. О. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ	131
Ільчук А. П., Ільчук В. В. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ФОРМУВАННЯ ЕРС ВИБІГУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА	135
Конончук А. О., Артюх Н. І. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ МЕРЕЖІ 6–10 кВ	138
Коханець В. І., Стець С. Є. ВИКОРИСТАННЯ SCADA-СИСТЕМИ VISUAL INTELLECT ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВУЛКАНІЗАЦІЇ	142



Кузьмич Р. О., Таргоній І. М. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ОБЕРТІВ ГІДРАВЛІЧНОЇ ТУРБИНИ	144
Лук'яник А. К., Стець С. Є. РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ТЕРМООБРОБКИ ГУМОВИХ ВИРОБІВ	148
Малімон Р. Р., Стець С. Є. СИСТЕМА SCADA ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕПЛИЦЕЮ НА БАЗІ МІК-51	151
Пінкевич Ю. О., Василюк С. В. ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ДІОДНИХ ВИПРЯМЛЯЧІВ	153
Подвиженний В. С., Сафоник А. П. АЛГОРИТМІЧНІ ПІДХОДИ ДО ДЕТЕКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОДАНИХ	156
Полховський І. П., Реут Д. Т. СИСТЕМА ДЛЯ ПОШУКУ ФАЙЛІВ В РЕПОЗИТОРІЇ НУВГП	159
Рудаков О. Л., Рудаков Л. М. МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ В ГІДРОМЕЛІОРАЦІЇ	161
Сараєв Б. О., Артюх Н. І. ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ В ХІРУРГІЧНИХ СВІТИЛЬНИКАХ З ОДНИМ ДЖЕРЕЛОМ СВІТЛА	164
Сафоник А. П., Полюхович С. О. ВИЯВЛЕННЯ ДОМІШОК У ПРОЦЕСІ МАГНІТНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ РІДИН	168
Федоров Я. А., Клепач М. І. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СТАТКОМ	172
Хлебюк Н. С., Артюх Н. І. ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ	175



Цуканов О. С., Реут Д. Т. СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ДРОНОМ ЧЕРЕЗ ВЕБ-СЕРВЕР НА ESP32	179
Чернюк О. О., Христюк А. О. РОЗРОБКА МОДУЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ДОНАВЕДЕННЯ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ	182
СЕКЦІЯ 4 ПРОБЛЕМИ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ	
Мішук С. В., Галич О. О. БАТИМЕТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ В ГІДРОЕНЕРГЕТИЦІ	187
Панкевич М. В., Тимошук В. С. ВДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ВИМІРЮВАННЯ РІВНІВ ВОДИ ДАТЧИКАМИ ТИСКУ GEOSON 4500S-350kPa	191
Попруга П. В., Рябенко О. А. ВРАХУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ АСПЕКТІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РЕЖИМІВ НИЖНЬОГО Б'ЄФУ НИЗЬКОНАПІРНИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ	195
Шинкар О. М., Рябенко О. А. ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ СОЛІТОНІВ В ПРАКТИЧНИХ ЗАСТОСУВАННЯХ	198
СЕКЦІЯ 5 СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУК ПРО ЗЕМЛЮ	
Бай О. В. ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ ПІСЛЯ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ	203
Волкова В. Є., Бубнова О. А., Сула Т. І., Слободюк М. І. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ В ПЕРІОД ВІЙНИ	207



Гриб Й. В., Ковальчук С. В., Калько А. Д. ПОВЕРХНЕВИЙ СТИК ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЕКОСИСТЕМИ ШЕЛЬФОВОЇ ЗОНИ	211
Давидчук Ю. І., Криницька М. В. РІДКІСНІ ТА РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНІ МЕТАЛИ УКРАЇНИ: ГЕОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ	215
Дасов Ю. Р., Буднік В. В., Мельничук В. Г. АРТЕЗІАНСЬКІ СВЕРДЛОВИНИ ПОГОРИННЯ ДЛЯ ФОРЕЛЕВИХ АКВАФЕРМ	220
Доменюк Д. А., Ободовський О. Г. ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РУСЕЛ РІЧОК СУББАСЕЙНУ ПРИП'ЯТІ У МЕЖАХ УКРАЇНИ	224
Єфимов Є. В. БІОРЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ КОНОПЕЛЬ ТЕХНІЧНИХ	228
Конончук Я. В., Криницька М. В. ОСАДОВІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ПІСЛЯВОЄННОЇ РОЗБУДОВИ	230
Косяк Д. С., Самуїлик Л. І. ЗМІНА ПАРАМЕТРІВ ВОДОЗБІРНОГО БАСЕЙНУ РІЧКИ РУДКА ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЙОГО ЛАНДШАФТНА РЕКОНСТРУКЦІЯ	234
Кухта М. В., Будз О. П. КОНСТРУКТИВНО-ГЕОГРАФІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ РОЗРОБКИ ДВОРОВИЦЬКОГО РОДОВИЩА БУДІВЕЛЬНИХ ПІСКІВ НА ГЕОСИСТЕМИ РЕГІОНУ	238
Онуфрійчук В. М., Басюк Т. О. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ	240
Прилуцька Т. Д. АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ ГЕОХІМЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ ТА ЇХ НАСЛІДКИ ДЛЯ ЛАНДШАФТУ	244



Супрунчук Є. В., Криницька М. В. ГЕОЛОГІЧНЕ ВИВЧЕННЯ РУДНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН В МЕЖАХ ПІВНІЧНО- ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА – ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ КРАЇНИ	248
Фесюк В. О. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕЛЕНОЇ ТА БЛАКИТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТ	252
Хмельниченко Н. В., Коваленко В. В. КАЛІБРОВКА ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАПАСІВ ВОЛОГИ В ҐРУНТІ	255



СЕКЦІЯ 1

ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ: СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ





УДК 631.432:626.86

Войцехович Н. В., аспірант кафедри водної інженерії та водних технологій (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне) **науковий керівник: Турченко В. О.,** д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОСОБЛИВОСТІ ВОДОРЕГУЛЮВАННЯ НА ОСУШУВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ ІЗ СКЛАДНИМ РЕЛЬЄФОМ

Вступ. Водорегулювання сільськогосподарських земель має важливе значення для забезпечення стабільного агровиробництва та стійкості екосистем. Зміни клімату, зростання частоти та інтенсивності опадів, а також підвищення рівня ґрунтових вод створюють виклики для ефективного управління водними ресурсами на осушуваних землях [1]. Рельєф місцевості виступає одним із ключових факторів, що визначають успішність проведення водорегулюючих заходів.

Сучасні підходи до меліорації потребують адаптації до конкретних природних умов. Визначення впливу рельєфу на ефективність водорегулювання є критично важливим для розробки оптимальних систем осушення, що враховують як локальні особливості, так і загальні тенденції кліматичних змін [2; 3; 4].

Мета та завдання дослідження: Метою роботи є визначення впливу рельєфу на ефективність проведення водорегулювання.

Завдання дослідження включають аналіз теоретичних аспектів впливу рельєфу на водорегулювання, проведення польових та аналітичних досліджень, розробку



рекомендацій щодо оптимізації водорегулювання залежно від типу рельєфу.

Методи дослідження: Польові дослідження, які базуються на зборі даних щодо характеристик рельєфу, рівня ґрунтових вод, типу ґрунтів. Використання геодезичних методів для визначення ухилів та водних шляхів. Моделювання та аналіз з використання програмного забезпечення для моделювання водних потоків на осушуваних землях. Аналіз залежностей між рельєфом і ефективністю осушувальних систем. Статистичний аналіз даних для визначення кореляції між характеристиками рельєфу та параметрами водорегулювання.

Результати дослідження. Як показали результати досліджень тривалої експлуатації осушувальних систем з пересічним рельєфом [2; 3] у знижених частинах рельєфу, таких як улоговини, западини, зазвичай спостерігається надмірне накопичення вологи. Це призводить до затоплення і застою води, що створює умови для переувільнення ґрунтів, зменшення їх аерації та розвитку анаеробних процесів. В таких умовах водопроникність ґрунтів знижується, а ризик заболочення збільшується.

На ділянках із значним ухилом відбувається швидке стікання води. Це призводить до недостатнього насичення ґрунту вологою, що викликає зниження вологості на цих ділянках. Окрім цього, на крутих схилах спостерігається підвищений ризик ерозії, що впливає на структуру і водопроникність ґрунту. Також підвищені ділянки, зазвичай, мають кращий повітряний режим через більш інтенсивну аерацію. На схилах і в зонах з помірним ухилом часто спостерігається горизонтальний рух води, який призводить до нерівномірного розподілу вологості по території. Це створює умови для формування зон з надмірною або недостатньою кількістю вологи.



Навіть незначні нерівності, такі як горбики, западини, або рівчаки, можуть створювати локальні відмінності у водному режимі. Наприклад, мікровисочини часто мають сухіший ґрунт і кращу аерацію, тоді як мікрозападини можуть накопичувати вологу і мати проблеми із водовідведенням.

Рельєф визначає ефективність природного і штучного дренажу. На рівнинних територіях і в улоговинах необхідно застосовувати додаткові дренажні системи для відведення надлишкової вологи. На схилах дренажні системи повинні бути спроектовані з урахуванням напрямку руху води і необхідності збереження вологи в ґрунті.

Рельєф також впливає на вентиляцію ґрунтів. В умовах складного рельєфу, зокрема на схилах, відбувається кращий повітрообмін, що сприяє окислювальним процесам. Натомість у низинних зонах через надмірну вологість повітрообмін утруднений, що призводить до анаеробних процесів.

У зимовий період низинні ділянки часто піддаються підтопленню через накопичення талої води. Весною на таких ділянках вологість залишається високою протягом тривалого часу, що може негативно вплинути на сівбу і врожайність.

Рельєф визначає розподіл сезонної вологи та характер її відтоку. Під час весняного танення снігу або сильних літніх опадів вода акумулюється в улоговинах і на низьких ділянках, тоді як на схилах вона швидко відводиться. Це впливає на структуру ґрунту, його водопроникність та аерацію.

При проектуванні осушувальних систем на ділянках зі складним рельєфом можна запропонувати кілька технічних рішень, які допоможуть підвищити ефективність водовідведення та забезпечити стабільну роботу системи:



1. Перед початком проектування важливо провести детальне геодезичне дослідження ділянки для визначення висотних відміток, ухилів та зон зі складним рельєфом (горбисті ділянки, улоговини тощо). На ділянках зі значними перепадами висот необхідно враховувати напрямки природних водних потоків і передбачати системи, які ефективно відводять воду в нижчі точки, не створюючи застою.

2. Система повинна включати як основний (магістральний) дренаж для збору води, так і додаткові підсистеми, які розташовуються в зонах із критичними ухилами або потенційними проблемними точками.

3. На ділянках із значним перепадом висот варто використовувати глибинні дренажні системи, які спрямовують воду на нижчі рівні, зменшуючи ризик поверхневого застою та ерозії.

4. Для забезпечення рівномірного розподілу води на ділянках із нерівним рельєфом доцільно встановлювати регулюючі пристрої (шлюзи, клапани), які дозволяють контролювати потік води і спрямовувати його відповідно до потреб ділянки.

5. В улоговинах або низинах можна облаштувати штучні резервуари або басейни для тимчасового зберігання надлишкової води з подальшим її відведенням.

6. Використання багатошарових дренажних конструкцій, які включають піщано-гравійні суміші, дозволяє ефективно відводити воду та стабілізувати ґрунти на ділянках із високим ризиком ерозії.

7. Осушувальні системи на складних рельєфах мають бути гнучкими та легко адаптуватися до зміни умов. Це може включати можливість підключення або відключення окремих дренажних гілок залежно від сезонних змін у водному режимі.



8. Використання систем, які автоматично регулюють потік води залежно від рівня опадів або вологості ґрунту, є ефективним рішенням для складного рельєфу.

Ефективне проектування осушувальних систем на ділянках зі складним рельєфом вимагає комплексного підходу, що враховує як природні умови (рельєф, ґрунти, водний режим), так і сучасні технічні рішення [4; 5]. Інтеграція традиційних і новітніх підходів дозволяє забезпечити стабільне функціонування системи водорегулювання, зберігаючи при цьому екологічний баланс і економічну доцільність проекту.

Висновки. Проектування осушувальних систем на ділянках зі складним рельєфом потребує врахування низки конструктивних особливостей для забезпечення ефективного водовідведення і мінімізації ризиків підтоплення або надмірного осушення. Розуміння впливу рельєфу допомагає розробити оптимальні рішення для управління водним режимом і запобігти негативним наслідкам, таким як ерозія, заболочення або пересихання земель. На схилах рекомендується використовувати адаптивні дренажні системи з можливістю регулювання потоку води. На рівнинних територіях ефективними залишаються традиційні методи дренажу. Для горбистих територій варто застосовувати додаткові підходи, такі як геотекстиль або багатошарові дренажні системи.

Список використаних джерел. 1. Створення та експлуатація водорегулювальних систем у гумідній зоні / О.В. Скрипник та ін. *Меліорація і водне господарство*. 2004. Вип. 90. С. 124–132. 2. Коптюк Р. М., Рокочинський А. М. Обґрунтування необхідності та сучасні підходи до оптимізації конструкцій осушувальних систем з урахуванням рельєфу місцевості. *Вісник НУВГП. Технічні науки* : зб. наук. пр. Рівне : НУВГП, 2008. Вип. 1(41). С. 476–483. 3. Рокочинський А. М., Коптюк Р. М., Волк П. П. Ефективність роботи дренажу та обґрунтування його



параметрів при глибокому розпушенні ґрунту. *Вісник НУВГП. Технічні науки*. Рівне, 2015. Вип. 3(71). С. 286–291.

4. Рокочинський А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : монографія / за ред. М. І. Ромащенко. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с.

5. Воропай Г. В., Яцик М. В., Мозоль Н. В. Сучасний стан та перспективи розвитку осушувальних меліорацій в умовах змін клімату. *Меліорація і водне господарство*. 2019. № 2. С. 31–39.



УДК 626.8

Волощук А. І., здобувач вищої освіти першого рівня (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро), **науковий керівник: Ткачук А. В., к.с.-г.н., доцент** (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро)

ДІАГНОСТИКА ТА ВТРАТИ ВОДИ НА ФІЛЬТРАЦІЮ У ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУДАХ ІЗ ГРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Процеси фільтрації відіграють ключову роль у забезпеченні стійкості гідротехнічної споруди. Одним із найбільш небезпечних явищ є вихід фільтраційних вод на укіс. Згідно з рекомендаціями Міжнародної комісії з великих гребель (ICOLD), наявність неконтрольованої фільтрації може свідчити про початок внутрішнього розмиву, що суттєво знижує надійність споруди.

У своїй праці Ritzema Н.Р. детально розглядає принципи дренажу, включаючи методи розрахунку параметрів фільтрації, які є ключовими для прогнозування поведінки гідроспоруд. Зокрема, у п. 3.3 «Flow of Groundwater» [1, с. 175–223] обговорюються методи розрахунку фільтраційних потоків, градієнтів та депресійних поверхонь, що дозволяє інженерам оцінювати стабільність та ефективність гідротехнічних споруд у різних умовах експлуатації.

Втрати води мають як економічні, так і екологічні наслідки. По-перше, це втрата цінного ресурсу. По-друге, ці втрати можуть призводити до підняття рівня ґрунтових вод, заболочування, деформацій, руйнування елементів споруд, обвалів [6; 8]. Тому тривалий вплив фільтраційних процесів без належного контролю може спричинити незворотні



зміни в геометрії укосів і основи споруди і вимагатиме ремонту.

Оцінка стану ґрунтових гідротехнічних споруд як технічної системи є складною задачею, зумовленою складністю взаємодії гідрогеологічних процесів, різноманітням конструктивних рішень споруд і обмеженістю прямих методів спостереження. Гідротехнічні споруди зазнають дії як статичних, так і динамічних навантажень, включаючи фільтраційні потоки, що змінюються у часі й залежать від коливань рівнів води, температури, механічних пошкоджень. Додатково, складність діагностики полягає у тому, що більшість елементів споруди приховані під ґрунтовим або бетонним покриттям, а фільтраційні процеси є важко доступними для прямого візуального спостереження при експлуатації гідротехнічних споруд.

Тому для оцінки технічного стану використовуються такі візуальні спостереження, які є основними індикаторами потенційних порушень в роботі гідротехнічних споруд. Як зазначено у п. 1.7.1 [2, с. 17], основними показниками працездатності і технічно справного стану каналів і гідротехнічних споруд є мінімальні фільтраційні та експлуатаційно-технічні втрати води. При цьому дамбу вважають справною, якщо тіло дамби не спучується, не має тріщин, зсувів, ходів землеріїв і коріння рослин; укоси і гребені дамб сплановані і закріплені; у місцях сполучення дамб і споруд не має тріщин, пазух і вимоїн; фільтрація через тіло дамби не перевищує допустимої і не відбувається виносу часток ґрунту [2, с. 23].

Отже, до показників візуальної оцінки технічного стану регулюючого басейну можна віднести: спостереження за деформаціями елементів конструкції, оцінка стану кріплень та облицювання укосів (наявність зазорів між плитами, просадки, деформації, руйнування і



сповзання плит облицювання, стан дернового покриву, наявність розмивів і локальних деформацій низового укусу), а також виявлення ознак фільтраційних процесів через тіло дамби регулюючого басейну. Слід зазначити, що ці критерії не є вичерпними, однак вони дозволяють оперативно виявляти ключові дефекти. Для повноцінної діагностики доцільно доповнювати візуальні методи інструментальними вимірюваннями.

Практична частина дослідження: Технічний стан регулюючого басейну РБ-3 об'ємом 20 тис. м³ Магдалинівської зрошувальної системи було визначено шляхом візуального обстеження, проведеного у весняно-літній період 2024 року. Такий підхід дозволив оперативно зафіксувати основні дефекти споруди, однак слід зауважити, що візуальне обстеження охоплює лише основні індикатори технічного стану й не дає повної картини внутрішніх процесів. Стан оцінено як незадовільний через: руйнування деформаційних і будівельних швів; пошкодження протифільтраційного покриття (плівки); сповзання плит облицювання, а також ознаки деформації тіла дамби регулюючого басейну винос часток ґрунту через фільтраційні процеси.

За результатами обстеження проведено розрахунки втрат води на фільтрацію. Методичні підходи до виконання таких розрахунків детально описано у рекомендаціях ДБН В.2.4-1-99 [3, с. 104].

При обчисленні втрат води на фільтрацію ми прийняли питомі фільтраційні втрати з розрахунку на 1 м² – 0,05 м³/м²; площа дзеркала води – 6150 м²; тривалість поливного сезону – 150 діб. За таких умов об'єм фільтраційних втрат складе у межах 46125 м³, а вартість – 922500,00 грн.



Виходячи із щорічних втрат води і вартості ремонту інвестиції у поліпшення технічного стану РБ-3 окупляться за 17 місяців експлуатації системи.

Список використаних джерел: 1. Drainage Principles and Applications / H. P. Ritzema (Editor-in-Chief). *ILRI Publication*. Wageningen, Alterra, 2006. No. 16. Pp. 1125. 2. Правила технічної експлуатації меліоративних систем. URL: https://kuv.g.at.ua/14042020/pravila_tekhnichnoji_melioraciji_285_vid_25.12.200.pdf (дата звернення: 02.05.2025). 3. ДБН В.2.4.-1-99. Меліоративні системи і споруди. К. : Держбуд України, 2000. 180 с.



УДК 628.38

Гаркуша Н. І., здобувач вищої освіти першого рівня (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький), **науковий керівник: Кравченко В. І., к.т.н., доцент** (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький)

УТИЛІЗАЦІЯ МУЛОВИХ ОСАДІВ НА КОМУНАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ

На сьогодні для очищення стічних вод у населених пунктах України використовуються каналізаційні очисні споруди (КОС). При експлуатації таких споруд утворюється велика кількість осадів стічних вод (ОСВ), захоронення яких на мулових майданчиках призводить до створення екологічної небезпеки середовищу через виділення забруднюючих речовин, зокрема, метану, аміаку, сірководню тощо [1]. Так, наприклад, на КОС міста Кропивницький щорічно утворюється до 3500 т мулових осадів, а в цілому по Україні їх кількість вже перевищує 5 млрд т і щороку збільшується на 3 млн т [2].

Для очистки і обробки стічних вод та їх осадів в Україні переважно використовується традиційна технологія, схемне рішення якої показано на рисунку. Утворений сирий осад і надлишковий мул після резервуарнакопичувача надходить у цех механічного зневоднення, після центрифугування у якому відходи направляються на мулові майданчики.

Напіврідкий або рідкий осад, що утворюється при очистці стічних вод, містить органічні і неорганічні речовини, у тому числі шкідливі, наприклад забруднювачі бактеріального походження.

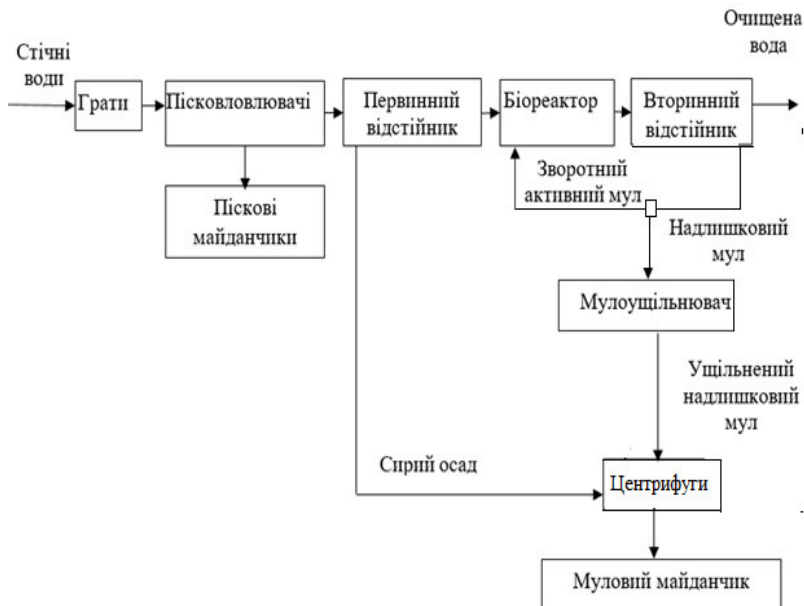


Рисунок. Схемно-технологічне рішення очистки і обробки стічних вод та їх осадів на КОС м. Кропивницький

Характеристика складу ОСВ після обробки центрифугуванням на КОС м. Кропивницький надано у таблиці.

Проведений аналіз показав, що утилізацію ОСВ у розвинених країнах здійснюють різними методами, зокрема, використанням як добриво у сільському господарстві, у виробництві будівельних матеріалів, спалюванням тощо.

Сьогодні більш суворі правила ЄС по відношенню поводження з ОСВ, а також Закон України «Про водовідведення та очищення стічних вод» від 12.01.2023 р. зобов'язує суб'єкти господарювання здійснювати повторне використання осадів.



Таблиця

Характеристика складу осадів стічних вод після обробки
центрифугуванням на КОС м. Кропивницький

Показник	Сирий осад	Надлишковий мул
Густина, мг/дм ³	932,0	844,4
Вологість, %	67,5	68,9
Нафтопродукти, мг/кг	956,3	2925,0
Нітрати, мг/кг	306,5	374,9
Амоній обмінний, мг/кг	7765,0	12973,7
Миш'як, мг/кг	0,52	0,66
Кадмій, мг/кг	0,23	0,27
Кобальт, мг/кг	0,38	1,46
Хром, мг/кг	10,8	8,4
Мідь, мг/кг	58,5	88,7
Ртуть, мг/кг	0,57	0,2
Свинець, мг/кг	11,7	9,8
Цинк, мг/кг	251,6	210,6

Аналіз складу ОСВ доводить можливість використання їх енергетичного потенціалу, який міститься у цих відходах та досягає 14,5 МДж/кг, що приблизно дорівнює теплоті згоряння бурого вугілля [9].

Одним з найбільш радикальних методів утилізації ОСВ є термічний, реалізація якого дозволить не тільки забезпечити вимоги до охорони природного середовища, а й використати їх енергетичну складову. Підвищити ефективність енергетичного використання осадів, а також зменшити витрати на їх транспортування доцільно шляхом виготовлення з них біопаливних брикетів або пелет. Також перспективним та рентабельним способом переробки осадів



може стати використання мулових осадів у суміші з іншими біовідходами (тирса, опале листя, рослинні відходи сільського господарства) для виготовлення гранульованого палива з покращеними фізичними та енергетичними характеристиками.

Зольні залишки після термічної переробки ОСВ містять такі мінеральні складники як кремнезем, оксид кальцію, заліза тощо, загальна кількість яких може досягати 92%. Такий склад дозволить застосовувати їх у виробництві будівельних матеріалів, зокрема як заповнювачів у бетонних, асфальтобетонних та інших сумішах. Використання зольних залишків після термічної переробки мулових осадів як сировинних матеріалів у будівельних сумішах буде сприяти виявленню резервів для отримання нових матеріалів та забезпечить зниження собівартості будівництва.

Таким чином, термічна переробка мулових осадів у суміші з іншими біовідходами шляхом спалювання дозволить:

- вирішити природоохоронну проблему утилізації ОСВ з мулових майданчиків;
- використати енергетичний потенціал мулових осадів;
- використати зольні залишки після спалювання як сировинний матеріал у будівельних сумішах.

Список використаних джерел: 1. Зоріна О. В., Маврикін Є. О. Сучасні підходи до обробки та утилізації вторинних осадів господарсько-побутових стічних вод. *Водні ресурси. Меліорація і водне господарство*. 2021. № 2. С. 55–68. 2. Кравченко В. І., Білоус Ю. В., Кравченко В. П. Створення та обґрунтування композитного палива на основі осаду стічних вод. *Технічні науки*. Херсон : ХДАЕУ, 2023. Вип. 3. С. 88–94. 3. Хруник С. Я., Мазурак О. Т., Саницький М. А. Енергетичне використання осадів стічних вод у цементній промисловості / Львівський політехнічний університет. 2013. С. 457–461.



УДК 556.5 (477.82)

Гуменюк А. С., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:** **Будз О. П., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ВЕСНЯНОЇ ПОВЕНІ НА РІЧКАХ ПРИП'ЯТСЬКОГО БАСЕЙНУ

У контексті кліматичних змін і зростання антропогенного навантаження актуальним стає вивчення гідрологічних характеристик річок, зокрема параметрів весняної повені. Для басейну річки Прип'ять, що характеризується заболоченістю, лісистістю та складним рельєфом, важливою є оцінка максимального стоку й сумарного шару повені для прогнозування підтоплень і розробки гідротехнічних заходів.

У роботі використано дані гідрометричних спостережень на 46 створах річок басейну Прип'яті з тривалістю рядів від 28 до 76 років. Зібрані дані охоплюють малі та середні водозбори з площею від 141 до понад 13 000 км². Для кожного створу визначено параметри рельєфу, похил річки, відсоток заболоченості та лісистості. За добовими витратами води побудовано гідрографи весняної повені, що дозволило виділити її межі та розрахувати об'єм і шар стоку, скориговані на площу водозбору.

Розрахунки максимальних витрат виконано за допомогою методу найбільшої вірогідності із застосуванням біноміальних кривих забезпеченості [3, с. 91]. Аналіз результатів показав, що для більшості створах коефіцієнти варіації та асиметрії залишаються в межах допустимих похибок, що свідчить про високу достовірність



даних. У 34 випадках середньоквадратичні похибки розрахунків сумарного шару стоку становили до 10%, що підтверджує надійність гідрологічних рядів.

Дослідження показало, що найбільші витрати та шари стоку спостерігаються у річок із великим водозбором, малим похилом і високою заболоченістю (Случ, Горинь, Турія), тоді як малі чи стрімкі річки (Виживка, Ілля) мають короточасні, але різкі пікові витрати.

Окрему увагу приділено порівнянню результатів, отриманих за двома методами – методу моментів та методу найбільшої вірогідності [3, С. 99-107]. Обидва способи демонструють високий рівень узгодженості, проте метод найбільшої вірогідності є більш стабільним при коротких часових рядах, що виявлено при аналізі створів на річках Грезля та Ірша.

Таким чином, результати дослідження можуть бути використані для підвищення точності розрахунків гідрологічних характеристик весняного стоку, проєктування гідротехнічних споруд, оцінки ризиків затоплення, управління паводковими водами та екологічного моніторингу. Робота демонструє важливість комплексного підходу до аналізу гідрометричних даних, врахування геоморфологічних, кліматичних та ландшафтних чинників формування стоку в поліських умовах.

Список використаних джерел: 1. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ : Ніка-Центр, 2010. 316 с. 2. Гопченко Є. Д., Лобода Н. С., Овчарук В. А. Гідрологічні розрахунки : підручник. Одеса : ТЕС, 2014. 484 с. 3. Сливка П. Д., Новосад Я. О., Будз О. П. Гідрологія та регулювання стоку : навч. посіб. Рівне : УДУВГП, 2003. 288 с.



УДК 556.5 (477.82)

Гусаренко-Барська Є. В., Гусаренко-Барська Р. В.
здобувачі вищої освіти першого рівня (Національний
університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне), **науковий керівник: Будз О. П., к.т.н., доцент**
(Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне)

ДИНАМІКА ТА ВАРІАЦІЇ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ В ВЕРХІВ'І РІЧКИ ГОРИНЬ

Річка Горинь, що протікає через Волинську та
Верхньоприп'ятську-Бузьку підобласті, є важливим
об'єктом гідрологічних досліджень. Мінімальний стік, який
формується переважно за рахунок підземних вод, відіграє
ключову роль у забезпеченні водними ресурсами регіону.
Аналіз його динаміки дозволяє оцінити вплив кліматичних
змін і розробити ефективні стратегії управління водними
ресурсами [1, с. 15].

Метою дослідження є статистичний аналіз часових
рядів мінімальних 30-денних витрат води у верхів'ї річки
Горинь за період 1943–2023 рр. для виявлення трендів і
циклічних коливань. Використано дані гідрологічних постів
Ямпіль, Оженін, Деражне. Застосовано коефіцієнт
автокореляції $r(1)$ для оцінки внутрішньорядної зв'язності
та лінійний тренд для аналізу змін витрат води: $Q(t) = \alpha t + Q_0$,
(1) де $Q(t)$ – витрата води, α – коефіцієнт тренду, Q_0 –
початкова витрата [2, с. 120].

Аналіз показав значну внутрішньорядну зв'язність
мінімального стоку, що підтверджується коефіцієнтами
автокореляції $r(1) > 0,4$ (таблиця). Це свідчить про
циклічність, зумовлену підземним живленням [3, с. 48].

Виявлено стійке зростання мінімальних витрат води,
зокрема на посту Ямпіль: на 1,43% для літньо-осінньої



межені та 1,56% для зимової. Коефіцієнти лінійного тренду (α) є статистично значущими ($\alpha / \sigma_{\alpha} \geq 2$). Диференціальна інтегральна крива показала два періоди: зменшення стоку до 1970-х рр. і зростання з 1970-х, з піковим збільшенням у 2017–2023 рр.

Таблиця

Коефіцієнти автокореляції $r(1)$ мінімального стоку

Гідрологічний пост	Літньо-осіння межень	Зимова межень
Ямпіль	0,59	0,72
Оженін	0,70	0,62
Деражне	0,69	0,60

Дослідження підтвердило циклічність мінімального стоку, пов'язану з підземним живленням, і стійке зростання витрат, особливо в зимовий період. Виявлені тренди є статистично значущими, що підкреслює необхідність подальшого моніторингу для прогнозування водності та адаптації до кліматичних змін.

Список використаних джерел: 1. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ : Ніка-Центр, 2010. 316 с. 2. Гопченко Є. Д., Лобода Н. С., Овчарук В. А. Гідрологічні розрахунки : підручник. Одеса : ТЕС, 2014. 484 с. 3. Школьний Є. П., Лоева І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації : навч. посіб. Київ : Міносвіти України, 1999. 600 с.



УДК 631.67:631.95:504.53(477)

Гусаренко-Барський П. В., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), науковий керівник: Козішкурт С. М., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПЕРМАКУЛЬТУРНІ ЛІСОСАДИ ЯК АДАПТИВНЕ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Проблема дефіциту водних ресурсів набуває особливої гостроти в умовах зміни клімату, зростання антропогенного навантаження та деградації сільськогосподарських екосистем. За таких умов актуальним стає впровадження сталих підходів до ведення господарства, серед яких пермакультура вирізняється цілісністю, екологічною орієнтованістю та адаптивністю.

Пермакультура – це підхід до ведення сільського господарства, що зосереджується на проектуванні сталих систем органічного землеробства, заснованих на природних взаємозв'язках і спрямованих на гармонійне поєднання природи та людської діяльності.

Термін «пермакультура» був запроваджений у 1978 році австралійськими дослідниками Біллом Молісоном і Девідом Холмгреном. Хоча ідеї сталого землеробства висвітлювалися і раніше – зокрема, у праці Франкліна Г. Кінга «Фермери сорока століть» (1909), – саме Молісон і Холмгрен сформулювали пермакультуру як цілісну систему та визначили три її етичні принципи: турбота про природу, турбота про людину та справедливий розподіл ресурсів [1].

Лісосади, що імітують багаторівневу структуру природних лісів, є однією з найбільш поширених та



перспективних форм пермакультурного землеробства для вирішення екологічних і продовольчих проблем. Завдяки поєднанню дерев, кущів, трав'янистих рослин, ґрунтопокривних культур і коренеплодів, лісосад забезпечує високе біорізноманіття та самодостатність екосистеми [2].

Водні ресурси відіграють ключову роль у підтримці екологічного балансу лісосаду, забезпечуючи життєдіяльність усіх його компонентів.

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (*Food and Agriculture Organization – FAO*), 70% усіх заборів прісної води у світі витрачається на сільське господарство [3]. До 40% води втрачається через неефективне зрошення. У зв'язку з цим наголошується на необхідності пошуку більш ефективних шляхів використання води в агросекторі та реалізації нових програм на підтримку сталого землеробства в усьому світі.

В Україні проблеми водозабезпечення суттєво загострилися з 2022 року. До цього призвели кліматичні зміни, зокрема, у 2022 році в Південних областях кількість опадів була на 30–45% нижчою за норму [4]. Окрім того, за останні 10 років у Донецькій області рівень ґрунтових вод знизився на 1,0–1,8 м [5]. Такі зміни провокують щорічне зменшення врожайності в південних регіонах на 15–30%. Водночас коефіцієнт корисної дії деяких способів зрошення становить 40–50%, а втрати води через випаровування і фільтрацію в каналах сягають 35–50% [6].

Додатковою проблемою є те, що триваючі бойові дії, спричинені російською агресією в Україні, призвели до руйнування, пошкодження або окупації значної частини зрошувальної інфраструктури. Особливо критичною стала ситуація після підриву Каховського водосховища, внаслідок чого 94% зрошувальних систем у Херсонській, 74% у Запорізькій та 30% у Дніпропетровській областях залишилися без водопостачання [7]. Окрім того, за оцінками



Мінагрополітики, експлуатаційний знос існуючих зрошувальних систем сягає близько 80% [8]. Усі ці чинники зумовлюють необхідність пошуку альтернативних, адаптивних та екологічних шляхів водозбереження – зокрема в межах пермакультурних лісосадів.

Втілення ідей водозбереження в пермакультурних лісосадах часто є нестандартним, проте ефективним. Його особливість полягає у поєднанні традиційних методів із сучасними знаннями, що забезпечує комплексний підхід до розв’язання проблеми водозбереження. До традиційних методів належать: збір дощової води, терасування, мульчування, контурне землеробство. До інноваційних підходів – влаштування свейлів (канави на схилах, які збирають і фільтрують воду), біоінженерних конструкцій (загати, які утримують вологу) та зонування (розміщення водовимогливих культур ближче до джерел води).

Важливу роль у водозбереженні відіграють дерева: вони формують мікроклімат, сприяють накопиченню вологи в ґрунті, покращують інфільтраційні процеси та водний кругообіг. Так, 1 га густого лісосаду утримає на 1000 м³ більше води в ґрунті, ніж звичайна рілля.

Одним із найвідоміших прикладів успішного втілення ідей водозбереження є проєкт лісосаду дослідника в галузі пермакультури Джеффа Лоутона, створений на площі 10 га посеред Йорданської пустелі. Завдяки продуманій системі свейлів, ставків і мульчування за шість років вдалося підвищити рівень ґрунтових вод на 2 м. Уже через п’ять років після заснування лісосад функціонував без централізованого поливу [9].

Подібний проєкт було реалізовано Зепом Хольцером в умовах Альпійських гір. Завдяки впровадженню системи з понад 70 ставків, каналів, валиків і контурних посадок йому вдалося утримувати до 90% опадів у межах господарської території [10].



Інтеграція лісосадів в агроландшафти України є перспективною для відновлення екосистем. Важливо створити мережу демонстраційних лісосадів у посушливих регіонах. Державна підтримка агроекологічних ініціатив сприятиме сталому землекористуванню та раціональному використанню води. За таких умов пермакультурні лісосади стануть дієвим інструментом у вирішенні проблеми водного дефіциту та підвищенні стійкості аграрного сектору.

Список використаних джерел: 1. Holmgren D. Essence of Permaculture. 7th ed. 2012. 21 p. 2. Інтенсивний модульний лісосад на базі теплих грядок розума : метод. посіб. Київ : Талком, 2022. 19 с. 3. Water Management Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/land-water/water/water-management/en/?utm> (дата звернення: 02.05.2025). 4. Іванова Т., Белякова К. Кліматичні зміни. Чого очікувати на Херсонщині. URL: <https://suspilne.media/kherson/831001-klimaticni-zmini-cogo-ocikuvati-na-hersonsini/> (дата звернення: 02.05.2025). 5. На Донеччині критично знижується рівень ґрунтових вод. URL: <https://kurkul.com/news/24032-na-donechchini-kritichno-znijuyetsya-riven-gruntovih-vod> (дата звернення: 02.05.2025). 6. Ромащенко М. І., Яцюк М. В., Сайдак Р. В., Шевченко А. М., Коломієць С. С., Пантелєєв В. П. Водні виклики та водні загрози планам повоєнної відбудови України. 2025. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg2025>. 7. Реформа гідротехнічної меліорації: перешкоди, досягнення, перспективи : рекомендації. Комітет з питань аграрної та земельної політики. URL: <https://komagropolit.rada.gov.ua/print/75626.html> (дата звернення: 02.05.2025). 8. USAID виділить 70 млн грн на пілотні проєкти із зрошення земель. URL: <https://www.rada.gov.ua/print/239341.html> (дата звернення: 02.05.2025). 9. Greening the desert shows food can be grown in the driest places on Earth. Plaid Zebra. URL: <https://theplaidzebra.com/greening-the-desert-shows-food-can-be-grown-in-the-driest-places-on-earth/>. (дата звернення: 02.05.2025). 10. Пермакультура в Альпах. Зепп Хольцер. Клуб органічного землеробства. URL: <https://cluboz.net/blog/permakultura-v-alpah-zeppa-holtsera/>. (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 004.89:532(07)

**Гусаренко-Барський П. В., Гусаренко-Барська Є. В.,
Гусаренко-Барська Р. В., здобувачі вищої освіти першого
рівня (Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне), науковий керівник:
Турченко В. О., д.т.н., професор (Національний університет
водного господарства та природокористування, м. Рівне)**

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СНАТ GPT-4O ПРИ ВИВЧЕННІ ГІДРАВЛІКИ

Дослідження 2023 року показують, що частка студентів вищих навчальних закладів в Україні, які користуються засобами штучного інтелекту (ШІ) складає близько 66% [1]. Зважаючи на стрімке зростання популярності чат-ботів на основі ШІ, зокрема Chat GPT-4o (Generative Pre-Trained Transformer) серед здобувачів освіти виникає необхідність аналізу його спроможності допомагати при вивченні різних дисциплін.

Дисципліна «Гідравліка (Механіка рідин та газів)», що викладається студентам технічного спрямування, зокрема за спеціальністю «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» є базовою дисципліною, яка спрямована на вивчення законів рівноваги та руху рідин, а також способи застосування цих законів для подальшого розв'язання практичних інженерних задач [2].

З метою виявлення можливостей та ризиків використання GPT-4o під час вивчення гідравліки шляхом тривалих дискусій та порівняння його відповідей з надійними джерелами [3; 4], було проаналізовано його спроможність пояснювати теорію, розв'язувати задачі та виконувати інші практичні завдання з даної дисципліни (таблиця).



Оцінювання проводилося за наступною шкалою:
А (відмінно) – відповідь є повною та правильною одразу;
В (задовільно) – неповна або частково правильна відповідь була доведена до повної коректності після додаткових запитів;
С (достатньо) – відповідь неповна, містить грубі помилки, які не виправлялися, або виправлялися після довгої дискусії;
D (незадовільно) - відповідь на запит відсутня або неправильна і після додаткових запитів не виправляється.

Таблиця

Зведені оцінки Chat GPT-4o

Розділ гідравліки	Завдання	Оцінка
1. Статика рідини і газів	Визначення поняття “гідростатичний тиск”	В
	Розрахунок сили тиску на криволінійну поверхню	С
	Обробка даних лабораторних дослідження напірного руху в трубі змінного перерізу	А
2. Гідродин аміка рідини і газів	Пояснення рівняння Бернуллі (для елементарного струменя)	В
	Розв’язання задачі з використанням рівняння Бернуллі	С
	Обробка даних лабораторних дослідження режимів руху в напірній трубі	А
3. Гідравлі чні опори і рух рідини в напірних трубопро водах	Пояснення турбулентного перемішування та моделі Рейнольдса-Бусінеска	В
	Розрахунок коротких трубопроводів	С
	Обробка даних лабораторних досліджень втрат напору, коефіцієнта опору (раптове розширення)	С
4. Рух рідини у відкритих руслах та водозливи	Пояснення узагальненого коефіцієнту шорсткості каналу зі змін. по периметру	С
	Розрахунок гідравлічного стрибка	С
	Обробіток даних. Зведені оцінки Chat GPT-4o з дослідження водозливу з тонкою стінкою	А



Дослідження показало, що Chat GPT-4o здатен надавати структуровані пояснення того чи іншого поняття, явища або закону, втім часто упускає важливі для формування повного розуміння аспекти, зокрема може не навести виведення формули, упустити одиниці виміру або вживати неоднозначні слова або врази. Саме з цих причин спроможність Chat GPT-4o пояснювати теорію стосовно пояснення явища гідростатичного тиску, фізичного закону, що виражає рівняння Бернуллі для елементарної струминки, також механізму турбулентного переміщування та моделі Рейнольдса-Бусінеска турбулентного потоку оцінено як «задовільно» – В. В поясненні теорії стосовно руху рідин у відкритих руслах ІІІ припустився грубих помилок при визначенні поняття узагальненого коефіцієнта шорсткості каналу зі змінною по периметру шорсткістю, що відповідає достатньому рівню – С.

На відмінно Chat GPT-4o справляється з розрахунком окремих базових величин, таких як витрата, сила гідростатичного тиску, швидкість руху потоку рідини тощо. Втім при розв'язку комплексних задач, до прикладу при визначенні сили гідростатичного тиску на криволінійну поверхню Chat GPT-4o припускається грубих помилок, використовуючи невідповідні формули. Було виявлено грубі помилки при простих алгебраїчних перетвореннях, а також інші дрібні помилки. Оскільки більшість помилок було виправлено під час тривалих уточнень, спроможність розв'язку задач оцінено як «достатньо» – С, але загальний рівень розв'язку задач є дуже низьким.

Chat GPT-4o вдалося на відмінно впоратися з обробіткою даних, які були отримані протягом лабораторних досліджень при вивченні напірного руху рідини в трубі змінного перерізу з метою визначення п'єзометричного та гідравлічного похилів, також правильно визначено з першої спроби режими руху рідини (турбулентний/ламінальний) у напірному трубопроводі, стан водозливу (підтоплений/непідтоплений) з тонкою



стілкою. Крім того ШІ оформив вихідні дані та результати розрахунків у формі таблиць, що спрощує їхнє візуальне сприйняття. Єдине завдання за результатами якого Chat GPT-4o отримав оцінку «достатньо» – С, стосувалося розрахунку коефіцієнтів місцевих опорів у трубопроводах – було виявлено помилки у розрахунковій формулі, які значно спотворювали результати.

Порівнюючи відповіді Chat GPT-4o з надійними джерелами, було встановлено, що підручники, методичні вказівки та інші «традиційні» навчальні матеріали забезпечують достовірність викладеного матеріалу, з поглибленим поясненням тем у логічній послідовності. Кожне пояснення доповнюється рисунками, схемами, а також підкреслюється важливість розуміння того чи іншого явища з практичної точки зору. До прикладу Ю. П. Рогалевич підкреслює фактори, що викликали необхідність визначення узагальненого коефіцієнта шорсткості русла на прикладі каналу Каховської системи [3].

Chat-GPT-4o стрімко розвивається, втім потребує зваженого підходу, коли це стосується таких складних навчальних дисциплін як «Гідравліка». А традиційні джерела інформації мають бути пріоритетними.

Список використаних джерел: 1. The use of GPT chat among students in Ukrainian universities. *Scientific journal of Polonia University*. 2023. Vol. 53, no. 3. P. 202–207. 2. URL: <https://esu.com.ua/article-29484> (дата звернення: 02.05.2025). 3. Рогалевич Ю. П. Гідравліка : підручник. Вища шк., 2006. 431 с. 4. Токар Л. О., Токар О. І., Поташник С. І. До вивчення, практичної та самостійної робіт із навчальної дисципліни «Гідравліка». Рівне : НУВГП, 2019.



УДК 631.67

Жильчук Ю. А., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Приходько Н. В., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

НЕОХІДНІСТЬ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗРОШЕННЯ В УКРАЇНІ

Сьогодні складно уявити сферу господарської діяльності людини, яка була б повністю незалежна від впливу погодно-кліматичних чинників. Зміна клімату як у всьому світі, так і на території України підвищує ризики для водних, енергетичних та земельних ресурсів, екосистем і стану здоров'я населення, сталого функціонування агропромислового комплексу, що може завдати й вже завдає колосальних збитків.

Зміна клімату, нестача продовольства, води та енергії є серйозними глобальними проблемами, які змушують світову спільноту, включно з Україною, шукати шляхи пристосування до цих викликів і загроз та підвищення ефективності функціонування секторів економіки, передусім аграрного виробництва.

За свідченням вчених, через кліматичні зміни Україна переходить у зону екстремальних погодно-кліматичних умов – це надвисокі температури повітря і часті погодні катаклізми, зокрема посухи. Вже у найближчі 30–40 років Україні загрожує зневоднення та опустелювання значної її частини [1].

Меліорація земель, зокрема зрошення, було, є та залишається головним чинником інтенсифікації аграрного виробництва та важливою складовою забезпечення сталого



виробництва сільськогосподарської продукції, особливо в роки з несприятливими погодно-кліматичними умовами, а меліоровані землі, як землі з регульованим водним режимом, є фактично страховим фондом держави, від ефективності використання та збереження яких залежить економічна й соціальна стабільність в країні [2]. Водночас, реалізація зрошення потребує і значних затрат водних, енергетичних та інших супутніх ресурсів.

Згідно офіційних статистичних даних, площа меліорованих земель України становить 5,48 млн га, з яких 2,17 млн га це зрошувані землі і 3,3 млн га осушуваних земель з відповідною меліоративною інфраструктурою. Проте, згідно даних інвентаризації 2013 року, зрошення застосовувалося на 614 тис. га, що становить лише 28% від усієї доступної площі. У період з 2014 по 2017 роки відбулося подальше зменшення фактично зрошуваних територій з 0,51 млн га до 0,46 млн га. Починаючи з 2018 року, площа зрошуваних земель частково збільшилася і досягла 0,55 млн га у 2020 році. За даними 2021 року, фактично зрошувалося близько 0,60 млн га сільськогосподарських угідь [3].

