

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Леонід ПЛЯЦУК
(підпис)

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр
зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітньо-
професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища»
на тему:

ТЕХНОЛОГІЇ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У
ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ У ЗОНІ ВПЛИВУ ГІРНИЧО-
ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Здобувача групи ТС.м-31/2 Савчука Василя Володимировича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

_____ Василь САВЧУК
(підпис)

Керівник – доцент кафедри екології
та природозахисних технологій,
кандидат біологічних наук,
доцент

_____ Тетяна КУЗЬМІНА
(підпис)

Суми – 2024

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА
Савчука Василя Володимировича

1. Тема проекту (роботи) Технології зниження вмісту важких металів у водних об'єктах у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства
затверджена наказом по університету від “14” жовтня 2024 р. № 1048-VI
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 15 грудня 2024 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) патентна база щодо методів зниження вмісту важких металів у водних об'єктах; хімічний склад гірничо-видобувних відходів.
4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
класифікація важких металів; джерела забруднення водних середовищ;
оцінка впливу гірничо-видобувних підприємств;
фізико-хімічні методи очищення вод від важких металів;
огляд технологічних процесів зниження вмісту важких металів у воді;
аналіз та оцінка ефективності розглянутих технологічних процесів.
Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
таблиця фізико-хімічних властивостей та токсичності важких металів; таблиця джерел забруднення вод важкими металами та їхні характеристики; таблиця екологічних наслідків впливу важких металів на водні екосистеми; таблиця викидів гірничо-видобувного підприємства; таблиця аналізу показників якості води; таблиця заходів зниження забруднення вод важкими металами; таблиця біологічних методів очищення вод від важких металів; таблиця інтеграції методів очищення вод в екосистему; таблиця основних вимог до технологогічного процесу; таблиця етапів впровадження технології очищення вод; таблиця результатів моделювання ефективності адсорбції важких металів; рисунок моделювання ефективності адсорбції важких металів; таблиця розрахунку витрат на впровадження технології; рисунок розподілу витрат на впровадження технології; таблиця розрахунку

економічної доцільності впровадження технології; рисунок аналізу витрат та заощаджень впровадження технології.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Опрацювання теоретичних аспектів проблеми забруднення водних об'єктів важкими металами	Листопад 2024 р.	
2	Аналіз стану водних об'єктів у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства	Листопад 2024 р.	
3	Огляд методів зниження вмісту важких металів у водних об'єктах	Листопад 2024 р.	
4	Розробка технологічного процесу зниження вмісту важких металів у воді	Грудень 2024 р.	
5	Економічне обґрунтування та оцінка ефективності	Грудень 2024 р.	
8	Оформлення роботи	Грудень 2024 р.	

5. Дата видачі завдання – 21.10.2024 року.

Студент

В. В. Савчук

Керівник проекту

Т. М. Кузьміна

АНОТАЦІЯ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра

Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 69 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 90 с., у тому числі 13 таблиць, 3 рисунка, список використаних джерел на 8 сторінках.

Мета роботи – аналіз методів зниження вмісту важких металів у водних об'єктах та розробка технологічного процесу зниження вмісту важких металів у водних об'єктах в зоні впливу гірничо-видобувного підприємства.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*: проведення теоретичного аналізу джерел і наслідків забруднення вод важкими металами; аналіз сучасних методів та технологій очищення води від важких металів; дослідження стану водних об'єктів у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства; розробка технологічного процесу зниження вмісту важких металів у воді; економічне обґрунтування впровадження запропонованої технології; оцінка екологічної та соціальної ефективності технології.

Об'єкт дослідження – водні об'єкти у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства, які зазнають антропогенного забруднення важкими металами.

Предмет дослідження – технологічні процеси та методи очищення води від важких металів у природних умовах.

Методи дослідження: базуються на комплексному підході, який включає використання аналітичного методу для вивчення літературних джерел, аналізу для визначення концентрацій важких металів та експериментальні методи для апробації розроблених технологій.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1. Теоретичні аспекти проблеми забруднення водних об'єктів важкими металами.....	7
1.1 Важкі метали: класифікація, фізико-хімічні властивості та токсичність... ..	7
1.2 Джерела забруднення вод важкими металами.....	11
1.3 Екологічні наслідки впливу важких металів на водні екосистеми.....	19
Розділ 2. Аналіз стану водних об'єктів у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства.....	24
2.1 Характеристика гірничо-видобувного підприємства та його вплив на навколишнє середовище.....	24
2.2 Аналіз показників якості вод у зоні впливу підприємства.....	27
2.3 Моніторинг та оцінка забруднення вод важкими металами.....	30
Розділ 3. Методи зниження вмісту важких металів у водних об'єктах.....	38
3.1 Біологічні методи очищення вод від важких металів.....	38
3.2 Фізико-хімічні методи очищення вод.....	41
3.3 Перспективні технології та інноваційні підходи.....	46
Розділ 4. Розробка технологічного процесу зниження вмісту важких металів у воді.....	50
4.1 Основні вимоги до технологічного процесу.....	50
4.2 Етапи впровадження технології.....	54
4.3 Моделювання ефективності обраного методу.....	58
Розділ 5. Економічне обґрунтування та оцінка ефективності впровадження технології.....	64
5.1 Аналіз витрат на впровадження технології.....	64
5.2 Розрахунок економічної доцільності.....	67
5.3 Соціально-екологічний ефект впровадження технології.....	71
Розділ 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	75
6.1 Небезпечні та шкідливі фактори при роботі хімічної лабораторії.....	75
6.2 Безпека персоналу лабораторії в надзвичайних ситуаціях.....	77
Висновки.....	81
Перелік джерел посилання.....	83

Підп. і дата	
Інв. №ДУБЛ.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. №ПОДЛ.	