Державне агентство водних ресурсів України [4], серед основних причин незадовільного стану використання зрошуваних земель виділяє:

- дефіцит водних ресурсів при розширенні площ зрошення та відсутність джерел зрошення для введення нових поливних площ;
- розпаювання зрошуваних земель;
- відсутність стабільного попиту аграріїв на полив;
- погіршення технічного стану зрошувальних систем (вони будувались у 60–90-ті роки минулого сторіччя);
- недостатня кількість дощувальної техніки (при загальній потребі на 1,7 млн га зрошуваних площ близько 26 тис. одиниць у наявності є 6 тис. дощувальних машин).



З 2022 року, після повномасштабної агресії російської федерації та початку активних бойових дій на півдні і сході України площа доступних для зрошення земель скоротилася ще на 100 тис. га. Підрив греблі Каховського водосховища залишив без джерела зрошення понад 68 тис. га зрошуваних земель у Запорізькій області, 4,6 тис. га зрошуваних земель у Дніпропетровській області та близько 234 тис. га зрошуваних земель у Херсонській області [5].

В цілому сучасний стан меліоративної галузі характеризується:

- незадовільним технічним станом об'єктів інженерної інфраструктури та високою енергоємністю подачі води на зрошення;

- порушенням технологічної цілісності водокористування та водовідведення;

- великими фільтраційними втратами води з меліоративних каналів на шляху її транспортування до поля;

- значними збитками в секторі зрошення та дренажу, включаючи пошкодження дамб, меліоративних каналів, насипів, насосних станцій, інших гідротехнічних споруд внаслідок воєнної агресії російської федерації;

- руйнація сектору меліорації внаслідок втрати частки зрошувальних та дренажних систем, що знаходяться на тимчасово окупованих територіях.

Враховуючи сучасні світові тенденції актуальним та перспективним шляхом адаптації до наявних умов та вимог є трансформація зрошення та його переведення на модель сталого розвитку як процесу гармонізації продуктивних сил для гарантованого забезпечення необхідного рівня задоволення потреб суспільства за умови збереження і поетапного відтворення цілісності довкілля, забезпечення рівноваги між потенціалом природи та вимогами людей [6].



Таким чином, сучасні умови та вимоги до реалізації зрошення з урахуванням змін клімату, загострення продовольчої, водної і енергетичної криз зумовлюють необхідність переходу на природоорієнтовані й екологоефективні рішення. Це потребує зміни наявних підходів до обґрунтування проєктних рішень при створенні й функціонуванні зрошувальних систем, в основі яких повинні лежати удосконалені на ресурсощадних засадах режимно-технологічні й технічні заходи і засоби, що ґрунтуватимуться на необхідності та пріоритетності економії водних й енергетичних ресурсів при зрошенні [7].

У своїй перспективі такі рішення цілком відповідатимуть потребам адаптації аграрного виробництва на зрошенні до існуючих викликів і загроз та узгодження його результатів із концепцією сталого розвитку суспільства, головною метою якої є систематично керований розвиток зі встановленням балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь.

Список використаних джерел: 1. Україні в найближчі 30–40 років загрожує опустелювання великих територій. URL: <https://surl.ln/qakpdj> (дата звернення: 12.05.2025). 2. Agriculture and climate change – Challenges and opportunities at the global and local Level – Collaboration on Climate-Smart Agriculture. Rome : FAO, 2019. 52 p. 3. В Україні зрошують лише 0,5 мільйона гектар з майже 20, які цього потребують. URL: <https://surl.li/wquvnr> (дата звернення: 12.05.2025). 4. Державне агентство водних ресурсів України. URL: <https://www.davr.gov.ua/> (дата звернення: 12.05.2025). 5. Знищення росіянами Каховської ГЕС завдало значних збитків сільському господарству України. URL: <https://surl.ln/wppovi> (дата звернення: 12.05.2025). 6. Sustainable Development. URL: <https://sdgs.un.org/goals>. (дата звернення: 02.05.2025). 7. Stashuk V., Rokochynskyi A., Prykhodko N., Volk P., Koptiuk R., Frolenkova N., & Volk L. Reducing of Water and Energy Resources Consumption in Irrigation Based on Resource Optimisation. *Меліорація і водне господарство*. 2024. № 1. С. 31–41. URL: <https://surl.ln/zeupdw>. (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 626.81:620.169.1

Золотарьов В. О., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),
науковий керівник: д.т.н., професор Герасімов Є. Г.
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАКРИТИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Забезпечення надійної та безперебійної роботи закритих зрошувальних мереж є однією з ключових передумов ефективного ведення сільського господарства, особливо в умовах кліматичних змін, дефіциту водних ресурсів та зростання вимог до ресурсозбереження. Ураховуючи значну зношеність існуючої меліоративної інфраструктури, особливо в регіонах із перехідною економікою, питання оцінки надійності таких систем набуває особливої актуальності. Високий рівень експлуатаційної надійності зрошувальної мережі безпосередньо впливає на продуктивність аграрного сектору, енергоефективність водорозподілу та стійкість агроєкосистем загалом.

Проблема визначення надійності зрошувальних систем не є новою для наукової спільноти. Її дослідженню присвячено чимало праць вітчизняних і зарубіжних науковців, зокрема, І. І. Науменко. Разом з тим, більшість досліджень зосереджуються переважно на окремих елементах інженерних систем – трубопроводах, насосних станціях чи арматурі – не забезпечуючи цілісного уявлення про надійність зрошувальної мережі в комплексі. Відсутність уніфікованого методичного підходу, який би



поєднував конструктивні, гідравлічні, експлуатаційні та зовнішні чинники, зумовлює потребу у глибшому аналізі наявних методик [1].

Метою цього дослідження є систематизація й порівняльний аналіз існуючих підходів до оцінювання надійності закритих зрошувальних мереж, з метою визначення їх можливостей, обмежень та перспектив інтеграції. Методологічною основою дослідження слугували поєднання аналітичного, ймовірно-статистичного та моделювального підходів. Застосовано методи теорії надійності, чисельного моделювання гідравлічних процесів, експертного оцінювання, а також аналіз даних про фактичну експлуатацію систем водопостачання.

У ході дослідження проаналізовано основні класи методик, що застосовуються для визначення надійності зрошувальних систем:

- імовірнісні методи, засновані на визначенні ймовірностей безвідмовної роботи окремих елементів мережі;
- структурні підходи, які враховують взаємозв'язки та резервування між компонентами;
- емпіричні моделі, що використовують статистичні дані про відмови й ремонти;
- сучасні цифрові технології;

Проведений аналіз засвідчив, що жодна з наведених методик не є універсальною: кожна з них має свою сферу ефективного застосування, зумовлену доступністю вихідних даних, технічними ресурсами та специфікою об'єкта. Наприклад, імовірнісні підходи є ефективними на етапі проєктування, однак менш придатні для оперативної оцінки фактичного стану мережі. Емпіричні методи залежать від наявності повної та достовірної статистики, а



цифрові інструменти потребують значних інвестицій у датчики та програмне забезпечення [2].

З урахуванням викладеного доцільним видається формування комбінованих підходів, що поєднують переваги кількох методик для створення більш точної, адаптивної системи оцінювання надійності. Перспективним напрямом є інтеграція геоінформаційного моделювання, гідравлічного аналізу та методів технічного аудиту в єдину систему підтримки прийняття рішень. Такий підхід дозволяє не лише фіксувати поточний технічний стан, а й прогнозувати ризики з урахуванням зовнішніх чинників – кліматичних, гідрогеологічних чи техногенних [3].

У підсумку, результати проведеного аналізу підтверджують необхідність подальших міждисциплінарних досліджень у напрямі формування ефективної методології оцінювання надійності закритих зрошувальних мереж. Створення гнучких інструментів, здатних адаптуватися до змінних умов експлуатації, є запорукою підвищення ефективності управління водними ресурсами в сільському господарстві та забезпечення продовольчої безпеки в довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел: 1. Наumenко І. І. Гідравліка : підручник. Рівне : НУВГП, 2005. 475 с. 2. Гринь Ю. І., Музика О. П., Антонюк А. В. Енергоефективність використання сучасних широкозахватних дощувальних машин. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2011. Вип. 95. С. 427–434. 3. Кір'янов В. М. Застосування інформаційних технологій у водному господарстві. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки*. 2014. Вип. 1. С. 51–58.



УДК 556.535.6:551.482.212(477)

Іолтуховська М. Г., здобувач вищої освіти (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ),
науковий керівник: Ободовський О. Г., д.геогр.н., професор (Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

ФОРМУВАННЯ ТА ТРАНСФОРМАЦІЯ РУСЕЛ ЛІВИХ ПРИТОК ДНІПРА

Формування та трансформація русел лівих приток Дніпра є ключовим аспектом гідроморфологічного аналізу, адже ці річки впливають на стік, транспорт наносів і екологічну рівновагу. Руслові процеси змінюються під впливом природних (зміни клімату, опадів) та антропогенних факторів (зарегулювання стоку, інженерне втручання) [3].

Оцінка стійкості русел є необхідною для розуміння динаміки цих змін. У дослідженні використано показники руслоформувальних процесів – числа Лохтіна, Маккавєєва, інваріантність Грішаніна та ерозійний показник Ободовського. Це дозволяє виявити закономірності трансформації русел та їхню просторово-часову мінливість. Ліві притоки Дніпра протікають через різні природно-географічні зони – від мішаних лісів до степу, що визначає їхні морфологічні особливості.

Геологічна неоднорідність басейну впливає на стійкість русел: в умовах Українського кристалічного щита вони більш стабільні, тоді як алювіальні та лесовидні відклади Дніпровсько-Донецької западини сприяють русловим змінам. Кліматичні чинники також впливають на стійкість русел. Останні десятиліття характеризуються зменшенням суворості зим, що позначається на льодовому режимі річок та інтенсивності весняного стоку. Градієнт



зволоження змінюється з півночі на південь, що сприяє посиленню ерозійних процесів у нижній частині басейну [1].

Гідрологічний режим лівих приток Дніпра визначається нерівномірним розподілом водних ресурсів, сезонною мінливістю стоку та впливом водосховищ. Руслові процеси включають ерозію, накопичення і транспорт наносів, що є визначальними для оцінки стійкості русел [2].

Оцінка стійкості русел лівих приток Дніпра дає змогу виявити вплив природних і антропогенних чинників на руслові деформації, що є важливим для прогнозування екологічного стану річкових систем та їхнього управління.

Формування та трансформація русел лівих приток Дніпра безпосередньо залежать від динаміки руслоформувальних процесів, зокрема транспорту наносів та морфометричних характеристик русел. Донні наноси, їх гранулометричний склад та гідравлічні параметри потоку визначають ступінь стійкості русел до ерозійних і акумулятивних процесів [4].

Дослідження по визначенню гранулометричного складу наносів проводилися по обраних постах, що наведені у табл. 1. Оцінку стійкості русел річок досліджуваної території виконано за показниками стійкості Лохтіна, Маккавєєва, Грішаніна, та Ободовського [5], а результати наведені у табл. 2.

Аналіз показників стійкості русел річок лівобережжя Дніпра показав, що коефіцієнт стабільності за Грішаниним і число Лохтіна не завжди збігаються з натурними даними. Однак ерозійний показник Ободовського, який найтісніше пов'язаний з витратами води та параметрами звивин, дає більш об'єктивну характеристику стійкості русел, що підтверджує його доцільність для практичного



використання. За цим показником більшість досліджених русел є стійкими.

Таблиця 1

Основні морфометричні показники досліджуваних річок на постах за період з 1991 по 2021 роки (складена автором за даними даними зібраними з ЦГО)

Річка - пост	d50	Q p	В сер (шир)	A	I	H	h сер
р. Сула - с. Зеленківка	0,30		18,5	0,04	1,9	0,77	0,41
р. Сула - м. Лубни	0,22	2,8	33	0,04	0,2	0,46	1,35
р. Удай - м. Прилуки	0,23	5,4	19	0,04	0,3	0,8	0,9
р. Псел - м. Суми	0,21	75	87	0,04	0,4	0,81	3
р. Псел - м. Гадяч	0,17	-	55	0,04	0,3	0,78	1,14
р. Псел - с. Запсілля	0,17	175	43	0,04	0,2	0,59	1,6
р. Ворскла - с. Чернеччина	0,22	26,3	43	0,04	0,7	0,68	1,61
р. Ворскла - м. Кобеляки	0,25	130	56	0,04	0,3	0,67	1,03
р. Оріль - смт Царичанка	0,31	28	24,8	0,04	0,4	0,36	0,7
р. Самара - с. Кочережки	0,17	26	26,8	0,04	0,6	0,24	1,02
р. Вовча - смт Васильківка	0,49	16,3	16,5	0,04	0,6	0,27	0,31
р. Мокрі Яли - х. Грушівський	0,22	15,2	10,8	0,04	1,2	0,12	0,33
р. Кільчень - с. Олександрівка Перша	0,17	-	-	0,04	1,8	0,36	-
р. Кінська(Конка) - м. Пологи	0,89	-	-	0,04	4,4	0,32	-

Таблиця 2

Розрахунок показників стійкості
(складена автором за даними зібраними з ЦГО)

Річка - пост	Лохтіна		Грішаніна		Маковеева		Ободовського	
	Значення	Характер русла	Значення	Характер русла	Значення	Характер русла	Значення	Характер русла
р. Сула - с. Зеленківка	0,38	нестійке	8,40	нестійке	-		0,69	стійке
р. Сула - м. Лубни	0,48	нестійке	33,13	стійке	3,44	стійке	0,46	стійке
р. Удай - м. Прилуки	0,29	нестійке	40,96	стійке	1,44	стійке	0,25	стійке
р. Псел - м. Суми	0,25	нестійке	5,91	слабостійке	1,88	стійке	0,29	стійке
р. Псел - м. Гадяч	0,21	нестійке	10,11	слабостійке	-		0,41	стійке
р. Псел - с. Запсілля	0,29	нестійке	19,77	відносностійке	0,55	нестійке	0,31	стійке
р. Ворскла - с. Чернеччина	0,32	нестійке	7,19	слабостійке	1,43	слабостійке	0,34	стійке
р. Ворскла - м. Кобеляки	0,38	нестійке	15,01	слабостійке	0,44	нестійке	0,82	стійке
р. Оріль - смт Царичанка	0,86	нестійке	31,30	стійке	0,52	нестійке	1,22	відносностійке
р. Самара - с. Кочережки	0,71	нестійке	10,54	слабостійке	0,81	слабостійке	0,74	відносностійке
р. Вовча - смт Васильківка	1,80	нестійке	49,05	стійке	0,28	нестійке	3,83	стійке
р. Мокрі Яли - х. Грушівський	1,79	нестійке	16,60	відносностійке	0,27	нестійке	2,35	відносностійке
р. Кільчень - с. Олександрівка Перша	0,46	нестійке	-		-		-	
р. Кінська(Конка) - м. Пологи	2,79	слабостійке	-		-		-	



Висновки Дослідження стійкості русел лівобережних приток Дніпра (без Десни) за 1991–2021 роки показало, що більшість із них є стійкими або відносно стійкими. Це зумовлено геолого-геоморфологічними умовами, складом наносів і гідрологічним режимом.

Аналіз показників Лохтіна, Маккавєєва, Грішаніна та Ободовського засвідчив певні розбіжності між методами. Найбільш релевантним для оцінки русел цієї частини басейну виявився ерозійний показник Ободовського, за яким переважна більшість русел – стійкі.

Список використаних джерел: 1. План управління річковим басейном Дніпра на 2025–2030 роки. Київ : Державне агентство водних ресурсів України, 2024. 21 с. 2. Водні ресурси України : підручник / за ред. А. В. Яцика. К. : Вид. «Академія», 2014. 448 с. 3. Латориця: гідрологія, гідроморфологія, руслові процеси : монографія / О. Г. Ободовський, В. В. Онищук, З. В. Розлач та ін. ; за ред. О. Г. Ободовського. К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2012. 319 с. 4. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). К. : Ніка-Центр, 2001. 274 с. 5. Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. К. : ВПЦ «Київський університет», 2017. 511 с.



УДК 628.1

Калиняк А. Р., здобувач вищої освіти другого рівня (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький), **науковий керівник: Волошин М. М., к.т.н., доцент** (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький)

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ

Вступ. Проблема забезпечення населення якісною питною водою є однією з найактуальніших у сучасному світі. Забруднення водних ресурсів хімічними речовинами, мікроорганізмами та іншими шкідливими домішками становить серйозну загрозу для здоров'я людей та екосистем. У зв'язку з цим розробка та впровадження сучасних технологій очищення води набуває особливого значення. Ці технології спрямовані на підвищення ефективності очищення, зменшення витрат та забезпечення сталого водопостачання.

Основна частина. Сучасні технології очищення води включають різноманітні методи, які можна умовно поділити на фізичні, хімічні, біологічні та комбіновані.

Фізичні методи очищення води включають фільтрацію, осадження та мембранні процеси. Одним з найбільш поширених є фільтрація, яка використовує спеціальні матеріали (наприклад, пісок або активоване вугілля) для відділення часток забруднень від води. Цей процес здатний видаляти великий обсяг забруднень, таких як пігменти, бактерії та частинки.

Мембранні технології, такі як зворотний осмос, полягають у пропусканні води через мембрану, яка дозволяє проходити лише молекулам води, в той час як більшість



забруднень, таких як солі, важкі метали, віруси та бактерії, залишаються на мембрані. Це один з найефективніших методів очищення води, але потребує великих витрат енергії та періодичного очищення мембран [1, с. 6].

Хімічні методи. Коагуляція і флокуляція – це хімічні процеси, які використовуються для очищення води від забруднень, що мають колоїдну форму. Під час коагуляції додаються спеціальні хімічні речовини (коагулянти), які склеюють дрібні частинки в більші, що дозволяє їх легше видаляти з води [2, с. 140]. Флокуляція доповнює цей процес за рахунок утворення більших флокул (агрегатів), які осідають на дно і легко виводяться.

Озонування є ще одним хімічним методом очищення води, при якому застосовують озон (O_3) для окислення органічних забруднювачів, хвороботворних мікроорганізмів та вірусів. Озон є потужним окисником, який ефективно знищує органічні сполуки і не утворює токсичних відходів, на відміну від хлорування.

Біологічні методи очищення води базуються на природних процесах розкладу органічних забруднювачів за допомогою мікроорганізмів. Вода проходить через біореактори, де активні бактерії розкладають органічні сполуки, перетворюючи їх на безпечні для навколишнього середовища продукти. Це дуже ефективно для очищення стічних вод, особливо в агропромислових чи міських умовах, де велика кількість органічних відходів [2, с. 91]. Використання біологічних методів є найбільш екологічно чистим, але потребує часу для росту необхідної кількості мікроорганізмів і контролю за їх активністю.

Комбіновані методи очищення води поєднують кілька різних технологій, що дозволяє досягти високої ефективності очищення. Наприклад, комбінування ультрафіолетового випромінювання з фільтрацією дозволяє значно покращити ефективність у боротьбі з бактеріями та



вірусами, зменшуючи ризик їх повторного зараження після очищення води.

Ультрафіолетове випромінювання є ефективним для знезараження води, оскільки UV-промені знищують ДНК мікроорганізмів, роблячи їх неспроможними до розмноження. Це дозволяє зберегти природну якість води без додаткових хімічних речовин [2, с. 185].

Нанотехнології у водоочищенні використовують наноматеріали, такі як вуглецеві нанотрубки чи наночастинки срібла, які мають здатність фільтрувати навіть дуже дрібні частинки забруднень, наприклад, важкі метали, пестициди та віруси. Наночастинки мають високу реакційну здатність, що дозволяє їм активно взаємодіяти з забруднювачами та нейтралізувати їх. Ці технології дозволяють створювати компактні системи очищення води, що є дуже важливим для віддалених та мобільних установок, таких як портативні фільтри для питної води.

Використання біоінженерії та штучного інтелекту відкриває нові можливості для автоматизації та оптимізації процесів очищення води. Системи на основі штучного інтелекту можуть аналізувати дані в режимі реального часу, адаптуючи процес очищення залежно від складу води та умов. Це дозволяє знижувати витрати на ресурси та енергію, підвищуючи загальну ефективність очищення.

Мобільні системи очищення води є важливими для зон, де немає стабільного доступу до питної води або в умовах надзвичайних ситуацій. Такі установки можуть бути використані в районах, що постраждали від стихійних лих, техногенних катастроф або в армії. Мобільні фільтраційні системи дозволяють швидко очищати воду без необхідності у великій інфраструктурі.

Висновки. Сучасні технології очищення води мають значний потенціал для покращення якості водних ресурсів та забезпечення доступу до чистої питної води. Кожен



метод, від фізичних (фільтрація, мембранні технології) до хімічних (озонування, коагуляція) і біологічних, має свої переваги, що дозволяють ефективно боротися з різними типами забруднень. Використання комбінованих технологій може забезпечити більш комплексне очищення води, а нанотехнології вже демонструють ефективність у фільтрації навіть дрібних забруднень. Перспективи для біоінженерії та штучного інтелекту відкривають нові можливості для автоматизації та покращення процесів очищення. Попри всі переваги, впровадження цих технологій вимагає значних інвестицій та врахування місцевих умов. Залишається важливим продовжувати розвивати нові методи та підвищувати ефективність існуючих технологій, що дозволить забезпечити сталий доступ до чистої води.

Список використаних джерел: 1. Брик М. Т. Питна вода і мембранні технології (огляд). еКМАIR, 2019. 2. Петрук В. І., Северин Л. І., Васильківський І. І., Безвозюк І. В. Природоохоронні технології: Методи очищення стічних вод. Видавництво Вінницького національного технічного університету, 2014.



УДК 628.1.033

Картавов Ю. О., аспірант кафедри водної інженерії та водних технологій (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне) науковий керівник: Турченко В. О., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ДЖЕРЕЛ ДРЕНАЖНО-СКИДНИМИ ВОДАМИ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Вступ. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва в умовах змін клімату, зростання світового населення та потреб у продовольстві потребує не лише розширення площ зрошення і вдосконалення дренажу, а й все більш активного використання мінеральних добрив, засобів захисту рослин та інших агрохімікатів [1]. Водночас, ці чинники призводять до істотного навантаження на водні екосистеми, оскільки продукти агрохімізації через дренажно-скидний стік потрапляють у поверхневі й ґрунтові води, що становить реальну загрозу як для довкілля, так і для здоров'я людей.

Однією з ключових проблем є винесення поживних речовин, пестицидів, мікроелементів та бактеріальних агентів із рисових зрошувальних масивів дренажними водами [2]. Механізми формування складу дренажно-скидних вод охоплюють як фізико-хімічні, так і біологічні процеси. Основними серед них є «ефект концентрації» та «ефект захоплення». Перший полягає в підвищенні мінералізації залишкової води внаслідок випаровування й транспірації. Другий – у розчиненні солей ґрунтового профілю зрошувальною водою з подальшим їх винесенням у дренаж. Хоча ефект концентрації можна мінімізувати за



рахунок використання якісної води та дотримання науково обґрунтованих режимів зрошення, ефект захоплення зберігає свою роль навіть у таких умовах. Важливим є також вплив зрошення на осолонцювання ґрунтів, що супроводжується деградацією фізичних властивостей ґрунту. Наявність у скидних водах сполук азоту й фосфору спричиняє евтрофікацію – надмірний розвиток водоростей та іншої гідрофлори. Це знижує здатність водойм до самоочищення, погіршує якість води та життєві умови гідробіонтів. Згідно з нормативами, концентрація загального азоту не повинна перевищувати 1 мг/л, оскільки це критичний поріг для розвитку евтрофікації. Однак дослідження показують, що при дозованому внесенні азотних добрив до 170 кг/га, та при дотриманні норм агротехніки, істотного впливу на якість води не спостерігається. Основними джерелами надходження нітратів до дренажного стоку залишаються мінеральні добрива, органічні залишки, атмосферні опади та накопичення цих речовин у ґрунтах до зрошення. У літературі досі бракує чітких порівняльних оцінок внеску кожного з цих джерел. У випадку фосфору, основним його джерелом, як і азоту в скидних водах є мінеральні добрива. Водночас концентрація фосфору, за звичай, нижча ніж азоту. Глибоке проникання і підземний стік при внесенні фосфорних добрив не мають такого значення як при використанні азотних.

Пестициди – токсичні речовини, які застосовуються для боротьби з шкідниками і включають гербіциди, інсектициди, фунгіциди – становлять значну загрозу для водних екосистем. Їх потрапляння у воду змінює хімічний склад, порушує біохімічні процеси, зменшує вміст розчиненого кисню, змінює рН і може бути причиною масової загибелі водної біоти. Найчастіше пестициди надходять у скидні води під час обробки рисових чеків та укосів каналів.



Актуальним підходом до мінімізації забруднення водних об'єктів є повторне використання дренажного стоку після розбавлення його прісною водою або очищення [3]. Для цього застосовують: **біологічні методи**, зокрема, денітрифікацію за допомогою бактерій, а також використання мікроводоростей для поглинання нітратів; **хімічні методи**: наприклад, осадження фосфору сульфатом заліза (80–100 мг/л), що дозволяє знизити його концентрацію з 6 мг/л до 0,2–0,6 мг/л; **агротехнічні заходи**: зокрема, внесення гіпсу, сидерація, підвищене внесення органічних добрив для покращення структури ґрунтів та запобігання вторинному засоленню. Крім того, сучасні рекомендації включають застосування швидко розкладаючих пестицидів, особливо у разі необхідності водообробки, обмеження використання хлорорганічних сполук, впровадження буферних зон та фітомеліоративних смуг навколо рисових масивів [4].

Висновки. Забруднення водних джерел дренажно-скидними водами рисових зрошувальних систем є серйозною екологічною проблемою. Використання сучасних методів очищення та повторного використання дренажних вод може значно зменшити негативний вплив на водні екосистеми.

Список використаних джерел: 1. Ковальчук І. І. Вплив агрохімікатів на якість дренажно-скидних вод рисових систем. *Екологічний вісник*. 2023. № 2. С. 45–52. 2. Smith J. A., Brown L. M. Nutrient removal in agricultural drainage systems: A review. *Journal of Environmental Quality*. 2021. Vol. 50(4). P. 1234–1245. <https://doi.org/10.2134/jeq2020.09.0356>. 3. Петренко О. О. Методи очищення дренажних вод у зрошувальних системах. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 5. С. 30–36. 4. Wang Y., et al. Phosphorus removal from agricultural runoff using iron sulfate. *Water Research*. 2020. Vol. 170. P. 115356. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115356>



УДК 631.432.2:004.942

Коваленко В. В., к.с.-г.н., доцент (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро), **Хмельниченко Н. В., здобувачка вищої освіти першого рівня** (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро), **Доценко В. І., к.с.-г.н., доцент** (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро)

ОЦІНКА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ДАНИМИ ДЗЗ

Розвиток дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і його інтерпретація щодо оцінки балансових складових глобального водного циклу сьогодні дозволяють з високою точністю, практично в режимі он-лайн, давати оцінку продукційним процесам в аграрних біоценозах. Особливу увагу приділяють режиму ґрунтової вологи поверхневого шару ґрунту як ключового фактору розвитку рослин. Такі дані у вільному доступі можливо запозичити на ГІС-порталах NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) та ESA (*European Space Agency*).

Ключовим, на наш погляд, джерелом такої інформації є портал HydroShare з низкою програм, що дозволяють візуалізувати, аналізувати та працювати з ресурсами даного порталу. Для дослідження балансових складових водного циклу веб-клієнтська програма порталу Data Rods Explorer (<https://apps.hydroshare.org/apps/data-rods-explorer/>) має набір багатьох продуктів-моделей з низкою гідрологічних змінних, дозволяє візуалізувати та завантажувати дані спостережень NASA та вихідні дані моделей земної поверхні (LSM) за змінними, простором і часом.



Ключовими змінними є опади, вітер, температура, потік радіації та тепла, вологість, вологість ґрунту, ґрунтові води, стік і випаровування. Ці змінні описують основні компоненти кругообігу води на суші.

В дослідженні встановлена можливість використання таких змінних як: запаси вологи в поверхневому горизонті (0–10 см), на глибині 10–40 см, 40–100 см, 100–200 см та кореневмісному шарі ґрунту (Rootzone Soil Moisture) та інші гідрологічні змінні – для оцінки вологозабезпеченості сільськогосподарських культур.

Як вихідні дані використана модель «GLDAS 2.1-Noah (LSM) 200-Present» з набором даних : Rain rate $\text{kg/m}^2/\text{s}$; Rootzone soil moisture kg/m^2 ; 10–40 cm soil moisture kg/m^2 ; 40–100 cm soil moisture kg/m^2 та 100–200 cm soil moisture kg/m^2 (https://apps.hydroshare.org/apps/data-rods-explorer/?model=GLDAS21&variable=Evap_tavg&plotTime=2024-04-29T00&lon=35.2374&lat=48.8126&endDate=2024-04-29T23&startDate=2015-03-01T00, звернення 24.03.2025).

Необхідно відмітити, що вказані змінні представлені для суходолу регулярною матрицею з роздільною здатністю пікселя не менше 25 км та дискретністю в 3 години. Запаси вологи є результатом обробки погодних факторів за узагальненою балансовою моделлю без врахування ґрунтових умов та особливостей режиму вологозапасів під конкретною сільськогосподарською культурою. Тому для об'єктивного представлення рівня вологозабезпеченості сільськогосподарської культури виникає необхідність в калібровці таких даних ДЗЗ, яку можливо провести для «точки», тобто ми можемо використовувати їх для тарування даних, наприклад, конкретної метеостанції чи наукових досліджень на дослідному полі, зокрема для аналізу режиму ґрунтової вологи.

Дослідження проведені для території Дніпропетровської області. Вихідними даними послужили



інструментально виміряні запаси вологи під посівами пшениці озимої за даними метеостанцій Комісарівка, Губиниха та Чаплине за період 2015–2020 рр.

На рис. 1, а наведений зв'язок запасів вологи в кореновому шарі за даними ДЗЗ ($W_{\text{гидро}}$ – Rootzone soil moisture, мм) з виміряними на метеостанції запасами вологи під посівами пшениці озимої в шарі ґрунту 0–100 см ($W_{\text{мс}}$, мм). Зв'язок апроксимований лінійною моделлю, коефіцієнти кореляції склали $R=0,73-0,90$.

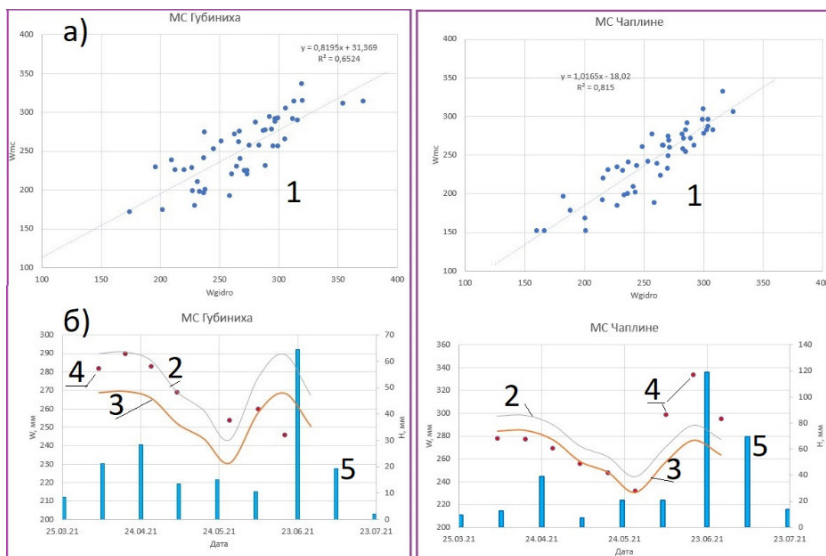


Рис. 1. Оцінка вологозабезпеченості озимої пшениці в 2021 р. за даними калібровки даних ДЗЗ за 2015–2020 рр.:

1 – результати калібровки; 2 – режим запасів вологи за даними Rootzone soil moisture за Data Rods Explorer; 3 – режим запасів вологи за каліброваними рівняннями; 4 – інструментально виміряні запаси вологи на метеостанції; 5 – декадна сума опадів



Перевірка каліброваної моделей для оцінки вологозабезпеченості озимої пшениці проведена на незалежному ряді інструментально виміряних запасів вологи в 2021 р. (рис. 1, б). У вказаний рік червень характеризувався нетиповими погодними умовами, в третій декаді повсюдно в Дніпропетровській області пройшли великі дощі 65–120 мм (300–800% норми). Незважаючи на це, калібрована модель (3) добре, в цілому, відповідала інструментально виміряним значенням вологи (4), за виключенням саме піку опадів.

Отже, набори даних вебклієнтської програми Data Rods Explorer добре опрацьовані, узгоджуються з наземними спостереженнями в області гідрології суші, потребують калібровки для обґрунтування елементів водного циклу для конкретних умов (с.-г. культура, ґрунтові умови, тощо).



УДК 519.6:628.1:556.53

Коваленко Р. Ю., к.т.н., доцент (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон)

ЦИФРОВИЙ ДВІЙНИК БАСЕЙНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ

Вступ. Басейн річки Інгулець зазнає значного антропогенного навантаження, що негативно впливає на якість води та ефективність її використання в аграрному секторі. У зв'язку з цим зростає потреба у впровадженні сучасних інструментів для управління водними ресурсами. Цифровий двійник річкового басейну — це віртуальна модель гідрологічної системи, яка поєднує дані моніторингу, моделювання та прогнозування процесів у реальному часі [1].

Мета та методи. Метою цієї роботи є представлення концептуальної моделі цифрового двійника басейну р. Інгулець як логічного продовження вже апробованих підходів — зокрема, сценарного моделювання якості води та системного управління процесами промивки. Методологічну основу складають елементи екосистемного аналізу, просторово-часове моделювання гідрохімічних характеристик, а також алгоритми прийняття рішень за системною моделлю управління [3, с. 17–23].

Аналіз існуючих підходів. Попередні дослідження [2, с. 99–102; 3, с. 17–23] показали ефективність поєднання сценарного підходу з модельними розрахунками при управлінні якістю води для зрошення в умовах змінної витрати, солоності, температури та тривалості промивки. Удосконалення цих методів реалізовано у формі



комбінованої системи керування, яка дозволяє моделювати вплив конкретних управлінських рішень (інтенсивність скиду, тривалість фази промивки тощо) на кінцеві агрохімічні показники води.

Концепція цифрового двійника. Цифровий двійник пропонується як платформа, що об'єднує дані з різних джерел – гідрологічних постів, лабораторного моніторингу, супутникових знімків – у динамічну модель басейну, здатну візуалізувати поточний стан та передбачити наслідки сценаріїв управління. Особливість цифрового двійника полягає у безперервному оновленні моделі згідно з фактичними даними та в інтеграції результатів симуляцій у процес прийняття управлінських рішень (рисунок) [1].



Рисунок. Концептуальна схема цифрового двійника басейну річки Інгулець

На відміну від класичних моделей, цифровий двійник може бути використаний не лише фахівцями, але й кінцевими користувачами – наприклад, агровиробниками, які отримують інтерпретовані рекомендації щодо придатності води для поливу, планування термінів зрошення, або попередження про перевищення нормативів за хлоридами, сульфатами тощо.



Обмеження та перспективи. Станом на сьогодні, у межах басейну р. Інгулець відсутня технічна інфраструктура, яка дозволяла б реалізувати повноцінний цифровий двійник. Проте наявні математичні моделі, створені у рамках попередніх досліджень, можуть слугувати основою для побудови концептуальної архітектури системи. Подальші кроки включають розширення набору вхідних даних, розробку програмного середовища та тестування на обмеженій ділянці басейну [2, с. 99–102].

Висновки. Запропонована концепція цифрового двійника басейну р. Інгулець є логічним продовженням вже апробованих моделей сценарного управління якістю води. Її реалізація у майбутньому дозволить забезпечити адаптивне управління, підвищити точність прогнозів, посилити екологічну безпеку та забезпечити доступність інформації для користувачів різних рівнів.

Список використаних джерел: 1. Garcia M., Dickens C., Silva P., et al. Can digital twins help river basin management in developing countries? *International Water Management Institute*. 2024. URL: <https://www.iwmi.org/blogs/can-digital-twins-help-river-basin-management-in-developing-countries/> (дата звернення: 02.05.2025). 2. Ковальчук П. І., Коваленко Р. Ю. Сценарне моделювання для оптимізації варіантів формування якості води для зрошення в басейні р. Інгулець. *Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти* : тези доп. III Міжнар. наук.-практ. конф. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. С. 99–102. 3. Ковальчук П. І., Балихіна Г. А., Коваленко Р. Ю. Методологічні особливості концепції системного управління водними ресурсами за басейновим принципом. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 1(107). С. 17–23.



УДК 626.82/.83:626.86

Кузьмич С. А., аспірант, Воропай Г. В., Кузьмич Л. В.
(Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ)

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ІНЖЕНЕРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДРЕНАЖНОЇ СИСТЕМИ «МАРИНИНСЬКА» У РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

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

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

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

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

Побудовано гончарного дренажу на площі 900 га, площа осушення з двостороннім регулюванням водного режиму становить 663 га. Протяжність магістральних,



міжгосподарських та інших провідних каналів становить 28,9 км, протяжність регулюючої мережі – 571,2 км, дрен – 497,4 км, колекторів – 73,8 км. Система обладнана шлюзами-регуляторами, трубчастими переїздами, дренажними колодзями, гирловими спорудами. Водоприймачем системи служить р. Случ.

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

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

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

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

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

Під час проведення обстежень нами також було виявлено місця розкрадання елементів гідротехнічних споруд, зокрема кілець дренажних колодязів, що слугували



для огляду та підтримання в справному стані колекторно-дренажної мережі.

Об'єктами розкрадання також стали:

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

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

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

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

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



УДК 628.34

Курилюк О. М., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ У ВОДНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

Отримання води питної якості з каптажів і поверхневих джерел є пріоритетним завданням сучасної водної інженерії при очищенні сильнозабруднених вод у зоні підвищеного екологічного ризику, а також при водопідготовці в умовах обмеженої інфраструктури [1]. Значною проблемою глибокого очищення таких вод є наявність у вихідній воді залишків нафтопродуктів, біогенних сполук азоту (нітритів, амонію), мінералізованих органічних домішок, мікробіологічного забруднення та ПАВ. Для забезпечення доступу до чистої питної води та якісної водопідготовки була розроблена та апробована технологія та водоочисна блочно-модульна установка комплексного глибокого очищення води на основі стаціонарного блоку, оснащеного блок-фільтром [3], який реалізує багатоступеневу обробку води з інтенсифікацією процесів коагуляції, окислення, іонного обміну, електролізу, електрохімічного синтезу діоксиду хлору та сорбції у фільтраційному середовищі з активованим природним кліноптилолітом.

Комплексна технологія включає застосування автономного електромагнітного апарата вихрового шару (АВШ), гідравлічно з'єднаного з трубопроводом подачі води на очищення. Апарат АВШ забезпечує попередню активацію водного потоку шляхом багатофазного



обертання феромагнітних елементів у робочій зоні, що індукуються магнітним полем індуктора. Це дозволяє створювати локальні ефекти кавітації, підвищення температури, а також збільшення окислювально-відновного потенціалу (ОВП) води перед надходженням на фільтруюче завантаження. За рахунок кавітаційно-магнітної обробки відбувається руйнування органічних структур, окислення багатокомпонентних органічних домішок, активація домішок до стану, що сприяє їх подальшій коагуляції або сорбції та комплексному фільтруванню.



Рисунок. Водоочисна блочно-модульна установка комплексного глибокого очищення води

Корпус фільтра виконаний рухомим із можливістю зміни положення відносно горизонтальної осі, що дозволяє здійснювати оперативне розвантаження та заміну відпрацьованого фільтруючого завантаження. Усередині корпусу на перфорованій перегородці розміщено фільтраційне середовище комбінованого типу, яке складається з послідовно викладених шарів кременю, металевої стружки-амфоліту (алюмініймісткої, здатної до іонізації під дією кислого, або лужного середовища води) та активованого кліноптилоліту природного походження (Сокирянський кар'єр, Карпати). Кожен із фільтруючих шарів виконує спеціалізовану функцію в системі: шар



кременю затримує зважені речовини та активує воду, іонізована алюмініймістка металева стружка-амфоліт викликає коагуляцію і часткове окислення органіки, а шар кліноптилоліту сорбує іонні домішки, включаючи амоній, важкі метали, залишки гідроксидів алюмінію та органічні аніони.

Особливістю конструкції є також наявність інтегрованої системи введення хімічних реагентів – діоксиду хлору (ClO_2), електрохімічно синтезованого в автономному діафрагмовому електролізері Филипчука з катодом-амфолітом [2] та коагулянту, які автоматично дозуються та подаються безпосередньо в міжшаровий простір завантаження через вбудовані дозатори-розподілювачі. Це дозволяє точково підсилити процеси знезараження, окислення та флокуляції забруднень у зоні найбільшої їх концентрації.

За результатами апробації на установці продуктивністю до $130 \text{ м}^3/\text{добу}$ в умовах очищення води з кар'єрного водозабору було встановлено, що вхідна вода містила підвищені концентрації нітритів (до $2,0 \text{ мг/дм}^3$), хлорорганічних сполук, нафтопродуктів та зважених речовин (мутність понад 25 мг/дм^3 за каоліновим стандартом). Після проходження крізь систему АВШ – комбіноване фільтруюче завантаження – ClO_2 -оброблення – фільтрація, вміст нітритів знижувався до $<0,03 \text{ мг/дм}^3$, загальна жорсткість і вміст амонію – до нормативного рівня для питної води згідно ДСТУ 7525:2014. Крім того, була досягнута повна дезінфекція без застосування традиційного хлорування гіпохлоритом натрію. Дослідження якості води здійснювалися у лабораторних умовах за допомогою фотометричних і титриметричних методів з контролем рН та ОВП, мікробіологічної забрудненості та загальної жорсткості і мінералізації.



Після вичерпання ресурсу завантаження (від 10 до 30 діб безперервної експлуатації) корпус фільтра обертався навколо горизонтальної осі, завдяки чому здійснювалося оперативне розвантаження забруднених фільтраційних фракцій (зокрема кліноптилоліту і металевої стружки-амфоліта), а через нижній патрубок з гнучкою вставкою подавалась вода для промивки. Забруднене завантаження може бути утилізоване, або використане повторно після регенерації. Це дозволяє реалізувати принцип замкнутого циклу з мінімізацією експлуатаційних витрат та зменшення обсягів твердих відходів.

Блочно-модульний комплекс-фільтр [3] дозволяє вирішити завдання комплексної водопідготовки в межах єдиного блочно-модульного апарата без потреби в установці багатокомпонентної системи реагентної обробки, флокуляторів, нейтралізаторів та окремих спеціальних фільтрів. Запропонована технологія та блочно-модульна установка забезпечує водоочищення без утворення токсичних вторинних продуктів, дозволяє скоротити кількість обслуговуючого персоналу та придатна до інтеграції в мобільні та стаціонарні модулі водопідготовки для військових об'єктів, госпіталів, об'єктів тваринництва, УЗВ-ферм та бальнеологічних закладів.

Список використаних джерел: 1. Міхалева М. С., Світлик І. В. Можливості використання електрохімічних технологій для модифікування властивостей та контролю якості води. *Technology audit and production reserves*. 2014. № 3/1(17). С. 31–33. 2. Діафрагмовий електролізер Филипчака для активації води: пат. на КМ № 119008. Опубліковано 11.09.2017, бюл. № 17. 3. Комплексний фільтр для очищення води Сулими-Курилюка: пат. на КМ № 158685. Опубліковано 05.03.2025, бюл. № 10.



УДК 504.5:628.1:332.14

Літвінчук О. В., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Козішкурт С. М.**, к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ІНТЕГРОВАНА МОДЕЛЬ СТАЛОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ ДЛЯ МАЛИХ І СЕРЕДНІХ ГРОМАД

Нестача прісної води, посилена зміною клімату, зростанням населення та неефективним використанням, є серйозною глобальною проблемою. На місцевому рівні малих і середніх громад обмежений доступ до якісної води негативно позначається на житті людей, економіці та стані довкілля [1; 2], що обумовлює нагальну потребу в переході до раціонального використання водних ресурсів зі збереженням їхньої якості та здатності до відновлення.

Водночас, інтеграція природоохоронних технологій в управління водними ресурсами створює можливості для підвищення стійкості громад до водних проблем та оздоровлення довкілля. До таких рішень належать відновлення водно-болотних угідь, зелена інфраструктура для керування дощовими стоками та природні методи очищення води [3].

Попри зростаюче розуміння важливості сталого водокористування та природоохоронних технологій, їхнє впровадження в малих та середніх громадах України є недостатньо системним, часто фрагментарним і не враховує взаємозв'язку між екологічною стійкістю та управлінням водними ресурсами. Це підкреслює потребу у створенні адаптованої інтегрованої моделі, що підвищить



ефективність управління водними ресурсами, поліпшить екологічний стан і зміцнить стійкість громад до кліматичних викликів.

Інтегрована модель сталого водокористування для малих та середніх громад ґрунтується на кількох ключових принципах, що забезпечують комплексний та екологічно відповідальний підхід до управління водними ресурсами.

Цілісний підхід до управління водним циклом. Розгляд усіх етапів водного циклу як єдиної взаємозалежної системи: від забору води до очищення стічних вод і повернення їх у довкілля.

Пріоритети у водокористуванні. На першому місці – запобігання забрудненню, далі – зменшення споживання, повторне використання води, і лише в останню чергу – залучення нових водних ресурсів.

Природоорієнтовані рішення. Використання природних процесів для регулювання водного балансу, очищення води та підтримки екосистем.

Адаптивність та гнучкість. Врахування специфіки кожної громади та забезпечення можливості адаптації до змін клімату чи інфраструктури.

Залучення громади та стейкхолдерів. Забезпечення активної участі мешканців, місцевої влади, бізнесу та громадських організацій на всіх етапах.

Економічна доцільність і соціальна прийнятність. Прийняття економічно обґрунтованих та соціально підтримуваних рішень, що враховують інтереси громади.

Основними компонентами інтегрованої моделі є:

1. Оптимізація водоспоживання (впровадження водозберігаючих технологій, стимулювання економії, виявлення та усунення втрат).

2. Повторне використання очищених стічних вод (доочищення стічних вод до рівня, безпечного для технічних потреб або зрошення).



3. Управління дощовими стоками за допомогою зеленої інфраструктури (водопроникні покриття, дощові сади, біодренажні системи, зелені дахи.).

4. Збір і використання дощової води (встановлення систем збору дощової води на будівлях).

5. Збереження та відновлення природних водних об'єктів та екосистем (водоохоронні зони та прибережні смуги, відновлення водно-болотних угідь для природного регулювання водного балансу, ревіталізація річок).

6. Природні методи очищення стічних вод (біологічні ставки, фільтраційні поля, штучні водно-болотні угіддя для доочищення стічних вод).

7. Моніторинг та оцінка (регулярний контроль якості та кількості води, оцінка ефективності заходів).

Впровадження інтегрованої моделі сталого водокористування в малих і середніх громадах потребує адаптації через багатокомпонентний і системний підхід.

Оцінка водних ресурсів та інфраструктури. Вивчення водних ресурсів, систем водовідведення, водоспоживання, екологічних загроз та технологічного потенціалу.

Залучення громади. Консультації для виявлення пріоритетів, оцінки готовності та забезпечення підтримки.

Визначення пріоритетів та технологічних рішень. Обрання ефективних компонентів моделі на основі обґрунтованості.

Розробка поетапного плану впровадження. Створення детального плану дій із термінами, відповідальними та потребами в ресурсах.

Залучення фінансування. Використання місцевого бюджету, участь у програмах, залучення інвестицій.

Формування сприятливого регуляторного середовища. Прийняття місцевих актів для підтримки природоохоронних технологій і сталого водокористування.

Освітня та інформаційна робота. Підвищення екологічної свідомості та популяризація раціонального



водокористування.

Комплексний підхід до управління водними ресурсами забезпечує низку довготривалих переваг, зокрема підвищення водної безпеки, покращення якості води, економію ресурсів, охорону довкілля, покращення якості життя та стимулювання місцевого розвитку.

Водночас впровадження інтегрованої моделі може супроводжуватися низкою викликів: нестачею фінансування для реалізації природоохоронних технологій і модернізації інфраструктури, інституційними та регуляторними бар'єрами через відсутність належної нормативно-правової бази, браком кваліфікованих кадрів, низькою обізнаністю громади, опором змінам та потребою у злагодженій взаємодії між відповідальними структурами. Поширення успішних практик можливе шляхом створення навчально-методичних центрів, розробки типових моделей та розвитку міжмуніципального співробітництва.

Інтегрована модель сталого водокористування є перспективним інструментом, ефективна реалізація якого потребує системного підходу, координації та залучення ресурсів. Подальші дослідження варто спрямовувати на розробку практичних механізмів впровадження та оцінки ефективності в різних громадах.

Список використаних джерел: 1. Адаптація до зміни клімату: короткий путівник для громад. Рівне : Екоклуб, 2023. URL: https://decentralization.ua/uploads/library/file/862/adaptation_municipalities.pdf. (дата звернення: 02.05.2025). **2.** Чому адаптація до зміни клімату важлива у зеленій післявоєнній відбудові громад. Екодія. 2022. URL: <https://ecoaction.org.ua/adaptatsia-vazhlyva.html> (дата звернення: 02.05.2025). **3.** Каталог природоорієнтованих рішень в управлінні водними ресурсами в країнах східного партнерства. 2024. URL: https://eu4waterdata.eu/images/pdf/Translation/EU4ENVWaterData_NbSCatalogue-water-EaP_UKR_final.pdf (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 556.18(477.82):502.5:551.583

Таборовець І. Б., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Козішкурт С. М., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВОДНІ РЕСУРСИ ТА ВОДНО-БОЛОТНІ УГІДДЯ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Глобальні зміни клімату, що супроводжуються підвищенням середньорічних температур та порушенням режиму атмосферних опадів, становлять серйозну загрозу для водних ресурсів та екологічної стійкості екосистем по всьому світу. Яскравим індикатором цих змін стало те, що січень 2024 року був найтеплішим за всю історію метеоспостережень, а середня глобальна температура за останні 12 місяців вперше перевищила поріг $+1,5^{\circ}\text{C}$ від доіндустріального рівня [1].

Кліматичні трансформації спричиняють зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ – повеней, посух, буревіїв, аномальної спеки, які вже суттєво впливають на природне середовище, зокрема й в Україні. Наша держава дедалі частіше стикається з дефіцитом водних ресурсів, що ускладнюється кліматичними змінами, нераціональним водокористуванням та зношеною водогосподарською інфраструктурою [2]. За останні 30 років в Україні зникло понад 10 000 малих річок, спостерігається деградація озер, боліт і середовищ існування багатьох видів. Прогнозується нерівномірний розподіл водного стоку впродовж року, що створює загрозу одночасного виникнення водного дефіциту та паводків [3]. Осушення



боліт – понад 1 млн га протягом останнього століття – лише загострює ці проблеми, сприяючи прискоренню кліматичних змін через вивільнення парникових газів [4].

Рівненщина, розташована в межах Поліської фізико-географічної зони, перебуває у зоні помірно-континентального клімату. Проте останні роки демонструють чітку тенденцію до потепління, зростання інтенсивності випаровування та зміни режиму опадів. Зокрема, очікується збільшення зимово-весняного стоку та дефіцит вологи в літній період, що ставить під загрозу сільське господарство, водозабезпечення, рекреацію та інші водозалежні галузі [2; 3].

У Рівненській області протікає 171 річка завдовжки понад 10 км, усі вони належать до басейну Дніпра. Найбільшими водними артеріями є річка Горинь (386 км у межах області) з притокою Случчю, а також Стир, Льва, Ствига і Прип'ять. Озерний фонд регіону налічує понад 500 водойм різного походження (карстові, заплавні тощо) із загальною площею понад 260 км². До найбільших належать озера Нобель, Біле, Острівське. В області також функціонує 31 водосховище (зокрема Хрінницьке, Млинівське, Боберське) та понад 300 ставків [2].

Рівненщина вирізняється значними площами водно-болотних угідь (ВБУ), які є невід'ємною частиною природного ландшафту та відіграють важливу роль у збереженні екологічної рівноваги. Особливо цінними є чотири ВБУ міжнародного значення, що входять до складу Рівненського природного заповідника: Переброди (12 718 га), Сира Погоня (9 926 га), Біле озеро та болото Коза-Березина (8 036,5 га) та Сомине (10 852 га) [5].

Водно-болотні угіддя виконують низку критично важливих екосистемних функцій [4; 6]:

- *гідрологічна функція*. ВБУ виступають природними акумуляторами вологи: під час паводків вони утримують надлишкову воду, зменшуючи ризики затоплення, а в



посушливі періоди поступово повертають накопичену вологу у водні об'єкти, підтримуючи рівень річок і озер;

- *біофільтрація*. Волога, проходячи крізь торфовий шар боліт, природним чином очищується від забруднюючих речовин;

- *збереження біорізноманіття*. ВБУ є осередками унікального життя – вони слугують середовищем існування для численних видів флори і фауни, зокрема рідкісних та зникаючих;

- *кліматорегулююча функція*. Болота акумулюють органічну речовину у вигляді торфу, що перешкоджає вивільненню вуглецю. Осушення спричиняє мінералізацію торфу й викиди парникових газів [4].

Довготривала практика осушення боліт у ХХ столітті суттєво порушила природний гідрологічний режим [2]. Це спричинило зниження рівня ґрунтових вод, зменшення вологості, зміну структури водного стоку, підвищення пожежної небезпеки та втрату цінних біотопів. Нині ці процеси супроводжуються все частішими локальними підтопленнями, дефіцитом води у спекотні періоди та порушенням динаміки паводків.

Довгострокові прогнози (2041–2070 рр.) вказують на ймовірне зменшення середньорічного стоку річок басейну Прип'яті при збереженні рівня опадів [3]. Це посилює потребу в ефективному управлінні водними ресурсами та адаптації екосистем до нових кліматичних умов. Збереження ВБУ стає необхідною умовою регіональної екологічної безпеки [5].

У відповідь на виклики зміни клімату доцільним є впровадження комплексу адаптаційних заходів.

Управління водними ресурсами:

- модернізація систем водопостачання та водовідведення;

- впровадження водозберігаючих технологій;

- повторне використання очищених стічних вод;

- збирання і раціональне використання дощової води;



- гідротехнічне регулювання водного режиму.

З метою охорони ВБУ:

- ренатуралізація осушених боліт;
- створення охоронних зон;
- обмеження господарської діяльності навколо ВБУ;
- використання угідь як природних регуляторів

паводків.

Кліматичні зміни стають все більш відчутними для Рівненської області, особливо щодо водних ресурсів та водно-болотних екосистем. Утримання регіонального гідробалансу, збереження біорізноманіття та екологічної стійкості вимагає комплексного підходу, що поєднує науково обґрунтовану політику водокористування, екосистемного управління та відновлення природних територій. Водно-болотні угіддя мають бути в центрі адаптаційної стратегії до змін клімату як природні щити проти водного дефіциту, паводків і втрати біорізноманіття.

Список використаних джерел: 1. Copernicus Climate Change Service (C3S). January 2024 was the warmest January on record globally. 2024. URL: <https://climate.copernicus.eu>. (дата звернення: 02.05.2025). 2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні*. Київ, 2023. URL: <https://mepr.gov.ua>. (дата звернення: 02.05.2025). 3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva, 2023. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. (дата звернення: 02.05.2025). 4. Wetlands International. The Role of Peatlands in Climate Regulation. Ede, Netherlands, 2020. URL: <https://www.wetlands.org>. (дата звернення: 02.05.2025). 5. *Рівненський природний заповідник* : офіційний сайт. Водно-болотні угіддя міжнародного значення. URL: https://rivnenskiypz.blogspot.com/p/blog-page_93.html. (дата звернення: 02.05.2025). 6. Рамсарська конвенція. Інформаційні листки по водно-болотних угіддях України. Секретаріат РК, 2021. URL: <https://www.ramsar.org>. (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 631.67:504.5:332.14

Шахворостова Г. М., здобувач вищої освіти першого рівня
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:**
Козишкурт С. М., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПОЄДНАННЯ МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ ТА ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ ДЛЯ ЗБАЛАНСУВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

У сучасних умовах стрімкого поглиблення кліматичної нестабільності питання ефективного управління водними ресурсами на рівні територіальних громад набуває критично важливого значення. Глобальні зміни клімату, що проявляються у вигляді частіших та інтенсивніших посух, руйнівних злив, катастрофічних паводків і загального порушення гідрологічного балансу, вже сьогодні загрожують як екологічній рівновазі природних ландшафтів, так і стабільному функціонуванню аграрного сектору та інфраструктури громад [1]. Саме тому забезпечення сталого водного режиму територій є нагальним завданням, що вимагає не лише технічних рішень, а й глибокого екосистемного розуміння проблеми.

У цьому контексті інженерні меліоративні споруди та природні водно-болотні угіддя (ВБУ) розглядаються не як альтернативні, а як взаємодоповнюючі елементи управління водними ресурсами. Їхнє ефективне поєднання дозволяє врахувати природні особливості територій, соціально-економічні потреби громад і виклики, пов'язані з адаптацією до кліматичних змін.

Меліорація є традиційною практикою регулювання водного режиму в Україні, особливо в регіонах із високим рівнем ґрунтової вологості. Вона дозволила освоїти великі



площі сільськогосподарських угідь, забезпечити дренаж перезволожених територій, захистити населені пункти від підтоплень. Серед основних переваг – використання вже існуючої інфраструктури, технічна можливість оперативного реагування на погодні умови, стабільність агровиробництва. Однак в умовах сучасної гідрокліматичної нестабільності ці переваги супроводжуються низкою критичних недоліків. Швидкий поверхневий стік, характерний для каналізованих систем, сприяє зниженню рівня ґрунтових вод, посилює процеси ерозії, погіршує якість води та позбавляє території природного захисту від посух. Крім того, технічне обслуговування старіючої інфраструктури потребує значних ресурсів, що є додатковим навантаженням на громади.

Позитивні приклади модернізації меліоративних систем демонструють, що за умови оптимізації їхньої роботи, можливо значно підвищити ефективність: використання шлюзів-регуляторів, створення локальних акумулюючих ємностей, застосування буферних смуг із рослинністю дозволяє не лише регулювати стік, а й покращити екологічний стан прилеглих екосистем [2].

Відновлення меліоративних систем може бути виправданим у певних ситуаціях, де необхідний швидкий дренаж та підтримка інтенсивного сільського господарства. Однак ізольований підхід до відновлення осушувальної мережі може мати негативні наслідки для загального водного балансу та стану екосистем, особливо в умовах мінливого клімату. Тому відновлення меліоративних систем слід розглядати в комплексі з їхньою оптимізацією та обов'язковою інтеграцією з природними регуляторами водного режиму, зокрема водно-болотними угіддями.

Водно-болотні угіддя виконують життєво важливу функцію у гідрологічному циклі. Вони здатні акумулювати значні обсяги води, діяти як природні «губки», зменшуючи



ризика паводків та ерозії. Їхній внесок у природне очищення води є незамінним, особливо для регіонів, де спостерігається зниження якості поверхневих вод через сільськогосподарське чи побутове забруднення.

Серед переваг відновлення водно-болотних угідь слід виокремити: стабілізацію рівня ґрунтових вод; збереження біорізноманіття, включаючи зникаючі види; покращення мікроклімату довкілля; створення умов для розвитку «зеленої» економіки, зокрема, екотуризму, органічного землеробства, рекреаційних сервісів [3]. Натомість серед обмежень – затоплення певних територій, що потребує ретельного попереднього планування та зонування, тривалі терміни формування екосистем, інституційні виклики щодо узгодження землекористування.

Успішна світова практика відновлення водно-болотних угідь, наприклад, Філіппіни, США, Аргентина, демонструє, що інвестування у ВБУ дає довгостроковий екологічний й соціально-економічний ефект [4].

Розмежування підходів «меліорація» та «відновлення природи» більше не відповідає викликам сьогодення. Для досягнення сталого водного балансу оптимальним є інтегрований підхід, який передбачає функціональну взаємодію технічних і природних систем. У цьому підході: меліоративні канали слугують засобом контрольованого відведення води; водно-болотні угіддя акумулюють, очищують і поступово повертають воду у водозбір; елементи зеленої інфраструктури (дошові сади, водопроникні поверхні, буферні зони) зменшують пікові навантаження на водні системи. Комплексне застосування таких рішень дозволяє не лише ефективно управляти водою, а й створювати сприятливе середовище для мешканців і формувати нову екологічну культуру.

Залежно від типу громади, існують різні сценарії впровадження інтегрованої стратегії:

–аграрні громади можуть поєднувати оптимізовані



канали з каскадами ставків-регуляторів та відновленими заплавленими луками;

–міські території доцільно обладнувати системами локального затримання стоку, використовуючи штучні ВБУ, водопроникні покриття, дощові сади;

–громади з природоохоронним фондом мають зосередити увагу на збереженні існуючих природних ВБУ, інтегруючи їх в управління територією.

Незалежно від обраної моделі, критично важливо створити систему моніторингу ефективності, яка включає: відстеження рівнів та витрат води; аналіз якості водних ресурсів; оцінку стану біорізноманіття; соціально-економічну динаміку.

Інтегроване управління водними ресурсами через поєднання меліоративних систем та водно-болотних угідь ефективно забезпечує екологічну рівновагу, адаптивність громад та сталий економічний розвиток. Успіх залежить від інституційної готовності до співпраці між громадами, науковцями, екологами й аграріями та стратегічного бачення водних ресурсів як спільного, динамічного й вразливого блага.

Список використаних джерел: 1. Адаптація до зміни клімату: короткий путівник для громад. Рівне: Екоклуб, 2023. URL: https://decentralization.ua/uploads/library/file/862/adaptation_municipalities.pdf (дата звернення: 02.05.2025). 2. *Реформа гідротехнічної меліорації: перешкоди, досягнення, перспективи* : рекомендації комітетських слухань. 2024. URL: <https://komagropolit.rada.gov.ua/documents/sluhannja/75626.html>. (дата звернення: 02.05.2025). 3. Збереження водно-болотних угідь може врятувати Україну від катастрофічних повеней. 2023. URL: https://ecoaction.org_ua/zberezhennia-vodno-bolotnykh-uhid.html. (дата звернення: 02.05.2025). 4. Приклади, що надихають: топ-5 проєктів з відновлення водно-болотних угідь у світі. WWF. 2025. URL: <https://wwf.ua/?16673916/Pryklady-shcho-nadykhayut-top-5-proyektiv-vdnovlennya-vodno-bolotnykh-uhd-svt>. (дата звернення: 02.05.2025).



СЕКЦІЯ 2

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО: МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ





УДК 626.83:532

Богущ О. О., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),
Хлапук М. М., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПРИНЦИП РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЯТОРА РІВНЯ ВОДИ В ОСУШУВАЛЬНО- ЗВОЛОЖУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

1. Вступ. Полісся та прилегла до Лісостепу зона – це рівнинна місцевість з піщаними та болотистими ґрунтами, тому через нерівномірну кількість опадів під час вегетаційного періоду виникає потреба у двосторонньому регулюванні водного режиму на осушених землях – тобто потрібно як відводити зайву воду, так і подавати її при нестачі. У цих умовах найбільш доцільним є використання модульних осушувально-зволожувальних систем (ОЗС) різних конструкцій.

2. Схема модульної автоматизованої ОЗС. Рубаном А.Ф., Яциком А.В., Хлапуком М.М., Стасюком Я.П. запатентовано гідроавтоматичний регулятор [1] (рис. 2) рівнів води та осушувально-зволожувальну систему, що обладнана таким регулятором (рис. 1).

Осушувально-зволожувальна система функціонує таким чином: вода зі зволожувального каналу надходить у водоприймальний колодязь, розділений на дві ємності – у першій встановлено гідроавтоматичний регулятор [2] АРУ-200Ц, а в другій – датчик прискорювач. Ці компоненти з'єднані між собою та з гідрозв'язком за допомогою гумових шлангів. Гідрозв'язок, виготовлений із пластмасових труб, вводиться у водоприймальний колодязь через металевий патрубок, що забезпечує герметичність з'єднань.

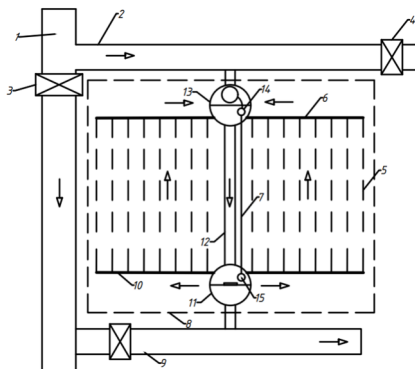


Рис. 1. Схема одноблочної модульної автоматизованої осушувально-зволожувальної системи: 1 – магістральний канал; 2 – зволожувальний канал; 3 – головний підпірний шлюз; 4 – шлюз-регулятор; 5 – дрени; 6 – аераційний колектор; 7 – закритий гідравлічний зв'язок; 8 – границя модуля; 9 – осушувальний канал; 10 – дренажний колектор; 11 – скидний колодезь; 12 – осушувально-зволожувальний колектор; 13 – водоприймальний колодезь; 14 – датчик-прискорювач; 15 – датчик рівня

При зниженні рівня ґрунтових вод нижче норми спрацьовує датчик рівня, що відкриває зливний лоток АРУ-200Ц. Вода надходить у перепадний колодезь, розділений на дві ємності. У першій ємності за допомогою шибера регулюється напір води, який забезпечує її подачу по дренажних колекторах на блок зволоження. Це сприяє підвищенню рівня ґрунтових вод до необхідного значення. Аераційний колектор, підключений до другої ємності перепадного колодезя, дозволяє відводити повітря з дренажної системи, запобігаючи утворенню повітряних пробок [4].

Після того, як рівень вод підвищився на необхідну величину, спрацьовує датчик рівня який розміщений у першій ємності скидного колодезя, гідроавтоматичний регулятор закриється. Система залишається в цьому

3. Схема гідроавтоматичного регулятора

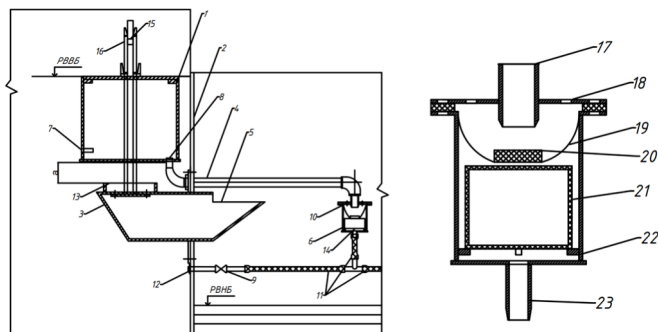


Рис. 2. Схема гідроавтоматичного регулятора : 1 – затвор (запірний циліндр); 2 – перегороджуюча стінка; 3 – зливний лоток; 4 – патрубок для випуску води зі стравлювача; 5 – зливний отвір лотка; 6 – корпус датчика-прискорювача; 7 – вхідний патрубок затвора; 8 – вихідний патрубок затвора; 9 – вентиль для налаштування регулятора; 10 – випускні отвори датчика-прискорювача; 11 – гідрозв'язок; 12 – патрубок для наповнення гідрозв'язка; 13 – кільцевий водозлив водопропускного лотка; 14 – поплавков датчика-прискорювача; 15 – стопорна шайба; 16 – рама гідроавтоматичного регулятора; 17 – патрубок для підключення гідрозв'язка до датчика рівня; 18 – отвори для випуску води; 19 – мембрана; 20 – ущільнення; 21 – поплавок датчика рівня; 22 – корпус датчика рівня; 23 – патрубок для випуску і води в скидний колодязь

Гідроавтоматичний регулятор рівнів води працює так: при пониженні рівня ґрунтових вод поплавки у датчику рівня опускається, відкриваючи водовипускний патрубок, що знижує статичний тиск у гідрозв'язку. Це спричиняє опускання поплавка прискорювача, відкриття



водовипускних отворів та злив води у водоприймальний колодязь. Затвор циліндр спливає, відкриваючи водопропускний отвір у лотку, заповнюючи систему водою. Надлишок зливається в осушувальний канал [3].

Висоту спливання затвора можна регулювати стопорною гайкою. Коли система досягає необхідного рівня зволоження, поплавок у датчику рівня піднімається, перекриваючи водовипускний патрубок, тиск у гідрозв'язку зростає, поплавок прискорювача також піднімається, перекриваючи водовипускні отвори. Затвор тоне, закриваючи кільцевий водозлив. Далі цикл повторюється.

4. Висновок. Отже, для ефективного регулювання рівня води на меліоративних землях доцільно застосовувати гідроавтоматичні регулятори, вони не потребують електроенергії і працюють за рахунок гідравлічних процесів, також є необхідність вдосконалення існуючих конструкцій гідроавтоматичних регуляторів рівня води. Це перспективний науково-дослідницький напрямком для подальших розробок та досліджень.

Список використаних джерел: 1. Гідроавтоматичний регулятор рівнів води: пат. 31193 Україна: МПК 6 G 05 D 9/02. № 98073878. заявл. 17.07.1998; опубл. 15.12.2000. Бюл. № 27. 4 с. / Рубан А. Ф., Яцик А. В., Хлапук М. М., Стасюк Я. П.; власник Український наук.-дослід. ін-т водогосподарсько-екологічних проблем. 2. Математична модель роботи модуля автоматизованої осушувально-зволожувальної системи / М. М. Хлапук, О. М. Ніколайчук, О. І. Тищенко, С. І. Нагалюк. *Меліорація і водне господарство* : міжвідомчий тематич. наук. зб. К., 2007. Вип. 95. С. 235–245. 3. Ніколайчук О. М. Дослідження пропускної здатності гідроавтоматичного регулятора рівня. Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. Рівне, 2007. Вип. 4(40), Ч. 2. С. 101–109. 4. Рубан А. Ф. Гідравлічна автоматизація меліоративних систем. *Збірник наукових винаходів*. К. : Генеза, 2008. 64 с.



УДК 556.155:556.512

Деркач М. В., здобувачка вищої освіти першого рівня (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро), науковий керівник: Коваленко В. В., к.с.-г.н., доцент (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНЕВОДНЕННЯ СТАВКІВ В БАСЕЙНІ БАЛОК ІЛЬКОВА ТА ЧИНБАРКА

Сьогодні стрімко розвиваються процеси зневоднення річок та створених на них ставків і водосховищ. Причини очевидні – зміна клімату, відсутність снігу та відповідно інфільтрації і поповнення ґрунтових вод, надмірне зарегулювання стоку на малих водозборах та інші. Протягом останніх 20–25 років ці процеси стали настільки очевидні, що виникає відчуття їх невідворотності. Зневоднення багато в чому пов'язане і із антропогенним впливом на водні екосистеми. Перетворення більшості малих річок в фрагментовані ділянки, як наслідок зарегулювання стоку, тільки прискорило цей процес.

В дослідження розглянутий водозбір балок Ількова та Чинбарка, який розташований в північній частині Дніпропетровської області, балки є лівими притоками р. Богатенька (басейн Орілі). Площа водозбору балок 31,2 км² (рис. 1). За даними Регіонального офісу водних ресурсів у Дніпропетровській області (РОВР) на водозборі створено 17 ставків, об'єм зарегулювання стоку якими на 2007 р. складав 2,5 млн м³. На водозборі балок Ількова та Чинбарка орних земель 75%, подекуди розорані заплавні землі. Балки безлісі, що «позитивно» позначилось на розвитку водної ерозії. Середня довжина фрагментованого



русла на водозборі (між земляними греблями) складає лише 0,9 км.

Для дослідження процесів зневоднення ставків використані методи ГІС моніторингу стану водних об'єктів: геодезичні планшети М 1:10000; карти генштабу (<https://freemap.com.ua/karty-genshtaba/>) М 1:100000; картографічне дослідження доступних знімків Google Earth (kh.google.com); матеріали дистанційного зондування Землі (<https://browser.dataspace.copernicus.eu>) та супутні їм методи класифікації елементів землекористування.

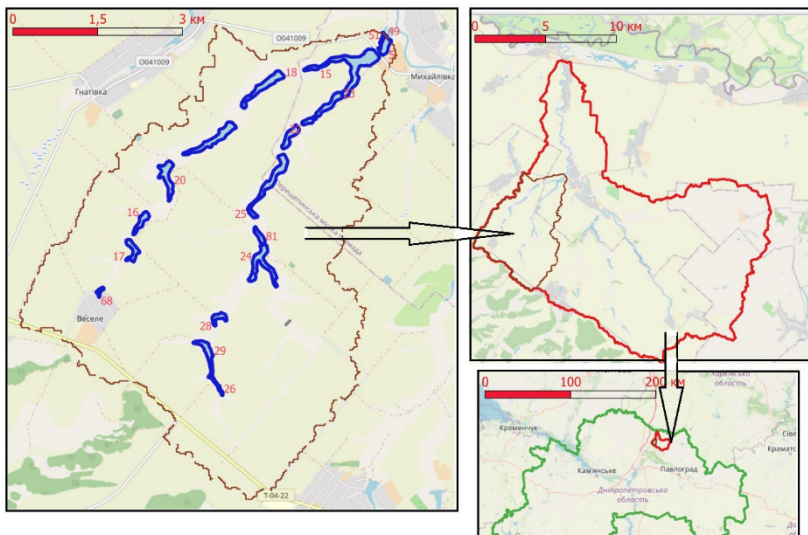


Рис. 1. Водозбір балок Ількова та Чинбарка

Зменшення водності ставків явно просліджується за знімками Google Earth (рис. 2). Площа водного дзеркала окремих ставків зменшилась в 2 і більше разів, а 5 ставків практично пересохли.

Аналіз фотоматеріалів та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) показав стрімку тенденцію до зменшення площ водного дзеркала та водності ставків.



Зокрема площа водного дзеркала найбільшого ставка (в гирловій частині) зменшилась в 2,4 рази. Так за даними OSM (Open Street Map, створена на основі геодезичних карт 1990–2000 pp.) площа водного дзеркала становила 20,3 га; за Google Earth (2012 р.) – 18,3 га; за даними ДЗЗ (08.03.2017 р.) – 11,6 га; за даними ДЗЗ (20.01.2025 р.) – 8,6 га.

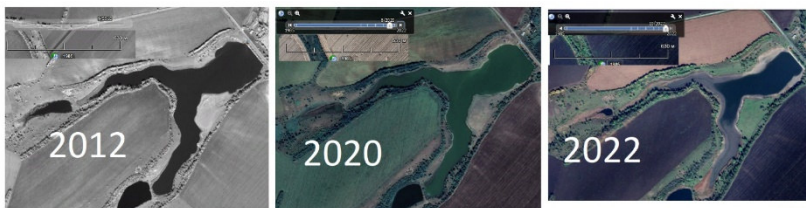


Рис. 2. Візуалізація процесу зневоднення ставка в гирлі балок протягом 2012–2022 pp. (Google Earth)

Для оцінки ступеня зарегульованості стоку на досліджуваних водозборах балок Ількова та Чинбарка проведені гідрологічні розрахунки річного стоку та максимального стоку повені та дощового паводку з врахуванням морфологічних особливостей водозбору, визначених та оцінених засобами ГІС (QGIS). Результати наведені в таблиці.

Таблиця

Об'єм стоку (млн м³) на досліджуваному водозборі балок
Ількова та Чинбарка

Гідрологічний період	Забезпеченість об'єму стоку Р, %						
	1	5	10	норма	75	90	95
Річний стік	4,7	3,1	2,3	1,02	0,29	0,11	0,05
Повінь	2,8	1,6	1,0				
Паводок	0,8	0,5	0,3				

Зневоднення та зменшення об'єму акумуляції місцевого стоку на водозборі цілком корелює зі зменшенням площі водного дзеркала ставків. Створення 3D



моделі акваторії ставків (QGIS) дозволило детально врахувати морфологічні та топографічні особливості кожного водного об'єкту та узагальнити для водозбору балок взаємозв'язок цих елементів. За нашими оцінками, об'єм зарегульованого стоку в ставках зменшився за останні 18–20 років на 1,6–1,7 млн м³ і складає нині близько 0,8–0,9 млн м³, тобто 1/3 від заявленого РОВР в 2007 р. Відповідно середні глибини зменшились як мінімум на 0,7 м, що призвело до збільшення площ мілководдя та прискорення процесів зневоднення ставків. При нормі опадів на досліджувані території 500–550 мм/рік та середньорічному випаровуванні з водної поверхні ставків близько 0,75 млн м³, об'єм річного стоку в середньому склав 0,15–0,20 млн м³. Отже значення річного стоку за майже 20 річний період, в середньому відповідає маловодному року $P=75\text{--}80\%$, (див. таблицю), що яскраво свідчить про зміни гідрологічного режиму вод суші в сторону зневоднення та суттєвого зменшення поверхневого стоку.

Очевидно, настав час перегляду норм щодо формування розрахункових гідрологічних характеристик водних об'єктів суші в Степу України. Настав час говорити про створення пілотних проєктів природооблаштування басейнових екосистем малих річок.

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.



УДК 373.3.016:51

Заводяний В. В., к.ф.-м.н., доцент (Херсонський державний аграрно-економічний університет)

ВИКОРИСТАННЯ ТЕСТІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

Вступ

Сучасна освітня парадигма орієнтується на якісне засвоєння знань та формування компетентностей. У цьому контексті важливу роль відіграє контроль знань, зокрема за допомогою тестування, яке забезпечує об'єктивність, швидкість та гнучкість оцінювання.

У сучасному освітньому просторі, де акцент дедалі більше зміщується на якість навчання та об'єктивність оцінювання, тестування набуває особливої актуальності, зокрема й у вивченні фізики.

Зважаючи на вищезазначене, метою даної роботи є дослідження ефективності та різних аспектів застосування тестів у навчанні фізики. Для досягнення цієї мети передбачається розв'язання таких завдань:

- Розкрити теоретичні засади використання тестування в освітньому процесі та його специфіку у вивченні фізики.
- Класифікувати основні види тестових завдань, що застосовуються у фізиці, та проаналізувати їх дидактичні можливості.
- Дослідити особливості використання тестів на різних етапах навчання фізики: попередньому, поточному, тематичному та підсумковому контролі.
- Визначити методичні принципи розробки якісних тестових завдань з фізики.



- Проаналізувати переваги та недоліки використання тестування у процесі вивчення фізики.

- Визначити перспективи та можливі шляхи оптимізації застосування тестування для підвищення ефективності навчання фізики.

Основна частина

У викладанні фізики тести виконують кілька важливих функцій:

- **Діагностичну** – виявлення рівня знань учнів або студентів на початку або в процесі навчання;

- **Навчальну** – стимулювання пізнавальної активності, актуалізація та повторення матеріалу;

- **Контрольну** – перевірка рівня засвоєння навчального матеріалу;

- **Мотиваційну** – підвищення інтересу до предмета та залучення до навчального процесу.

Типи тестових завдань:

- із вибором однієї правильної відповіді;
- із множинним вибором;
- на встановлення відповідностей;
- відкриті завдання з короткою відповіддю.

Приклади тестових завдань можуть охоплювати як теоретичні питання (наприклад, закони Ньютона, явища електромагнетизму), так і прикладні задачі. Використання електронних платформ (Google Forms, Kahoot, Moodle) значно спрощує процес тестування, дозволяє швидко отримувати результати та аналізувати їх, що сприяє ефективному зворотному зв'язку.

Рекомендації щодо складання тестових завдань з фізики

1. **Відповідність програмі навчання.** Запитання мають охоплювати ключові теми відповідного розділу курсу.



2. **Рівень складності.** Варто включати як базові, так і більш складні запитання для диференціації рівня знань.

3. **Однозначність формулювання.** Тестові завдання мають бути чіткими, без двозначностей.

4. **Різноманітність типів.** Використання різних форматів тестів підвищує інтерес і дозволяє глибше перевірити знання.

5. **Аналіз результатів.** Після тестування бажано обговорити типові помилки та дати пояснення.

Приклади тестових завдань

1. З вибором однієї правильної відповіді:

Що є одиницею сили в системі SI?

А) Ньютон

Б) Джоуль

В) Ват

Г) Паскаль

Правильна відповідь: А

2. З множинним вибором:

Які з наведених явищ пов'язані з електромагнетизмом?

☐ Індукційний струм

☐ Поширення звуку у повітрі

☐ Робота електродвигуна

☐ Поширення світла у вакуумі

Правильні відповіді: Індукційний струм, Робота електродвигуна

3. На встановлення відповідностей:

Встановіть відповідність між фізичними величинами та їх одиницями:



Величина	Одиниця
----------	---------

- | | |
|------------|-----------|
| 1. Енергія | А. Ом |
| 2. Опір | Б. Джоуль |
| 3. Напруга | В. Вольт |

Правильна відповідність: 1-Б, 2-А, 3-В

4. Відкрите з короткою відповіддю:

Обчисліть силу тяжіння, що діє на тіло масою 3 кг.

Правильна відповідь: 29,4 Н

Висновки

Ефективне впровадження тестів у процес навчання фізики дозволяє підвищити якість освітнього процесу, розвивати критичне мислення та самоконтроль. Важливо поєднувати тестування з іншими методами контролю, забезпечуючи таким чином комплексне оцінювання знань.

Список використаних джерел: 1. Вовк В. Ф. Методика навчання фізики. К. : ВЦ «Академія», 2021. 2. Засєкіна Т. І., Білик Н. В. Тестовий контроль у процесі навчання фізики. *Фізика та астрономія в школі*. 2022. № 3. 3. Савченко О. Я. Компетентнісний підхід у навчанні: теорія і практика. К. : Освіта України, 2019. 4. Bloom B. S. Taxonomy of Educational Objectives. New York : Longman, 1956. 5. Black P., Wiliam D. Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education*. 1998. Vol. 5(1). P. 7–74. 5. Schuwirth L. W., Van der Vleuten C. P. A plea for new psychometric models in educational assessment. *Medical Education*. 2006. Vol. 40(4). P. 296–300.



УДК 628.1:504.062

Кардаш О. С., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),
науковий керівник: Пінчук О. Л., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ЗЕЛЕНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ: ТЕПЛОНАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ КЛІМАТИЧНОЇ АДАПТАЦІЇ В АГРОСЕКТОРІ

Зелена трансформація у водному господарстві передбачає перехід від ресурсозатратних технологій до сталих, екологічно орієнтованих рішень. Це не лише зменшення викидів парникових газів, але й підвищення стійкості агросистем до змін клімату через ефективне управління водними та земельними ресурсами. У сучасних умовах змін клімату та енергетичних викликів проблема ефективного використання водогосподарських систем набуває особливої актуальності. Традиційні гідротехнічні споруди виконували функції зрошення, осушення та регулювання водного режиму. Проте нині ці об'єкти можна розглядати як потенційні джерела відновлюваної енергії, зокрема для теплонасосних установок (ТНУ).

Теплонасосні установки дозволяють використовувати низькопотенційне тепло з води, ґрунту або скидних стоків, підвищуючи його до температур, необхідних для опалення або гарячого водопостачання. У поєднанні з гідротехнічними спорудами це створює унікальну можливість для енергоефективного обігріву теплиць, парників, приміщень агропідприємств, ґрунту у ранньовесняний період тощо. Джерелом тепла можуть бути ставки, дренажні канали, зрошувальні системи, водосховища, очисні споруди.

Особливу увагу варто приділити системам, які мають стабільну температуру води навіть у холодні періоди року.



Такі джерела забезпечують надійне живлення теплонасосних систем і дозволяють знизити споживання традиційного палива на 50–70%. В умовах децентралізації й енергетичної незалежності громад ці технології відкривають нові можливості для інвестиційного розвитку.

Інженерні рішення передбачають розміщення теплообмінників у водоймах або каналах, а також використання теплових акумуляторів. У перспективі – розробка типових конструкцій та інтеграція таких систем у проекти з реконструкції меліоративних мереж. Аналіз показує, що коефіцієнт ефективності ТНУ може сягати 4,0–5,0 [2].

В Україні існує значний потенціал: понад 60% сільських громад мають доступ до водойм, які придатні для теплозабору [1]. Але для повноцінного впровадження потрібна нормативна база, державна підтримка, а також демонстраційні проекти. Досвід розвинених азійських та європейських країн підтверджує економічну доцільність і кліматичну ефективність таких систем [3; 4].

Таким чином, теплонасосні технології можуть стати інструментом адаптації сільського господарства до кліматичних змін і водночас сприяти трансформації гідротехнічної інфраструктури у напрямку сталого розвитку.

Список використаних джерел: 1. Держенергоефективності України. Звіт про потенціал ВДЕ в агросекторі. URL: <https://saee.gov.ua> (дата звернення: 10.05.2025). 2. ЕНПА. European Heat Pump Market Report 2022. URL: <https://www.ehpa.org> (дата звернення: 10.05.2025). 3. Potential European emissions trajectories within the Global Carbon Budget. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85056563752&origin=reflist> (дата звернення: 10.05.2025). 4. Chiu Y. H., Lee Y.M., Huang Y.C., et al. Assessment of industrial waste heat recovery potential in Taiwan. *Renewable Energy*. 2020. Vol. 156. P. 1156–1169. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220305004?via%3Dihub> (дата звернення: 13.05.2025).



УДК 626/627;504.75

Літвінчук О. В., Концемал В. О., здобувачі вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), науковий керівник: Дем'янюк А. В., старший викладач (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЙ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА R ДЛЯ АНАЛІЗУ РЯДІВ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ГІДРОТЕХНІЧНИМИ СПОРУДАМИ НА СЕЗОННІСТЬ

Спостереження за гідротехнічними спорудами є ефективною стратегією забезпечення надійності діючого об'єкту [1]. Дані регулярних спостережень дозволяють відстежувати поведінку споруд та ґрунтових масивів в зоні їх впливу при різних комбінаціях зовнішніх впливів та внутрішніх процесів. Дані спостережень як правило представлені рядами динаміки – серіями значень контрольної величини, спостережених на певний момент часу. Задачею спостережень, а, отже, і інтерпретації рядів динаміки, є виявлення ознак нетипової поведінки або несприятливих явищ, що можуть загрожувати порушенню міцності або стійкості споруди. Оскільки поведінка контрольних показників гідротехнічних споруд формується під впливом багатьох факторів, аналіз рядів динаміки на сезонність дозволяє встановити наявність та значимість впливу сезонних (температури середовища, кількість опадів тощо) та сезонно-залежних (рівнів води у водосховищі, розкриття швів бетонних споруд тощо) факторів, що в подальшому може бути використано для виявлення конкретних факторів впливу та моделювання цього впливу. Відокремлення сезонної складової (декомпозиція ряду із



виділенням повторюваної компоненти) дає змогу проводити оцінку впливу інших складових, зокрема тих, які пов'язані із необоротними процесами, такими, як деформації та старіння.

Метою даного дослідження є пошук ефективних алгоритмів тестування рядів даних спостережень за гідротехнічними об'єктами на сезонність, в тому числі реалізованих в програмних продуктах, які б дозволили отримувати об'єктивну оцінку наявності сезонного впливу. Зокрема, виконано аналіз деяких функцій, доступних в сучасному програмному середовищі R [2], яке широко використовується для тестування та моделювання рядів динаміки. Аналіз рядів на сезонність проводився із використанням функцій пакету аналізу «seastests»: Seasonality Tests [3] та функції автокореляції [4]. Тестування із використанням функції автокореляції дозволяє встановити інтервал повторюваності закономірностей у спостережених значеннях. Перевагою даного виду тестування є наочність результату, проте даний тест дозволяє визначити лише календарну сезонність із незмінним інтервалом повторюваності, що не завжди відповідає картині природних коливань метеопказників. Часто більш об'єктивним є використання декількох тестів, сформованих на основі різних припущень. Відповідно, використання комбінації статистичних тестів дозволяє враховувати декілька аспектів в поведінці рядів даних. Наприклад, із використанням функції *isSeasonal()* мови R можливе як окреме тестування даних на випадковість (Friedman test), однорідність дисперсій (Kruskal-Wallis test), тестування на відхилення від модельних рядів, що моделюють сезонні зміни (Ftest on seasonal dummies), або несезонних модельних рядів (Ollech and Webel's test) [3].

Із використанням функцій R проведено аналіз на сезонність рядів даних спостережень за витратами



природних поверхневих джерел та витратами притоку фільтраційних вод до дренажних штолен в ґрунтовому масиві складної геологічної будови, що знаходиться в зоні впливу гідротехнічних споруд крупного гідровузла енергетичного призначення. Результати тестування на сезонність на основі семи критеріїв, доступних в R, показали, що вплив сезонного фактору на формування витрати природних джерел можна визначити як низький. Для рядів даних витрат на мірних водозливах дренажних штолен вплив сезонного фактору не був підтверджений.

Пакети аналізу R програм дозволяють проводити тестування рядів динаміки на сезонність в широкому діапазоні статистичних припущень, в тому числі із використанням модельних сезонних та несезонних рядів. Функції R для аналізу на сезонність можуть бути корисним інструментом для інтерпретації даних спостережень за гідротехнічними спорудами та ґрунтовими масивами в зоні їх впливу. Зокрема, на основі підтвердження чи спростування гіпотези про наявність сезонних коливань в рядах даних дренажних витрат можуть бути сформульовані гіпотези про основні фактори, що впливають на формування витрат притоку, або про ефективність роботи дренажних пристроїв.

Список використаних джерел: 1. ICOLD Bulletin. Surveillance: basic elements in a “dam safety” process. *ICOLD*. 2009. No. 138. 52 p. 2. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria. 2024. URL: <https://www.R-project.org/> (дата звернення: 02.05.2025). 3. Використано пакет аналізу R: Ollech D. “seastests”: Seasonality Tests. R package v. 0.15.4. 2021. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=seastests> (дата звернення: 02.05.2025). 4. Rob J. Hyndman and George Athanasopoulos. Forecasting: Principles and Practice. 3rd ed. Monash University, Australia. URL: <https://otexts.com/fpp3/> (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 626.882

Мельничук І. М., к.т.н., старший викладач
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПРИРОДОПОДІБНІ ТИПИ РИБОПРОПУСКНИХ СПОРУД: ДОННІ РАМПИ ТА СХИЛИ

Природоподібні рибопропускні споруди відтворюють характеристики природного водотоку, створюючи умови, близькі до природних, для проходу риби та інших водних організмів через перешкоди на їхньому шляху. На відміну від технічних рибопропускних споруд, природоподібні конструкції краще відповідають біологічним вимогам до мігруючої фауни.

Основними типами таких споруд є донні рампи та схили, обвідні канали та рибні рампи (табл. 1).

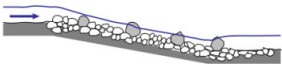
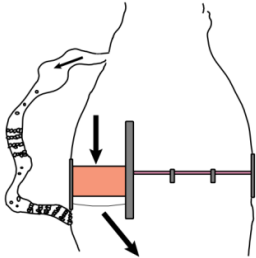
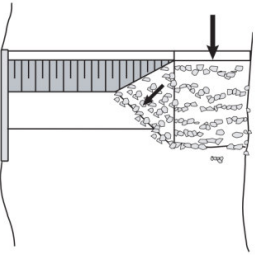
Донні рампи є однією з найбільш природоподібних форм рибопропуску, які дозволяють рибі долати штучні перепади висот без різких змін потоку. Вони виконуються по всій ширині річки з малим ухилом, який розподіляє гідравлічний напір на великій довжині. Такі споруди часто облаштовуються з використанням каміння або валунів, що створює шорстку поверхню, уповільнює потік і формує мікросередовище з укриттями та зонами для відпочинку риби. Розрізняють *донні рампи* з ухилом від 1:3 до 1:10 та *донні схили (насити)* з ухилом від 1:20 до 1:30 [1, с. 31–36].

Для риб, які не здатні до довготривалого плавання або міграції на великі відстані, придатні лише похилі донні конструкції з відповідним шорстким дном. Гладкі бетонні рампи або круті перепади непридатні для проходу таких видів риби.



Таблиця

Типи природоподібних рибопропускних споруд

	Донна рампа та схил Поріг, що має шорстку поверхню та простягається по всій ширині річки з якомога меншим ухилом, для подолання перепаду рівнів дна річки
	Обхідний канал Рибопропускна споруда з характеристиками, подібними до характеристик природного потоку, що проходить в обхід дамби, не заважаючи роботі дамби, при цьому всю заблоковану ділянку річки можна обійти
	Рибна рампа Споруда, інтегрована в греблю і покриває лише частину ширини річки, з максимально пологим ухилом, щоб забезпечити пропуск мігруючої риби. Включення валунів або валунних порогів необхідне для зменшення швидкості потоку

Існує кілька підходів до облаштування донних рамп.

Вбудовані валуни (рис. 1) є найпростішим типом у виконанні. Одношарова конструкція з великого каміння формує стабільне русло зі шорсткою поверхнею. Така рампа зазвичай має ухил близько 1:10, чим досягається баланс між водопротікання здатністю та прохідністю для риби.

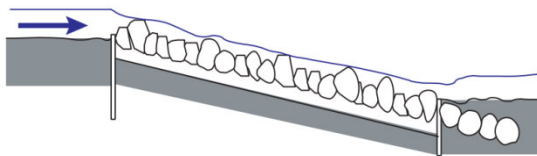


Рис. 1. Донна рампа рибопропускної споруди у вигляді вбудованих валунів

Кам'яна насипна конструкція (рис. 2) передбачає багатошаровий насип з каміння різного розміру, що дозволяє краще моделювати локальні умови течії. Насипні конструкції більш адаптивні до зміни рівня, проте вони потребують надійного укріплення дна і бічних країв, щоб уникнути ерозії та розмивання.

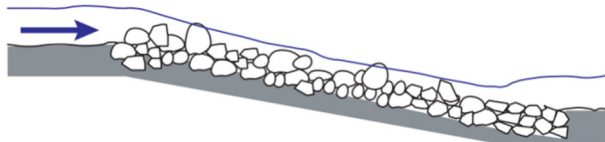


Рис. 2. Донна рампа рибопропускної споруди у вигляді кам'яної насипної конструкції

Каскадна конструкція (рис. 3) складається з послідовних кам'яних порогів та впадин. Між порогами створюються спокійні ділянки, які слугують зонами відпочинку. Такі споруди мають більшу гідравлічну складність, але забезпечують ефективне середовище для пропуску широкого спектру видів риби.

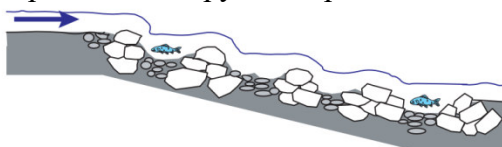


Рис. 3. Донна рампа рибопропускної споруди у вигляді каскадної конструкції



Форма донної рампи у горизонтальній проекції в плані залежить від ширини річки. При ширині понад 15 м рампа проектується з пивною кривизною. Для малих річок достатньо прямолінійного гребеня. Мінімальна глибина води має бути 0,3–0,4 м, максимально допустима швидкість потоку до 2,0 м/с, в окремих випадках, якщо риба має достатні витривалі здібності, допустимі вищі значення швидкості (до 2,2–2,5 м/с) [2, с. 30].

Рампа має бути змодельована так, щоб утворювались спокійні ділянки біля берегів та під валунами, які риба може використовувати для перепочинку.

У багатьох випадках існуючі, непрохідні споруди, перепади, греблі або не діючі регульовані водозливи можна переобладнати, замінивши їх на донні рампи чи донні схили. Це дасть змогу з відносно малими затратами забезпечити біологічну прохідність різних видів риби. Найбільш ефективними в цьому плані є каскадні або валунні конструкції, які дозволяють формувати прийнятні умови для різних видів риб навіть за великих перепадів.

Донні рампи та донні схили – це ефективні та екологічно обґрунтовані рішення для відновлення пропуску річкової фауни. Вони забезпечують сприятливі умови для міграції риби та гармонійно інтегруються в природне русло. Завдяки своїй універсальності такі конструкції є особливо актуальними в умовах змін клімату та потреб збереження біорізноманіття.

Список використаних джерел: 1. Fish passes – Desing, dimensions and monitoring. Rome : FAO, 2002. 112 p. 2. Larinier M. Implantation des passes a poissons. *Bull. Fr. Peche Piscic.* 1992. № 326/327. С. 30–44.



УДК 631.674.6:504.53.062.4

Новачок О. М., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

КОМПАКТНИЙ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДАНИХ

Зараз інформаційні системи досить надійні, але трапляються не поодинокі випадки втрати інформації. Найбільш цінною в такому випадку є інформація створена окремим користувачем. Операційну систему, програмне забезпечення можна встановити, налаштувати заново. Для мінімізації збитків потрібно регулярно робити резервні копії даних. Можна зберігати образи всього жорсткого диску, або окремих розділів жорсткого диску. В такому випадку зберігається операційна система, програмне забезпечення (з усіма налаштуваннями) і дані. Бажано щоб цей процес був досить швидким.

При використанні для резервного копіювання зовнішніх жорстких дисків з підключенням до персонального комп'ютера через інтерфейс USB 2.0, процес зберігання – відновлення для середнього персонального комп'ютера, які використовуються в Національному університеті водного господарства та природокористування займає години.

Нами протестований компактний програмно-апаратний комплекс для збереження та відновлення даних, який складався з двох частин:

1. Док-станція Sandberg USB 3.2 Cloner & Dock for M2 + NVMe + SATA забезпечує просте зовнішнє підключення традиційних жорстких дисків, дисків типу SSD і NVMe M.2



SSD 3.5"/2.5" стандарту SATA різних розмірів, без будь-яких корпусів і гвинтів. Вона з легкістю підключається до комп'ютера через порт USB-A або USB-C і починає працювати негайно. Завдяки інтерфейсу USB 3.2 ми отримуємо високу швидкість передачі даних до 10 Гбіт/с. Крім того, можна клонувати контент одного жорсткого диска на інший без підключення до комп'ютера. Функція клонування працює у двох напрямках;

2. SSD-накопичувач Samsung 980 2280 PCIe 3.0 □4 NVMe 1TB з встановленою операційною системою Linu□ (Ubuntu 24.04 LTS).

Тестове збереження розділу жорсткого диску 157 GB зайняло 6 хвилин. Середня швидкість збереження 480 MB/с. Вага док-станції з SSD-накопичувачем 56 грамів (весь комплект з блоком живлення 235 грамів).



Рисунок. Компактний програмно-апаратний комплекс для збереження та відновлення даних

На даному комплексі можна встановити необхідну операційну систему, налаштувати потрібне програмне забезпечення, завантажитись з нього на довільному комп'ютері в комп'ютерному класі університету (без втручання в програмне забезпечення комп'ютера) і провести демонстрацію роботи програм студентам.



УДК 631.674.6:504.53.062.4

Новачок О. М., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

КОМПЛЕКТ ДЛЯ ПРЕЗЕНТАЦІЙ

Найбільш поширеним способом для відображення мультимедійних презентації в аудиторії є використання персонального комп'ютера (ноутбука) та проектора. Але ці пристрої мають певні габарити та вагу і це створює додаткове навантаження на викладача.

Сучасні смартфони вже на протязі тривалого часу не мають технічних обмежень при відтворенні мультимедійного контенту 1080p.

Мобільний комплект зі смартфона Samsung Galaxy Note 3 SM-N9000 та безпроводний адаптер Samsung AllShare Cast Dongle EAD-T10 (EAD-T10EDEGSTD) з інтерфейсом HDMI та Wi-Fi 802.11a/b/g/n з підтримкою функції AllShare Cast забезпечує бездротову передачу мультимедіа (дзеркалювання) з підтримкою Full HD з роздільною здатністю (1920 × 1080 пікселів). Вага названого безпроводного адаптера складає всього 93 грами (разом з блоком живлення), тому це є хорошою альтернативою порівняно з використанням ноутбука.

Особливої переваги даний комплект набуває в лекційних аудиторіях університету, обладнаних стаціонарними проекторами з входними HDMI кабелями. Безпроводний адаптер Samsung AllShare Cast Dongle EAD-T10 підключається до входного HDMI кабелю стаціонарного проектора, на смартфоні Samsung Galaxy Note 3 SM-N9000 запускається інтегрована функція Screen Mirroring (дзеркалювання екрану смартфона) і будь-яке зображення з



екрану смартфона (включаючи відео 1080p зі звуком) автоматично передається на стаціонарний проектор. Гучність можна регулювати як зі смартфона так і на проекторі.



Рисунок. Мобільний комплект зі смартфона Samsung Galaxy Note 3 SM-N9000 (праворуч) та безпроводний адаптер Samsung AllShare Cast Dongle EAD-T10 (ліворуч)

Використання даного комплекту в Національному університеті водного господарства та природокористування на кафедрі водогосподарського будівництва та експлуатації гідромеліоративних систем, кафедрі гідроінформатики та кафедрі гідротехнічного будівництва та гідравліки з жовтня 2013 підтвердило його хороші експлуатаційні якості при відображенні будь-яких презентаційних матеріалів.



УДК 631.6:532–192

Панасюк І. С., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Токар Л. О.**, к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ГІДРАВЛІЧНІ ОПОРИ ПЛАСТМАСОВОГО ГОФРОВАНОГО ДРЕНАЖНОГО ТРУБУПРОВОДУ

Застосування пластмасових труб для дренажу спрощує технологічний процес будівництва дренажних систем. Конфігурація гофрованих труб, розміри гофрів та їх перфорація впливає на гідравлічні опори, а значить на водоприймальну та водопропускну здатність труб, які на осушувально-зволожувальних системах періодично працюють в режимі осушення та зволоження.

Основні характеристики та параметри гофрованих труб із ПВХ-U (ПТТП «Качмарек») наведені в таблиці.

Таблиця

Основні характеристики та параметри гофрованих труб із
ПВХ-U

Зовнішній діаметр, D_3	50
Внутрішній діаметр, D_B	44,0
Кількість отворів в поперечному перерізі, <i>шт</i>	6
Кількість отворів на 1 пог. <i>м</i>	492
Ширина одного отвору, <i>мм</i>	1,3
Поверхня перфорації, $\text{см}^2/\text{м}$	32
Відносна висота гофрів δ/D_B	0,068



На рис. 1 зображена схема гофрованих труб, які використовуються для осушувально-зволожувальних гідромеліоративних систем.

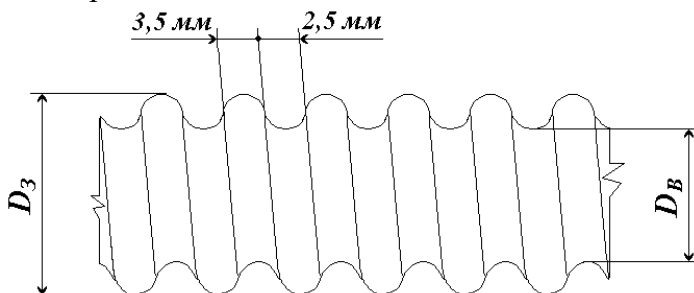


Рис. 1. Схема гофрованої труби із ПВХ – У
 $D_3 = 50 \text{ мм}$; $D_B = 44 \text{ мм}$

Рух рідини в дренажних трубопроводах відбувається зі змінними витратами уздовж трубопроводу. При цьому, якщо вони працюють в режимі осушення, то витрати уздовж трубопроводів зростають, а коли відбувається зволоження, то витрати уздовж трубопроводів (дрен) зменшуються.

Найбільш напруженим періодом в роботі дренажу є весняний та літній період під час тривалих зливових опадів. В ці періоди дренажні труби працюють в напірному режимі. Очевидно, що максимальні витрати будуть в кінці дрен.

Витрата в кінці дрена дорівнює

$$Q_{KD} = qBL_D, \quad (1)$$

де q – дренажний стік; B – віддаль між дренами; L_D – довжина дрен.

Для визначення меж зміни витрат в дренах, що працюють в режимі осушення використано залежність для визначення віддалі між дренами при $T_d \leq B/4$ [1].



$$B = 4 \left(\sqrt{\Phi^2 + \frac{HT}{2q}} - \Phi \right), \quad (2)$$

де Φ – загальні фільтраційні опори; H – розрахунковий напір; T – провідність ґрунту; q – дренажний стік.

Використовуючи формулу (2) при нормі осушення $a=0,5...0,8$ м; коефіцієнті фільтрації $k_{\Phi}=0,1...2$ м/добу; віддалі від осі дрени до водоупору $T_{\text{д}}=1$ м; часі зниження РГВ $t=2...4$ доби; глибині закладання дрен $H_{\text{д}}=1$ м і довжині дрен $L_{\text{д}}=250$ м, знаходимо, що витрати $Q_{\text{КД}}=6...104$ м³/добу при $B=4...34$ м.

Якщо $Q_{\text{КД}}=6...104$ м³/добу, то для дрен з внутрішнім діаметром $D_{\text{в}}=4,4$ см числа Рейнольдса будуть у межах $Re=1700...30000$. Числа Рейнольдса будуть у межах $Re=1700...4000$ відповідають дренам, які прокладені в ґрунтах з коефіцієнтами фільтрації $k_{\Phi}=0,1...0,3$ м/добу.

Аналіз показує, що для переважної більшості випадків меліоративного дренажу можливий діапазон зміни чисел Рейнольдса, що обчислені за витратою в кінці дрени, становить 4000–40000.

Дослідження гідравлічних опорів дренажних гофрованих труб при рівномірному русі виконано при числах Рейнольдса $Re=VD_{\text{в}}/\nu=4000...45000$. Для визначення величин коефіцієнтів гідравлічного тертя використовували формулу

$$h_{\text{д}} = \lambda \frac{l}{D_{\text{в}}} \frac{Q^2}{2g\omega_{\text{в}}^2}, \quad (3)$$

де $\omega_{\text{в}}$ – площа внутрішнього перерізу трубопроводу, яка відповідає внутрішньому діаметру $D_{\text{в}}$.

Витрати Q визначали за допомогою мірних ємностей об'ємами $W=1$ л та 3 л.

Результати дослідів у вигляді графіка $\lambda=f(Re)$ наведені на рис. 2.

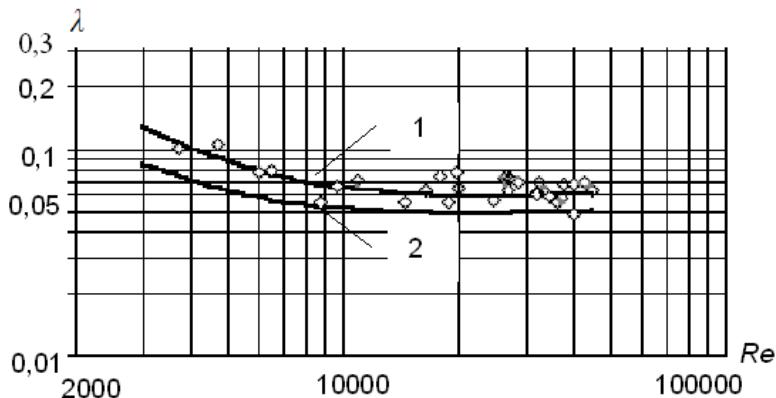


Рис. 2. Графік $\lambda=f(Re)$: 1 – для пластмасового гофрованого трубопроводу $D_B=44$ мм; 2 – для гофрованих трубопроводів за дослідями [2]

Із рис. 2 видно, що при $Re > 15000$ коефіцієнт $\lambda \approx const$, тобто маємо область квадратичного гідрравлічного опору.

Приймаючи за основу структуру залежності згідно дослідів [2], результати наших дослідів в діапазоні чисел Рейнольдса $Re=3500 \dots 15000$ можна визначити за формулою

$$\lambda = \frac{510}{Re} - \frac{6,8}{Re^{0,5}} + 0,082. \quad (4)$$

Із рис. 2 видно, що в наших дослідях величини λ , при числах Рейнольдса 4000–40000 в 1,2–1,4 разів більші, ніж в дослідях [2]. Це збільшення можна пояснити різною величиною гофрів.

Список використаних джерел: 1. ДБН В. 2.4–1–99. Меліоративні системи та споруди. К. : Держбуд України, 1999. 112 с. 2. Дмитриев А. Ф., Безусяк А. В., Хлапук Н. Н. Совершенствование осушительно-увлажнительных систем. Львов : Світ, 1992. 176 с.



УДК 631.6:532–192

Панасюк І. С., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Токар Л. О., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІНЛИВОСТІ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАКЛАДАННЯ УКОСІВ КАНАЛІВ

Проектуючи мережу осушувально-зволожувальних систем важливим є призначення коефіцієнт закладання укосів каналів. Проте значення цього гідравлічного параметру не є постійним, оскільки змінюється у просторі та часі, а отримання його статистичної величини шляхом натурних спостережень вимагає значних затрат праці і фінансових витрат.

Оцінювання гідравлічної працездатності елементів осушувальних систем можна виконати використавши метод статистичного моделювання, який часто називають метод «Монте-Карло».

За наявності орієнтовних значень відповідних параметрів та масиви випадкових чисел, обчислюють реалізації досліджуваного параметра. Такі розрахунки детерміністичних величини дають змогу їх перетворити у випадкові.

При використанні випадкових чисел з нормальним розподілом, будь-яке значення параметра, що розраховується можна обчислити за формулою (1) [1].

$$x_i = x_0 (1 + z_i x_1) , \quad (1)$$

де z_i – нормоване випадкове число; x_0 – орієнтовне значення досліджуваного параметра; x_1 – орієнтовний коефіцієнт



варіації параметра; σ_x – орієнтовне значення середнього квадратичного відхилення досліджуваного параметра.

Початкові значення коефіцієнтів варіації закладання укосів σ_x взято на основі нормативних допусків Δm [2] та правила «трьох сигм».

Відносні похибки визначення математичного сподівання, та відносні максимальні похибки обчислення середнього квадратичного відхилення $\bar{\sigma}_x$ обчислювалися за формулами (2, 3) [2]:

$$\delta_x = \frac{kt_\beta}{\sqrt{N}} ; \quad (2)$$

$$\delta_{\sigma_x} = z_2 - I . \quad (3)$$

Оскільки, відносна похибка $\delta_{\sigma_x} \gg \delta_x$, то для результируючих значень $\bar{\sigma}_x$ з похибкою, яка при імовірності довіри $\beta=0,90; 0,95$ не перевищує 4–6% для статистичного моделювання взято кількість реалізацій $N=600$.

Здійснюючи аналіз значення допусків на глибину та ширину дна каналів, які наведені в [3], встановлено, що для статистичного моделювання коефіцієнту закладання укосів каналів можна в першому наближенні взяти коефіцієнт варіації закладання укосів $k_m=0,05$. Тоді, наближене значення середнього квадратичного відхилення σ_m коефіцієнта закладання укосів m становитиме

$$\sigma_m = k_m \cdot m . \quad (4)$$

Для значень $m = 1; 1,5; 2$, відповідно отримано: $\sigma_m=0,05; 0,075; 0,10$.

Результати статистичного моделювання коефіцієнтів закладання укосів каналу наведені в таблиці.

Таким чином, за виконаними розрахунками (таблиця), при коефіцієнті варіації закладання укосів каналів на основі нормативних допусків глибини та ширини дна каналу $k_m=0,05$ отримано значення математичних сподівань



середніх квадратичних відхилень σ_m коефіцієнтів закладання укосів, значення яких з похибкою $\delta_{\sigma_m} \leq 6 \%$ при $m=1; 1,5; 2$, відповідно дорівнюють: $\sigma_m = 0,052; 0,078; 0,104$.

Таблиця
Межі довірчих інтервалів та відносні похибки розрахунків
коефіцієнтів закладання укосів каналу при імовірностях
довіри β

m	Розрахункові значення		β	$I_{\beta m}$	$I_{\beta \sigma_m}$	$\delta_m, \%$	$\delta_{\sigma_m}, \%$
	$\bar{m}$	$\bar{\sigma}_m$					
1	0,99915	0,05224	0,90	0,99564	0,05039	0,35	3,9
				1,00265	0,05427		
			0,95	0,99497	0,04944	0,42	6,0
				1,00333	0,05537		
1,5	1,49987	0,07836	0,90	1,49346	0,07558	0,35	3,9
				1,50348	0,08140		
			0,95	1,49245	0,074161	0,42	6,0
				1,5050	0,08306		
2	1,99829	0,10448	0,90	1,99128	0,10077	0,35	3,9
				2,00531	0,10853		
			0,95	1,98993	0,09888	0,42	6,0
				2,00665	0,011075		

Список використаних джерел: 1. Шрейдер Ю. А. Метод статистических испытаний (Метод Монте-Карло). М. : Физматгиз, 1962. 331 с. 2. Науменко І. І. Надійність споруд гідромеліоративних систем. К. : ІСДО, 1994. 424 с. 3. ДБН В. 2.4–1–99. Меліоративні системи та споруди. К. : Держбуд України, 1999. 112 с.



УДК 626/627

Шкабара Є. О., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Шинкарук Л. А., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

СТАН КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЧЕРЕЗ ДВА РОКИ ПІСЛЯ КАТАСТРОФИ

Коротка характеристика Каховського гідровузла на р. Дніпро. Рішення про будівництво Каховського гідровузла було прийнято 21.09.1950 року СМ СРСР № 4000: з установленою потужністю – 312 тис. кВт, середньорічним виробленням – 1400 млн кВт годин, планові терміни будівництва: 1951–1956 рр.

До складу гідровузла входили такі гідротехнічні споруди: земляна руслова гребля, бетонна водозливна гребля, будівля ГЕС, гребля (земляна вставка) між шлюзом і ГЕС, судноплавний шлюз, заплавна гребля, надзаплавна гребля.

Попередній аналіз наслідків руйнування Каховського гідровузла 06 червня 2023 р. Майже два роки тому, у ніч проти 6 червня 2023 року, окупанти підірвали греблю Каховського гідровузла, створивши таким чином нездоланну водну перепону на шляху планованого контрнаступу українських військ.

Велика вода накрила понад 80 населених пунктів, мінні поля з обох боків Каховського водосховища, лани, заповідні угіддя, а також склади палива, хімікатів, скотомогильники...

За даними Держагенства водних ресурсів України відомо, що Каховське водосховище було джерелом зрошення гідромеліоративних систем: для 94% систем у



Херсонській, **74%** – в Запорізькій та **30%** – в Дніпропетровській областях. Каховське водосховище було джерелом живлення для **584 тис. га** земель, на які подавалася вода для зрошення.

Однак без відновлення джерела водопостачання займатися зрошуванням землеробством на півдні України у найближчий час буде неможливо. Станом на 09 червня 2023р. **350 насосних станцій** та **меліоративні канали** загальною довжиною понад **1100 км** залишилися без води, зокрема, Каховський магістральний канал обслуговував **326 тис. га**, Північно-Кримський – **39,7 тис. га** сільськогосподарських земель. Крім того, через низку систем у Запорізькій, Херсонській та Дніпропетровській областях здійснювали окремий водозабір із водосховища на загальну площу зрошення **218,3 тис. га**.

Сьогодні у світі великою проблемою є забезпечення людства водою. Ця проблема в ХХІ сторіччі все більше загострюється в умовах зміни клімату. Україна за водозабезпеченням на душу населення займає одне з останніх місць в Європі при наявних водосховищах. На сьогодні водосховища Дніпровського каскаду забезпечують водопостачання на 2/3 території України, корисний об'єм водосховища Каховського гідровузла складає – 6,8 км³, це 37% від корисного об'єму всіх водосховищ Дніпровського каскаду. Отже, водосховища, перш за все, вирішують проблеми забезпечення водою населення, промисловості, сільського господарства, енергетики».

Висновки після аварії. 1. Руйнувань на Каховському гідровузлі зазнали будівля ГЕС, 16 прогонів водозливної греблі, вставка із земляної греблі між будівлею ГЕС і судноплавним шлюзом та адміністративний корпус станції. **2. Надзвичайно гострою** є проблема забезпечення водопостачання населених пунктів. Вважаємо що повоєнна відбудова Каховської ГЕС є **необхідною і можливою**, але



наразі потрібно зконцентрувати увагу та направити зусилля та фінанси на **водогосподарський аспект** з метою забезпечити в першу чергу прісною усіх водокористувачів.

3. Існує серйозна загроза нормальній роботі Запорізької атомної електростанції. потреба проробити варіант подачі води для охолодження агрегатів Запорізької АЕС із водосховища Дніпровської ГЕС та інші альтернативні варіанти. **4.** Встановлено що руйнування бетонних споруд Каховського гідровузла здійснені шляхом влаштування вибухів зсередини. **5.** Екологічна безпека навколишнього середовища істотно порушена як у нижньому, так і верхньому б'єфах гідровузла.

Два роки після катастрофи: стан водосховища, проблеми і перспективи. Єдиної думки про те що робити з цією територією водосховища, немає: енергетики пропонують відбудовувати ГЕС, натомість екологи закликають відродити Великий Луг як природний заповідник і об'єкт історичної пам'яті. Уряд дозволив використовувати землі Каховського водосховища лише для його відновлення та будівництва гідротехнічних споруд. Цільове призначення землі Каховського водосховища змінювати не будуть. Про це йдеться у постанові уряду. Рішення буде чинним на період дії воєнного стану та протягом п'яти років після його припинення чи скасування.

Загалом ООН оцінила прямі збитки України від руйнування окупантами Каховської ГЕС у \$14 млрд. 2. На дні велетенської водойми, де два роки тому билися хвилі, сьогодні буяють вербові хащі. 150 гектарів вербового і тополевого лісу. Таким стало Каховське «море». 3. Дослідники природи дивуються, що за один лише рік дерева з насінин вирости на два і більше метри. Це **унікальний випадок у світі**, вважає чимало науковців. А унікальний тому, що, за прогнозами, дно Каховського водосховища внаслідок ерозії ґрунту та ще й за сприяння літньої спеки і



вітрів мало би перетворитися на напівпустелю, Водосховище зруйнували якраз у той момент, коли летів тополиний та вербовий пух. Щойно вода почала відступати, хвилі висіяли пух, тобто насіння дерев, всією поверхнею, і масове проростання дерев відбулося завдяки цьому». Південь колишнього водосховища заростає вербами, а північ – тополями.

Руйнування Каховської ГЕС призвело до неконтрольованого скидання значного об'єму прісної води – впродовж кількох днів червня 2023 року в море вилилося 14,395 кубічних кілометрів.

Із зневодненням загинуло все живе, для кого водосховище було домівкою. Натомість район техногенного лиха почали заповнювати інвазійні види рослин, тобто чужинці, непридатні цій території. У водосховищі жили мільярди планктонних організмів та риб. Все це було викинуто у Чорне море і загинуло у морській воді. Глибоководні молюски і раки, що жили на дні, загинули.

Стан обмілілих водойм у Запорізькому районі задовільний, попри відхилення за рівнем нітритів та аміаку. Вода насичена киснем, відсутній сторонній запах. Тепер колишнє Каховське водосховище – це водно-болотні угіддя. Тут є всі відповідні умови для збільшення кількості комах

Без технічної і [питної води](#) залишаються низка громад Запорізького району. Натепер їх забезпечують з інших джерел, зокрема з Дніпровського водосховища, вище Запоріжжя. Втім для усіх потреб цього не вистачає. Тому потреба в забезпеченні водою населення, сільського господарства, промислових підприємств залишається надзвичайно актуальною.



УДК 626.823.93

Шумлянський А. О., здобувач вищої освіти третього рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), науковий керівник: Корнійчук В. І., к.т.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ГРАДІЄНТИ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ НАПОРІВ В ТІЛІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ ДАМБ

Паводки є одними з найнебезпечніших природних гідрологічних явищ, які можуть призводити до значних соціально-економічних та екологічних збитків. Зміна клімату, урбанізація, вирубка лісів та деградація водозахисних смуг спричиняють зростання частоти та інтенсивності паводків у багатьох регіонах світу, зокрема і в Україні [1].

У басейнах гірських річок Карпатського регіону спостерігаються інтенсивні паводкові процеси, що викликають ерозію ґрунтів, руйнування гідротехнічних споруд, знищення інфраструктури та загрозу життю населення (наприклад, у 2020 році було підтоплено понад 300 населених пунктів [2].

Серед ефективних протипаводкових заходів вирізняють будівництво дамб, водосховищ, розробку моделей прогнозування стоку, створення буферних зон та впровадження інтегрованого управління водними ресурсами [3]. Європейські країни впроваджують директиви щодо управління ризиками повеней, які зобов'язують країни розробляти плани дій та інтегрувати протипаводкову політику у просторове планування та будівництво.



Таким чином, для зменшення збитків і запобігання людським жертвам, необхідно удосконалювати як інженерні, так і організаційні протипаводкові заходи на національному та місцевому рівнях [4]. До таких заходів належать не лише технічні інженерні рішення, як-от будівництво дамб, водосховищ чи зливових каналів, а й організаційно-правові інструменти – розробка планів управління ризиками повеней, впровадження страхування від стихійних лих, а також підвищення обізнаності населення щодо правил безпеки у випадку паводків. Інтеграція цих підходів у національну політику управління водними ресурсами забезпечує комплексне та ефективне реагування на виклики, що створює глобальна зміна клімату.

Огороджувальна захисна дамба в системі протипаводкового захисту є найбільш дорогим і трудомістким елементом, найбільше підлягає небезпеці пошкодження. Для її зведення необхідні значні об'єми матеріалу, що може бути використаний з місцевих кар'єрів, розташованих безпосередньо біля місць будівництва. Це в свою чергу значно зменшить транспортні витрати і, відповідно, загальну вартість огорожувальної дамби.

В залежності від конструкції дамби та її елементів, від складу ґрунтів тіла та основи, при дії фільтраційного потоку можуть виникати фільтраційно-суфозійні деформації в тілі дамби та в її основі. Фільтраційна міцність ґрунтів є ключовим чинником при проектуванні дамб. Особливо важливим є контроль фільтраційного градієнта, оскільки його перевищення може спричинити суфозію, випір, кольматацію, пучіння, що можуть призвести до руйнування споруди.

Для оцінки можливості їх виникнення потрібно визначати градієнти фільтраційного напору, що виникають в тілі дамб. Обчислити діючі градієнти напору в тілі греблі

можна виконати за його середнім значенням $J_{est,m}$ за формулою [5]

$$J_{est,m} = H/L, \quad (1)$$

де H – розрахунковий перепад напорів верхнього і нижнього б'єфів; L – довжина між розрахунковими точками A і B , відповідно до схеми розрахунку середнього градієнту напору (рис. 1).

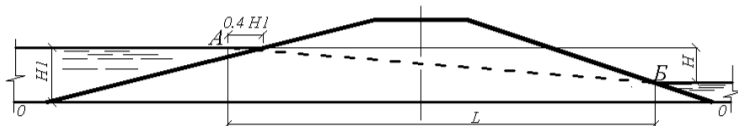


Рис. 1. Схема для розрахунку середнього градієнту напору $J_{est,m}$

Було проведено порівняння отриманих результатів за (1) із фільтраційними розрахунками виконаними за методом скінченних елементів (КЕ) на програмному комплексі Rocscience (v.6.2). Для цього було складено розрахункову схему представлено на рис. 2.

Вибрано типову схему у вигляді трапецієвидної насипної греблі на водопроникній основі. Розміри поперечного перерізу та властивості ґрунтів також представлено на схемі.

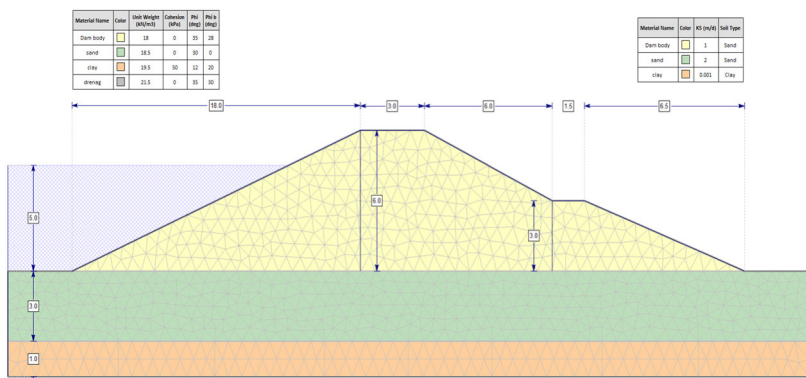


Рис. 2. Схема фільтраційного розрахунку огорожувальної дамби



За результатами розрахунку отримано положення кривої депресії в тілі дамби та розподіл градієнтів напору, які наведено на рис. 3 при рівні води 5.0 м.

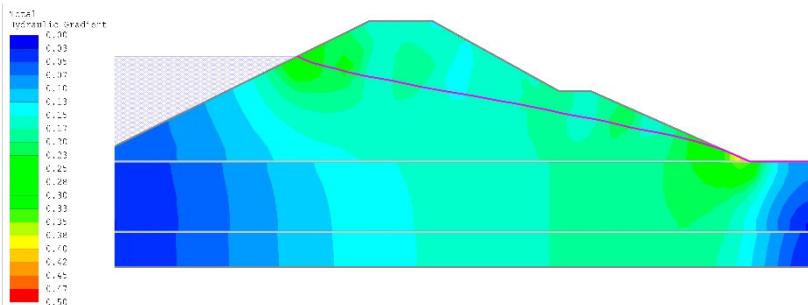


Рис. 3. Розподіл градієнтів напору в тілі огорожувальної дамби

В таблиці наведено результати розрахунків середніх градієнтів фільтраційного напору розрахованих за (1) та методом КЕ при різних рівнях воду у верхньому б'єфі. У всіх розрахункових випадках прийнято, що у нижньому б'єфі вода відсутня, вихід кривої депресії відбувається на низовий укіс, захищений приставним дренажем.

Таблиця

Результати розрахунку градієнтів напору

№	Напір H_i , м	Довжина L , м	Градієнт напору				Критич. [5]	Ґрунт тіла дамби
			Розрах. за (1)	За методом КЕ				
				на вході	в серед.	на виході		
1	4.50	17.50	0.286	0.300	0.180	0.430	0.75 – 1.0	Пісок
2	4.00	20.40	0.196	0.180	0.140	0.340		
3	3.50	23.30	0.129	0.150	0.090	0.240		
4	3.00	24.75	0.101	0.110	0.060	0.140		
5	2.50	26.20	0.076	0.090	0.040	0.090		
6	2.00	17.50	0.286	0.300	0.180	0.430		

Із аналізу результатів розрахунків можна зробити висновок, що в тілі ґрунтових дамб можуть виникати градієнта напору на 18–86% більші ніж середні розраховані



за (1) які необхідно враховувати при проектуванні та розрахунку фільтраційної міцності огорожувальних дамб. Ці максимальні градієнти зосереджуються на вході та виході фільтраційного потоку, що може бути особливо небезпечним та призвести до фільтраційних деформацій у вигляді випору, контактної суфозії й призвести до зручних руйнувань споруди і її можливої повної руйнації.

Список використаних джерел: 1. Flood protection of territories as part of a flood risk management system. Report of the United Nations Development Programme. URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/Flood-protection-of-territories.pdf>. (дата звернення: 02.05.2025). 2. AON. "Global Catastrophe Report 2020". AON. Archived (PDF) from the original on September 14, 2020. URL: https://web.archive.org/web/20200914230959/http://thoughtleadership.aonbenfield.com//Documents/20201109_analytics-if-august-global-recap.pdf/. (дата звернення: 02.05.2025). 3. Петроченко О. Проблема паводків та аналіз шляхів її рішення. *Екологічна безпека та природокористування*. 2023. Вип. 46(2). С. 5–22. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.2.5-22>. 4. Manukalo V. River flood warning system in Ukraine. *IAHS Publication*. 2007. No. 239. Рр. 163–167. 5. Гідротехнічні споруди : навч. посіб. / М. М. Хлапук, Л. А. Шинкарук, А. В. Дем'янюк, О. А. Дмитрієва. Рівне : НУВГП, 2013. 241 с.



СЕКЦІЯ 3

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТОТЕХНІКА





УДК 681.58

Бернацький Е. В., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Стець С. Є.**, доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЗМІННОГО СТРУМУ

Під час модернізації лабораторії автоматизованого електроприводу кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій була вирішена задача розробки і реалізації системи автоматичного віддаленого керування з використанням сучасних розробок фірми Siemens.

Через мережу PROFIBUS [1] контролер Siemens Simatic S7315 під'єднали до інтерфейсного модуля IM-151, який розмістили в шафі керування електроприводом, та до HMI-панелі TP177B, що разом з контролером розміщена в шафі автоматики. З використанням HMI-панелі TP177B запроектовані основні елементи керування асинхронним електроприводом змінного струму, а саме: вибір режиму роботи електроприводу, кнопки пуску електроприводу, реверсу та зупинки (кнопка стоп). Розроблена програма для контролера передбачає 2 режими роботи електроприводу: прямий пуск від мережі та пуск через частотний перетворювач. Програма реалізована у STEP7 Simatic Manager [2], що включає в себе редактор коду для написання програм контролера, інструменти для прошивки контролера та дозволяє налаштувати мережу PROFIBUS.

При розробці інтерфейсу керування процесом для HMI-панелі TP177B використане програмне забезпечення



Simatic WinCC flexible [3], в якому легко візуалізувати виробничий процес у зрозумілому для людини форматі.

В результаті виконання поставленого завдання фізично і програмно реалізовано трирівневу систему віддаленого керування електроприводом, що складається з двох електричних шаф. У першій шафі розміщений інтерфейсний модуль ІМ-151, з якого надходять сигнали до електромеханічних реле ввімкнення і вимкнення електроприводу та керування частотним перетворювачем, а також розміщена вся апаратура керування трифазним асинхронним двигуном змінного струму з короткозамкненим ротором, та сам частотний перетворювач. У другій шафі, фізично віддаленій від першої, розміщений ПЛК, в якому реалізована програма керування ввімкненням і вимкненням електропривода (2 рівень проектованої багаторівневої системи автоматичного керування). Також в цій шафі встановлена панель TR177B, за допомогою якої з використанням SCADA-системи Simatic WinCC flexible реалізований людино-машинний інтерфейс віддаленого керування електроприводом і його частотним перетворювачем (3 рівень проектованої багаторівневої системи керування).

Розроблена і реалізована трирівнева система віддаленого керування в подальшому дасть можливість проводити дослідження динаміки таких систем керування, та аналізу їх роботи.

Список використаних джерел: 1. О. М. Пупена, І. В. Ельперін, Н. М. Луцька, А. П. Ладанюк. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навч. посіб. К. : Вид-во «Ліра-К», 2015. 552 с. 2. Simatic. STEP 7 Professional V14 SP1. SIEMENS: System Manual. 04.2017. 16098 p. 3. Simatic. WinCC Professional V14 SP1. SIEMENS: System Manual. 03.2017. 8656 p.



УДК 621.38

Гончаров В. М., здобувач вищої освіти першого (магістерського) рівня (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон), науковий керівник: Литвиненко В. М., к.т.н., доцент (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон)

РОЗРОБКА ВОЛОГОМІРА ДЛЯ ҐРУНТУ

Волога є одним з незамінних факторів життя рослин. Вона потрібна рослинам протягом всього їх життя. У різні періоди вегетації для нормального росту та розвитку рослинний організм потребує різну кількість ґрунтової вологи та використовує її з різних шарів ґрунту. На рослину однаково несприятливо впливає як нестача, так і надлишок ґрунтової вологи. Ґрунт (земля) є одним із основних природних засобів виробництва продовольства. Вологість і температура ґрунту – одні з головних фізичних властивостей ґрунтів, що визначають їх родючість. Без наявності необхідної кількості води в ґрунті і відповідної температури, сільськогосподарські культури не проростають зовсім. Вологість ґрунту впливає на розчинність, переміщення та ефективність органічних і мінеральних добрив, на ступінь забруднення ґрунту пестицидами і іншими продуктами техногенного походження, на те, скільки сільськогосподарських рослини засвоять шкідливих для здоров'я людей хімікатів [1].

Більшість фізичних або хімічних властивостей ґрунту змінюються зі зміною його вологості. Вимірювання вологості ґрунту є обов'язковою складовою його аналізу. Численні методи вимірювання вологості ґрунту включають в себе прямі, непрямі та дистанційні. Прямі методи включають вилучення води зі зразка ґрунту шляхом



випаровування, вимивання та хімічної реакції. Вологість ґрунту вираховується на основі маси вилученої води і сухого ґрунту. Непрямі методи включають вимірювання деяких характеристик ґрунту, що залежать від вмісту в ньому води. Переважна більшість існуючих методів визначення вологості ґрунту базується на попередньому відборі ґрунтових зразків з наступним аналізом їх безпосередньо в польових умовах або в лабораторії. Зразки ґрунту для визначення вологості в полі можна брати з ґрунтових розрізів, заздалегідь знявши підсушений – шар товщиною 4–5 см, або за допомогою бура. Серед відомих методів визначення вологості ґрунту можна умовно виділити такі: окомірний, ваговий, пікнометричний, хімічний, електро-метричний, тензиометричний, радіоактивний [2].

Дана стаття присвячена розробці електронного вологоміра для ґрунту, в якому використовується непрямий метод вимірювання вологості ґрунту, принцип дії якого оснований на залежності ємності датчика від ступеня вологості ґрунту.

На рис. 1 зображена принципова схема розробленого пристрою. Ємність використовуваного конденсатора залежить від діелектрика, що знаходиться між його пластинами, а також від розміру пластин і відстані між ними. Виходячи з цієї залежності, і був побудований вимірювач з датчиком ємності, що вимірює різні неелектричні величини, наприклад, вологість матеріалів [3]. Для підвищення точності вимірювання та чутливості приладу (при порівняно малих змінах ємності датчика) було застосовано генератор високих частот (5–10 МГц), а також вимірювальний прилад (мікроамперметр) з високою чутливістю. Пристрій складається з задаючого генератора, виконаного за схемою мультівібратора, вимірювального ланцюга, калібратора і датчика. Мультівібратор зібраний



на транзисторах $VT1$, $VT2$ (рисунок). Паралельно конденсатору $C6$ підключений датчик. Потенціометр $RP4$ служить для установки рівної тривалості імпульсів на колекторах транзисторів $VT1$, $VT2$, при якій стрілка мікроамперметра не відхиляється.

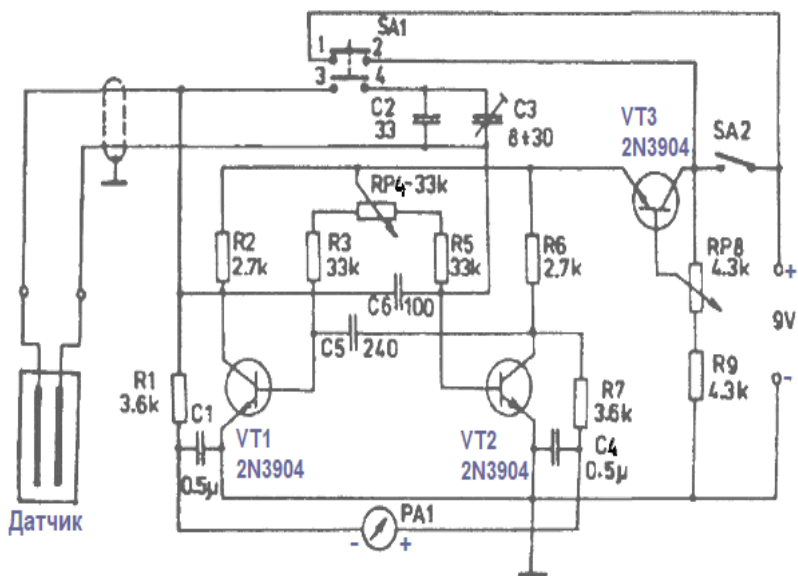


Рисунок. Принципова схема вимірювача вологості ґрунту

Вимірювальний ланцюг складається з інтегруючих елементів $R1$, $R7$, $C1$, $C4$ і стрілочного мікроамперметра $PA1$. Збільшення ємності датчика, викликане зміною вологості речовини, що вимірюється, призводить до збільшення сумарної ємності датчика, звідси і збільшення тривалості імпульсу на колекторі транзистора $VT2$. Це, в свою чергу, призводить до підвищення напруги на конденсаторі $C4$ і протіканню струму через вимірювальний прилад (мікроамперметр $PA1$) в напрямку від резистора $R7$ до резистору $R1$. При зменшенні ємності датчика сила струму,



що протікає через мікроамперметр, падає. Це говорить про зменшення вологості досліджуваної речовини (грунту).

Датчик був виготовлений з ізоляційного матеріалу розміром $200 \times 40 \times 5$ мм (був використаний гетинакс). Зверху були змонтовані паралельно два електроди на відстані 10 мм. Їх виготовили з нержавіючої жерсті розміром $160 \times 40 \times 1$ мм. Далі провели згинання під прямим кутом по довжині таким чином, щоб вийшли два прямокутника зі сторонами 30×7 мм. На семиміліметровій стороні прямокутника зробили чотири отвори, необхідні для кріплення електрода до ізоляційної платівки. Для усунення гальванічного зв'язку підкладку датчика між пластинами покрили тонким шаром епоксидної смоли.

Висновки. Розроблено вимірювач вологості ґрунту. Проведені дослідження показали його надійну роботу. Розроблений вимірювач вологості ґрунту може бути використаний для оцінки ступеня вологості ґрунту на присадибній ділянці, на дачі тощо.

Список використаних джерел: 1. Цуман Н. В., Борисюк Б. В., Коваленко П. І. Ґрунтознавство та охорона земель / за ред. П. І. Коваленка. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 256 с. 2. Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство з основами геології : підручник. Чернівці : Книги-XXI, 2006. 504 с. 3. Нестерчук Д. М., Квітка С. О., Галько С. В. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин : навч. посіб. Мелітополь : Виданвико-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 206 с.



УДК 620.9

Зубенко В. О., к.т.н., доцент (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон)

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Вступ. Ефективне використання енергії в системах водопостачання є ключовим фактором економії ресурсів, зниження експлуатаційних витрат та мінімізації впливу на довкілля. Через зростаючий попит на воду, старіння інфраструктури та зростання вартості електроенергії, оптимізація енергоспоживання стає стратегічним завданням для комунальних підприємств.

Сучасні системи водопостачання є значними споживачами електроенергії, на які припадає до 25–30% енерговитрат у комунальному секторі [1]. Основна частка енергії витрачається на роботу насосних станцій, де неефективне обладнання призводить до втрат, що можуть сягати 40–50%. Більшість водопровідних мереж досі працюють на застарілих технологіях без сучасних засобів автоматизації та моніторингу, що значно знижує їхню продуктивність. Хоча у світі активно розвиваються інноваційні рішення, такі як інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та енергоефективні насосні системи, в Україні процес модернізації відбувається недостатньо швидко через низку проблем.

Серед ключових проблем – високі втрати енергії, зумовлені неефективними насосними агрегатами та фізично зношеною інфраструктурою. Відсутність систем моніторингу енергоспоживання в реальному часі ускладнює оперативне управління ресурсами, а значні об'єми води (до 30–50%) втрачаються через аварії та витоки,



що ще більше збільшує енергетичні витрати. Важливим чинником, який гальмує розвиток галузі, є обмеженість інвестицій у модернізацію обладнання та впровадження сучасних технологій. Тому тема є актуальною.

Мета роботи – підвищення енергоефективності систем водопостачання шляхом впровадження сучасних технічних і організаційних рішень.

Основний матеріал. Одним із ключових напрямків оптимізації енергоспоживання у системах водопостачання є впровадження енергоефективних насосів із частотними перетворювачами, які дають змогу регулювати швидкість обертання двигуна залежно від реальної потреби у воді. Це дозволяє зменшити споживання електроенергії, підвищити ефективність роботи насосних станцій та забезпечити стабільну подачу води.

Перехід від традиційних до «розумних» насосів забезпечує економію електроенергії майже вдвічі.

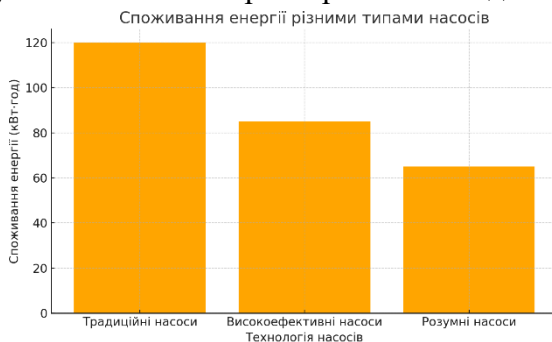


Рис. 1. Споживання енергії різними типами насосів

Згідно з аналізом [1–2], найвищі вимоги до енергоефективності насосів встановлюють європейські стандарти EN, де мінімальний ККД становить 80%, тоді як українські ДСТУ передбачають 60%, а місцеві норми (Local Norms) – лише 50%. Це вказує на значний потенціал для зниження енергоспоживання шляхом гармонізації



національної нормативної бази з міжнародними стандартами та впровадження сучасних технологічних рішень.

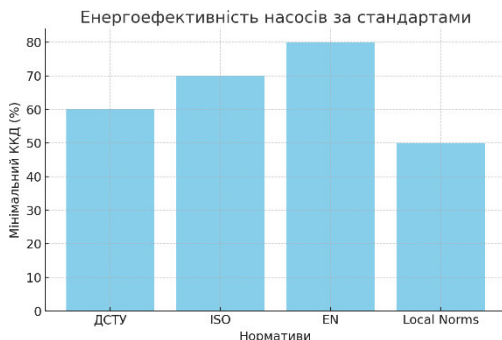


Рис. 2. Енергоефективність насосів за стандартами

У одній із територіальних громад Кіровоградської області було реалізовано комплекс заходів з енергозбереження в системі централізованого водопостачання, що дозволило суттєво знизити витрати електроенергії та покращити надійність водопостачання. Зокрема, на головній насосній станції було замінено застарілі насоси на сучасні енергоефективні агрегати з частотними перетворювачами, які автоматично регулювали подачу води залежно від споживчого навантаження. Було встановлено систему автоматизованого управління (SCADA), яка забезпечила цілодобовий моніторинг параметрів роботи обладнання та оперативне реагування на аварійні ситуації.

Проведення енергоаудиту дозволило виявити вузли з найбільшими втратами енергії – у результаті частину магістральних трубопроводів замінили на нові з меншими гідравлічними опорами. Додатково було запроваджено зонування подачі води, що дало змогу рівномірно розподілити навантаження між насосними станціями. У рамках освітлення об'єктів було повністю замінено старі



лампи на світлодіодні світильники. Загальний результат – зниження споживання електроенергії на понад 30% протягом першого року після модернізації та скорочення витрат бюджету громади на енергоресурси.

Висновки. Оптимізація енергоспоживання в системах водопостачання є необхідною умовою для підвищення ефективності роботи комунального господарства, зменшення експлуатаційних витрат та збереження енергетичних ресурсів. Впровадження енергоефективного обладнання, зокрема насосів з частотним регулюванням, а також автоматизованих систем керування, дозволяє суттєво скоротити споживання електроенергії та стабілізувати подачу води.

Практичні результати, отримані в одній із територіальних громад Кіровоградської області, підтвердили ефективність таких заходів: модернізація насосного обладнання, впровадження SCADA-системи, енергоаудит та оновлення трубопроводів дозволили досягти понад 30% економії електроенергії за рік. Це свідчить про високий потенціал масштабування подібних рішень на рівні всієї країни.

Список використаних джерел: 1. Вихрість О. О. Енергоефективність в Україні: виклики та рішення. Київ : Техніка, 2020. 192 с. 2. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Інтелектуальні системи керування в енергетиці. Київ : Держенергоефективність, 2024. 110 с. 3. Енергоефективність у водозабезпеченні: як можна заощадити на витратах електроенергії. URL: <https://burenieskvazhin.com.ua/energoefektyvnist-u-vodozabezpechenni-yak-mozhna-zaoshhadyty-na-vytratah-elektroenergiyi> (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 621.313.333

Ільчук А. П., здобувач вищої освіти першого рівня
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:**
Ільчук В. В., ст. викладач (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ФОРМУВАННЯ ЕРС ВИБІГУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Асинхронні двигуни потужністю від десятків до сотень кВт широко використовуються у складі електроприводів виробничих машин. При відключенні двигун деякий час продовжує обертатися, генеруючи ЕРС вибігу [1]. В разі швидкого відновлення живлення настає режим самозапуску. Вектори ЕРС, що генерує двигун, і напруги мережі можуть виявитися в протифазі, що спричиняє суттєве збільшення струму. Це негативно впливає на надійність системи електропостачання в цілому та стан ізоляції двигуна. Також ЕРС вибігу може збільшувати час протікання струму однофазного замикання на землю, в тому числі – через опір тіла людини, після захисного відключення двигунного приєднання. Крім того, режим вибігу може бути використаний для оцінювання значень параметрів заступної схеми двигуна [2]. Це обумовлює актуальність дослідження умов формування ЕРС вибігу асинхронного двигуна.

Мета роботи – підвищення ефективності функціонування електротехнічних комплексів з асинхронними двигунами за рахунок дослідження умов формування ЕРС вибігу.

Для моделювання перехідного процесу, що супроводжує відключення асинхронного двигуна, була

складена Simulink-модель, рис. 1. Для моделювання прийнято асинхронний двигун АИР160М2, потужністю 18,5 кВт, напруга 380 В. Обраховано наступні значення параметрів Т-подібної заступної схеми: $R_s=0,199$ Ом; $L_{ls}=1,89 \cdot 10^{-3}$ Гн; $R_r=0,171$ Ом; $L_{sr}=1,35 \cdot 10^{-3}$ Гн; $L_m=6,54 \cdot 10^{-2}$ Гн. До валу прикладається статичний момент опору 0,1 в.о.

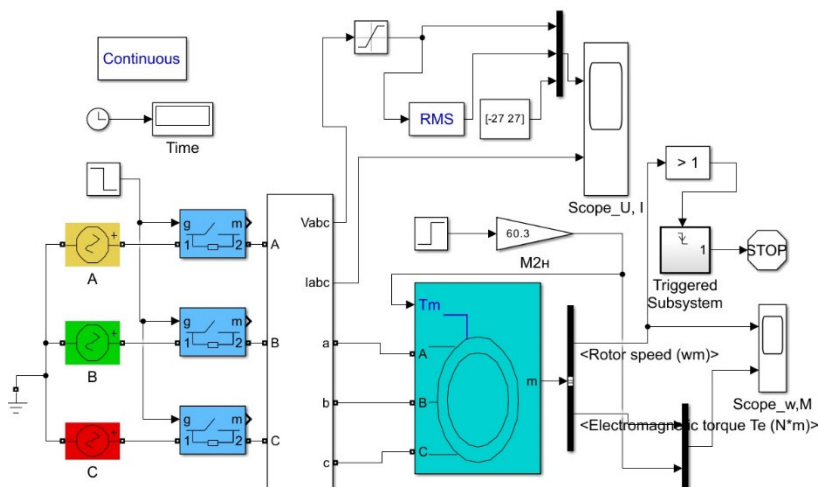


Рис. 1. Комп'ютерна модель для дослідження режиму вибігу асинхронного двигуна

Після пуску та виходу двигуна на усталений режим роботи в момент t_1 відключається комутаційний апарат, що спричиняє перехід двигуна до режиму вибігу. Такий режим супроводжується протіканням вільних струмів у роторі. Через обертання ротора поле, яке створюють ці струми, перетинає обмотки статора, наводячи в них ЕРС. Експоненціальне зниження величин струмів ротора призводить до зниження амплітуди напруги на статорі двигуна, рис. 2. Частота напруги також знижується через механічне гальмування ротора. Тривалість перехідного процесу вибігу, оцінена за зниженням амплітуди напруги до

0,03 в.о., становить 1,5 с. Розглядався випадок одиночного вибігу, тому струми в статорі не протікають та, відповідно, після моменту t_1 електромагнітний момент двигуна знижується до нуля.

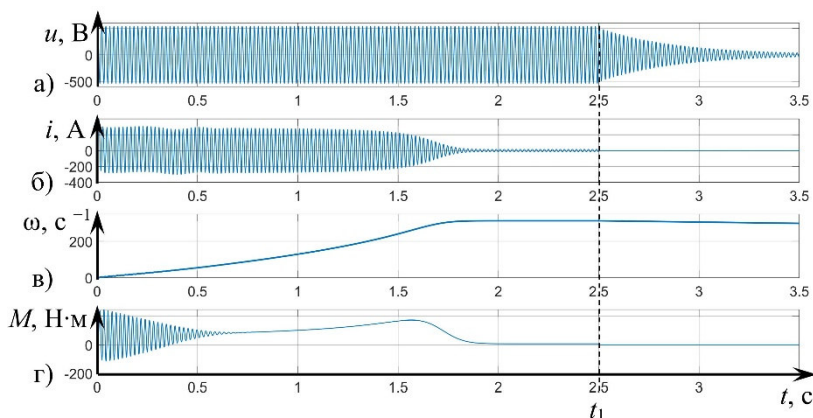


Рис. 2. Графіки, що характеризують пуск та вибіг двигуна:
а – напруга; б – струм; в – частота обертання;
г – електромагнітний момент

Таким чином, вибіг асинхронного двигуна супроводжується експоненціальним зниженням амплітуди ЕРС статора. Зниження частоти такої ЕРС відповідає зниженню частот обертання ротора. В режимі одиночного вибігу струми в статорній обмотці не протікають.

Список використаних джерел: 1. Potamianakis E. G., Vournas C. D. Short-term voltage instability: Effects on synchronous and induction machines. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2006. Vol. 21 (2). Pp. 791–798. doi: <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2006.873022>. 2. Bhowmick D., Chowdhury S. K. Estimation of induction motor equivalent circuit parameters and losses from transient measurement. *ISA Transactions*. 2025. Vol. 157. Pp. 573–590. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2024.12.012>.



УДК 621.316.925

Конончук А. О., здобувач вищої освіти другого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Артюх Н. І., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ МЕРЕЖІ 6-10 КВ

Релейний захист мереж 6–10 кВ є дуже важливою складовою, що забезпечує захист аварійних станів у розподільчих мережах даного номіналу напруги: унеможливорює або ж зменшує масштаб руйнування, що в свою чергу дозволяє зберегти дороговартісне високовольтне обладнання, а також цілісність систем електропостачання. Крім аварій в електроенергетичній системі можуть виникати і особливі режими – перевантаження електротехнічного обладнання робочими струмами, хитання в системі, підвищення напруги вище номінального значення тощо [1, с. 12], захист від яких також забезпечується за допомогою електромагнітних, електронних та цифрових реле.

Прагнучи досягнення максимально можливої безпечної роботи електромереж 6–10 кВ фахівці з кожним роком розробляють дедалі більш досконалі пристрої, що забезпечують дотримання основних вимог до релейного захисту таких як селективність, швидкодія, чутливість та надійність [2, с. 7–8].

Найбільшого розвитку у останні десятиліття набули цифрові пристрої релейного захисту і причиною тому є ряд переваг. До функціональних особливостей, які вирізняють такі пристрої можна віднести:



– *Багатофункціональність*. Можливість об'єднати в одному пристрої декілька функцій захистів і автоматики. Одне цифрове реле функціонально замінює кілька традиційних однофункціональних. Наприклад, для лінії 10 кВ, відсічку за струмом, максимальний захист за струмом, захист від несиметричних режимів, захист від замикань на землю й АПВ.

– *Інформативність*. Завдяки вбудованому дисплею і кнопкам на лицьовій панелі оператор має можливість зчитувати і візуально спостерігати значення вставок, параметрів що вимірюються (струми і напруги) і що обчислюються (частота, потужності, енергія), аварійних параметрів (пуски, спрацьовування захистів, вид короткого замикання, відстань до місця пошкодження і т.д.).

– *Зв'язок із вищим ієрархічним рівнем*. По локальній мережі оператор має можливість із підстанційного комп'ютера або з диспетчерського пункту дистанційно зчитувати і змінювати значення вставок пристрою, виміряні параметри нормального й аварійного режимів, послідовності спрацьовування захистів і комплектів автоматики під час протікання аварії, а також до і після неї й інше.

– *Самодіагностика*. МП РЗ (мікропроцесорні пристрої релейного захисту) самі по собі мають ряд експлуатаційних переваг у порівнянні з традиційними. Являючись системами, які самодіагностуються, вони постійно контролюють свою готовність до роботи. МП РЗ постійно інформують про свою готовність, а визначивши несправність, уживають заходів до її усунення програмним або апаратним способом і дають вказівки персоналу для прийняття необхідних заходів. Реальна глибина самодіагностики дозволяє охопити 80–90% вузлів пристрою. Повна самодіагностика може займати від 100 мс (прості пристрої захисту об'єктів 6–10 кВ) [3, с. 18–21].



Окрім вищевказаних функціональних характеристик, пристрої цифрового релейного захисту при своїй високій вартості володіють великою кількістю переваг: високою точністю та широким діапазоном уставок, практично не мають розкиду характеристик спрацювання, що забезпечує високий коефіцієнт повернення реле, низьке енергоспоживання, високі завадостійкість та швидкодію, а також можливість обміну інформацією з іншими “розумними” пристроями захисту [3, с. 23–25].

Серед відомих світових компаній, що виробляють пристрої цифрового релейного захисту можна виділити французьку компанію Schneider Electric, що має лінійку PowerLogic P3, що включає пристрої захисту мереж середньої напруги (6-35 кВ). На рис. 1 зображено даний багатофункціональний пристрій. Серед вітчизняних виробників цифрового релейного захисту можна виділити компанію «РЗА Системз», що займається виготовленням багатофункціональних мікропроцесорних пристроїв лінійки РС83 для захисту ліній 6–35 кВ, що суміщають функції багатьох реле одночасно. Приклад такого пристрою наведений на рис. 2.



Рис. 1. Пристрій релейного захисту компанії Schneider Electric лінійки PowerLogic P3, модель P3U30-5AAA3BCAA



Рис. 2. Пристрій релейного захисту компанії «РЗА Системз»
лінійки PC83, модель PC83-A3

Беручи до уваги той факт, що технології з кожним роком розвиваються дедалі стрімкіше, можна стверджувати, що пристрої релейного захисту для номінальних фазних напруг мережі 6–10 кВ досягнуть ще вищого рівня оснащеності та функціональності. З упровадженням міжнародних стандартів ІЕС 61850 та ІЕС 60870 пристрої цифрового захисту, зокрема й релейного, зможуть ще ефективніше взаємодіяти між собою. Не виключено, що створюватимуться нові міжнародні стандарти у яких будуть враховані недосконалості попередніх.

Список використаних джерел: 1. Кідиба В. П. Релейний захист електроенергетичних систем : підручник. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2013. 533 с. 2. Гадай А. В. Основи релейного захисту та автоматики : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання за напрямком підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології». Луцьк : ЛДНТУ, 2013. 87 с. 3. Яндульський О. С., Дмитренко О. О. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронне видання] : навч. посіб. / під заг. ред. д.т.н. О. С. Яндульського. К. : НТУУ «КПІ», 2016. 102 с. Бібліогр.: с. 92–102.



УДК 681.58

Коханець В. І., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Стець С. Є., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИКОРИСТАННЯ SCADA-СИСТЕМИ VISUAL INTELLECT ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВУЛКАНІЗАЦІЇ

Під час розробки системи автоматичного керування була використана SCADA-система Visual Intellect версії 2.0, фірми Мікрол. Суть роботи полягала в тому, щоб на практиці зрозуміти, як саме організовується SCADA-система: від опису технологічного обладнання до створення інтерфейсу оператора, що дозволяє керувати та моніторити процес у реальному часі.

Робота включала побудову внутрішньої логіки системи, моделювання роботи приладів, налаштування обміну даними між клієнтом і сервером та візуальне представлення ходу технологічного процесу [1].

Технологічно процес вулканізації реалізується у форматорі-вулканізаторі типу бег-оматік. Цей пристрій формує сиру камеру, герметизує її за допомогою діафрагми, подає пару під тиском, здійснює термообробку, а після завершення – вивантажує готовий виріб. Автоматизація цього процесу включала керування такими параметрами, як тиск пари, температура, стан діафрагми, подача вакууму та відкривання прес-форми.

У середовищі Visual Intellect створена логічна база, в якій описана структура обладнання: контролери, датчики, виконавчі механізми. Зокрема, використовувались такі



пристрої: ПЛК МІК-53Н, датчики тиску ПД100, термоперетворювачі ТСМ-1088, нормувальні перетворювачі НПТ-1, пристрої ручного керування БРУ-7, реле ПБР-21 тощо. Комунікація між ними забезпечувалась через Modbus RTU, що дозволяло інтегрувати реальне обладнання в SCADA-конфігурацію [2].

Наступним етапом була розробка візуального інтерфейсу (мнемосхеми). У редакторі Visual створена схема форматора-вулканізатора, відображені ключові вузли (парова камера, півформи, діафрагма, датчики), інтегровані елементи керування: кнопки, індикатори, цифрові поля. Інтерфейс дозволяє оператору запускати цикл вулканізації, слідкувати за динамікою температури й тиску, а також фіксувати аварійні ситуації. Значення змінних прив'язувались до об'єктів у логічній базі.

Серверна частина MNTServer збирала дані, клієнт Runtime їх відображав. Конфігураційні файли main.ini та startup.ini задавали шляхи до баз, архівів, вказували порт, IP-адреси, частоту опитування.

Окремим компонентом була робота з архівацією та реєстрацією: звіти формувались у ReportMaker, а зміни параметрів – фіксувались у логах.

SCADA-системи, подібні до Visual Intellect, є не лише потужним інженерним інструментом, але й важливим елементом цифрової трансформації промисловості.

Список використаних джерел. 1. Автоматизація виробничих процесів : підручник для студ. ВТНЗ / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова, В. М. Каліч, О. К. Дідик. Кіровоград : Лисенко В.Ф., 2016. 352 с. 2. Сайт підприємства МІКРОЛ. URL: <http://www.microl.ua>. (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 681.5

Кузьмич Р. О., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Таргоній І. М., к.т.н.** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ОБЕРТІВ ГІДРАВЛІЧНОЇ ТУРБИНИ

Вступ

Одним із перспективних напрямів енергетики є розвиток малої гідроенергетики, яка забезпечує ефективне, екологічно безпечне та економічно доцільне енергопостачання [1]. Автоматизація процесів вимірювання в навчально-наукових лабораторіях є важливим напрямком в освіті та наукових дослідженнях. Застосування мікропроцесорних засобів автоматизації дозволяє розробити дешеву систему вимірювання технологічних параметрів із достатньою точністю [2]. Метою дослідження є створення автоматизованої системи для моніторингу: рівня води в дослідній установці, кількості обертів та величини напруги гідравлічної турбіни з використанням мікроконтролера Arduino Nano, ПЛК Siemens S7-1200.

Матеріали та методи

Досліджувана установка складається з резервуара з водою, генератора (знятий з гірборда) на роторі якого встановлено датчик Холла, щита автоматизації з ПЛК, мікроконтролером, НМІ-панеллю. Електрична та структурна схеми досліджуваної установки представлено на рис 1., 2.

Кількість обертів ротора вимірюється за допомогою імпульсів, які генерує датчик Хола, інтегрований у



генератор. Датчик формує тридцять імпульсів на кожен оберт ротора. Отримані імпульси передаються на перетворювач ARDUINO NANO, який має високочастотний вхід. В мікроконтролері написана програма, яка зчитує кількість імпульсів за одиницю часу, а також передає дане значення, як сигнали постійної напруги в діапазоні 0–5 В. Далі сформований сигнал подається на контролер в аналоговий вхід PIW0 для подальшої обробки та визначення швидкості обертання (рис. 1).

Напруга вимірюється за допомогою аналогового датчика, який підключений до аналогового входу контролера PIW2 у щиті автоматизації. Сигнал, отриманий з однієї фази генератора підключається до нормуючого перетворювача, який видає сигнал 0–5 В. Після цього цифрове значення напруги використовується аналізу ефективності роботи турбіни, що відображається на НМІ панелі.

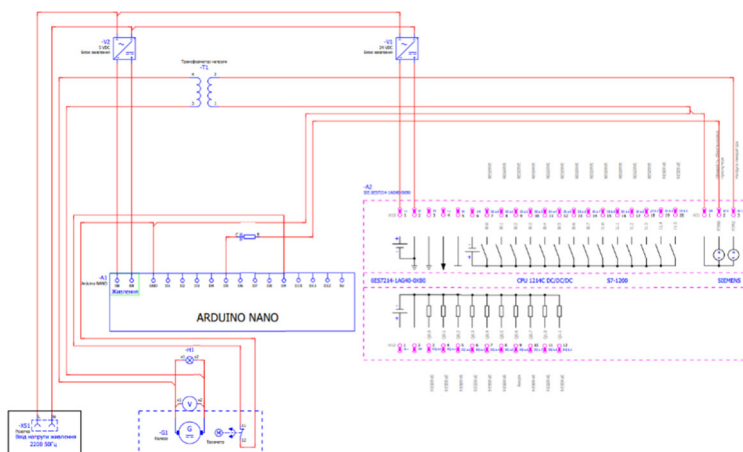


Рис. 1. Електрична схема установки вимірювання обертів та напруги гідравлічної турбіни

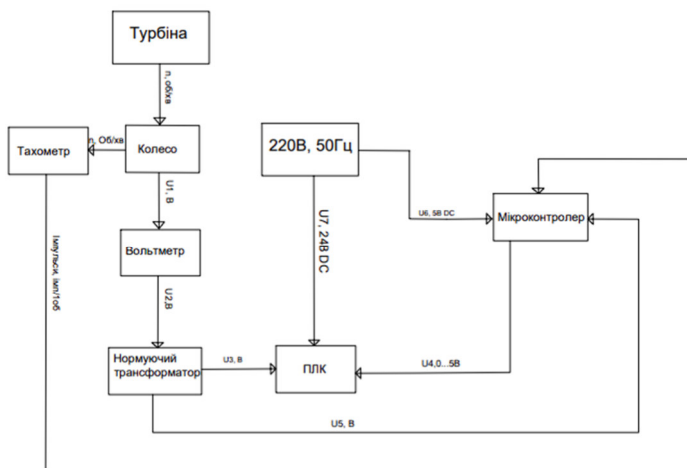


Рис. 2. Структурна схема зв'язку параметрів між виконавчими механізмами дослідної установки

Рівень води вимірюється за допомогою аналогового датчика з вихідним струмом 4–20 мА, сигнал з якого перетворюється на цифровий сигнал та масштабується на програмовану контролері (блок FC1).

Для визначення рівня використано обернений принцип: від максимальної глибини резервуара віднімається поточна відстань до поверхні води, що дає абсолютне значення заповнення.

Для аналізу параметрів було використано метод безперервного моніторингу та цифрового масштабування сигналів у НМІ панелі.

Результати

Отримана система дозволяє в реальному часі отримати цифрові значення рівня води, кількості обертів ротора електродвигуна та напругу отриману на виході. Показники швидкості обертання визначаються шляхом обчислення частоти імпульсів, отриманих з Arduino Nano,



що дає змогу точно оцінити динаміку руху ротора. Напруга після трансформації та масштабування дає оброблене значення, яке використовується для аналізу роботи гідравлічної турбіни в різних режимах роботи.

Усі сигнали обробляються в контролері в реальному часі та відображаються на НМІ панелі, що дозволяє оперативно реагувати на зміни параметрів лабораторної установки, а також переглядати, аналізувати дані в ході експериментів.

Висновок

Розроблена система забезпечує точне та стабільне вимірювання основних параметрів лабораторної установки без використання дороговартісного промислового обладнання для вимірювання технологічних параметрів. Отримані результати можуть бути використані для подальшої модернізації навчального обладнання та проведення наукових експериментів з автоматизованим збором даних.

Список використаних джерел: 1. Рябенко О. А., Галич О. О., Сунічук С. В., Тимошук В. С., Філіпович Ю. Ю., Герба О. В. Розділ 24. Гідроенергетичний потенціал малих річок Українського полісся. *Підвищення ресурсного потенціалу Українського Полісся* : монографія / за ред. д.т.н., проф., акад. НААН В. А. Сташука, д.с.-г.н., проф. В. С. Мошинського, д.т.н., проф. А. М. Рокочинського та ін. Рівне : НУВГП, 2024. С. 566–596. 792 с. 2. Сафоник А. П., Таргоній І. М., Пилипенко В. М. Розробка системи моніторингу та контролю процесу відведення фільтраційних вод від земляних гребель. МСІТ-2024. *Моделювання, керування та інформаційні технології* : VII Міжнародна науково-практична конференція 7–9.11.2024 р., м. Рівне.



УДК 681.58

Лук'яник А.К., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:** **Стець С.Є.,** к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ТЕРМООБРОБКИ ГУМОВИХ ВИРОБІВ

У роботі досліджений процес термообробки гумових виробів у спеціальному котлі, що передбачає автоматизоване керування температурою та тиском за допомогою відповідного обладнання, що забезпечує якісне та ефективне протікання технологічного процесу. Також враховано контроль параметрів середовища, дію запобіжних механізмів та керування на завершальному етапі охолодження й скидання тиску.

Технологічна схема термообробки гумових виробів (рис. 1) реалізована так: спочатку завантажуються гумові вироби в котел, який герметично зачиняється; далі з командного приладу задається діапазон температури та тиску, який має бути в котлі для здійснення термообробки; наступним етапом задається час проходження процесу термообробки і відбувається запуск системи. Далі керований процес проходить так: подається сигнал на відчинення клапана подачі водяної пари і одночасно сигнал на ПД-регулятор, який починає регулювати подачу гарячої водяної пари в котел. Якщо тиск чи температура досягають максимальних значень допустимого діапазону їх зміни, то спрацьовують запобіжні механізми. При досягненні чи тиском температурою заданого значення подається дискретний сигнал на перекриття клапану подачі водяної пари.

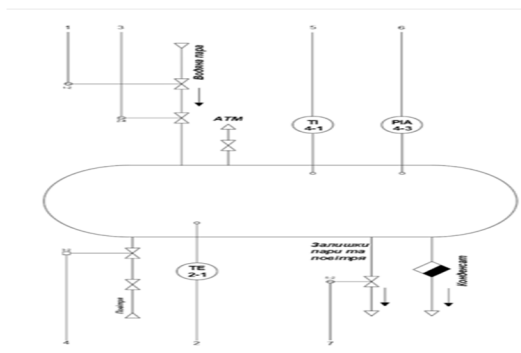


Рис. 1. Технологічна схема процесу термообробки гумових виробів

Якщо не відбулось аварійної ситуації, то після досягнення заданої температури чи тиску починається процес плавного збільшення тиску чи температури за рахунок подачі стисненого повітря чи водяної пари відповідно. Після досягнення температурою та тиском заданих діапазонів значень починається сам процес термообробки який триває відповідно до заданого часу циклу термообробки.

Після завершення циклу процесу термообробки, починається процес зменшення тиску та охолодження за допомогою відкриття скидного клапана та подачі повітря відповідно. Разом з цим випускається конденсат, який утворився у процесі термообробки.

При розробці системи керування даним процесом були вибрані відповідні датчики технологічних параметрів і виконавчі механізми, ПЛК МІК-51 фірми Мікрол, а також програмне забезпечення цієї ж фірми, зокрема програмний пакет «Редактор Альфа» для програмування контролера та SCADA-система «Visual Intellect» для розробки в подальшому людино-машинного інтерфейсу (третього рівня системи керування) [1].



Програма для ПЛК, написана мовою FBD-блоків в редакторі Альфа, наведена на рис. 2.

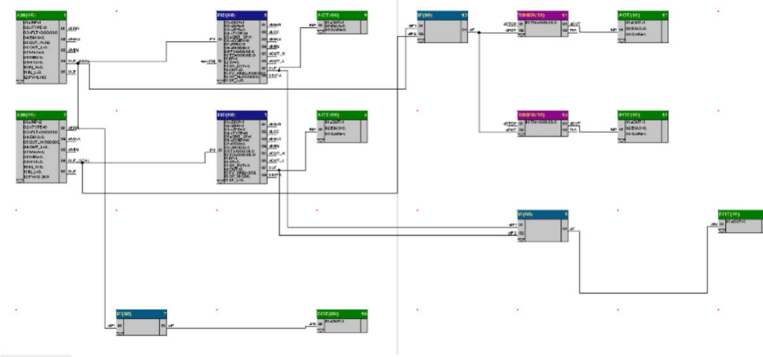


Рис. 2. Програма керування

У написаній програмі враховані всі вищезазначені кроки та варіанти розвитку подій для циклу термообробки із фіксованим заданим часом тривалості циклу п'ять хвилин.

Отже досліджений процес є чітко регламентованим, що дозволяє досягати стабільної якості продукції завдяки використанню сучасних датчиків, а також ПЛК з реалізованим ПД-законом регулювання тиску і температури, та забезпечить точне дотримання заданих параметрів [2]. Наявність запобіжних систем підвищує безпеку експлуатації обладнання, а завершальні етапи охолодження та скидання тиску гарантують правильне завершення циклу обробки.

Список використаних джерел. 1. Сайт підприємства МІКРОЛ. URL: <http://www.microl.ua> (дата звернення: 02.05.2025). 2. Автоматизація виробничих процесів: підручник для студ. ВТНЗ / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова, В. М. Каліч, О. К. Дідик. Кіровоград : Лисенко В.Ф., 2016. 352 с.



УДК 681.58

Малімон Р. Р., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Стець С. Є., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

СИСТЕМА SCADA ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕПЛИЦЕЮ НА БАЗІ МІК-51

Основною метою впровадження автоматизованої системи управління теплицею є підвищення продуктивності вирощування овочевих культур за рахунок точного регулювання мікрокліматичних параметрів. Система забезпечує стабільні умови вирощування, що призводить до зниження втрат і підвищення врожайності [1, с. 15].

Використання SCADA-системи забезпечить автоматичний дистанційний контроль і регулювання температури повітря і ґрунту в зоні вирощування, вологості повітря, освітленості й вмісту вуглекислого газу в теплиці, забезпечить підтримання на належному рівні заданих оператором параметрів [5, с. 93].

Апаратна частина базується на програмованому логічному контролері МІК-51, до якого підключені датчики температури, вологості, освітленості та концентрації CO₂, а також виконавчі механізми [3, с. 6].

Програмна частина реалізована на SCADA-платформі Visual InTelect, яка забезпечує моніторинг у реальному часі всіх параметрів, реєстрацію даних, візуалізацію змінних у вигляді графіків і схем, формування аварійних повідомлень і протоколів подій, можливість ручного та автоматичного керування всіма підсистемами [2, с. 2].

Зібрані датчиками значення аналізуються контролером, який порівнює їх із заданими нормативами. У разі відхилення система запускає відповідну реакцію: при



зниженні температури відкриваються клапани подачі теплоносія, при перевищенні температури активується вентиляція або відкриваються фрамуги, при недостатній вологості запускається полив, при падінні освітленості включається додаткове освітлення, при зниженні CO₂ активуються системи його подачі [4, с. 487].

Після впровадження системи очікуються такі результати: стабілізація кліматичних умов у межах допустимих агрономічно технологічних значень, зниження витрат води та енергоносіїв, скорочення людського втручання і підвищення врожайності внаслідок покращеного контролю мікроклімату.

Система розроблена для однієї теплиці, але архітектура проекту допускає масштабування на більшу кількість об'єктів [3, с. 47].

Інтеграція SCADA-системи на базі MIK-51 і Visual Intellect у тепличне господарство є ефективним інструментом підвищення продуктивності. Технологія дозволяє здійснювати гнучке, точне і економічно доцільне управління основними параметрами середовища вирощування культур [2, с. 5; 3, с. 11].

Список використаних джерел: 1. Основи автоматизації тепличного господарства / за ред. І. І. Прокопенка. К. : Аграрна освіта, 2019. 248 с. 2. Visual Intellect SCADA system. URL: <https://visualintellect.com/> (дата звернення: 02.05.2025). 3. Технічна документація ПЛК MIK-51. URL: <https://mik51.ua/docs> (дата звернення: 02.05.2025). 4. Cengel Y. A. Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications. 5th ed. New York : McGraw-Hill, 2015. 960 p. 5. ASHRAE Handbook – HVAC Applications. Atlanta : ASHRAE, 2023. 1192 p. URL: <https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook> (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 621.314.6

Пінкевич Ю. О., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Василюк С. В.**, д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ДІОДНИХ ВИПРЯМЛЯЧІВ

Випрямлячі широко використовуються у складі трансформаторних блоків живлення електронної апаратура, силових джерел [1]. Некеровані випрямлячі будуються на основі діодів. Оскільки напруга на виході випрямляча є пульсуючою [2], виникає необхідність використовувати згладжуючий фільтр для зменшення амплітуд вищих гармонік.

Мета роботи – експериментальне дослідження форми та гармонійного складу вихідної напруги діодних випрямлячів.

В лабораторії 502 НУВГП було виконано стенд, рис. 1, для дослідження функціонування однонапівперіодної та мостової схем діодних випрямлячів. Стенд включає: трансформатор TEZ16/D230/12V BREVE TUFVASSONS потужністю 16 ВА, 230 В / 12 В; діод випрямний 1N4007; діодний міст КВР310; електролітичні конденсатори ємністю 1 мкФ, 10 мкФ, 100 мкФ, 470 мкФ, кожен з яких приєднано до виходу моста через тумблер, що дає можливість змінювати ємність фільтра; лампа МН 13,5-0,16. З використанням USB приставки-осцилографа ISDS205X одержані осцилограми, рис. 2, та здійснено спектральний аналіз вихідної напруги випрямлячів.

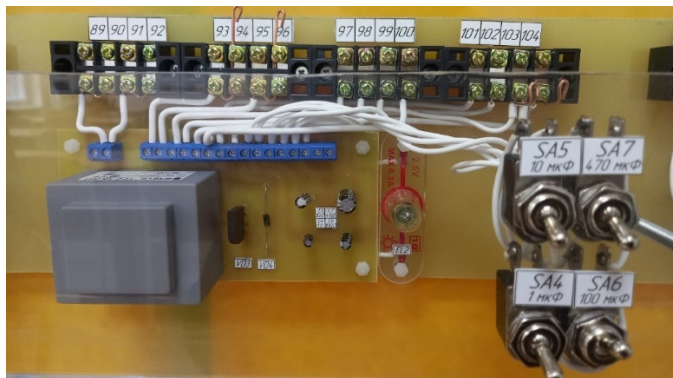


Рис. 1. Стенд для дослідження однонапівперіодного та мостового випрямлячів змінного струму

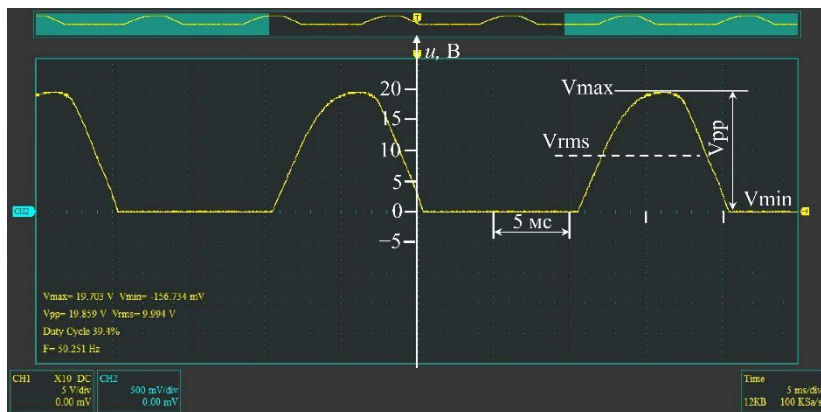


Рис. 2. Осцилограма напруги на виході однонапівперіодного випрямляча за відсутності фільтра

Для кожного випрямляча за відсутності та наявності ємнісного фільтра реєструвалися: V_{max} , V_{min} , V_{pp} – найбільше, найменше значення та діапазон вихідної напруги; постійна складова U_0 та амплітуди 1, 2, 3 гармонік.

Для порівняння функціонування однонапівперіодного та мостового випрямлячів в одній системі координат побудовано залежності постійної складової U_0 вихідної

напруги від безпечного логарифма $\lg(1+C_\phi)$ ємності вихідного фільтра, рис. 3.

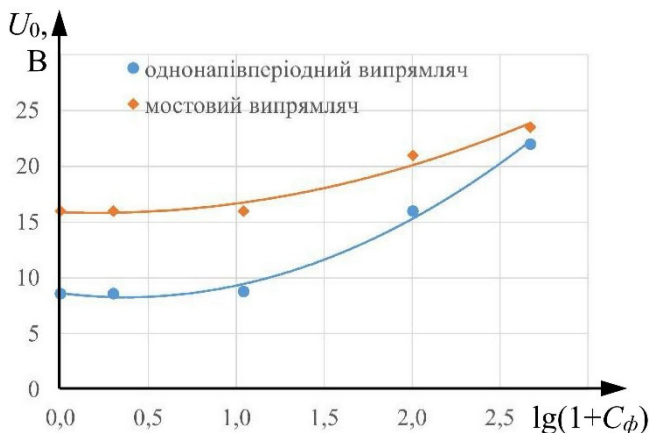


Рис. 3. Постійна складова напруги на виході випрямлячів в функції безпечного логарифма ємності фільтра

В результаті дослідів встановлено, що збільшення ємності фільтра на виході випрямляча підвищує величину постійної складової напруги на навантаженні. Мостовий випрямляч характеризується більшою величиною постійної складової напруги порівняно з однопівперіодною схемою.

Список використаних джерел: 1. A vertical diode-triggered silicon-controlled rectifier with adjustable holding voltage for ESD protection / Zhihua Zhu et. al. *Microelectronics Reliability*. 2025. Vol. 167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2025.115631>. 2. A survey on low power RF rectifiers efficiency for low cost energy harvesting applications / Humberto P. Paz et. al. *AEU – International Journal of Electronics and Communications*. 2019. Vol. 112. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aeue.2019.152963>.



УДК 004.932.2

Повищений В. С., здобувач вищої освіти третього рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Сафоник А. П.**, д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

АЛГОРИТМІЧНІ ПІДХОДИ ДО ДЕТЕКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОДАНИХ

Досліджено три алгоритми, які можуть бути використані для ідентифікації об'єктів за різними підходами: 1) виявлення об'єктів на зображенні шляхом поєднання методів обробки кольору, морфологічної фільтрації та аналізу контурів; 2) інстанс-сегментація, яка дозволяє виявити, класифікувати та точно окреслити кожен окремий об'єкт на зображенні на рівні пікселів; 3) детекція об'єктів, яка полягає у виявленні об'єктів на зображенні або в потоці відео та визначенні їх класу і місцезнаходження (зазвичай у вигляді прямокутної рамки, bounding box).

Перший метод полягає у виділенні об'єктів за допомогою кольорних фільтрів у моделі HSV. Вхідне зображення конвертується з RGB до HSV, після чого задається діапазон кольорів для виявлення. Отримане бінарне зображення обробляється морфологічними операціями для видалення шумів, і контури об'єктів знаходяться за допомогою функцій OpenCV [1, с. 4; 4, с. 2].

Інстанс-сегментація використовує попередньо натреновану модель YOLOv8 із можливістю створення піксельної маски для кожного об'єкта. Модель одночасно визначає координати bounding box, клас об'єкта і сегментну маску, що забезпечує точність і деталізацію [3, с. 1].



Детекція об'єктів у YOLOv8 реалізована як одноетапна нейромережева архітектура, яка одночасно прогнозує координати, клас та рівень довіри для кожного об'єкта на зображенні. Для налаштування моделі використовуються такі параметри, як розмір вхідного зображення (imgsz), поріг довіри (conf) і поріг non-maximum suppression (IoU) [2, с. 1; 5, с. 3].

Початок

```
|
|> Задати параметри
|> Завантажити модель YOLOv8
|> Відкрити вебкамеру
|
|> поки істина виконувати
|   |> якщо кадр отримано, тоді
|   |   |> Виконати детекцію об'єктів
|   |   |> Обчислити FPS
|   |   |> Візуалізувати результати
|   |> інакше
|   |> Завершити цикл або вивести повідомлення про помилку
|
```

Кінець

Рисунок. Алгоритм детекції об'єктів на відеоданих

Таблиця

Порівняння методів виявлення об'єктів на відеопотоці
вебкамери та в відеофайлі в форматі «mp4»

	FPS (кількість кадрів в секунду)		Confidence score (рівень впевненості)	
	Веб- камера	Відео- файл	Веб- камера	Відео- файл
Метод кольорових фільтрів	34	50	>0.4	>0.2
Інстанс сегментація	15	12	>0.5	>0.4
Детекція	20	11	>0.7	>0.4



Порівняльний аналіз засвідчив таке:

- метод колірної фільтрації демонструє найвищу швидкість (FPS), але малочутливий до змін текстури об'єктів, фону чи освітлення;
- інстанс-сегментація забезпечує високу точність ідентифікації об'єктів із точним визначенням контурів, однак суттєво програє в швидкодії;
- найбільш збалансованим за показниками достовірності (confidence) та продуктивності (FPS) є метод детекції за допомогою YOLOv8, який поєднує високу точність і добру адаптацію до різних умов зйомки.

Список використаних джерел: 1. Deswal M., Sharma N. A Fast HSV Image Color and Texture Detection and Image Conversion Algorithm. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2015. Vol. 4, No. 5. P. 1–5. 2. Huang W., Kang Y., Zheng S. An improved frame difference method for moving target detection. *Chinese Automation Congress (CAC)*. 2017. P. 1537–1541. 3. Jocher G., Chaurasia A. et al. YOLO by Ultralytics. GitHub repository. URL: <https://github.com/ultralytics/ultralytics> (дата звернення: 02.05.2025). 4. OpenCV: Open Source Computer Vision Library. URL: <https://opencv.org/> (дата звернення: 02.05.2025). 5. Padilla R., Passos W. L., Dias T. O. et al. A comparative analysis of object detection metrics. *Electronics*. 2021. Vol. 10, No. 3. Article 279. DOI: 10.3390/electronics10030279



УДК 004.9:004.738.5:025.4.036

**Полховський І. П., здобувач вищої освіти першого рівня,
науковий керівник: Реут Д. Т., к.т.н., доцент
(Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне)**

СИСТЕМА ДЛЯ ПОШУКУ ФАЙЛІВ В РЕПОЗИТОРІЇ НУВГП

Багато інформації ми отримуємо зі статей в інтернеті, але не всі вони зручно структуровані, перевірені та оформлені відповідно до встановлених вимог. Репозиторій НУВГП виконує роль такого збірника – це база статей, наукових праць, журналів, книг, створених викладачами та студентами університету.

Пошук у репозиторії можна було здійснювати за декількома параметрами – за типом, автором тощо. Проте через велику кількість матеріалів знайти потрібний файл було не завжди просто. Щоб спростити цей процес, було розроблено спеціальну систему, що складається з мікроконтролера ESP32 та одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 5. Raspberry Pi виконує функцію сервера, тоді як ESP32 є основним виконавчим пристроєм, на якому працює Telegram-бот.

Мета проєкту – створення зручного помічника для студентів НУВГП у форматі Telegram-бота. Окрім пошуку файлів у репозиторії, реалізовано додаткові функції: надсилання запитів до Google Академії, де також доступно багато наукових матеріалів, перегляд прогнозу погоди за місцем перебування користувача, а також чат зі штучним інтелектом Gemini.

Взаємодія між ESP32 та сервером на Raspberry Pi здійснюється в межах локальної мережі за допомогою



НТТР-запитів. Основна функція системи – пошук файлів – має гнучке налаштування: доступний вибір типу документів (методичне забезпечення, книги, монографії, автореферати, дисертації, статті, нормативні документи, освітні програми, газети, журнали, законодавчі та нормативно-правові документи, робочі програми, силабуси, описи дисциплін), кожен із яких можна фільтрувати за роком.

Щоб отримати файл, необхідно обрати тип документа з меню, що з'являється після виклику відповідної команди, зазначити назву документа та, за потреби, рік. На жаль, реалізувати пошук за автором не вдалося через атаку на інформаційну систему НУВГП.

Функція штучного інтелекту в боті поки що представлена у вигляді чату з Gemini. Проте в майбутньому планується реалізувати можливість надсилання ІІІ повного тексту документа або його фрагментів для обробки, наприклад, створення короткого опису статті.

У майбутньому планується подальший розвиток Telegram-бота як інтелектуального помічника для навчання та наукової діяльності. Зокрема, передбачено впровадження функції голосових команд, розширення бази джерел для пошуку, інтеграцію з внутрішніми освітніми платформами університету та підтримку персоналізованих рекомендацій на основі історії запитів користувача. Особливу увагу буде приділено вдосконаленню роботи з ІІІ: бот зможе автоматично створити короткі анотації до знайдених матеріалів, виділяти ключові тези та допомагати у підготовці доповідей чи презентацій. Усе це буде спрямовано на підвищення ефективності навчання.

Список використаних джерел: 1. GitHub. Ivan-with-ESP32/Search-in-NUWM. GitHub. URL: <https://github.com/Ivan-with-ESP32/Search-in-NUWM/> (дата звернення: 13.05.2025).



УДК 621.631.477

Рудаков О. Л., здобувач вищої освіти другого рівня (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро), науковий керівник: Рудаков Л. М., к.с.-г.н., доцент (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро)

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ В ГІДРОМЕЛІОРАЦІЇ

Національна безпеки України неможлива без продовольчої і енергетичної безпеки. Забезпечення продовольчої безпеки держави можливе за умови отримання гарантованих, високих врожаїв сільськогосподарських культур, що можливо на зрошуваних землях. Оскільки держава не має достатніх запасів невідновлювальних енергоносіїв, увагу слід зосередити на використанні відновлюваних джерел. Серед останніх особливе місце займає застосування сонячної енергетики.

У світі, де енергетична самостійність стає не тільки економічним, а й політичним завданням, Україна опинилася перед потребою трансформації своєї енергетичної системи. Сонячні електростанції, які ще десятиліття тому видавалися рідкістю, сьогодні стають важливим компонентом енергетичної складової нашої країни.

Енергетична система України історично формувалась довкола великих теплових та атомних електростанцій. Проте російська військова агресія, що спричинила пошкодження багатьох об'єктів енергетичної інфраструктури, засвідчила вразливість централізованої моделі енергопостачання. Несподівані відключення електроенергії стали реальністю для мільйонів українців,



спонукавши як бізнес, так і звичайних громадян до пошуку альтернативних джерел енергії.

На четвертий рік війни навіть коли відсутні обстріли об'єктів енергетичної інфраструктури в весняно-літній період енергетична система потребує профілактичних і відновлювальних робіт, що спонукає до планових графіків відключення. Саме в цей період відчувається гострий дефіцит ґрунтової вологи під посівами сільськогосподарських культур і виникає потреба в проведенні поливів, які в переважній більшості випадків залежать від роботи зрошувальних насосних станцій.

Сонячна енергетика має унікальні переваги в контексті теперішньої ситуації. Розподілений характер сонячної генерації робить її менш вразливою до ракетних ударів порівняно з великими централізованими електростанціями. Можливість встановлення сонячних панелей безпосередньо на даху насосних станцій, на наземних конструкціях по периметру регулюючих басейнів і їх бортах дозволяє забезпечити часткову енергетичну автономію навіть під час вимкнень електропостачання. При цьому затінення водного дзеркала басейну зменшить втрати з нього на випаровування.

Технологічний поступ є одним з ключових чинників, що сприяють розбудові сонячної енергетики. За останні десять років ціна фотоелектричних модулів знизилася майже на 90%, тоді як їхня продуктивність безперервно збільшується. На теперішній час на ринку пропонується доволі великий вибір сонячних електростанцій (СЕС) [1], які можна встановити для генерації сонячної енергії. Отже вибір конкретних моделей сонячних станцій та сонячних батарей є на сьогоднішній день досить широким.

Україна має доволі сприятливі умови для розвитку сонячної енергетики. Середньорічний рівень сонячної інсоляції в Україні сягає від 1170 кВт·год/м² на півночі



держави до $1438 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ на півдні [2]. Для порівняння, цей показник у Німеччині, котра є європейським лідером у сфері сонячної енергетики, змінюється від 950 до $1100 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

Наприклад: на Дніпропетровщині рівень сонячної інсоляції відповідає 1330. Це свідчить, що якщо ми візьмемо 1 кв. метр сталевого листа, направимо його на Південь, і поставимо під кутом $48,5^\circ$ (географічна широта м. Дніпро). То протягом року на цей лист потрапить кількість сонячної енергії, яка дорівнює за потужністю 1330 кВт.

Карта сонячної активності України показує, що найсприятливішими регіонами є південні області – Одеська, Херсонська, Миколаївська, Запорізька та Дніпропетровська. Проте навіть у північних та західних областях рівень сонячного випромінювання є достатнім задля ефективної роботи сучасних фотоелектричних модулів.

Отже, заради подальшого впровадження енергетичної і продовольчої безпеки держави перевагу варто надавати саме застосуванню відновлюваних джерел, перше місце серед котрих належить використанню енергії Сонця.

Список використаних джерел: 1. Сонячні батареї в Україні. URL: <http://ukrenerho.com/sonyachni-batareyi-kupiti-v-ukrayini/>. (дата звернення: 02.05.2025). 2. Рівні сонячної інсоляції України. URL: <http://apricus.com.ua/urovni-solnechnoy-insolyatsii-v-ukraine/>. (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 628.9

Сараєв Б. О., здобувач вищої освіти другого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:** **Артюх Н. І., к.т.н.** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ В ХІРУРГІЧНИХ СВІТИЛЬНИКАХ З ОДНИМ ДЖЕРЕЛОМ СВІТЛА

Хірургічні світильники відіграють дуже важливу роль в хірургічних операціях і діагностиці. Конструкція хірургічних світильників охоплює широкий спектр областей, включаючи оптику, механіку, електрику тощо.

Щоб встановити норми та вказівки щодо характеристик хірургічних та оглядових світильників для забезпечення безпеки для пацієнта. Міжнародна електротехнічна комісія створила документ ІЕС 60601-2-41 [1], Далі, наведені основні стандарти для хірургічних світлових головок:

Однорідне світло: світло має добре освітлювати плоску, вузьку або глибоку поверхню в порожнині, незважаючи на перешкоди, такі як голови чи руки хірургів.

Освітленість: центральна освітленість (E_c) має становити від 40000 до 160000 люкс.

Діаметр світлового поля: Діаметр d_{50} має становити принаймні 50% від d_{10} . За визначенням, d_{10} або d_{50} – це відстані між точками на лінії вимірювання, де виміряна освітленість досягає 10% або 50% від максимуму допустимої освітленості E_{100} [2, с. 1] (рис. 1).

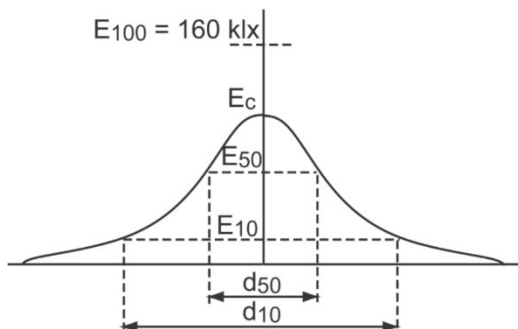


Рис. 1. Розподіл світла операційного поля

Індекс передачі кольору: щоб розрізнити справжній колір тканини в порожнині, індекс передачі кольору (R_a) повинен бути між 85 і 100.

Резервування: у разі припинення живлення освітлення має відновитися протягом 5 секунд з принаймні 50% попередньої інтенсивності люкс, але не менше 40 000 люкс. Протягом 40 секунд світло має повністю відновитися до початкової яскравості.

На рис. 2 показані світлові головки з оптичними системами лінзового та рефлекторного типу для одного світлодіодного джерела світла.



(a)



(b)

Рис. 2. Приклади існуючих оптичних систем (a) лінзового типу, (b) рефлекторного типу



Як показано на рисунку 2(а), система лінзового типу з опуклою лінзою використовує метод розподілу світла, який збирає світло в центр лінзи. Проте опукла лінза викликає хроматичну аберацію через різницю в показниках дифракції, яка спотворює колір світла, що знижує концентрацію хірурга. Також, типова товщина опуклої лінзи більше 10 мм, що вимагає більшого часу виготовлення і має більший відсоток дефектів. Крім того, всередині деталей розподілу світла необхідна додаткова лінза, що додає ваги та впливає на конструктивну надійність опори підвісної системи хірургічного світильника.

На рисунку 2(б), система рефлекторного типу, яка легша за систему лінзового типу, містить рефлекторну пластину в центрі джерела світла для покращення рівномірності світла, де знаходиться воронкоподібна поверхня рефлектора огранована в формі шестикутника та покриті алюмінієм.

Однак система рефлекторного типу на відміну від системи лінзового типу має нижчий показник центральної освітленості.

Враховуючи недоліки обох систем ведуться дослідження різних систем комбінованого типу, що можуть поєднувати в собі переваги обох систем.

На рисунку 3 показана одна з концепцій оптичної системи комбінованого типу. Лінза, як первинний оптичний модуль посиляє світло LED модулю в сторони на стільки, на скільки можливо. Основна ідея полягає в зменшенні розповсюдження світла спереду та отримання поширення променя під високим кутом за принципом повного відбиття. Таким чином, зменшивши розмір лінзи, світлодіодне джерело світла все ще може випромінювати світло з такою ж інтенсивністю як і в системі лінзового типу [3, с. 2].

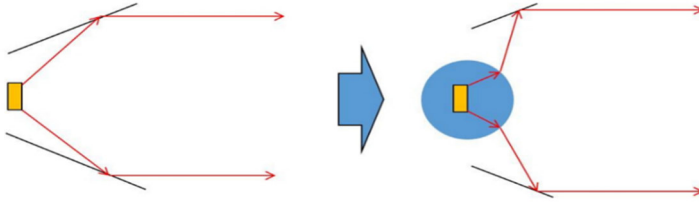


Рис. 3. Дизайн концепції системи гібридного типу

Також ведуться дослідження по застосуванню комбінації лінз довільної форми та складеного еліптичного рефлектора [4, с. 2]. В такій системі світлове поле світлодіоду концентрується через лінзу довільної форми задля підвищення оптичної ефективності, після чого світло відбивається від складеного еліптичного рефлектора з трьох еліптичних кривих з різним фокусом. Кожна з еліптичних кривих як самостійне джерело світла випромінює світло на робочу зону під різними кутами, забезпечуючи безтіньовий ефект.

Враховуючи усі переваги комбінованих оптичних систем їх розвиток є перспективним напрямком.

Список використаних джерел: 1. IEC 60601-2-41:2009. Medical electrical equipment – Part 2-41: Particular requirements for the basic safety and essential performance of surgical luminaires and luminaires for diagnosis. 2. Shikang Zhou, Chungun Chen. Overall Optical Design of LED Surgical Luminaires of Variable Light Spot. *Optics*. 2019. Vol. 8, no. 1. P. 1–6. DOI: 10.11648/j.optics.20190801.11. 3. Kwon Y-H, Ahn S-S, Lee S-J, Kwon K-J. Design and Verification of Hybrid Optical System for LED Surgical Light. *Journal of the Optical Society of Korea*. 2015. Vol. 19, no. 4. Pp. 421–426. doi:10.3807/JOSK.2015.19.4.421. 4. Pan Cheng-Tang, Chen Yi-Chian, Yang Tsung-Lin, Lin Po-Hsun, Lin Po-Hung, Hsieh C. C. Design of Elliptic Reflective LED Surgical Shadowless Lamps Using Mathematical Optical Tracing Algorithms. *Mathematical Problems in Engineering*. 2014. Vol. 2014, Issue 1. P. 535703.



УДК 532.546:519.6:628.16.066.1

Сафоник А. П., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Полюхович С. О., аспірант** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИЯВЛЕННЯ ДОМІШОК У ПРОЦЕСІ МАГНІТНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ РІДИН

Якісне очищення рідин критично важливе для промисловості, зокрема у водоочищенні, фармацевтиці та екології. Магнітне фільтрування ефективно вловлює дрібні домішки, проте існуючі моделі не враховують зміни пористості та накопичення осаду [1; 2]. Запропонована нелінійна модель враховує ці фактори для точнішого опису процесу. Розглядається одномірна фільтрація в шарі товщиною L , де частинки змінюють свій стан і впливають на параметри середовища, що враховано у сформульованій модельній задачі.

$$\begin{cases} \frac{\partial(\sigma(\rho)c(x,t))}{\partial t} + \frac{\partial\rho(x,t)}{\partial t} + v \frac{\partial c(x,t)}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial\rho(x,t)}{\partial t} = \beta c(x,t) - \varepsilon\alpha(t)\rho(x,t), \end{cases} \quad (1)$$

$$c|_{x=0} = c_*(t), \quad c|_{t=0} = 0, \quad \rho|_{t=0} = 0, \quad (2)$$

$$\alpha(t) \int_0^L \rho(\tilde{x}, t) d\tilde{x} = \mu(t), \quad (3)$$

де $c(x, t)$ – концентрація домішок в точці x та момент часу t ,
 $\rho(x, t)$ – концентрація домішок, які осіли у фільтрі-насадці,
 β – коефіцієнт, що характеризує масові обсяги осадження домішок за одиницю часу, $\alpha(t)$ – шуканий коефіцієнт, який характеризує масові об'єми відірваних від гранул засипки



частинок, $\mu(t)$ – функція, що характеризує масовий розподіл осаду з часом (знаходиться дослідним шляхом), умова перевизначення (3) – призначена для знаходження $\alpha(t)$, $v = \kappa(\rho) \cdot \text{grad } p$ – швидкість фільтрування, $c_*(t)$ – концентрації домішок на вході фільтра, $\sigma(x, t)$ – пористість насадки (σ_0 – вихідна пористість насадки $\sigma(\rho) = \sigma_0 - \varepsilon \sigma_* \rho(x, t)$), $\kappa(\rho)$ – коефіцієнт фільтрування $\kappa(\rho) = \kappa_0 - \varepsilon \gamma \rho(x, t)$ [3], σ_* , κ_0 , γ , ε – жорсткі параметри (вони характеризують відповідні коефіцієнти $\sigma(\rho)$, $\kappa(\rho)$ – м'які параметри, знаходять експериментальним шляхом), ε – малий параметр, що характеризує відповідні збурення, p – тиск.

Згідно з [4], коефіцієнт захоплення частинок домішок визначається за формулою: $\beta = \frac{\beta_0 H^{0.75}}{vd^2}$, де β_0 – вільний параметр, v – швидкість фільтрації, d – діаметр гранульованого шару фільтра.

Наводимо результати розрахунків за: $c_*(t) = 2,0$ мг/л, $\beta = 70 \text{ c}^{-1}$, $v = 150$ м/год, $L = 0,8$ м.

У результаті інтерполяції експериментальних даних [4] отримано масовий розподіл осаду з часом (рис. 1, а). Тимчасову зміну відповідного масообмінного коефіцієнта $\alpha(t)$ подано на рис. 1, б.

Зростання масообмінного коефіцієнта з часом свідчить про те, що (у цьому випадку за отриманим експериментальним значенням $\mu(t)$) у процесі накопичення частинок гранули поступово насичуються домішками. Внаслідок цього під дією гідравлічного тиску кількість відірваних частинок із поверхні зростає до моменту часу τ , що відповідає ефективному періоду роботи фільтра.

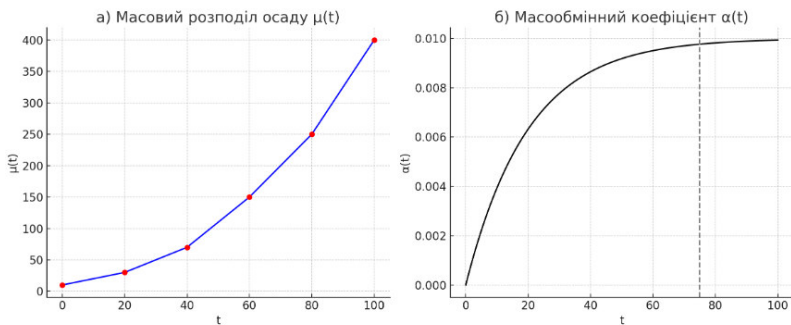


Рис. 1. Масовий розподіл осаду $\mu(t)$ – (а) і масообмінного коефіцієнта $\alpha(t)$ – (б) з часом

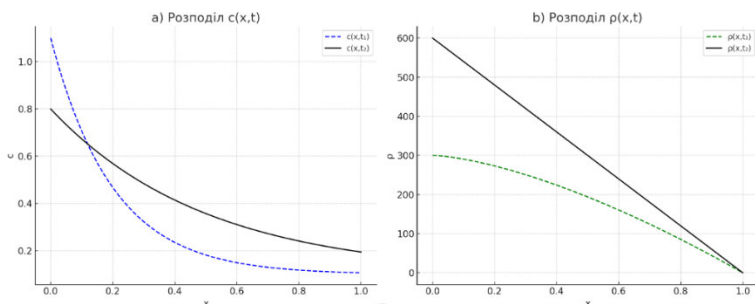


Рис. 2. Розподіл $c(x,t)$ – (а) і $\rho(x,t)$ – (б) в момент часу $t_1 = 25$ ч, $t_2 = 75$ ч

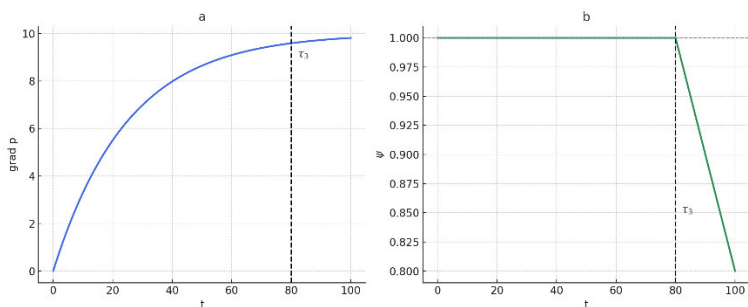


Рис. 3. Залежність $grad p$ на виході фільтру – (а) ефективність фільтру $(\psi(t) = (c^*(t) - c(L,t)) / c^*(t))$ – (б) від часу



У роботі представлено математичну модель, що описує процес магнітного осадження та накопичення домішок у пористій фільтрувальній насадці. Модель враховує зворотний вплив концентрації осаду на пористість, фільтраційні властивості та масообмін, що є ключовим для прогнозування ефективності очищення.

Запропоновано метод визначення коефіцієнта масообміну, який покращує точність моделювання, а також алгоритм розв'язання збуреної задачі, що дозволяє оцінити час захисної дії фільтра.

Модель дає змогу будувати розподіли концентрації домішок і масового об'єму забруднень у часі, що дозволяє визначати критичні моменти зниження ефективності фільтрації. Також передбачено автоматизований контроль процесу, з можливістю адаптації параметрів, наприклад, зміни потужності насоса в режимі реального часу.

Список використаних джерел: 1. Dehe S., ін. Faraday waves on a dielectric-conductive liquid interface under electrostatic e -citation: Thresholds and pattern formation. arXiv preprint, 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2111.00049>. (дата звернення: 02.05.2025). 2. Liu J., ін. Stability of functionalized magnetite nanoparticles: Influence of pH, electrolytes, and natural organic matter. *Environmental Science & Technology*. 2023. URL: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es502174p>. (дата звернення: 02.05.2025). 3. Бомба А. Я., Барановський С. В., Присяжнюк І. М. Нелінійні сингулярно-збурені задачі типу «конвекція – дифузія». Рівне : НУВГП, 2008. 252 с. 4. Бомба А. Я., Гаврилюк В. І., Сафоник А. П., Фурсачик О. А. Нелінійні задачі типу фільтрація-конвекція-дифузія-масообмін за умов неповних даних : монографія. Рівне : НУВГП, 2011. 276 с.



УДК 621.316.727

Федоров Я. А., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Клепач М. І., к.ф.-м.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ STATCO □

Статичні синхронні компенсатори (STATCOM) – це силові електронні пристрої, які залежно від стратегії управління забезпечують компенсацію реактивної потужності, дозволяють підтримувати стабільну напругу в мережі та підвищують її якість.

За принципом дії компенсатор реактивної потужності є синхронним джерелом напруги під'єднаним паралельно до активно-індуктивного навантаження (Load) через LCL фільтр. Він генерує реактивну потужність, яка в точці під'єднання компенсує реактивну потужність споживану навантаженням.

Основу силовій частини STATCOM складає трифазний мостовий інвертор побудований на IGBT-транзисторах. Simulink-модель силовій частини із засобами вимірювання наведено на рис. 1.

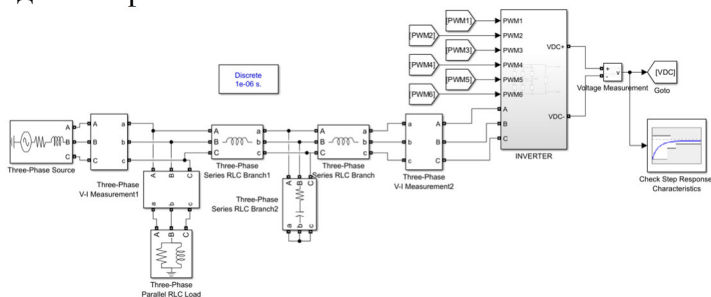


Рис. 1. Matlab/Simulink – модель силовій частини компенсатора



В наведеній віртуальній фізичній моделі компенсатора використано блоки Power Electronics з бібліотеки Simscape. Живлення споживача відбувається від мережі 0.4 кV. На стороні постійного струму інвертора приєднано накопичувальний конденсатор на якому підтримується постійна напруга $U_{dc}=800$ V. Для реалізації векторного управління інвертором побудована модель прямих перетворення координатних систем Кларк і Парка та автоматичної системи фазової синхронізації Phase-Locked Loop з PI-регулятором (рис. 2).

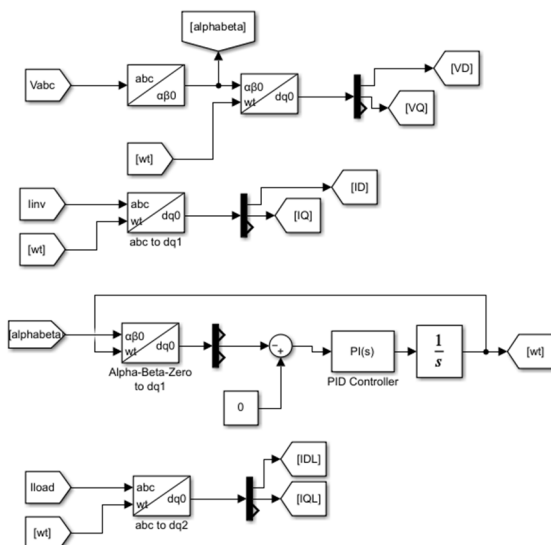


Рис. 2. Модель перетворювачів координат та фазового синхронізатора

Система управління складається із схеми стабілізатора напруги ланки постійного струму U_{dc} і регулятора реактивної складової струму I_{ql} , оберненого перетворювача координат і широтно імпульсного модулятора (рис. 3).



Рис. 4. Перехідні характеристики АСР напруги U_{dc}

174



УДК 621.3

Хлебюк Н. С., здобувач вищої освіти другого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне) **науковий керівник:** **Артюх Н. І.,** к.т.н., доцент кафедри АЕКІТ (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА

На сьогоднішній день використання відновлювальних джерел енергії є одним з основних пріоритетів розвитку енергетики. Це обумовлено необхідністю усунення енергетичної нестабільності країн, пов'язано з енергетичними кризами, та зменшенням обсягів шкідливих викидів.

У світі проводяться активні дії щодо зменшення забруднення навколишнього середовища, у першу чергу за рахунок мінімізації викидів парникових газів. Нова угода в межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC) щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю з 2020 р. була підписана в Парижі 12 грудня 2015 року і має на меті спрямовувати зусилля на обмеження зростання температури на рівні 1,5° С від доіндустріальних показників. Паризька кліматична угода передбачає, що зобов'язання зі скорочення шкідливих викидів в атмосферу беруть на себе всі держави, незалежно від ступеня їхнього економічного розвитку.

Цілі України, як одного із учасників цієї угоди – це скорочення викидів вуглекислого газу на 25% до 2020 року, на 40% до 2030 року, також запропоновано амбітну ціль до 2050 року – 70%.



Через розвиток відновлюваних джерел енергії сонячна енергетика досягла значного поширення. Новітні технології сонячної енергії забезпечують підвищення ефективності та зниження вартості виробництва електричної та теплової енергії.

Переваги сонячної енергії, як енергетичного ресурсу, полягають у практичній невичерпності джерела енергії.

У сучасній сонячній енергетиці можна виділити два основних практичних напрями використання енергії сонячної радіації:

1) перетворення сонячної енергії в електричну енергію, у тому числі:

- фотоелектричний метод перетворення (електромагнітне випромінювання оптичного діапазону Сонця перетворюється в електроенергію постійного струму);

- термодинамічний метод перетворення (сконцентрована сонячна енергія використовується для одержання пари, яка, обертаючи турбогенератор, виробляє електроенергію);

2) перетворення сонячної енергії в теплову енергію, у тому числі [3]:

- опалення;
- гаряче водопостачання;
- технологічні процеси.

Від 2022 року виробництво електроенергії неймовірно скоротилося, безпосередньою причиною цьому стала війна. Вплив зменшення виробництва електроенергії чітко спостерігається на рисунку [1].

Основна мета використання відновлювальних джерел енергії з метою забезпечити електроенергією освітлення. Забезпечити безперебійне нормоване та аварійне освітлення відповідних цехів підприємства.



Структура виробництва електроенергії, млн МВт·год

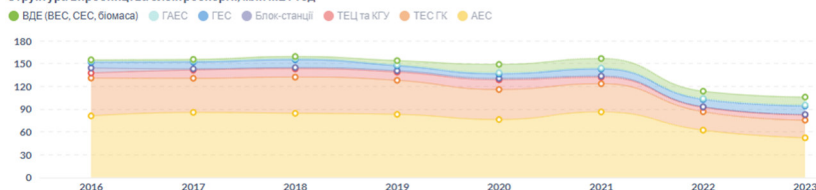


Рисунок. Структура виробництва електроенергії в Україні

На підприємствах металургійної промисловості велике значення має освітлення виробничих приміщень. Це пов'язано з складними умовами, у яких доводиться працювати співробітникам – дуже високі температури, вібрації, наявність агресивних завислих частинок. Крім того, висота стель, що перевищує 12 метрів, ускладнює обслуговування освітлювальних приладів.

Як правило, металургійні підприємства працюють у три зміни. У таких виробничих приміщеннях потрібні спеціальні світильники з тривалим терміном експлуатації. На роботу традиційного електрообладнання в цехах негативно впливає кіптява, пил, газові суміші, що накопичуються в повітрі. Саме тому якісне світлотехнічне обладнання повинно мати потужний захист від пилу та різних забруднень. Тільки в цьому випадку можна говорити про його надійність та рентабельність. Для нормування якості освітлення використовується ДСТУ EN12464-1:2016 [5]. Згідно документації проектується комбіноване освітлення.

Сонячні панелі як відновні джерела енергії мають перспективи розвитку в сучасній енергетиці. Зокрема використання електроенергії, що продукується сонячними панелями, для систем освітлення промислових приміщень.

Живлення за допомогою сонячних панелей має великі перспективи розвитку як на глобальному, так і на локальному рівні. Це зумовлено певними факторами, такими як зростаючі ціни на електроенергію та необхідність



вирішення проблеми викидів парникових газів, а також постійним удосконаленням технології сонячної енергетики. Сучасні сонячні панелі стають дедалі ефективнішими, доступнішими за ціною та зручніші в експлуатації. У перспективі вони можуть забезпечувати автономність енергоспоживання для приватних домогосподарств, бізнесу та навіть цілих міст. Подальший розвиток даної галузі сприяє енергетичній безпеці, сталому розвитку та екологічному благополуччю.

Використання сонячних панелей для освітлення підприємств є екологічно доцільним рішенням. Це дозволяє значно підвищити енергонезалежність підприємства та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. З урахуванням зростаючих цін на енергоносії, зростають тенденції до “зеленого” виробництва. У довгостроковій перспективі впровадження таких систем сприятиме не лише економії ресурсів, а підвищенню іміджу підприємства як сучасного та екологічного суб’єкта господарювання.

Список використаних джерел: 1. Добовий графік виробництва/споживання електроенергії. УКРЕНЕРГО. URL: <https://map.ua-energy.org/uk/dashboards/> (дата звернення: 02.05.2025). 2. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії / під заг. ред. А. К. Шидловського. Київ : Українські енциклопедичні знання, 2007. 560 с. 3. Відновлювальні джерела енергії : монографія / Барило А. А та ін. ; Київ. нац. інст. відновлюваної енергетики НАНУ. Київ, 2020. 392 с. 4. Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М., Лисиченко М. Л., Кунденко М. П., Федюшко Ю. М. Електричне освітлення та опромінення : навч. посіб. Харків : ТОВ «Планета-прінт», 2016. 332 с. 5. ДСТУ EN12464-1:2016. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1 (EN12464-1:2011, IDT). [Чинний від 2017-12-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 47 с.



УДК 681.5:629.735

Цуканов О. С., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Реут Д. Т., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ДРОНОМ ЧЕРЕЗ ВЕБ-СЕРВЕР НА ESP32

Системи дистанційного керування безпілотними літальними апаратами набувають все більшого поширення. Метою дослідження є розробка програмного забезпечення та реалізація апаратної складової для керування стендом безпілотного літального апарата з вертикальним зльотом і посадкою через вебінтерфейс.

Стенд було дообладнано мікропроцесорною платою з мікроконтролером ESP32, на основі якого реалізовано локальний HTTP-сервер. Підключення користувача до локального сервера відбувається через точку доступу Wi-Fi, яку створює вбудований Wi-Fi-модуль ESP32 [1]. Після підключення до точки доступу Wi-Fi, користувач може відкрити у веббраузері сторінку за IP-адресою Wi-Fi-модуля або відсканувати QR-код і перейти за посиланням на сторінку локального HTTP-сервера. На ній відкривається доступ до графічного вебінтерфейсу, звідки він може керувати стендом.

Вебінтерфейс реалізовано за допомогою вебсторінки з використанням HTML та CSS. На сторінці інтерфейсу користувач має можливість рухати елериони за допомогою інтерактивного джойстика (рис. 1), який працює по принципу штурвала літака. На сторінці є кнопки для вмикання або вимикання авіаційних вогнів, кнопки для

вмикання та вимикання моторів вертикального злету, кнопка скидання налаштувань, яка повертає всі елементи в нульове положення, слайдер, який регулює швидкість та напрямок обертання тягового мотора.

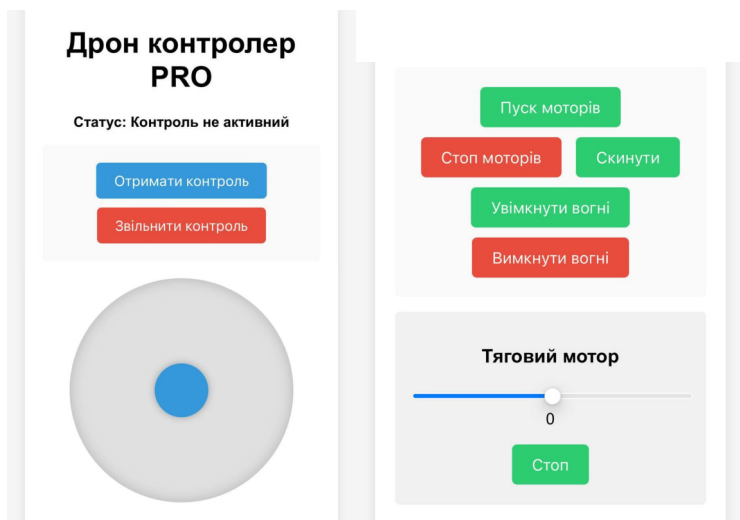


Рис. 1. Інтерфейс користувача

Передача даних здійснюється через HTTP-запити, кожна дія в інтерфейсі керування призводить до надсилання відповідного запиту на контролер дрона на базі ESP32, де ці дані обробляються та перетворюються у сигнали керування для відповідних контролерів приводів і транзисторів керування авіаційними навігаційними вогнями.

На рис. 2 представлено структурну схему системи дистанційного керування стендом VTOL БПЛА через контролер, виконаний на основі мікроконтролера ESP32. Червоні, зелені та білі світлодіоди, що грають роль авіаційних навігаційних вогнів, вмикаються через транзистори за командою з мікроконтролера.



Рис. 2. Структура схема системи дистанційного керування

Струм через світлодіоди обмежується опором послідовно включених резисторів. Приводи пропелерів вертикального зльоту керуються через силові мікросхеми драйверів двигунів L298N. Імпульсні сигнали керування сервоприводами елеронів та елерон-закрилків подаються з мікропроцесорної плати з ESP32 напряму.

Розроблена система дистанційного керування стендом безпілотного літального апарата з вертикальним зльотом і посадкою через сервер на ESP32 із використанням локальної Wi-Fi мережі та веб-інтерфейсу демонструє надійну роботу за умови задовільної сили сигналу Wi-Fi у користувача (він знаходиться недалеко від БПЛА), інтуїтивність і простоту у використанні. Інтеграція драйверів двигунів забезпечує плавну зміну швидкості обертання електродвигунів.

Список використаних джерел: 1. GitHub – me-no-dev/ESPAsyncWebServer: Бібліотека для створення вебсервера на ESP32. URL: <https://github.com/me-no-dev/ESPAsyncWebServer> (дата звернення: 01.05.2025).



УДК 681.5

Чернюк О. О., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:** **Христюк А. О.,** к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РОЗРОБКА МОДУЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ДОНАВЕДЕННЯ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ

Метою дипломної роботи є створення ефективного та економічного модуля автоматичного донаведення для безпілотного літального апарата типу Quad, здатного виявляти ціль, відстежувати її переміщення та здійснювати корекцію дрона з мінімальними затримками, використовуючи цифрову IP-камеру та одноплатний комп'ютер.

OpenIPC – це модифікована відкрита прошивка для цифрових мережевих відеокамер, яка базується на Linux та підтримує розширені функції, порівняно зі стандартними прошивками. Вона надає користувачеві доступ до:

- потокового відео у форматах RTSP, RTMP;
- системного керування параметрами камери;
- запуску скриптів та зовнішніх додатків;
- інтеграції з обчислювальними модулями (наприклад, Raspberry Pi);
- низькорівневого доступу до відеокодека та сенсора.

Завдяки OpenIPC, IP-камера перетворюється на повноцінне відеоджерело з можливістю гнучкого налаштування, що є критичним для задач донаведення в умовах бойового застосування чи технічного спостереження.



Архітектура системи

Система складається з таких основних компонентів:

- IP-камера з OpenIPC, яка передає відеопотік у режимі реального часу;
- Одноплатний комп'ютер Radxa, що обробляє відеопотік та виконує алгоритми комп'ютерного зору;
- Програмний модуль аналізу відео, побудований на базі OpenCV;
- Інтерфейс передачі команд (MSP) до автопілота дрона (BetaFlight або iNav);

Принцип роботи модуля

1. Камера передає відео через RTSP до одноплатного комп'ютера.
2. На Radxa відбувається декодування відеопотоку та його обробка у реальному часі (рисунок).



Рисунок. Приклад вікна програми з виділеною зоною

3. З використанням алгоритмів комп'ютерного зору здійснюється виявлення об'єктів військової техніки. Для цього застосовано попередньо натреновані та донавчені моделі YOLOv5 на датасетах з відкритих джерел (наприклад, Open Images та власноруч зібрані вибірки).



4. Після виявлення цілі розраховується її положення у кадрі відносно центру.

5. На основі цієї інформації формується команда на зміну орієнтації системи наведення.

6. Команди надсилаються на політний контролер використовуючи MSP-протокол, що забезпечує синхронізовану реакцію дрона.

7. Цикл повторюється у реальному часі, забезпечуючи постійне уточнення координат цілі та корекцію курсу або положення.

Програмне забезпечення та алгоритми

- OpenCV – бібліотека для комп'ютерного зору, обробка зображень, виявлення контурів;

- YOLOv5 / YOLOv8 (Ultralytics) – нейронні мережі для детекції об'єктів (з адаптацією для виявлення військової техніки);

- Torch / ONNX Runtime – для виконання нейромережевих моделей на ARM-процесорах;

- PySerial – для передачі команд через серійний порт;

- MSP (MultiWii Serial Protocol) – протокол зв'язку з автопілотом;

- FFmpeg або GStreamer – інструменти для обробки відеопотоку з IP-камери.

Переваги підходу наступні: 1. Низька вартість. використання бюджетного апаратного забезпечення та відкритого ПЗ. 2. Гнучкість. можливість швидко змінювати логіку або архітектуру ПЗ. 3. Автономність. система працює самостійно, не потребуючи постійного контролю. 4. Масштабованість. легко інтегрується в інші платформи, типи дронів або роботизовані системи.

Перспективи розвитку. Додавання тепловізійних модулів для роботи в умовах низької видимості; вдосконалення моделей нейронних мереж для розпізнавання специфічної техніки; використання



гіроскопів та IMU для покращення точності донаведення; вбудована система оцінки впевненості та прийняття рішень на основі машинного навчання.

Список використаних джерел: 1. OpenIPC Project. Open Source Firmware for IP Cameras. 2024. URL: <https://openipc.org/> (дата звернення: 02.05.2025). 2. Redmon J., & Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement. arXiv preprint arXiv:1804.02767. 2018. 3. Military Vehicles Dataset. Open Images Extended. Retrieved from. 2023. URL: <https://storage.googleapis.com/openimages/web/index.html> (дата звернення: 02.05.2025). 4. MSP Protocol Specification. BetaFlight Flight Controller Docs. Retrieved from. 2022. URL: <https://github.com/iNavFlight/inav/wiki/MSP-Protocol> (дата звернення: 02.05.2025). 5. FFmpeg Documentation. Retrieved from. 2024. URL: <https://ffmpeg.org/documentation.html> (дата звернення: 02.05.2025).



СЕКЦІЯ 4

ПРОБЛЕМИ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ





УДК627:681.8

Мішук С. В., здобувач вищої освіти першого рівня
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:**
Галич О. О., к.т.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

БАТИМЕТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ В ГІДРОЕНЕРГЕТИЦІ

Для забезпечення надійної та довговічної експлуатації гідроенергетичних та гідротехнічних об'єктів необхідно весь час здійснювати моніторинг стану гідротехнічних споруд та вимірювання різних параметрів гідровузла. Безперервному контролю підлягають не лише параметри, які характеризують стан споруд чи обладнання (швидкість обертання турбіни та генератора, тиск у водоводах, потужність, напруга, частота електричного струму, температура підшипників, масла та охолоджуючої води), а й постійно потрібно слідкувати за станом водних споруд, включаючи водосховище, підвідні та відвідні канали (рівень води у водосховищі, рівень води в нижньому б'єфі, напір води, швидкість потоку води, витрата води, температура води) [1].

Крім перерахованого, до основних вимірювань відносять також батиметричні вимірювання, які необхідно проводити на гідровузлах з метою визначення геоморфологічних змін у водосховищі, підвідних та відвідних каналів, нижнього б'єфу, тощо. Саме батиметричні вимірювання дають інформацію про наноси, замулення чи розмиви дна, що в свою чергу можуть вплинути на ефективну та надійну роботу гідроенергетичних вимірювань [2]. Крім того батиметричні вимірювання є важливими при проектуванні або



реконструкції гідроенергетичних об'єктів, адже саме вони дають інформацію про форму поперечного перерізу створу ГЕС, про глибини водойми, тощо. Батиметричні вимірювання є важливими при оцінці об'єму водосховища, моніторингу замулення та ерозії дна. Існують різні способи отримання даних батиметрії водойм. До них належать [3]:

1. Звукові методи. Найчастіше використовують ехолоти, які надсилають звукові хвилі до дна і вимірюють час, який хвиля витрачає на подорож туди і назад.

2. Супутникова батиметрія. Цей метод використовує дані супутників для вимірювання глибини, особливо в мілководдях.

3. Інші методи. В деяких випадках використовують інші технології, як мультилучеві ехолоти, що забезпечують більш широкую область сканування дна.

Для ознайомлення з методикою здійснення батиметричних вимірювань, були проведені натурні дослідження на озері Басів Кут (м. Рівне) з використанням ехолота **Deeper Quest bait boat** [4].

Даний пристрій використовувався з додатком, де відображалися область сканування, глибини, пройдені відстані, тощо (рис. 1).



Рис. 1. Інтерфейс додатку Fish Deeper

Дані з додатка завантажувалися у безкоштовну програму QGIS [5], де проводилася відповідна обробка даних (створення tiff файлу, горизонталей глибин, тощо) (рис. 2–4). Отриману інформацію в подальшому можна використовувати для аналізу змін дна, моделювання та інших розрахунків.



Рис. 2. Транспортування вимірних точок в програму QGIS

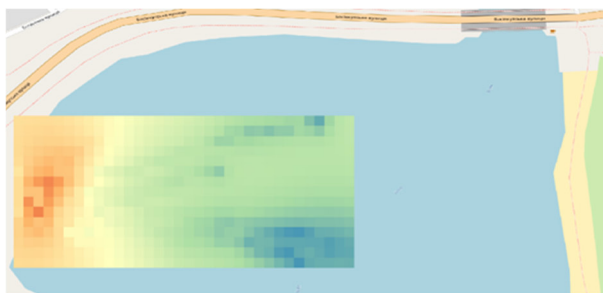
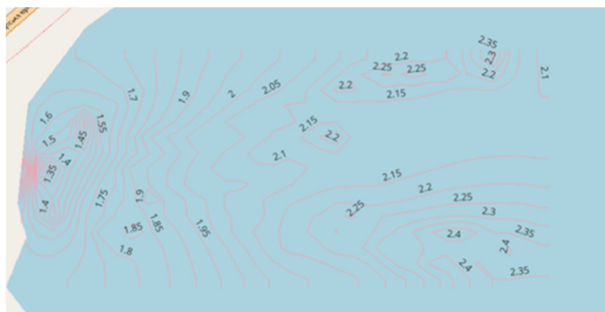


Рис. 3. Інтерпольована карта глибин





Для забезпечення надійної та довговічної роботи гідроенергетичних та гідротехнічних споруд необхідно постійно контролювати як технічні параметри обладнання, так і стан гідроспоруд і водойм.

Батиметричні вимірювання є надзвичайно важливими у сфері гідроенергетики, оскільки вони:

- дозволяють контролювати замулення та осідання, що можуть зменшити об'єм водосховища;
- виявляють ерозію та геоморфологічні зміни, які можуть загрожувати стабільності гідротехнічних споруд;
- забезпечують ефективну експлуатацію та обслуговування, визначаючи ділянки, що потребують днопоглиблення або ремонту;
- дані, отримані на основі батиметричних вимірювань, є надійною основою для моделювання і прогнозів подальшого розвитку геоморфологічних змін.

Список використаних джерел: 1. How to Monitor and Maintain a Hydroelectric Plant for Optimum Efficiency. URL: <https://blog.wika.com/us/applications/monitor-and-maintain-a-hydroelectric-plant-for-optimum-efficiency/>. (дата звернення: 02.05.2025). 2. International Hydropower Association. How-to Guide: Hydropower Erosion and Sedimentation. London : IHA, (2019). 84 p. 3. Bathymetry. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Bathymetry?utm_source=chatgpt.com. (дата звернення: 02.05.2025). 4. Deeper Quest bait boat. Product manuals. URL: <https://support.deeper.eu/521238-English>. (дата звернення: 02.05.2025). 5. QGIS. User Guide. URL: <https://docs.qgis.org/3.28/pdf/en/QGIS-3.28-DesktopUserGuide-en.pdf> (дата звернення: 02.05.2025).



УДК 621.22

Панкевич М. В., здобувач вищої освіти другого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Тимощук В. С., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ВИМІРЮВАННЯ РІВНІВ ВОДИ ДАТЧИКАМИ ТИСКУ GOSCON 4500S-350KPA

Регулярні натурні контрольно-вимірювальні спостереження проводяться персоналом безпосередньо на спорудах. Результатом таких спостережень є ряди значень контрольованих показників і їх оперативне порівняння із граничними значеннями.

За ступенем автоматизації процесів вимірювання розрізняють такі види:

- безпосередній (ручний), тобто такий, операції і процедури спостереження чи вимірювання в якому виконуються із безпосереднім доступом оператора до контрольної точки;
- дистанційний, при якому первинні засоби вимірювання (датчики) знаходяться в одному місці, як правило, недоступному, а вимірювання виконується в іншому, де розташований пульт, до якого підведені комунікації від датчиків;
- автоматизований, коли в процесах вимірювання і обробки даних широко застосовуються методи автоматизації, але в цих процесах потрібна більш чи менш значима участь персоналу;
- автоматичний, коли всі процеси відбуваються під управлінням комп'ютерної системи по заданій

програмі, а персонал тільки контролює проходження процесів.

В основу дослідження покладено вдосконалення алгоритму вимірювання рівнів води датчиками тиску струнного типу для зменшення кількості резонансних явищ струн датчиків.

Датчики тиску струнного типу Geokon 4500s-350kPa використовуються на ГАЕС для визначення (рис. 1):

- характеру депресійної поверхні фільтраційного потоку в тілі споруд;
- розподілення фільтраційних напорів в тілі споруд і її основі на різних характерних ділянках;
- гасіння напору на протифільтраційних пристроях, які влаштовуються в конструкціях гребель;
- градієнтів напору і їх вплив на ґрунтовий масив;
- впливу дренажних пристроїв на фільтраційний режим;
- параметрів хвиль переміщення та вітрових хвиль у водоймах[1].

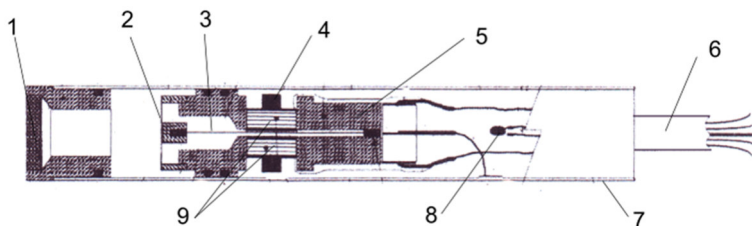


Рис. 1. Схема датчика тиску струнного типу 4500S-350kPa:

- 1 – фільтр, 2 – чутлива діафрагма, 3 – вібруючий провідник, 4 – магніт,
5 – блок п'єзометра, 6 – кабель, 7 – корпус п'єзометра, 8 – термістор,
9 – приймальна та передаюча котушки

Ці датчики при вимірюванні рівнів води використовують сигнал ряду Фур'є для збудження струни та отримують резонансне значення частоти, яка потім перераховується в метри водяного стовпа.



Стандартний алгоритм передбачає опитування датчика в діапазоні 500–3500 МГц та порівняно з датчиком тиску мембранного типу [2]. Результати вимірювання представлені на рис. 2.

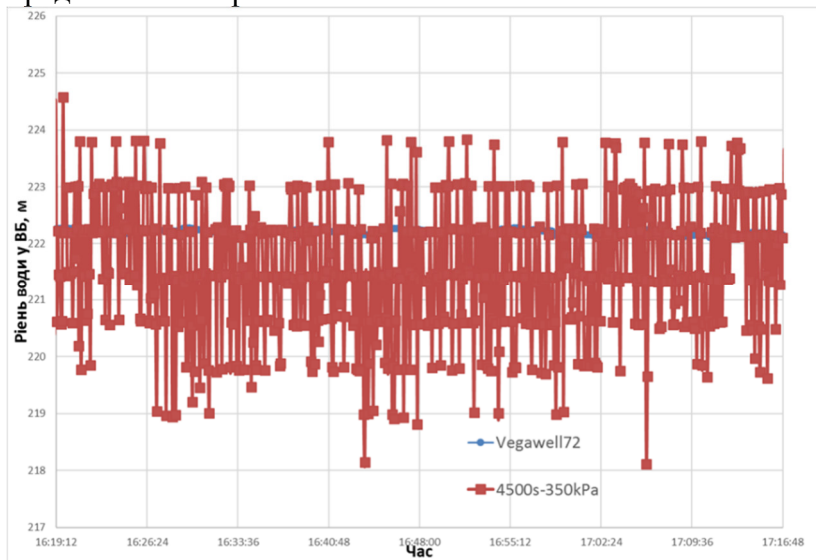


Рис. 2. Графік вимірювання рівнів води зі стандартним алгоритмом

Відповідний алгоритм опитування має недолік у вигляді широкого діапазону частот. Проведені дослідження встановили, що для глибини у водоймі до 15 м можна обмежити значення в діапазоні 2500–3000 МГц. Відповідний рядок програми має вигляд:

-VibratingWire (PW,1,mV7_5,1,V□,2500,3000,500,-1,20000,300,0,1.0,0)
-BrHalf(PT, 1, mV2500, 3, V□,1, 2500, False,20000, _50Hz, 2.5, 0)

Після вдосконалення алгоритму результати показані на рис. 3.

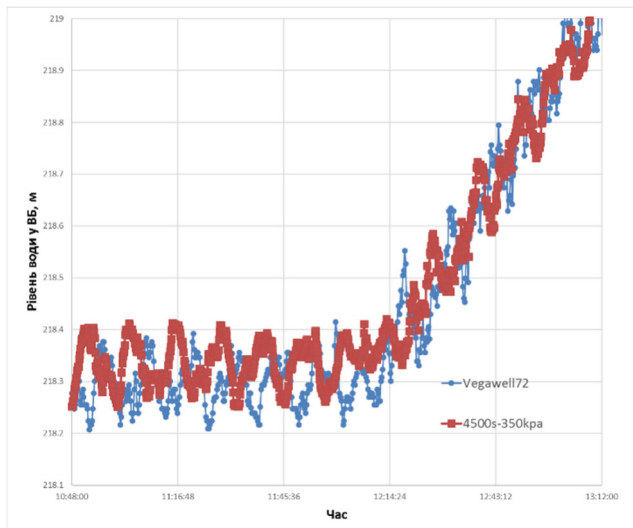


Рис. 3. Графік вимірювання рівнів води з вдосконалим алгоритмом

Висновки:

1. Отримання достовірних результатів натурних вимірювань є основним завданням контрольно-вимірювальної апаратури.

2. На прикладі результатів вимірювання рівнів води у верхній водоймі Дністровської ГАЕС продемонстровано, як початкові умови стандартного програмування опитування датчиків тиску струнного типу впливають на отримання достовірних даних.

3. Зменшення межі опитування по частоті струни дозволяє значно зменшити отримання резонансних частот.

Список використаних джерел: 1. Riabenko O. A., Tymoshchuk V. S., Poplavskiy D. M., Halych O. O. Methods of Automated Full-scale Measurement of Wave Parameters in Water Reservoirs of Pumped Storage Power Plants. 2020 IEEE : 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). Proceedings of ESS. 2020. Pp. 154–157. 2. Instruction manual model 4500 series vibrating wire piezometer. Geokon, 2011. 29 p.



УДК 627.8:519.6:532.5

Попруга П. В., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),
науковий керівник: Рябенко О. А., д.т.н., професор
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВРАХУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ АСПЕКТІВ ПРИ ПРОВЕДЕНІ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РЕЖИМІВ НИЖНЬОГО Б'ЄФУ НИЗЬКОНАПІРНИХ ГЕС

Однією з актуальних проблем у проектуванні та експлуатації низьконапірних гідроелектростанцій є достовірне визначення гідравлічних характеристик у нижньому б'єфі, особливо з урахуванням просторової неоднорідності потоку. У випадку ГЕС зі складною геометрією русла та наявністю гідротехнічних та гідроенергетичних споруд (водоскиди, відвідні канали, дамби тощо) розрахунок одномірними методами втрачає точність [1]. Це обумовлює необхідність удосконалення методів розрахунку, орієнтованих на просторове моделювання [2].

Звичайно для опису течії у відкритих руслах застосовується рівняння Бернуллі для нерівномірного потоку:

$$H = z + \frac{v^2}{2g} + h_n, \quad (1)$$

де H – повна енергія потоку, z – висота дна над умовним нулем, v – середня швидкість потоку, g – прискорення вільного падіння, h_n – втрати напору.

Така постановка питання передбачає сталість повної енергії вздовж лінії потоку в ідеальному середовищі. У



практиці цей підхід потребує корекції з урахуванням енергетичних втрат $h_{\text{п}}$ та просторових змін швидкісного поля [3].

Однак у реальних умовах при роботі нижнього б'єфу після того, коли потік проходить через турбіни та інші гідротехнічні споруди, спостерігаються складні тривимірні структури – вторинні течії, вихори, зони рециркуляції. Їхній вплив можна врахувати лише в рамках багатовимірного моделювання, базованого на рівняннях Нав'є–Стокса [4]:

$$\rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v} + \rho \vec{g}, \quad (2)$$

де $\vec{v}$ – вектор швидкості, ρ – густина води, p – тиск, μ – динамічна в'язкість.

Для зменшення обчислювальної складності широкого практичного застосування набули усереднені моделі, зокрема модель гідродинаміки поверхневого шару (Shallow Water Equations – SWE) [5]. Для двовимірного випадку (у горизонтальній площині) система рівнянь має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -gh \frac{\partial z}{\partial x} - \tau_x, \\ \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -gh \frac{\partial z}{\partial y} - \tau_y, \end{cases} \quad (3)$$

де h – глибина потоку; u , v – компоненти швидкості у напрямках x , y ; z – висота дна; τ_x , τ_y – сили тертя.

Врахування просторових аспектів дозволяє:

- деталізовано оцінювати розподіл швидкостей у зоні нижнього б'єфу;
- моделювати ерозійні процеси дна й берегів [6];
- передбачати зони застою або зворотної течії, які мають критичне значення для безпеки гідроспоруд;



- здійснювати обґрунтований вибір інженерних рішень щодо стабілізації русла.

Для удосконалення методів розрахунку необхідно покращити розрахункові підходи за рахунок [5; 6]:

- поєднання чисельного просторового моделювання (CFD) з натурними вимірюваннями;
- застосування адаптивних обчислювальних сіток у зонах високої градієнтності параметрів;
- врахування зворотних течій та локальної турбулентності в гідравлічних розрахунках.

Висновки

Урахування просторової структури потоку в нижньому б'єфі є критично важливим для забезпечення прийняття оптимальних рішень при проектуванні та надійної експлуатації низьконапірних ГЕС. Удосконалення існуючих методів розрахунку шляхом впровадження багатовимірних моделей та адаптивних обчислювальних підходів дозволяє значно підвищити достовірність результатів та забезпечити ефективне функціонування гідроенергетичних об'єктів.

Список використаних джерел: 1. Василенко В. О. Гідравліка відкритих русел. Київ : Вища школа, 2011. 278 с. 2. Рябенко О. А., Попруга П. В., Поплавський Д. М. Математичне моделювання гідравлічних режимів водного потоку низьконапірних ГЕС з використанням рівнянь Сен-Венана. *Моделювання, керування та інформаційні технології* : VII Міжнародна науково-практична конференція. Рівне : НУВГП, 2024. С. 110–113. 3. Калюжний О. Г. Обчислювальна гідромеханіка : навч. посіб. Київ : Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка, 2013. 280 с. 4. Chow V. T. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill, 1959. 680 p. 5. Hager W. H. Energy Dissipators and Hydraulic Jump. Springer, 2013. 463 p. 6. Pudasaini S. P. Unified Mechanical Erosion Model for Multi-phase Mass Flows. 2022. 42 p.



УДК 532.543

Шинкар О. М., здобувач вищої освіти другого рівня
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:**
Рябенко О. А., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ СОЛІТОНІВ У ПРАКТИЧНИХ ЗАСТОСУВАННЯХ

Солітони-це нелінійні хвильові структури, які зберігають свою форму та швидкість після взаємодії. Вони зустрічаються у гідродинаміці, оптиці, квантовій механіці, плазмовій фізиці та нелінійній акустиці, відіграючи важливу роль у моделюванні хвильових процесів [1, с. 7].

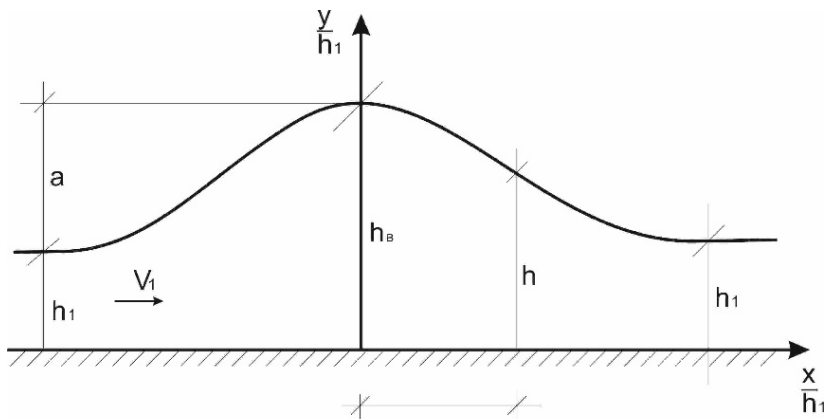


Рисунок. Профіль усамітненої хвилі

Перше наукове описання явища, яке стало попередником сучасного поняття солітона, належить шотландському інженеру та вченому Джону Скотту Расселу (1808–1882). У серпні 1834 року, під час спостереження за



рухом човна на каналі Юніон (Union Canal) в Шотландії. Джон Скотт Рассел спостерігав у вузькому каналі унікальне хвильове явище. Коли човен, який тягнули коні, раптово зупинився, маса води, що рухалася разом із ним, накопичилася навколо судна, а потім відокремилася, утворюючи окрему хвилю. Ця хвиля мала округлу, гладку форму та продовжувала рухатися вперед без видимих змін у швидкості чи формі. Рассел переслідував хвилю верхи на коні та визначив, що вона рухалася зі швидкістю близько 8–9 миль на годину ($\approx 13\text{--}14$ км/год), зберігаючи свою початкову структуру. Висота хвилі поступово зменшувалася, і після кількох миль вона зникла у звивинах каналу. Рассел назвав цю хвилю «Хвилею трансляції» (Wave of Translation), або усамітненою хвилею. Він був настільки зацікавлений цим явищем, що відтворив його в лабораторних умовах у спеціально збудованому хвильовому басейні, детально дослідивши її ключові властивості. Це стало одним із перших задокументованих проявів солітоноподібної хвилі [2, с. 9].

Солітони можуть подорожувати на великі відстані без зміни форми, на відміну від звичайних хвиль, які поступово розсіюються або змінюють структуру. Швидкість залежить від амплітуди хвилі та глибини води. Вони не зливаються, а проходять один крізь одного, зберігаючи свою форму при зіткненнях. Взаємодія може призводити до фазового зсуву. Якщо хвиля занадто велика для глибини води, вона може розпадатися на кілька менших солітонів, що відповідає розв'язанню нелінійних рівнянь [1, с. 21].

Солітони зустрічаються у різних фізичних системах, включаючи гідродинаміку, оптику та квантову механіку. Одиночні хвилі на поверхні води мають солітоноподібні властивості, але після взаємодії можуть змінювати амплітуду та залишати коливальні залишки, що відрізняє їх від ідеальних солітонів. У квантовій механіці солітони



відіграють важливу роль у теорії квантових полів, де вони описують стабільні конфігурації елементарних частинок.

Справді, може бути складно дати єдине, загальноприйняте визначення солітону, оскільки цей термін використовується в різних наукових контекстах. Однак, класичний опис властивостей солітонів, особливо тих, що виникають як розв'язки інтегровних нелінійних рівнянь, часто спирається на характеристики, виділені, наприклад, П. Дразінім та Р. Джонсоном у їхній праці «Solitons: An introduction» (1989, с. 15).

Значна кількість точно розв'язних моделей у математичній фізиці та інших галузях науки були вирішені за допомогою солітонних розв'язків. Серед найбільш відомих прикладів можна назвати:

1. Рівняння Кортевега-де Фріза-описує нелінійні хвилі на мілкій воді [4, с. 117];

2. Нелінійне рівняння Шредінгера: важливе в оптиці, фізиці плазми та інших областях [3, с. 41];

3. Пов'язане нелінійне рівняння Шредінгера : використовується для моделювання взаємодіючих хвильових пакетів [3, с. 42];

4. Рівняння синус-Гордона: використовується у фізиці твердого тіла, теорії поля та інших випадках.

Солітони відіграють важливу роль у гідроенергетиці та водних системах, де нелінійні хвильові процеси впливають на стабільність та ефективність гідротехнічних споруд. Один із яскравих природних прикладів солітоноподібних явищ – приливна хвиля Severn Bore у річці Северн. Вона демонструє здатність водного потоку зберігати свою форму протягом тривалого часу, що важливо для розуміння поведінки великих водних мас. Крім того, внутрішні хвилі в океані, що формуються на межі шарів з різною густиною, також проявляють солітонні властивості. Такі підводні хвилі можуть впливати на циркуляцію течій



та стійкість гідроенергетичних систем. Удосконалення теоретичних моделей солітонів відкриває можливості для підвищення ефективності управління водними потоками та розробки більш стабільних гідроенергетичних конструкцій.

Висновки:

1. теорія солітонів широко використовується в різних галузях науки і техніки.
2. солітонні моделі допомагають прогнозувати поведінку водних мас у водосховищах, приливних системах та водоскидних каналах.
3. особливості солітонів на воді використовуються в таких практичних застосуваннях, наприклад для забезпечення надійної експлуатації різних типів гідротехнічних споруд шляхом зменшення висоти хвиль та розрахунків профілю вільної поверхні водного потоку. Також для переміщення суден проти течії під час припливів, влаштування піско-гравієловок, проведення спортивних заходів.

Список використаних джерел: 1. Drazin P. G., Johnson R. S. *Solitons: an introduction*. Cambridge University Press, 1989. 232 с. 2. Филиппов А. Т. Многоликий солитон. Библиотечка «Квант». 2-ге вид., переробл. и допов. М. : Наука, 1990. 288 с. 3. Ablowitz M. J., Segur H. *Solitons and the Inverse Scattering Transform*. SIAM, 1981. 425 с. 4. Рябенко О. А. Хвилястий стрибок : монографія. Рівне : НУВГП, 2022. 277 с.



СЕКЦІЯ 5

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУК ПРО ЗЕМЛЮ





УДК 631.4:504.062.4:622.378

Бай О. В., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ ПІСЛЯ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ

Видобуток бурштину в Україні, особливо на Поліссі, залишає після себе значні ділянки порушених земель, що потребують невідкладної рекультивациї. Дерново-підзолисті ґрунти, характерні для цього регіону, є особливо вразливими до такого роду антропогенного впливу, втрачаючи свою родючість та екологічні функції. Відновлення цих земель є складним, але вкрай важливим завданням для збереження біорізноманіття та підтримки екологічної рівноваги [1–3].

Видобуток бурштину, як правило, здійснюється кар'єрним або гідравлічним способом, що призводить до повного руйнування ґрунтового профілю. Верхній, найбільш родючий гумусовий шар перемішується з нижніми, менш цінними горизонтами, або взагалі видаляється [3; 4]. Це спричиняє низку негативних наслідків (табл. 1).

Рекультивация земель – це комплекс заходів, спрямованих на відновлення продуктивності та народногосподарської цінності порушених земель [3]. Цей процес складається з двох основних етапів:

1. Технічна рекультивация, яка включає планування території, формування стійких схилів, створення дренажної мережі, покриття поверхні потенційно родючими ґрунтами або ґрунтосумішами. Основна мета – стабілізація фізичного стану ділянки.



2. Біологічна рекультивація, яка передбачає комплекс агротехнічних та фітомеліоративних заходів, спрямованих на відновлення родючості ґрунту та формування рослинного покриву.

Таблиця 1

Негативні наслідки видобутку бурштину для дерново-підзолистих ґрунтів [1–3]

№ з/п	Наслідок	Опис
1	Втрата родючості	зменшення вмісту гумусу, руйнування структури ґрунту, погіршення його водно-повітряного режиму і поживного забезпечення рослин
2	Ерозійні процеси	відкриті, нестійкі поверхні схильні до водної та вітрової ерозії, що призводить до подальшої деградації ландшафту
3	Порушення гідрологічного режиму	зміна рівня ґрунтових вод, утворення заболочених ділянок або, навпаки, осушених територій
4	Втрата біорізноманіття	знищення існуючих екосистем, зникнення видів рослин і тварин.

Відновлення родючості дерново-підзолистих ґрунтів після видобутку бурштину вимагає особливого підходу, враховуючи їхні специфічні властивості: низький вміст гумусу, підвищена кислотність, легкий гранулометричний склад.

Біологічна рекультивація порушених земель, особливо дерново-підзолистих ґрунтів після видобутку бурштину, є критично важливою для відновлення їхньої родючості та екологічних функцій (табл. 2).



Таблиця 2

Основні заходи біологічної рекультивації дерново-
підзолистих ґрунтів

№ з/п	Захід	Опис
1	Застосування органічних добрив	внесення торфу, компосту, гною, сидератів для підвищення вмісту гумусу, покращення структури ґрунту та його вологоутримуючої здатності. особливо важливо для дерново-підзолистих ґрунтів через їхню чутливість до нестачі органіки.
2	Вапнування	нейтралізація підвищеної кислотності ґрунту за допомогою вапнякових матеріалів (вапнякове борошно, доломітове борошно, крейда) для створення сприятливих умов росту рослин.
3	Внесення мінеральних добрив	забезпечення рослин необхідними азотними, фосфорними та калійними добривами на основі агрохімічного аналізу ґрунту.
4	Підбір видостійких рослин	використання багаторічних трав (люцерна, конюшина, райграс, тимофіївка) для первинного залуження, фіксації ґрунту та покращення його структури.
5	Створення лісових насаджень	висадка швидкорослих і стійких порід дерев (сосна, береза, вільха) для стабілізації схилів, покращення мікроклімату та формування лісової підстилки.
6	Гідропосів	застосування розпилення суміші насіння, мульчі, добрив та зв'язуючих речовин на складних або крутих схилах для швидкого створення рослинного покриву.



Комплексні заходи (табл. 2) дозволяють поступово відновити продуктивність порушених земель та їхнє екологічне значення.

Процес рекультивації не закінчується після завершення початкових робіт. Необхідний постійний моніторинг стану відновлених земель, включаючи аналіз ґрунту, оцінку розвитку рослинного покриву, контроль за ерозійними процесами. Залежно від результатів моніторингу, можуть знадобитися додаткові агротехнічні заходи, такі як повторне внесення добрив, підсів трав або боротьба з бур'янами.

Таким чином, рекультивація земель, порушених видобутком бурштину, є довготривалим і ресурсомістким процесом, що потребує комплексного науково обґрунтованого підходу. Відтворення родючості дерново-підзолистих ґрунтів, уражених таким видом діяльності, є ключовим для збереження екологічної стабільності Полісся. Інвестування в ці заходи – це не лише компенсація за шкоду, завдану природі, а й внесок у сталий розвиток регіону та збереження його природного потенціалу для майбутніх поколінь.

Список використаних джерел: 1. Долженчук В. І., Долженчук Н. В. Агроєкологічний стан ґрунтового покриву поліської частини Рівненської області. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2015. Вип. 1(69). С. 56–70. 2. Екологічний моніторинг, моделювання та прогнозування стану довкілля / Красовський Г. Я., Шумейко В. О., Ключко Т. О. та ін. *Науково-технічний журнал*. 2018. № 2(18). С. 107–117. 3. Клименко М. О., Борисюк Б. В., Колесник Т. М. Збалансоване використання земельних ресурсів. Херсон : Олді Плюс, 2014. 552 с. 4. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства / Медведев В. В., Булигін С. Ю., Балюк С. А., Трускавецький Р. С. та ін. ; за ред. В. В. Медведєва, М. В. Лісового. Харків : Шкєріх, 2001. 98 с.



УДК 556.5.04

Волкова В. Є., д.т.н., професор (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро), **Бубнова О. А., к.т.н., доцент** (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро), **Сусла Т. І., здобувач вищої освіти першого рівня** (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро), **Слободюк М. І., здобувач вищої освіти першого рівня** (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ В ПЕРІОД ВІЙНИ

Найбільшим споживачем прісної води в Україні є аграрний сектор. На потреби зрошення в Україні найбільше використовується води в Херсонській, Одеській, Запорізькій, Дніпропетровській та Миколаївській областях [1]. Забір води відбувається з поверхневих водних об'єктів, в які також скидають стічні та зворотні води підприємства різних галузей [2–3]. За даними Укрстату [4] найбільший об'єм забруднених та недостатньої очищених вод скидається в Дніпропетровській області. Відповідно до характеру руху ці води згодом потрапляють в південні області України, де використовуються для зрошення. Тож регіони з найменшою водозабезпеченістю мають й найгіршу якість прісної води.

В 2022 р. до вже традиційного забруднення поверхневих вод скидами додався негативний вплив військових дій та відходів війни. Серед впливів на якість водних ресурсів виділяють руйнування дамб та повені, забруднення нафтою через ракетні удари по нафтобазам та



заводам, забруднення токсичним ракетним паливом, забруднення відходами війни (міни, уламки ракет, затоплена військова техніка тощо) [5–8].

В зв'язку із відсутністю детальних досліджень реального впливу війни на забруднення водних ресурсів в Україні поставлено мету виконати оцінку забруднення поверхневих вод за останні три роки.

За даними Державного водного агентства водних ресурсів України відібрано водні пости, за якими велись спостереження за якістю поверхневих вод в Дніпропетровській області по річках Саксагань, Інгулець та Дніпро. За всіма постами порівнювались показники амонію, БСК, розчиненого кисню, завислих речовин, нітратів, нітритів, сульфатів, фосфатів та хлоридів та різні періоди.

На рисунках 1–3 показано результати порівняння якості води в річках Саксагань, Інгулець, Дніпро за окремими показниками, за якими відбулись найбільші зміни.

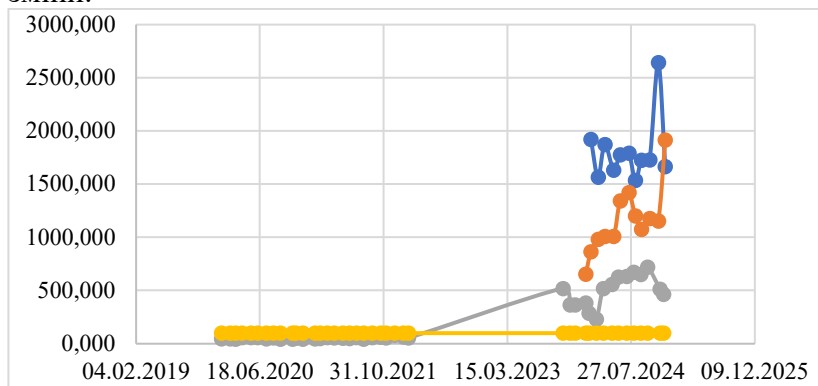


Рис. 1. Зміна вмісту сульфатів в р. Саксагань

В р. Саксагань та р. Інгулець найбільше змінився вміст хлоридів сульфатів та фосфатів, за останніми двома перевищуючи ГДК.

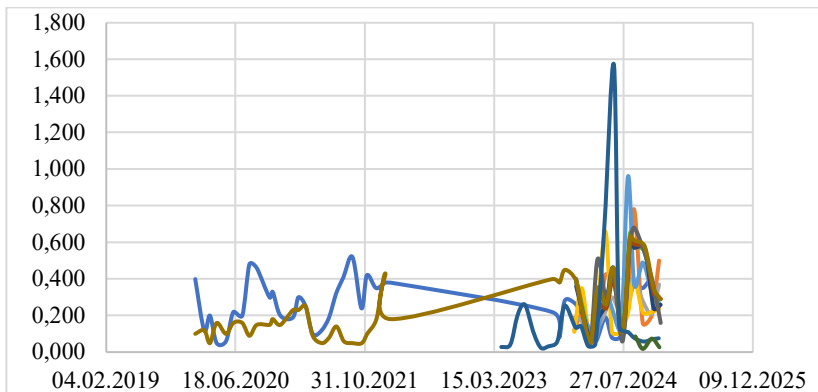


Рис. 2. Зміна вмісту фосфатів в р. Інгулець

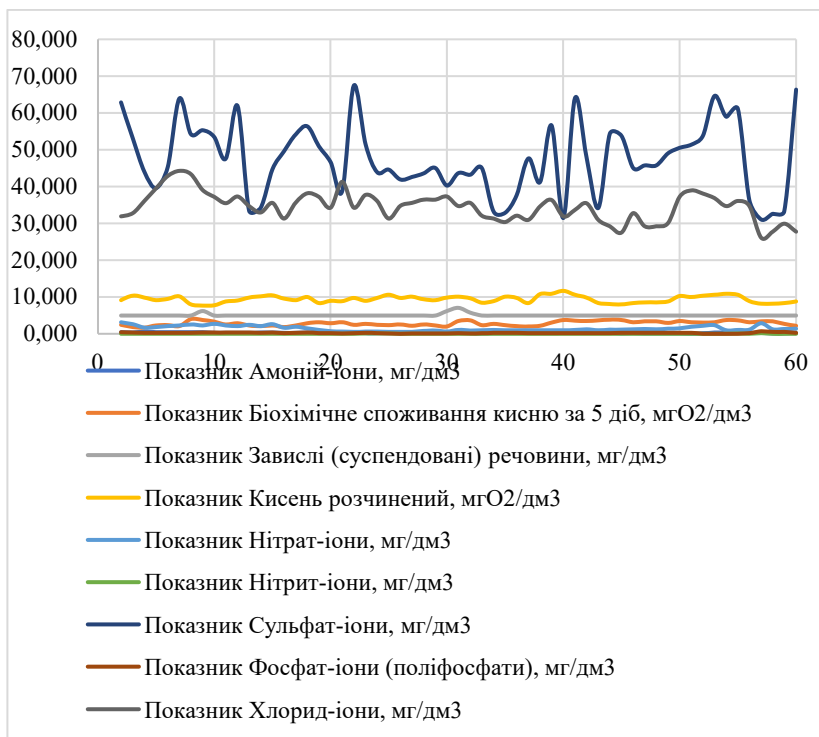


Рис. 3. Зміна вмісту основних іонів в р. Дніпро



В р. Дніпро за основними показниками суттєвих постійних змін не зафіксовано.

Розбіжність у впливі на вміст забруднювачів в річках скоріш за все пов'язано із різним рівнем водності річок та швидкості їх руху, що є визначним фактором при самовідновленні водних ресурсів. Окрім того, відсутня можливість виконання досліджень якості води по окремих водопунктах, які знаходяться на непідконтрольній території та в зонах постійних обстрілів, що ускладнює процес аналізу.

Список використаних джерел: 1. State Agency of Water Resources of Ukraine. Kyiv. URL: <https://davr.gov.ua/>. (дата звернення: 01.05.2025). 2. Chetveryk M. S., Bubnova O. A., Levchenko K. S. Peculiarities of water inflows in deep quarries, ways of reducing the mineralization of water in reservoirs and using them as a useful mineral. *Metallurgical and mining industry*. 2018. № 2. С. 60–65. 3. Bubnova O. A., Babiyy K. V., Ryumina D. M., Levchenko K. S. Ustification of decisions regarding the water supply to the population in the mining regions in the conditions of local resources insufficiency. *Geo-Technical Mechanics*. 2023. № 167. P. 142–152. doi.org/10.15407/geotm2023.167.142. 4. State Statistics Service of Ukraine. URL: <https://stat.gov.ua/>. (дата звернення: 02.05.2025). 5. Shumilova O., Tockner K., Sukhodolov A. et al. Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nat Sustain*. 2023. № 6. P. 578–586. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-0>. 6. Pacific Institute. Water Conflict Chronology. URL: <https://www.worldwater.org/conflict/map/>. (дата звернення: 02.05.2025). 7. Schillinger J., Özerol G., Güven-Griemert S. & Heldeweg M. Water in war: understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management. *WIREs Water*. 2020. № 7. e1480. <https://doi.org/10.1002/wat2.1480>. 8. Schillinger Ju., Ozerol G., Guven S., Heldeweg M. A. Water in war: Understanding the impacts of armed conflict on water resourced and their management. *WIREs Water*. 2020. e1480. <https://doi.org/10.1002/wat2.1480>.



УДК 574.4:504.455

Гриб Й. В., д.б.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),
Ковальчук С. В., к.с.-г.н., викладач вищої категорії (ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж НУВГП»),
Калько А. Д., д.геогр.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПОВЕРХНЕВИЙ СТІК ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЕКОСИСТЕМИ ШЕЛЬФОВОЇ ЗОНИ

За останніми оцінками, води Балтійського моря містять підвищені рівні азоту та фосфатів, що призводить до її евтрофікації (збільшення кількості водоростей і інших рослинних організмів), часткового кисневого дефіциту (гіпоксія) [1]. Евтрофікація є найбільшою екологічною проблемою сьогодення для поверхневих вод і Балтійського моря. Висока концентрація забруднюючих речовин призводить до погіршення якості води, що відображається на екстенсивному цвітінню потенційно токсичних синьо-зелених водоростей (ціанобактерій), які є загрозою іхтіофауни шельфової зони Балтійського моря [2–5].

Водоприймач Західного Бугу – Балтійське море має ознаки застійної водойми. Дно тут має котловини, розділені греблями. По вертикалі формується стратифікація за солоністю води, розчиненим киснем і сірководнем, токсичним для ікри і молодих риб. Дрифт органічних домішок з річкової мережі у літні періоди веде до їх накопичення, витрат розчиненого кисню на окислення та накопичення сірководню. Проблема токсичності поверхневих вод залишається актуальною, оскільки залежить від багатьох чинників чисельності і концентрації



домішок, їх токсичності та синергізму, жорсткості води та її мінералізації, газового режиму, радіусу потенціалу.

Згідно з прийнятими нормативними визначеннями якості води при оцінці стану іхтіоекологічної ситуації береться рівень перевищення ГДК одного з токсичних додатків (йонів важких металів, фенолів, отрутохімікатів, СПАР, нафтопродуктів тощо), за якими визначається індекс токсичності $I_{ток}$. На нашу думку, з досвіду практичної гідрохімії, цей підхід хоч і є практичним, однак не дуже вдалим, бо рівень формування токсичної ситуації визначає сумарний вплив домішок і чинників, при цьому не дається оцінка процесу самоочищення біотою води, інтенсивності біосинтезу фіто- та зоопланктону.

Для оцінки токсичності водного середовища:

$$I_e = \left[\left(\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i0}} \right) : n \right] \alpha_1 \alpha_2, \quad (1)$$

де $\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i0}}$ – відношення перевищень суми токсичних домішок до регламентованих величин;

n – чисельність токсичних домішок;

α_1 – коефіцієнт самоочищення водного середовища від органічних домішок за відношенням маси органічного вуглецю до величини BCK_5 (масу органічного вуглецю можна прийняти за перманганатну окисленість);

α_2 – вплив величини мінералізації на токсичність середовища (очевидно за добутком розчинності солей).

Варто звернути увагу на процес закислення водного середовища, бо при оцінці результатів сольового складу мінералізації води на нього не посилалися, а давалась оцінка загальної маси. Коефіцієнт можна вирахувати за відношенням суми хлоридних і сульфатних йонів, визначених при гідрохімічних зйомках до їх реперних характеристик (за Г. Д. Коненко):



$$\alpha_1 = \frac{(Cl^- + SO_4^{2-})_{\text{факт}}}{(Cl^- + SO_4^{2-})_{\text{реп}}} . \quad (2)$$

Приклад – оцінка екоситуації у р. Західний Буг у створі нижче м. Сокаль за усередненими даними межені (власні дані) за токсичними домішками (таблиця).

Таблиця
Токсичність води річки Західний Буг за домішками у створі нижче м. Сокаль, мкг/дм³

№ з/п	Види домішок	Регламентовані величини	Фактичні значення	Перевищення ГДК
1	Ртуть	0,02–0,05	-	-
2	Калій	0,1	-	-
3	Мідь	1,0	54,0	54,0
4	Цинк	10,0–15,0	8,0	2,0
5	Свинець	2,0–5,0	11,0	2,0
6	Хром заг.	2,0–3,0	4,0	1,3
7	Нікель	1,0–5,0	2,0	0,5
8	Миш'як	1,0–3,0	-	-
9	Залізо заг.	50,0–70,0	100,0	2,0
10	Марганець	10,0–25,0	50,0	2,0
11	Фториди	100,0–125,0	20,0	-
12	Ціаніди	1,0–5,0	-	-
13	Нафтопрод.	10,0–25,0	20,0	-
14	СПАР	<10,0	20,0	2,0
Сумарне перевищення за іонами металів				65,0

Примітка: Індекс токсичності за іонами переважаючих домішок склав $65 / 5 = 13$.

Коефіцієнт самоочищення за відношеннями маси органічного вуглецю до величини біохімічного споживання кисню за 5 діб: $28,0 / 4,0 = 7,0$. Рівень токсичності у створі спостережень: $I_c = 13 \times 7 = 91$, тобто стан водного середовища за п'ятим класом якості, води брудні. Токсичні



домішки впливають на стан самоочищення за величиною BCK_5 , тому її значення можна прийняти за створом, що знаходиться вище місця забруднення у с. Литовеж:

$$I_e = 163,0 / 10 = 16,3.$$

Коефіцієнт самоочищення матиме величину:

$$D = C_{opz} / BCK_5 = 30 : 18 = 1,6.$$

Токсичність води Західного Бугу у створі с. Литовеж:

$$I_c = 16,3 \times 1,6 = 22,1.$$

Екологічний індекс токсичності:

$$I_e = 28,3 \times 1,6 = 45,0$$

1. Гриб В. Й., Ковальчук С. В., Калько А. Д. До питання визначення токсичності поверхневих вод. *Екологія. Людина. Суспільство* : матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції, 5 червня 2024 р. Київ : КПП імені Ігоря Сікорського, 2024. С. 118–121. DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2024.303421>.
2. Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К., Манченко А. П. Гідроекологічний стан басейну річки Західного Бугу на території України : монографія. К. : Ніка Центр, 2006. 184 с.
3. Conley D. J., Humborg C., Rahm L., Savchuk O. P., Wulff F., Hypo-oxia in the Baltic Sea and basin-scale changes in phosphorus biogeochemistry. *Environ. Sci. Technol.* 2002. Vol. 36 (24). P. 5315–5320.
4. Diaz R. J., Rosenberg R. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*. 2008. Vol. 321. P. 926.
5. Ducrotoy J.-P., Elliott M. The science and management of the North Sea and the Baltic Sea: natural history, present threats and future challenges. *Mar. Pollut. Bull.* 2008. Vol. 57. Pp. 8–21.



УДК 553.49 (477)

Давидчук Ю. І., здобувачка вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник: Криницька М. В.**, к.геол.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РІДКІСНІ ТА РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНІ МЕТАЛИ УКРАЇНИ: ГЕОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ

Є різні класифікації корисних копалин. За промисловим використанням виділяють металічні (рудні), неметалічні (нерудні), горючі (паливні) й гідромінеральні групи корисних копалин. Металічні корисні копалини поділяються на чорні метали (залізо, марганець, хром, титан, ванадій), кольорові метали, благородні метали, радіоактивні елементи, рідкісні і рідкісноземельні метали. До рідкісних і рідкісноземельних металів (за промисловим використанням) належать літій, рубідій і цезій, берилій, тантал і ніобій, скандій, германій, олово, вольфрам, молібден, ртуть і сурма, вісмут, цирконій і гафній та рідкісноземельні елементи і ітрій.

До рідкісноземельних елементів (TR) належать 15 елементів лантаноїдів, які в періодичній системі Менделєєва займають послідовно місця від 57 до 71 номера, а також подібний до них за властивостями ітрій (Y) – 39. Відомо близько 70 власних мінералів TR, крім того, вони також входять до складу близько 280 мінералів як домішки.

Найширше TR застосовують в ядерній техніці, чорній і кольоровій металургії, електротехніці, електроніці та радіотехніці, хімічній та силікатній промисловості,



медицині. Зростає використання рідкісноземельних елементів промислово розвинутими країнами. Найбільшими споживачами рідкісних земель є США. За запасами на першому місці Китай (має своїх запасів 43 тис. т), на другому США (їх запаси складають 13 тис. т). Одним із головних постачальників TR є розсипи монациту і зазвичай його вміст сягає в породі сягає 0,5–1%.

Україна має значні ресурси TR (див. рисунок). Їх родовища відомі як родовища традиційних типів, пов'язані з карбонатами (Ново-Полтавське) і маріуполітами (Октябрьське), так і родовища нетрадиційних типів (не мають світових аналогів): багаті цирконієві і рідкісноземельно-цирконієві руди безнефелінових сієнітів (Азовське і Ястребецьке). Крім того, в Приазов'ї відоме родовище багатих руд церієвої групи (Петрово-Гнутівське). Окремо їх не видобувають, а лише в комплексних родовищах.

Новополтавське родовище Приазов'я відноситься до великих комплексних об'єктів. Прогнозні ресурси родовища за аналогією зі світовими об'єктами такого ж класу [2], можуть сягати 1 млн т монациту і 200 млн т апатиту (до глибини 500 м).

Мазурівське родовище відноситься до комплексних. Приурочене до Октябрського масиву нефелінових сієнітів з пірохлор-цирконовими рудами в альбітитах і маріуполітах. Вміст TR в рудах складає в середньому 0,2%. Планується комплексна розробка руд як глиноземистої сировини з побічним вилученням TR.

Азовське родовище відноситься до нового промислово-генетичного типу і не має світових аналогів. Розташоване в межах Володарського масиву Приазовського блоку. Прогнозні ресурси родовища до глибини 300 м оцінюються як 56 млн т руди з середнім вмістом TR_2O_3 1,27%. Проте залучення родовища в промислове



відпрацювання пов'язане з технологічними й економічними труднощами.



Рисунок. Схема розміщення родовищ рідкісних і рідкісноземельних металів України [1, с. 74]

Металогенічні зони: I – Суццано-Пержанська; II – Кочерівська; III – Подільська; IV – Хмельницька; V – Голованівська; VI – Звенигородська; VII – Липнязька; VIII – Хмельівська; IX – Кіровоградська; X – Новоукраїнська; XI – Північно-Терсянська; XII – Федорівська; XIII – Південно-Донбаська; XIV – Гайчурська; XV – Чернігівська; XVI – Сорокинська; XVII – Октябрська; XVIII – Кальмуська; **Родовища:** 1 – Малобеганське (Ge); 2 – Ястребецьке (TR, Zr); 3 – Пержанське (Be); 4 – Станкуватське (Li, Ta, Nb); 5 – Лозоватське (TR, U, Th); 6 – Калинівське (TR, U, Th); 7 – Полохівське (Li, Ta, Nb); 8 – Южне (TR, U); 9 – Тарасівське (TR); 10 – Жовторіченське (Sc, U, Th); 11 – Новопротавське (Nb, TR); 12 – Успенівське (TR); 13 – Шевченківське (Li); 14 – Во-скресенівське (Li); 15 – Крута Балка (Ta, Nb, Li); 16 – Азовське (TR, Zr, Nb); 17 – Мазурівське (Nb, Zr); 18 – Анадольське (TR); 19 – Покрово-Київське (Be, TR); 20 – Петрово-Гнутівське (TR)



Ястребецьке родовище цирконієвих руд є аналогом попереднього, однак тут поки не виявлено багатих руд TR, хоча в сієнітах є той же набір TR мінералів, що й в Азовському [3]. Родовище розміщене в південно-західній частині Пержанського рудного вузла, пов'язане з однойменним масивом лужних сієнітів. Родовище вважається великим, однак значна глибина залягання відомих рудних тіл (понад 500 м) ускладнює його можливу промислову розробку.

Стремигородське родовище, яке локалізоване в габроїдах коростенського комплексу на півночі Житомирської області також є комплексним. Головні рудні мінерали апатит та ільменіт. Серед TR переважають Ce (45–51% від суми лантанодів), La (17–20%), Nd (11–22%), Sm (5–11%), Pr (4–6%), Eu (1–2%) та Gd (1–2%), кількість інших лантанодів є невеликою.

Успенівський прояв Західного Приазов'я приурочений до тіл пегматитів і пегматоїдних гранітів. Вміст суми TR – від 0,03 до 0,11%.

Анадольське родовище представлене рудною зоною, яка перетинає анадольські граніти і метаморфічні породи західноприазовської серії на південному сході від Октябрського масиву. Вміст TR_2O_3 сягає 0,1–16,7%.

Петрово-Гнутаївське родовище розташоване в долині р. Кальміус на незначній відстані від м. Маріуполя. Представлене крутопадаючою флюорит-рідкісноземельно-карбонатною жилою (до 3 м) у фенітизованих граносієнітах ендоконтактової зони Кальміуського масиву.

Рідкісноземельна мінералізація, пов'язана з польовошпатовими метасоматитами, відома на урановорудних полях і родовищах Кіровоградського УРР (Лозоватське, Калинівське, Южне родовища).

Характерним рідкісноземельним об'єктом, пов'язаним з калієвим метасоматозом, є прояв Балка Корабельна,



представлений крутопадаючим лінзоподібним покладом інтенсивно катаклазованих порід північно-східного простягання серед гранітизованих гнейсів і мігматитів. Поклад, довжиною 70 м і шириною 40 м, простежений до глибини 50 м. Потужність окремих рудних тіл досягає 20 м. Вміст у руді TR – до 4,4%.

У зв'язку з карбонатитовими і лужними комплексами УЩ відомі й інші потенційні джерела TR (Малотерсянське родовище Придніпров'я; Пержанський рідкіснометальний прояв в Житомирській області; Проскурівський і Антонівський масиви лужних порід Побужжя та ін.).

Крім корінних родовищ, в Україні відомі також великі титан-циркон-ільменітові розсипи в Житомирській області (річки Гнілоп'ять, Соб, Роставица, Жежелівська балка) і Приазов'ї (р. Кальчик, узбережно-морські розсипи Азовського моря), які також можуть стати додатковим джерелом TR.

Таким чином, навіть уже відомі родовища рідкісних металів можуть не тільки забезпечити потреби України в TR, але й бути надійним джерелом валютних надходжень за рахунок можливого експорту їх концентратів (монацит, хлориди, оксиди і фториди рідкісних земель, ксенотим та ін.).

Список використаних джерел: 1. Михайлов В. Геологія родовищ корисних копалин. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер. Геологія.* 2023. № 1(100). С. 73–85. 2. Михайлов В. А., Кривдік С. Г. Перспективи України щодо рідкісноземельних елементів у світовому аспекті. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер. Геологія.* 2004. № 28. С. 10–12. 3. Рідкіснометалеві сієніти Українського щита: перспективи пошуків багатих руд цирконію та лантаноїдів / С. Г. Кривдік та ін. *Мінералогічний журнал.* 2000. Т. 22, № 1. С. 62–72.



УДК 622.323:556.3:639.3(477.5)

Дасов Ю. Р., Буднік В. В., здобувачі вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), науковий керівник: Мельничук В. Г., д.геол.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

АРТЕЗІАНСЬКІ СВЕРДЛОВИНИ ПОГОРИННЯ ДЛЯ ФОРЕЛЕВИХ АКВАФЕРМ

З метою проектування споруд для риборозведення (приміщення акваферм, поля фільтрації, водопроводи, іригаційні канали, підїздні шляхи) ревізійно вивчено доцільність використання артезіанських свердловин (11 св.) на ділянках Рівненської області. Із них 6 свердловин, що розкрили найпродуктивніший водоносний горизонт в заплавах частини долини р. Горинь, відповідають вимогам щодо гідрогеологічних і геокадастрових умов ділянок риборозведення (аквакультури).

Виконані науково-дослідні роботи з ревізійного гідрогеологічного обстеження самовиливаючих свердловин показали, що досліджені напірні підземні води не проявляють ознак виснаження і забруднення. Їхні дебіти і гідрохімічні показники перебувають у межах норми, але за період функціонування самовиливаючих свердловин зазнали певних змін (пониження рН, зростання дебітів, варіації хімічного складу).

Зазначені свердловини пройдені 30 і більше років тому. Вони технічно занедбані, ніяк не експлуатувались і потребують паспортизації у відповідності до чинних вимог за матеріалами попереднього геологічного вивчення



надр, виконаного у 1979–1992 рр. Свердловини експлуатують вендський напірний водоносний горизонт.

Напірний водоносний горизонт у відкладах горбашівської світи волинської серії нижнього венду (V_{1gb}) в межах досліджуваних ділянок у басейні р. Горинь має повсюдне поширення і є основним для господарського та питного водокаристування.

В басейні р. Горинь напірний водоносний горизонт у відкладах горбашівської світи представлений перешарування пісковиків від дрібнозернистих до грубозернистих, донизу гравелистих, слабозцементованих рожево-сірих та бурих відтінків, пористих, кварц-польовошпатового складу, тріщинуватих, водоносних. Підстеляються вони на глибині понад 100 м водовмісними дрібнозернистими пісковиками поліської серії, між якими існує тісний гідравлічний зв'язок.

На ділянці Річиця глибина залягання напірного водоносного горизонту від 50 м до 57 м. Потужність горизонту сягає 50 м. Горизонт напірний, напори – 63–200 м. Статичні рівні в свердловинах змінюються від +2,25 м до +7,83 м, динамічні рівні змінюються від 8,0 до +1,0 м. На ділянці Річиця дебіти свердловин становили 54,0 м³/год (1296,0 м³/добу) при зниженні рівня на 4,0 м та 142,2 м³/год (3413,0 м³/добу), при зниженні рівня на 10,25 м станом на 1990 р.). На ділянці Злазне дебіти свердловин становили 84,2 м³/год (2020,0 м³/добу) при зниженні рівня на 10,55 м. На ділянці Жалин (див. рисунок) – 118,8 м³/год (2850,0 м³/добу), при зниженні рівня на 8,63 м (станом на 1987 р.).

За сучасним хімічним складом (див. таблицю) вода на ділянці Річиця гідрокарбонатна магнієво-кальцієва, натрієво-кальцієва з мінералізацією 270,0–304,6 мг/дм³, рН–6,9–8,2. Загальна жорсткість вод змінюється від 2,9 до 3,4 ммоль/дм³, що дає право відносити ці води до м'яких і



помірно-жорстких. Сухий залишок 175,0–210,0 мг/дм³ з плином часу (35 років) зменшив свою кількість, а хімічний склад напірних вод суттєвих змін не зазнав. Дещо знизився лише водневий показник Рн і станом на жовтень 2020 р. становить 6,0–7,1. Дебіт свердловин після 35 років самовиливання залишається достатньо високим без ознак виснаження.



Рисунок. Вигляд свердловини 156р поблизу с. Жалин

Суттєвою вадою вод напірного горизонту є завищений вміст в них заліза – до 2,8 мг/дм³. З плином часу кількість його також не зменшилась. За фізичними властивостями води горизонту прозорі, без кольору, без запаху, температура їх влітку 10–14° С.

Показники епідемічної безпеки питної води і санітарно-токсикологічні показники горбашівського горизонту у 1990 р. відповідали безпечним нормам.

За визначеними показниками вода відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».



Таблиця

Дебіт і гідро-хімічні показники підземних вод із
артезіанських свердловин Погориння

Ділянка	Річиця 1	Річиця 2	Злазне	Жалин		
Свердловини та їхні показники						
Показники	214 ц	211ц	169ц	212 ц	154р	156р
Дебіт м³/добу	>2592	≈2160	≈3456	>864	≈1728	≈5184
pH	6,6	6,5	7,1	6,5		
Температура °С.	10	10	10	11	12	11
Залізо загальне, мг/дм³	2,98	2,34	2,71			
Жорсткість ммоль/дм³	3,2	2,6	3,4			
Лужність, ммоль/дм³	2,8	3	3,6			
Сульфати, мг/дм³	-	-	-			
Хлориди, мг/дм³	3,67	5,65	5,65			
Нітрати, мг/дм³	0,113	0,033	0,053			
Нітрити, мг/дм³	0,002	0,008	0,014			
Амоній, мг/дм³	0,82	1,265	0,775			
Сухий залишок* при 110° С, мг/дм³	150	165	190			

Висновки. На території Рівненської області для зазначених цілей найпридатніші ділянки самовиливання підземних вод з горбашівського водоносного горизонту, розташовані у долині р. Горинь. Даний горизонт добре вивчений і наразі використовується для питного водопостачання і господарських потреб м. Рівне та інших населених пунктів. За гідрогеологічними і геокадастровими умовами для зведення споруд з риборозведення першочергово рекомендується ділянка «Річиця 1», на якій самовиливаючі свердловини (св. 169ц, 211ц, 214ц) просторово зближенні, наразі мають достатній дебіт і задовільні гідрохімічні характеристики води. Сприятливі гідрогеологічні і геокадастрові умови для облаштування споруд з риборозведення мають також ділянки артезіанських вод «Жалин» (св. 156) і «Злазне» (св. 154).



УДК 556.535:556.5(477)

Доменюк Д. А., здобувачка вищої освіти першого рівня
(Київський національний університет ім. Тараса Шевченка),
науковий керівник: Ободовський О. Г., д.геогр.н.,
професор (Київський національний університет ім. Тараса
Шевченка)

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РУСЕЛ РІЧОК СУББАСЕЙНУ ПРИП'ЯТІ У МЕЖАХ УКРАЇНИ

У дослідженні розглядається оцінка стійкості руслових процесів у регіональному та екологічному аспектах з акцентом на малі та середні водотоки, що найбільше піддаються впливу людської діяльності на прикладі русел річок суббасейну Прип'яті у межах України.

Метою даної роботи є дослідження та оцінка стійкості русел річок басейну Прип'яті у межах України за період 1991–2021 роки. Об'єктом дослідження є річки басейну Прип'яті у межах України. Предметом дослідження є русла річок басейну Прип'яті.

Методика дослідження базувалася на порівнянні різних підходів до оцінки стійкості русел у характерні роки (1991–2021 рр.), а саме число Лохтіна, коефіцієнти Маккавєєва та Гришаніна, ерозійний показник Ободовського. Оцінювання проводилося дискретно за даними гідрологічних постів.

Руслові процеси – це сукупність явищ, які пов'язані із взаємодією потоку та ґрунтів, що складають руслову улоговину, ерозією, транспортуванням і акумулюванням наносів, та визначають розмивання дна і берегів річок, розвиток різних форм русел і руслового рельєфу [1]. Для виявлення кількісних і якісних характеристик змін конфігурації русла застосовується поняття його стійкості.



Завдяки оцінці стійкості русел з'являється можливість порівняння швидкості розвитку руслових деформацій різних річок або ділянок однієї річки багаторічних та вікових змін.

Вивчення стійкості русел річок є важливою складовою аналізу руслових процесів, що має значну практичну цінність. Це дослідження не лише дає можливість зрозуміти динаміку русла, але й несе в собі екологічний аспект. Завдяки оцінці стійкості русел можна прогнозувати інтенсивність руслових деформацій, які, у свою чергу, впливають на екосистеми та господарську діяльність у прибережних зонах річок.

Основними підходами до оцінки стійкості русел є коефіцієнти Маккавєєва та Гришаніна, число Лохтіна та ерозійний показник Ободовського [2–3].

Для розрахунків оцінки стійкості русла необхідні певні морфометричні характеристики русла на гідрологічному посту, а саме ширина та глибина русла, руслоформувальна витрата, похил річки, кілометричне падіння та діаметр донних наносів.

Для аналізу стійкості русел було обрано дванадцять гідрологічних постів, розташованих у басейні річки Прип'ять у межах України (табл. 1). Головним критерієм відбору слугувала наявність фондових даних для розрахунків. Діаметр частинок донних наносів визначався за допомогою гідрологічних щорічників за 1991–2021 роки. Характеристики русла – глибина та ширина приймалися за таблицями вимірюваних витрат води теж за цей період. Кілометричне падіння визначалося як частка від ділення загального падіння на даній ділянці до загальної довжини ділянки.

Оцінка стійкості русел річок басейну Прип'яті за допомогою різних методів виявила значні розбіжності в результатах. Так, метод Лохтіна класифікує більшість



досліджених ділянок русел як нестійкі або слабкостійкі, що не відповідає їх реальному стану. З іншого боку, метод Маккавєєва дає значно більш реальну картину: лише 25% досліджених русел визнано нестабільними, а решта – стабільними або слабкостабільними (табл. 1).

Таблиця 1
Результати розрахунків за числом Лохтіна, показниками
Маккавєєва та Гришаніна (1991–2021 рр.)

річка-пост	число Лохтіна		показник Маккавєєва		показник Гришаніна	
	результат	стійкість	результат	стійкість	результат	стійкість
Прип'ять-Річиця	1,01	нестійке	23,8	стійке	1,16	відносно стійке
Вишівка-Руда	1,05	нестійке	24,9	стійке	0,74	слабостійке
Турія-Ковель	0,66	абсолютно нестійке	13,6	слабостійке	0,19	нестійке
Стир-Щуровиці	1,13	нестійке	11,4	слабостійке	0,38	нестійке
Стир-Луцьк	1,00	нестійке	3,33	нестійке	0,55	слабостійке
Іква-Великі Млинівці	1,15	нестійке	2,72	нестійке	1,65	стійке
Горинь-Ямпіль	0,18	абсолютно нестійке	1,88	нестійке	0,85	стійке
Горинь-Деражне	6,80	відносно-стійке	61,3	стійке	0,86	стійке
Случ-Громада	9,08	відносно-стійке	106,4	абсолютно стійке	0,86	стійке
Случ-Новоград-Волинськ	4,29	слабостійке	7,64	слабостійке	0,58	слабостійке
Случ-Сарни	1,12	нестійке	12,3	слабостійке	0,30	нестійке
Уборть-Перега	1,97	нестійке	36,5	стійке	0,14	нестійке
Нарин-Славеничина	0,29	абсолютно нестійке	4,81	слабостійке	0,32	слабостійке

У результаті проведених розрахунків засвідчено, що підходи Лохтіна, Маккавєєва та Гришаніна можуть використовуватися лише для наближеної оцінки стійкості річкових русел.

Проведено оцінку стійкості русел річок басейну Прип'яті за ерозійним показником О.Г. Ободовського (табл. 2).

Аналіз табл. 2 засвідчує, що найбільш розповсюдженими руслами річок басейну Прип'яті у межах України є стійкі русла, а саме 75% річок, решта 25% мають відносно стійке русло. Русла досліджуваних річок здебільшого знаходяться в умовах вільного розвитку руслових деформацій.



Таблиця 2

Результати оцінювання стійкості русла за ерозійним
показником Ободовського (1991–2021 рр.)

Річка-пост	діаметр наносів, d	кілометричне падіння, Н, м	середня ширина русла В, м	середня глибина русла, h, м	ерозійний показник стійкості Ободовського	Оцінка стійкості
Прип'ять-Річиця	0,4	0,43	85	3,05	1,11	стійке
Вижівка-Руда	0,45	0,43	12,03	1,94	0,26	стійке
Турія-Ковель	0,25	0,38	16,7	0,5	0,87	стійке
Стир-Щуровиці	0,36	0,32	15	1,05	0,64	стійке
Стир-Луцьк	0,07	0,07	30	1,38	0,86	стійке
Іква-Великі Млинівці	0,31	0,27	51,82	2,36	1,00	стійке
Горинь-Ямпіль	0,09	0,5	30	2,7	0,08	стійке
Горинь-Деражне	0,34	0,05	38,8	3,88	2,69	відносно стійке
Случ-Громада	0,59	0,065	7,92	2,85	1,00	стійке
Случ-Новоград-Волинськ	0,21	0,049	55	4,19	2,23	відносно стійке
Случ-Сарни	0,37	0,33	75	1,6	2,08	відносно стійке
Уборть-Перга	0,57	0,29	15	0,55	2,47	відносно стійке
Норин-Славенщина	0,15	0,52	13	0,68	0,22	стійке

Результати, отримані при дослідженні стійкості русел річок, можуть бути використані на перших стадіях рекогносцирувальних і проектних робіт з метою гідротехнічного будівництва в руслах річок та на їхніх заплавах; при гідроенергетичному освоєнні середніх і малих річок та розвитку судноплавства на перших з них; при господарському освоєнні заплав, при розробці програм раціонального використання річкової мережі; при прогнозуванні та попередженні екстремальних ситуацій, пов'язаних із руслоформувальною діяльністю річок.

Список використаних джерел: 1. Ободовський О. Г. Руслові процеси : підручник. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2017. 511 с. 2. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). Київ : Ніка-центр, 2001. 274 с. 3. Ободовський О. Г., Корнієнко В. О., Перевозчиков І. М. Сучасні умови формування стійкості русел річок району басейну Дніпра (в межах України). *Гірологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2023. № 1(67). С. 33–42.



УДК 633:521+522

Єфимов Є. В., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

БИОРЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ КОНОПЕЛЬ ТЕХНІЧНИХ

Коноплі, поряд із льоном-довгунцем, історично є однією з ключових технічних культур для українського Полісся, забезпечуючи три види цінної продукції: волокно, насіння та кострицю. Продукція коноплярства користується значним світовим попитом завдяки своїм унікальним властивостям. Сучасні технології дозволяють поглиблено переробляти коротке конопляне волокно в котонін, придатний для виробництва пряжі на існуючому в Україні бавовнопрядильному обладнанні. Насіння та олія конопель також знаходять широке застосування в харчовій, косметичній, фармацевтичній та технічній галузях.

Глобальний попит на конопляне волокно постійно зростає, особливо через його застосування як заміни синтетичних матеріалів. У целюлозно-паперовій промисловості коноплі продукують у чотири рази більше паперу з гектара, ніж деревина, можуть вирощуватися в усіх кліматичних зонах, а конопляний папір вирізняється високою довговічністю.

Окрім текстильної та паперової галузей, коноплі мають значний потенціал в інших секторах. У будівельній промисловості зростає інтерес до конопель як екологічно чистого ізоляційного матеріалу; конопляні кострицеблоки не поступаються цементним аналогам за міцністю, маючи при цьому кращі теплоізоляційні властивості. Суміші конопляного волокна з біопластмасами формують міцне покриття для дахів, а країни ЄС планують вирощувати



понад 400 тисяч гектарів конопель для будівельних та меблевих потреб.

У альтернативній енергетиці коноплі розкривають широкі можливості як джерело швидко відновлюваної енергії; теплотворна здатність їхніх стебел порівнянна з кам'яним вугіллям, а конопляна біомаса здатна забезпечити до 90% світового споживання електроенергії через виробництво метану та метанолу.

Автомобільна промисловість також є споживачем натуральних волокон.

З екологічної та агротехнічної точок зору, коноплі є цінною культурою, яку можна вирощувати в монокультурі без застосування пестицидів. Їхня стрижнева коренева система сприяє покращенню якості ґрунту та зменшенню його ерозії.

Наразі в Україні функціонує вісім коноплезаводів. Світові тенденції свідчать про зростання площ посівів конопель, і в Україні також спостерігається збільшення інтересу до цієї культури. Одним із сучасних і перспективних напрямків є виробництво целюлози з конопель, як альтернативної сировини для паперової промисловості, що дозволить частково задовольнити внутрішні потреби країни та зменшити імпорт.

Отже, коноплярство є інвестиційно-привабливою галуззю, подальший розвиток якої значною мірою залежить від державної політики, зацікавленості інвесторів та комплексного підходу. Враховуючи прагнення України інтегруватися в ЄС та світові тенденції натуралізації продукції, розвиток галузі коноплярства є стратегічно важливим для комплексного використання її значного потенціалу у текстильній, будівельній, целюлозній та енергетичній галузях.



УДК 553.042:553.6:332.3:553(477)

Конончук Я. В., здобувачка вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:** **Криницька М. В.,** к.геол.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОСАДОВІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ПІСЛЯВОЄННОЇ РОЗБУДОВИ

Геологічна будова України є вкрай різноманітною, що обумовлює широке розповсюдження різних типів корисних копалин. Одним з ключових структурних елементів є Український щит, де серед найперспективніших у геолого-економічному плані вважаються його північно-західні райони, зокрема у межах української території аркушів М-35-IV (Рубель) та М-35-V (Лельчиці). Тут виявлені значні площі осадового чохла, який залягає на докембрійському фундаменті та акумулює чимало важливих корисних копалин осадового походження.

З осадовими породами пов'язані розсипні родовища каситериту, колумбіту, циркону, прояви бурштину, а також пісків, придатних для використання у житловому і дорожньому будівництві. З точки зору мінерально-сировинного потенціалу найважливішими є родовища нерудної сировини, будівельних матеріалів, а також паливно-енергетичні ресурси, що приурочені до різних структурних і літолого-фаціальних зон чохла. У зв'язку з післявоєнною потребою у відновленні інфраструктури та розвитку регіональної економіки, природно-ресурсний потенціал цієї території набуває особливої актуальності.



В межах північно-західної частини УЩ також поширені поклади торфу, будівельних пісків, глин, сапропелю та фосфоритів, що мають важливе значення як джерело сировини для будівництва, енергетики та агропромислового комплексу (див. рисунок).

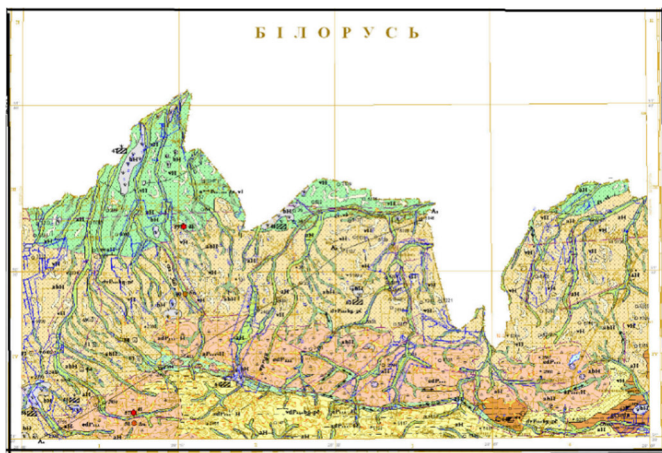


Рисунок. Геологічна карта поширення корисних копалин у четвертинних відкладах [1]

Особливе місце займає торф [1, с. 84]. Це пов'язано із сприятливими кліматичними умовами для утворення боліт і розвитку торфонакопичення в них. Потужність торф'яних покладів цілком залежить від геоморфології місцевості. Так, інтенсивна заболоченість і розвиток торфонакопичення характерне для Сарненської алювіально-терасної, Клесівської акумулятивно-денудаційної воднольодовикової та Олевської алювіально-воднольодовикової рівнин. Тут розвинені неглибокі і середньої глибини болота з рівним плоским дном. Більшість з них утворилася шляхом поступового заболочування озерних водоймищ, які залишилися після відступу Дніпровського льодовика, відмирання гідрографічної сітки,



а також поступового заболочування понижених ділянок на вододільних просторах у результаті постійного надлишку перезволоження. Утворення боліт у заплавах річок і примикаючих до них понижень пов'язано з паводковим перезволоженням як у минулому, так і в теперішній час, заростанням стариць.

Торф'яні поклади залягають у верхньокайнозойських відкладах і мають як паливне, так і агрохімічне значення. Запаси торфу на досліджуваній території вивчені нерівномірно, але окремі ділянки є повністю підготовленими до промислового освоєння [2, с. 87]. В умовах розвитку раціонального природокористування торф може використовуватись як альтернативне біопаливо та як компонент органічних добрив.

Досліджувана територія досить багата алювіальними, делювіально-еоловими і еоловими пісками, які можуть використовуватись для будівельної індустрії. Найбільш розповсюджені делювіально-еолові і алювіальні піски. Розповсюджені вони по всій території, що створює великі перспективи для їх добування і використання [1, с. 103]. Більшістю вони знаходяться в сприятливих геолого-гідрогеологічних умовах, що забезпечують їх видобуток без додаткових затрат. Також на досліджуваній території зустрічаються дюно-, пасмо- і валоподібні піщані утворення еолового генезису. У зв'язку зі слабким зволоженням і майже повною відсутністю гумусу піски, як правило, покриті низькорослим сосновим рідколіссям, що не має товарної цінності. Найбільш крупні і чітко виражені у рельєфі еолові утворення можна розглядати у якості проявів будівельної сировини. За даними лабораторних досліджень [1, с. 95] кварцові піски перевіяних піщаних пасм придатні для виготовлення скловиробів.

В межах північно-західної частини УЩ також виявлені прояви моренних суглинків, придатних для



виготовлення цегли [1, с. 103]. Суглинки виходять на сучасний ерозійний зріз та мають значну потужність (до 5–6 м), що є сприятливим для їх геологічного вивчення та малозатратного видобутку.

Поширення бурштиноносних відкладів в межах північно-західної частин Українського щита вказує на перспективність організації легального видобутку бурштиноносних пісків. Видобуток таких ресурсів може створити додаткові джерела надходжень до місцевих бюджетів і забезпечити зайнятість населення в сільських громадах.

Використання місцевих ресурсів сприятиме зниженню залежності від зовнішніх поставок будівельної сировини та енергоносіїв, що є критично важливим у післявоєнний період. Пріоритет має також надаватися екологічно безпечним технологіям розвідки, видобування та рекультивації порушених земель.

Отже, мінерально-сировинна база північно-західної частини Українського щита, що припадає на межиріччя рік Ствиги, Уборті й Словечної є важливим елементом національної програми відбудови, з потенціалом до сталого регіонального розвитку та екологічного відновлення. Крім того, територія має значний потенціал для подальшого геологорозвідувального вивчення. Актуальними для подальших геологічних досліджень корисних копалин осадового походження є завдання геологічного картування, дооцінки ресурсів та екологічного моніторингу при розробці родовищ.

Список використаних джерел: 1. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Центральноукраїнська серія. Аркуші: М-35-IV (Рубель), М-35-V (Лельчиці) в межах України / відп. виконавець О. П. Глухов. Київ : Державна служба геології та надр України, Державне підприємство «Українська геологічна компанія», 2011. 135 с. 2. Ласло І. І., Бондаренко О. М. Корисні копалини осадового чохла України. Львів : Наук. світ, 2012. 312 с.



УДК 502.51(477)(063):504.453(477)

Косяк Д. С., к.геогр.н., доцент, Самуйлик Л. І., магістр з наук про Землю (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ЗМІНА ПАРАМЕТРІВ ВОДОЗБІРНОГО БАСЕЙНУ РІЧКИ РУДКА ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЙОГО ЛАНДШАФТНА РЕКОНСТРУКЦІЯ

Проблема трансформації параметрів водозбірних басейнів річок та їх ландшафтна реконструкція сьогодні відіграє важливу роль у майбутньому Українського Полісся, так як їх площі та об'єми забруднення впливають на життя людей, які проживають у даному регіоні та областях.

До написання даної роботи спонукало те, що з кінця 1990-х років ХХ століття і до сьогоднішніх днів відбулися зміни параметрів водозбірних басейнів річок України, зокрема і басейну річки Рудка Українського Полісся. До цієї трансформації призвело те, що змінювалися площі природних та антропогенних параметрів водозбору річки. Тому для безпечного санітарного та екологічного стану річок Українського Полісся, сьогодні необхідна комплексна розробка природоохоронних заходів щодо покращення природних параметрів у басейнах річок, а також комплекс робіт по відновленню ландшафтної реконструкції басейнів річок.

Річка Рудка належить до басейну річки Стир і являється її правою притокою першого порядку. Вздовж течії річки Рудка у її долині було виділено п'ять типологічних ділянок, на яких проведено дослідження: витoki річки, враховуючи населений пункт Домашів; верхів'я річки з населеними пунктами Миково та Журавичі;



середня течія річки з населеними пунктами Макаревичі та Мар'яновка; пониззя річки з населеним пунктом Калиновка; річка у межах урболандшафту м. Колки.

Для покращення ландшафтної реконструкції басейну річки Рудка необхідно було проаналізувати та визначити ПТК її басейну (природні та антропогенні компоненти) кінця 90-х років та на 2021–2022 рік. Це було зроблено за допомогою комп'ютерної програми Google Планета Земля (2021 року), а також фондових матеріалів кафедри геології та гідрології. На базі цієї програми була побудована відповідна карта ПТК басейну річки Рудка станом на 2021 рік (рис. 1).

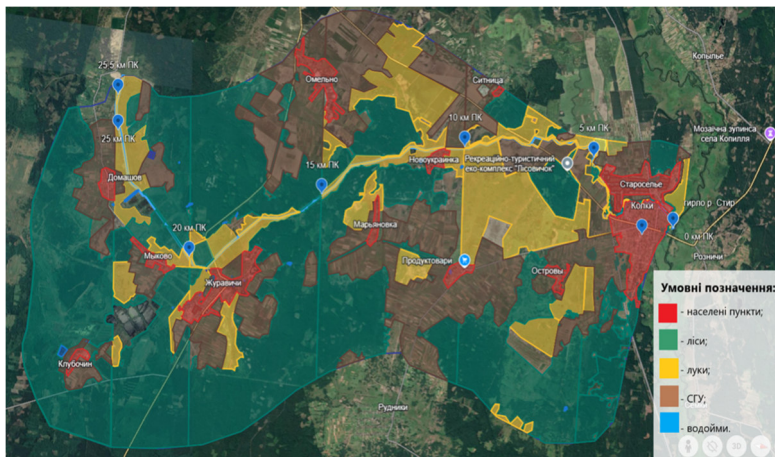
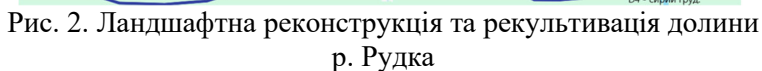


Рис. 1. ПТК басейну річки Рудка станом на 2021 рік

Дані дослідження показують, що необхідний комплексний підхід щодо управління сільськогосподарськими землями у басейні річки, особливо необхідне їх кількісне та якісне поліпшення.

Для покращення всіх вище згаданих показників у роботі було проведено реконструкцію ландшафтних

Виконано ландшафтну реконструкцію ПТК окремо для правої та лівої частини басейну річки Рудка (рис. 2).



Проведений аналіз ПТК басейну річки говорить про те, що площі природних та антропогенних комплексів трансформувалися за роки, а саме: ліси збільшилися з 6,545 тис. га до 9,260 тис. га за рахунок скорочення площ луків, площа боліт майже не змінилася у басейні річки. Площа еродованих та деградованих земель збільшилася з 0,034 тис. га до 0,136 тис. га за рахунок зменшення площ сільськогосподарських земель з 10,3 тис. га до 9,771 тис. га, а площа забудови теж майже не змінилася. З даного аналізу



можна зробити висновок, що саме площі сільськогосподарських земель піддаються досить високому антропогенному впливу у басейні річки, переходячи у деградовані та еродовані землі.

Висновок. Водозбори річок Українського Полісся сьогодні характеризуються надмірним антропогенним впливом на природні комплекси, площа антропогенно трансформованих ландшафтів становить 80–90%. Найбільш трансформованими є нижні та середні ділянки річкових басейнів. Дослідженнями встановлено, що площі природних параметрів зменшувалися за рахунок збільшення площ забудови території водозбору та збільшення земель сільськогосподарського призначення. Також з кінця 90-х років збільшилася площа еродованих та деградованих земель. Це говорить про те, що нераціонально та неефективно запроваджувалися природоохоронні заходи щодо поліпшення якості земельних ресурсів та виведення їх з такої категорії земель як деградовані. Також велику роль відіграє і зміна клімату на водозбірні площі річок Українського Полісся, тому що збільшення температури повітря призвела до пониження рівня ґрунтових вод, а зливові атмосферні опади не ведуть до покращення якісного стану басейнів річок та його поповнення, хоча і кількісні характеристики їх зростають. Тому потрібно більш, комплексно та окремо для кожного басейну річки розробляти та застосовувати першочергові природоохоронні заходи, які будуть покращувати природну та ландшафтну структуру басейнів річок Українського Полісся, залучати відповідних фахівців з вищих навчальних закладів, які працюють над такими дослідженнями. Для таких заходів необхідно також зменшити забори чистої води, а створювати замкнутий цикл водопостачання на підприємствах, контролювати більш жорсткіше об'єми скидів забруднюючих стічних вод на них.



УДК 556.5(477.82):622.271.3:504.06

Кухта М. В., здобувачка вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:** **Будз О. П., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

КОНСТРУКТИВНО-ГЕОГРАФІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ РОЗРОБКИ ДВОРОВИЦЬКОГО РОДОВИЩА БУДІВЕЛЬНИХ ПІСКІВ НА ГЕОСИСТЕМИ РЕГІОНУ

Вступ. Дана тематика обумовлена стрімким розвитком будівельної галузі й необхідністю екологічно грамотного управління мінеральними й водними ресурсами Полісся, зокрема – запобігання деградації геосистем та відновлення ландшафтів після видобутку.

Метою є комплексна оцінка впливу відкритої кар'єрної розробки на природно-географічні компоненти – рельєф, ґрунти, водні ресурси та локальні екосистеми – із подальшим обґрунтуванням заходів із мінімізації негативних наслідків і рекультивації території.

Об'єкт дослідження – просторово-географічні, гідрогеологічні та екологічні характеристики району Дворовицького кар'єру [3, с. 200]. Предмет дослідження – механізми трансформації геосистем впливом кар'єрної діяльності та ефективні конструктивно-географічні заходи з їх відновлення.

Результати: Дворовицьке родовище розташоване біля заказника «Передільські горби» на території з горбогірним рельєфом, низькою лісистістю та пригніченим рослинним покривом. Основними вразливими компонентами геосистеми є ґрунтово-рослинний шар і поверхневі екосистеми. Родовищу притаманна відсутність ґрунтових



вод, що знижує ризик обводнення, але посилює дефіцит вологи. Видобування піску відбувається відкритим способом, вище рівня ґрунтових вод, із обмеженим водним притоком лише за рахунок опадів. Для зменшення негативного впливу передбачено рекультивацію, збереження ґрунтового шару, водоохоронні заходи та виключення втручання в межі заказника [1, с. 36].

Висновок. Розробка Дворовицького родовища пісків відбувається в умовах підвищеної екологічної вразливості території, насамперед через деградований ґрунтово-рослинний покрив. Водночас відсутність ґрунтових вод знижує ризик гідрогеологічного порушення. Завдяки впровадженню системи рекультивації та природоохоронних заходів, діяльність є екологічно допустимою за умови постійного контролю й дотримання проєктних рішень.

Список використаних джерел: 1. Звіт з оцінки впливу на довкілля (ОВД) щодо розробки Дворовицького родовища будівельних пісків. Рівне, 2022. 131 с. 2. Географічна енциклопедія України : у 3 т. / ред. кол.: О. М. Маринич (відп. ред.) та ін. Київ : Укр. енцикл., 1989–1993. 3. Національний атлас України / ред. кол.: О. Г. Шаблій та ін. Київ : ДНВП «Картографія», 2007. 440 с. 4. Карповець Ю. М. Геоморфологія України. Київ : Вища школа, 2005. 280 с.



УДК 528.8:556

Онуфрійчук В. М., здобувач вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:** **Басюк Т. О., к.геогр.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ

В Україні наразі стоїть низка важливих питань щодо управління, розвитку, захисту та використання водних ресурсів. Однією з таких проблем є потреба в удосконаленні чинного законодавства у цій сфері. Це впливає на ефективність регулювання водного господарства та забезпечення раціонального використання водних запасів.

Крім того, актуальними є питання покращення моніторингу якості води та оцінки екологічного стану водних об'єктів. Необхідно також розвивати системи прогнозування змін у водних екосистемах, що відповідатиме вимогам Європейського Союзу. Це є важливим кроком на шляху до євроінтеграції [1].

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) відіграє ключову роль у моніторингу водних ресурсів, надаючи оперативні дані про стан водойм, антропогенний вплив та прогножуючи небезпечні явища (повені, посухи). Ця технологія також є потужним інструментом для збору статистики та оцінки ефективності заходів з управління водними ресурсами [2].

Одночасно, реформування системи моніторингу вод вимагає інноваційних підходів до оцінки поверхневих вод. Це передбачає врахування не лише традиційних, а й біологічних, гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників. Сучасний моніторинг має включати діагностичний, операційний та дослідницький компоненти



для отримання повної картини стану водних об'єктів. Оцінка екологічного стану поверхневих вод та річкових водозборів передбачає кілька ключових етапів (табл. 1).

Таблиця 1

Етапи оцінки екологічного стану поверхневих вод та
річкових водозборів [1]

№ з/п	Етап оцінки	Опис	Ключові нормативні документи
1	Визначення екорегіону та типу водного об'єкта	Цей крок є фундаментальним для подальшої коректної оцінки. Водні об'єкти класифікуються за типами: річки, озера, прибережні, перехідні води, а також істотно змінені або штучно створені водойми.	Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС
2	Оцінка специфіки поверхневих вод	Відбувається на основі систем типізації водних об'єктів відповідного типу, що дозволяє врахувати унікальні характеристики кожної водойми.	Системи типізації водних об'єктів
3	Виділення основних типів біотопів	У кожному водному об'єкті необхідно визначити ключові біологічні середовища, що формують його екосистем	Біологічні показники
4	Аналіз порушень гідроморфологічних характеристик	Оцінюється ступінь зміни природних фізичних ознак водного об'єкта або його частин	Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС, стандарт EN 14614:2004/OP
5	Визначення еталонних умов та стану біотичних компонентів	Встановлюються ідеальні (референтні) умови, за якими має функціонувати екосистема водного об'єкта. Це включає еталонний стан біологічних компонентів	Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС, інші керівні документи ЄС

Дані ДЗЗ відкривають широкі можливості для вирішення низки ключових завдань, що стосуються водних ресурсів (табл. 2).



Таблиця 2

Завдання, що вирішуються за допомогою ДЗЗ в управлінні
водними ресурсами [2; 3]

№ з/п	Завдання	Опис та основні можливості ДЗЗ
1	Оновлення гідрографічних та гідрологічних даних	Використання ДЗЗ разом із геоінформаційними системами (ГІС) дозволяє регулярно й оперативно уточнювати інформацію про русла річок, їхні притоки, вододіли, мережу водних об'єктів та інші гідрографічні характеристики річкових басейнів
2	Визначення меж водоохоронних зон	ДЗЗ забезпечує точне встановлення та картографування меж водоохоронних зон, прибережних захисних смуг та інших ділянок, де діє особливий режим використання. Це ключовий елемент для ефективної охорони водних ресурсів
3	Моніторинг якості та екологічного стану вод	Завдяки ДЗЗ можна здійснювати оцінку водно-фізичних, органолептичних та інших показників якості води, а також контролювати загальний екологічний стан водних об'єктів та їхніх водозбірних басейнів. Це сприяє ранньому виявленню забруднень та негативних змін
4	Картування зон затоплення та підтоплення	Дані ДЗЗ у поєднанні з розрахунками спеціалізованих індексів (наприклад, NDPI, NWI, NDVI) дозволяють ефективно визначати, візуалізувати та прогнозувати зони затоплення та підтоплення в річкових басейнах, що є критично важливим для запобігання повеням та мінімізації їх наслідків
5	Оцінка антропогенного навантаження	ДЗЗ надає інструменти для оцінки рівня впливу людської діяльності на річкові басейни. За допомогою аналізу даних, розрахунків індексів та класифікації можна визначити характер використання річкових водозборів та стан їхнього використання, що сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень



Комплексний підхід до управління водними ресурсами в Україні, що відповідає сучасним викликам та європейським стандартам, вимагає реформування чинного законодавства та модернізації системи моніторингу. У цьому контексті, ДЗЗ виступає як важливий інструмент, що забезпечує оперативну та достовірну інформацію про стан водних ресурсів, антропогенне навантаження, зони затоплення та підтоплення. Його застосування дозволяє не лише оновлювати гідрографічні дані та визначати водоохоронні зони, але й здійснювати ефективний контроль за екологічним станом водних об'єктів [1].

Впровадження нових підходів до оцінки масивів поверхневих вод, що враховують біологічні, гідроморфологічні, хімічні та фізико-хімічні показники, є основою для досягнення цілей, визначених Водною Рамковою Директивою ЄС [2; 3].

Таким чином, інтеграція ДЗЗ у систему управління водними ресурсами України є важливим кроком для підвищення ефективності управління, сталого використання та захисту водних об'єктів, а також для забезпечення їхнього належного екологічного стану відповідно до європейських стандартів. Це дозволить Україні не тільки виконувати міжнародні зобов'язання, але й більш ефективно реагувати на виклики, пов'язані зі зміною клімату та зростаючим антропогенним тиском на водні екосистеми.

Список використаних джерел: 1. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / А. І. Томільцева, А. В. Яцик, В. Б. Мокін та ін. К., 2017. 200 с. 2. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування : навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. К., 2019. 316 с. 3. Шевчук В. М. Методика моніторингу руслових процесів за матеріалами аерокосмічного знімання : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.24.01. Львів, 2011. 25 с.



УДК 504.054:550.4:631.4:502.52

Прилуцька Т.Д., здобувачка вищої освіти першого рівня
(Харківський національний педагогічний університет імені
Г.С. Сковороди, м. Харків)

АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ ГЕОХІМІЧНОГО СКЛАДУ ГРУНТІВ ТА ЇХ НАСЛІДКИ ДЛЯ ЛАНДШАФТУ

В умовах сьогодення ґрунти зазнають значний вплив від антропогенного навантаження, в тому числі відбуваються зміни геохімічного складу ґрунтів, які створюють негативні наслідки для ландшафту.

Антропогенні зміни – зміни клімату, ґрунту, водойм, тваринного та рослинного світу, спричинені господарською діяльністю людини; прямі й побічні впливи людини на природу [1]. В межах досягнення цілей сталого розвитку важливо контролювати ці зміни та намагатися зберегти навколишнє середовище.

Геохімічний склад ґрунтів є одним із визначних чинників екологічного стану ландшафтів. Адже від нього залежить стан рослинності, тваринного світу ландшафтів та навіть якість повітря. Через антропогенне навантаження відбуваються серйозні зміни у хімічному складі ґрунтового покриву, що викликає деградацію екосистем, зміну продуктивності ґрунтів та втрату біорізноманіття.

Забруднення ґрунтів — це накопичення в ґрунтах речовин, які негативно впливають на їх родючість та інші корисні властивості [2].

Основними джерелами антропогенного забруднення ґрунтів є промисловість, транспорт, гірничодобувна промисловість, теплоенергетика, військова діяльність, забруднення побутовими відходами, урбанізація та інші чинники (рис. 1).



Рис. 1. Джерела антропогенного забруднення ґрунтів

Забруднення ґрунтів відбувається через фізичне, хімічне, біологічне, інформаційне (техногенне), механічне, соціальне (рекреаційне), радіоактивне та інші (рис. 2). Усі ці види забруднення змінюють хімічний склад та хімічну структуру ґрунтів, що може призвести до погіршення стану екосистем ландшафтів.



Рис. 2. Типи антропогенного навантаження на ґрунти



Наслідками неконтрольованого антропогенного навантаження на ґрунти є втрата їх родючості, ерозія, зниження водоутримуючої здатності тощо. Це в свою чергу призводить до зниження видової різноманітності флори і фауни, спустелювання або заболочення ландшафтів. Внаслідок цих змін відбувається порушення кругообігу речовин в межах даного ландшафту.

Для запобігання негативного антропогенного впливу на ґрунти та пов'язаних з цим наслідків для ландшафтів використовуються такі методи моніторингу;

- ГІС-технології;
- спектрометричний аналіз для визначення вмісту хімічних елементів;
- біоіндикація з використанням чутливих організмів.

З метою нівелювання антропогенних змін геохімічного складу ґрунтів та їх наслідків для ландшафту вживаються такі заходи як:

- фіторе mediaція (очищення середовища рослинами);
- меліорація та внесення органічних добрив;
- рекультивація територій, уражених промисловими викидами.

Для відновлення ґрунтів доцільно зробити акцент на внесенні органічних і органо-мінеральних добрив. Використання органічних і органо-мінеральних добрив та поліпшувачів ґрунту піде на користь як навколишньому середовищу, так і сільському господарству, оскільки покращення якості ґрунту сприятиме покращенню умов для росту рослин та поживній цінності сільгоспкультур, підвищенню врожайності на довготривалій постійній основі та зниженню витрат виробників [3, с. 122].

Таким чином, антропогенні зміни геохімічного складу ґрунтів спричиняють значні зміни ландшафтів, що призводить до погіршення їх екологічного стану. Для того, щоб запобігти негативним змінам необхідно вживати увесь



комплекс заходів з моніторингу та відновлення екосистем ландшафтів.

Список використаних джерел: 1. Антропогенні зміни *Енциклопедія Сучасної України*. URL: <https://esu.com.ua/article-43057> (дата звернення: 10.05.2025). 2. Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану. *Офіційний портал Верховної Ради України*. URL: https://legalaid.wiki/index.php/Охорона_земель_і_ґрунтів_від_забруднення_відходами#google_vignette (дата звернення: 10.05.2025). 3. Какура І. В., Костенко А. І., Федоришина О. М. Пріоритетне використання добрив для відновлення ґрунтів – запорука безпеки життя і здоров'я населення *Сучасні тенденції розвитку науки та інформаційних технологій* : матеріали 3-ї Міжнародної наук.-практ. конф., м. Софія, Болгарія, 17–20 верес. 2024 р., Софія : International Science Group, 2024. С. 125.



УДК 553.4:553.042:330.341.1:553(477)

Супрунчук Є. В., здобувачка вищої освіти першого рівня (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **науковий керівник:** **Криницька М. В.,** к.геол.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ГЕОЛОГІЧНЕ ВИВЧЕННЯ РУДНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН В МЕЖАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА – ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ КРАЇНИ

Північно-західна частина Українського щита є важливим геологічним районом, який характеризується складною будовою кристалічного фундаменту. В його межах переважна більшість ділянок, перспективних на виявлення родовищ корисних копалин, припадає на Пержанську структурно-металогенічну зону і, в меншій мірі, на Овруцьку металогенічну зону. Обидві зони належать до Волинської металогенічної області металогенічної провінції Українського щита [1, с. 83].

Пержанська структурно-металогенічна зона (див. рисунок) простягається в північно-східному напрямку на відстань до 100 км при ширині 5–10 км. Відзначається своєю унікальністю завдяки максимально сприятливому проявленню геологічних процесів: магматичних, тектоно-метасоматичних і екзогенних, які комплексно сприяли рудному процесу та утворенню родовищ різних генетичних, формаційних і промислових типів. Крім родовищ в межах зони відомі численні рудопрояви та пункти мінералізації.

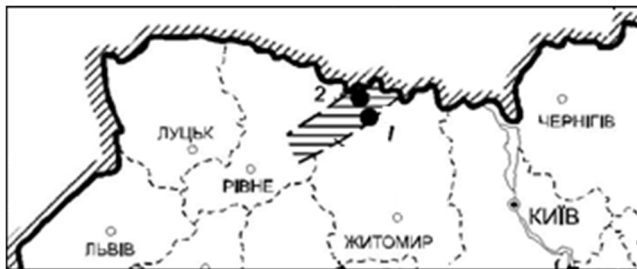


Рисунок. Родовища Пержанської структурно-тектонічної зони:
1 – Пержанське; 2 – Яструбецьке

Основні рудні формації Пержанської зони – берилієва в лужних метасоматитах, вольфрам-олов'яна грейзенова, рідкіснометалева в породах граніт-граносієніт-сієнітової формації і корі вивітрювання, срібно-поліметалічна гідротермальна. З лужними метасоматитами пов'язане Пержанське комплексне родовище берилію, з грейзенами – вольфрам-олов'яне зруденіння Західне, а з лужними сієнітами – Яструбецьке фтор-цирконій-рідкісноземельне родовище.

Слід відмітити що в окремих рудних тілах Яструбецького родовища вміст рідкісноземельних елементів, які наразі стали предметом зацікавлення американського уряду, сягає 0,07–0,3% [2]. Родовище вважається великим, зруденіння простежено до глибини 1100 м.

В берилієносних рудних зонах Пержанського родовища лабораторними аналізами виявлений підвищений вміст срібла [2]. Крім срібла берилієносні метасоматити та вміщуючі апограніти, відзначаються аномальним вмістом молібдену. Приведені дані показують, що берилієві руди значно збагачені молібденово-благороднометальним зруденінням, яке зумовлює комплексність і підвищує цінність.



На Західному рудопрояві, за даними кількісного спектрального і хімічного аналізів [2], виявлено 16 оловорудних тіл з вмістом олова від 0,1 до 6,05%. За даними рентгенорадіометричного аналізу, встановлено вміст рідкісних земель, ітрію та ітрієвих лантанодів, а за даними хімічного аналізу виявлено аномальний вміст молібдену.

Пержанська структурно-металогенічна зона є найперспективнішою металогенічною територією Волинської металогенічної області в межах північно-західної частини Українського щита. Проведення детального геологічного вивчення цієї території має ключове значення для розкриття її мінерально-сировинного потенціалу. Кристалічні породи щита становлять інтерес для видобутку корисних копалин, включаючи рідкісноземельні елементи, кольорові та благородні метали. Їх геологічне дослідження сприяє розвитку гірничодобувної промисловості, що в свою чергу є запорукою сталого розвитку економіки країни.

Застосування сучасних геофізичних, геохімічних та петрохімічних методів дозволяє уточнити геологічну будову району, виявити нові об'єкти для перспективного пошуку та розвідки. Наприклад, геофізичні знімання методом аерогравіметрії та магнітометрії дозволили виявити низку позитивних аномалій, що асоціюються з потенційними рудними тілами [3, с. 15]. Також, регіональні геохімічні дослідження демонструють високий вміст торію, урану та рідкісноземельних елементів у деяких зразках, що відкриває можливості для їх промислового освоєння [4, с. 31].

Геологічне вивчення північно-західної частини Українського щита забезпечує підґрунтя для сталого природокористування та зміцнення економіки України через раціональне використання мінерально-сировинних ресурсів, в тому числі рудних корисних копалин.



Список використаних джерел: **1.** Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Центральноросійська серія. Аркуші: М-35-IV (Рубель), М-35-V (Лельчиці) в межах України / відп. виконавець О. П. Глухов. Київ : Державна служба геології та надр України, Державне підприємство «Українська геологічна компанія», 2011. 135 с. **2.** Геологічна будова та корисні копалини межириччя рр. Ствига, Уборть та Словечна : звіт про геологічне довивчення. Книга 2 / відп. виконавець О. П. Глухов. Київ, 2008. 301 с. **3.** Геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Київ, 2012. 150 с. **4.** Бондарчук Г. Д. Геохімія Українського щита. Київ : Наукова думка, 2018. 240 с.



УДК 528.8:338.49

Фесюк В. О., д.геогр.н., професор (Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк)

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЕЛЕНОЇ ТА БЛАКИТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТ

Зелена та блакитна інфраструктура міст – це просторово взаємопов’язані природні та напівприродні елементи міського середовища, що включають парки, ліси, вулиці, насадження, водойми, річки, болота тощо. Для вивчення зеленої та блакитної інфраструктури міст необхідний просторово-часовий аналіз [1]. У зв’язку із цим актуальність методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для моніторингу ще більш зростає. Ці методи забезпечують оперативне отримання даних про стан, структуру та динаміку зелених насаджень, водних об’єктів, рівень фрагментації екосистем, виявлення деградованих ділянок та ефективність міського екологічного планування.

Застосування дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для дослідження зеленої та блакитної інфраструктури (ЗБІ) міських територій базується на комплексному методологічному підході, який охоплює весь цикл роботи з геопросторовими даними – від вибору джерел інформації до аналізу результатів та формування картографічної продукції. Такий підхід дає змогу не лише виявити просторові характеристики зелених та водних об’єктів у межах міста, а й відстежити динаміку змін, оцінити ефективність управлінських рішень і планування [2].

Першим кроком у дослідженні є вибір оптимальних джерел супутникових знімків, що відповідають



поставленим завданням за просторовим, спектральним та часовим розширенням. Для моніторингу зеленої та блакитної інфраструктури міст на регіональному або міському рівні широко використовуються безкоштовні дані Sentinel-2 та Landsat-8/9, які забезпечують відповідну деталізацію для виділення великих масивів зелених насаджень, парків, скверів, річкових долин, ставків і водосховищ. За потреби вищої деталізації для аналізу локальних об'єктів, зокрема, в умовах щільної забудови, доцільним є використання комерційних високоточно-роздільних знімків (WorldView, QuickBird, PlanetScope).

Наступним етапом є передобробка супутникових даних, що включає корекцію атмосферних спотворень, геометричне вирівнювання (геоприв'язку), усунення впливу хмарності та тіней, а також обрізання знімків до меж досліджуваної території. Це забезпечує уніфікацію даних і створює основу для їх подальшого порівняння та інтеграції.

Для виявлення елементів зеленої та блакитної інфраструктури використовуються спектральні індекси, зокрема, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для рослинного покриву, NDWI (Normalized Difference Water Index) або MNDWI (Modified NDWI) для водних тіл. Розрахунок цих індексів дозволяє ідентифікувати та кількісно охарактеризувати просторове поширення природних компонентів. Наприклад, значення NDVI вище 0,3 зазвичай свідчить про наявність густої зелені, тоді як від'ємні чи близькі до нуля значення можуть свідчити про асфальтовану поверхню, будівлі або суху рослинність [3].

На основі цих індексів та спектральних характеристик здійснюється класифікація земного покриву. У сучасних дослідженнях все частіше застосовуються алгоритми машинного навчання, наприклад, SVM, Random Forest тощо, які дають змогу підвищити точність класифікації, особливо в умовах складної урбанізованої мозаїки.



Після класифікації здійснюється просторовий аналіз отриманих шарів у ГІС. На цьому етапі дані про зелену та блакитну інфраструктуру інтегруються з іншими просторовими даними, зокрема, щодо мережі вулиць, транспортної доступності, густоти забудови, демографічної структури тощо. Це дає змогу сформувати багатовимірну оцінку, зокрема, виявити території з недостатнім озелененням, визначити показники екологічної рівноваги, просторової зв'язаності чи фрагментації інфраструктури.

Окремий важливий аспект методології становить моніторинг змін у часі. Завдяки регулярному оновленню супутникових даних (наприклад, 5 днів для Sentinel-2) можливо відстежувати сезонну і багаторічну динаміку зеленого покриття.

Таким чином, методологія застосування ДЗЗ для дослідження зеленої та блакитної інфраструктури міст є багаторівневою, інтегративною та здатною до адаптації відповідно до завдань дослідження. Вона дозволяє здійснювати не лише кількісний і якісний аналіз, а й слугувати потужним інструментом для підтримки прийняття рішень у сфері сталого міського розвитку та просторового планування.

Список використаних джерел: 1. Зелено-блакитна інфраструктура в містах пострадянського простору: вивчення спадщини та підключення до досвіду країн V4 / за ред. Н. В. Максименко, А. Д. Шкаруби. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. 400 с. 2. Фесюк В. О., Мороз І. А., Карпюк З. К., Чижевська Л. Т. Методика дослідження структури земельного покриття для розробки схем екологічної мережі локального рівня з використанням методів ГІС та ДЗЗ. *Географія та туризм* : матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції. Харків : ХНПУ ім. Г.С. Сковороди. 2022. С. 126–134. 3. The Science of Urban Green Infrastructure: Using Data to Drive Implementation and Policy / The Nature Conservancy. Arlington : TNC Press, 2018. 84 p.



УДК 631.432.2:528.88:004.942

Хмельниченко Н. В., здобувачка вищої освіти першого рівня (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро), науковий керівник: Коваленко В. В., к.с.-г.н., доцент (Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро)

КАЛІБРОВКА ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАПАСІВ ВОЛОГИ В ҐРУНТІ

Розвиток технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), дешифрування та інтерпретація геопросторової інформації щодо елементів водного циклу суходолу сьогодні дають можливість, практично в режимі он-лайн, відслідковувати стан сільськогосподарських культур і зокрема величину запасів вологи в їх посівах. Нещодавно з'явився ресурс на порталі Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) (<https://land.copernicus.eu/en>, дата звернення: 08.05.2025). Для оцінки запасів вологи в ґрунті особливий інтерес мають первинні супутникові дані про зволоженість верхнього (кореневмісного) шару ґрунту SSM (Surface Soil Moisture <https://land.copernicus.eu/en/products/soil-moisture/daily-surface-soil-moisture-v1.0>, та продукту обробки SSM – індексу ґрунтової вологи SWI (Soil Water Index <https://land.copernicus.eu/en/products/soil-moisture/daily-soil-water-index-europe-v1-0-1km>. Ці дані на порталі CLMS у вільному доступі буквально за вчора.

Для оцінки запасів вологи під посівами сільськогосподарських культур найбільший інтерес представляє дані SWI. Алгоритм SWI використовує двошарову модель проникнення вологи з поверхні ґрунту в



його товщу, як функція часу (Bernhard Bauer-Marschallinger та інш., 2023). Значення SWI представлені в % об'ємної вологи ($\text{м}^3/\text{м}^3$) для встановлених восьми значень функцій часу T , що представляє собою часову функцію процесу інфільтрації в ґрунтову товщу потужністю H .

Для визначення закономірностей зміни SWI протягом вегетаційного періоду та калібровки їх за даними інструментального вимірювання вологи на метеостанціям (МС), значення SWI запозичені з CLMS для територій, що представляють собою рілля поблизу метеостанцій Дніпропетровської області Комісарівка, Губиниха та Чаплине, як території найбільш ймовірного інструментального визначення запасів вологи

На даному етапі дослідження, при розробки методики калібровки даних SWI , для оцінки запасів вологи під посівами озимої пшениці в умовах Дніпропетровщини, прийнятий частковий випадок, а саме схема відповідності функцій часу T глибині проникнення води в ґрунт H , яка наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Відповідність функцій часу T формування значення об'ємної вологи (SWI) розрахунковому шару ґрунту H

T	«002»	«005»	«010»	«020»	«040»	«060»	«100»
H , см	0-3	4-7	8-15	16-30	31-50	51-70	71-100
a	0,03	0,04	0,08	0,15	0,2	0,2	0,3

Запаси вологи в метровому шарі ґрунту за даними SWI визначені за рівнянням суми

$$W_{SWI} = 10 \cdot 0,5 \cdot \sum (a_{Ti} \cdot SWI_{Ti}),$$

де SWI_{Ti} – величина об'ємної вологості ($200 \cdot \text{м}^3/\text{м}^3$) для i -го значення T ,

a_{Ti} – відповідна вагова змінна, що фізично представляє собою потужність (м) i -го прошарку ґрунту (табл. 1);



10 та 0,5 – відповідно коефіцієнт переводу запасів вологи в мм та масштабний фактор методики визначення SWI (<https://land.copernicus.eu/en/technical-library/product-user-manual-soil-water-index-version-1/@@@download/file>).

Оцінена тісноту зв'язку при калібровці значень W_{SWI} з вимірними на метеостанції запасами вологи під посівами озимої пшениці W_{MC} за даними метеостанцій області (рисунок). Коефіцієнт кореляції лінійного зв'язку між вказаними змінними ($W_{MC} = a \cdot W_{SWI} + b$) склав $r = 0,64 \div 0,71$ (табл. 2), а середньквадратичне відхилення (σ) запасів вологи W_{SWI} та W_{MC} для метрового шару ґрунту складало 26–30 мм (10–12%).

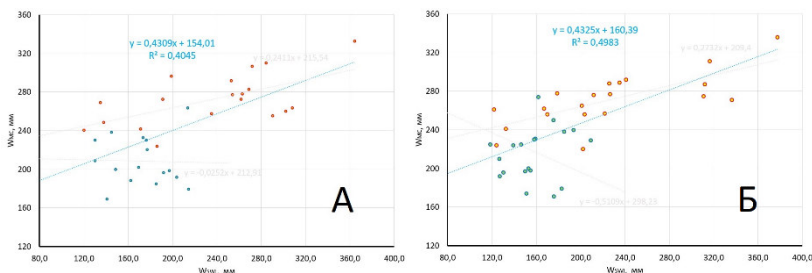


Рисунок. Зв'язок W_{SWI} з вимірними запасами вологи W_{MC} під посівами озимої пшениці за даними метеостанцій ЧапLINE (а) та Губиниха (б)

Таблиця 2

Результати калібровки даних W_{SWI} для оцінки запасів вологи в метровому шарі ґрунту під посівами озимої пшениці

Метеостанція	Коефіцієнти апроксимації лінійної калібровки		Коефіцієнт кореляції r
	a	b	
Комісарівка	0,505	146	0,699
Губиниха	0,433	160	0,706
ЧапLINE	0,431	154	0,636



Результати калібровки підтверджують значимість та оперативність даних ДЗЗ для вирішення моніторингових задач оцінки вологозабезпечення сільськогосподарських культур. Потребує подальшого опрацювання аналіз режиму формування запасів вологи в кореневмісному шарі ґрунту з даними ДЗЗ для знаходження оптимальних зв'язків під кожен сільськогосподарську культуру, що обумовлено особливостями їх режиму водоспоживання.

Наразі ж треба відмітити унікальну можливість широкого використання оброблених даних ДЗЗ (CLMS) для он-лайн оцінки запасів вологи шляхом їх калібровки на основі наземних інструментальних вимірювань вологи на метеостанціях.



Наукове видання

ВОДА. ЗЕМЛЯ. ЕНЕРГЕТИКА – 2025

Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної
конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених
«Вода. Земля. Енергетика»

Розміщуються статті в авторській редакції

Відповідальний за випуск

Андрій Сафоник

Технічний редактор

Галина Сімчук

Підготовлено до друку

Тетяна Басюк

*Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції РВ No 31 від 26.04.2005 р.*