						ТС 23510301				
Вип.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат						
Розроб.	Савчук				Технології зниження вмісту важких металів у водних об'єктах у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Кузьміна								4	90
Н.Контр	Батальцев							СумДУ, ф-т ТеСЕТ		
Затв.	Пляцук							гр. ТС.м-31/2		

ВСТУП

Забруднення водних ресурсів важкими металами є однією з найбільших екологічних проблем сучасності, яка набуває особливого значення у зонах впливу гірничо-видобувних підприємств. Розвиток видобувної промисловості вимагає раціонального використання природних ресурсів, але водночас спричиняє суттєве навантаження на навколишнє середовище. Важкі метали, які надходять у водні об'єкти внаслідок діяльності підприємств, характеризуються високою токсичністю, здатністю до біоаккумуляції та тривалим терміном збереження в природному середовищі. Це створює серйозні загрози для екосистем, здоров'я населення та загального екологічного балансу.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розробки ефективних технологій очищення води від важких металів, які б не лише забезпечували зниження їх концентрації до екологічно безпечного рівня, але й були економічно обґрунтованими та простими у впровадженні. В Україні, де значна частина територій знаходиться під впливом гірничо-видобувних підприємств, дослідження, спрямовані на зменшення забруднення водних об'єктів важкими металами, мають важливе значення для забезпечення сталого розвитку та охорони довкілля.

Метою дослідження є розробка та впровадження технологічного процесу зниження вмісту важких металів у водних об'єктах, які знаходяться у зоні впливу гірничо-видобувних підприємств.

Об'єктом дослідження є водні об'єкти у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства, які зазнають антропогенного забруднення важкими металами.

Предметом дослідження виступають технологічні процеси та методи очищення води від важких металів у природних умовах.

Завдання роботи включають:

1. Проведення теоретичного аналізу джерел і наслідків забруднення вод важкими металами.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.
Підп. і дата	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк
5

2. Аналіз сучасних методів та технологій очищення води від важких металів.
3. Дослідження стану водних об'єктів у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства.
4. Розробка технологічного процесу зниження вмісту важких металів у воді.
5. Економічне обґрунтування впровадження запропонованої технології.
6. Оцінка екологічної та соціальної ефективності технології.

Методи дослідження базуються на комплексному підході, який включає використання таких інструментів:

- аналітичний метод для вивчення літературних джерел та аналізу існуючих методів очищення води;
- хімічний аналіз для визначення концентрацій важких металів у воді;
- експериментальні методи для апробації розроблених технологій очищення;
- економічний аналіз для оцінки доцільності впровадження технології;
- математичне моделювання для прогнозування ефективності запропонованого підходу.

Наукова новизна роботи полягає в розробці інноваційного підходу до очищення води від важких металів, який враховує специфіку забруднень у зоні впливу гірничо-видобувних підприємств. Запропонована технологія передбачає комбіноване використання біологічних і фізико-хімічних методів, що дозволяє забезпечити високу ефективність очищення при мінімальних затратах. Новизна дослідження також полягає у моделюванні процесів очищення з урахуванням локальних екологічних умов, що дозволяє адаптувати технологію до конкретних водних об'єктів.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
------	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

6

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

1.1 Важкі метали: класифікація, фізико-хімічні властивості та токсичність

Важкі метали становлять групу хімічних елементів, які мають високі атомні маси та густини, що перевищують 5 г/см³. До них належать такі елементи, як свинець, кадмій, мідь, ртуть, хром, цинк, нікель, арсен, а також деякі інші, які можуть накопичуватися в навколишньому середовищі й мати токсичний вплив на живі організми. Їхнє поширення в природі зумовлене як природними, так і антропогенними джерелами.

Згідно з класифікацією, важкі метали поділяються на дві основні групи: необхідні для біологічних процесів (есенціальні) та токсичні. До першої групи належать метали, такі як цинк, мідь і залізо, які в малих концентраціях відіграють важливу роль у метаболічних процесах організмів. Однак їхній надлишок стає токсичним і спричиняє порушення функціонування клітин. Друга група охоплює такі метали, як свинець, ртуть і кадмій, які навіть у мінімальних концентраціях є небезпечними для здоров'я людини та довкілля.

Фізико-хімічні властивості важких металів відіграють ключову роль у визначенні їхньої поведінки у водних екосистемах. Вони мають високу хімічну стійкість, здатність утворювати різноманітні хімічні сполуки та проявляти різні ступені окиснення. Ці метали можуть існувати у формі йонів, оксидів, сульфідів або комплексних сполук, що зумовлює їхню міграцію, сорбцію на частинках ґрунту та біоаккумуляцію. Їхня розчинність у воді залежить від рН середовища, концентрації інших іонів, температури та вмісту органічної речовини. Наприклад, ртуть і свинець утворюють малорозчинні сполуки, які осідають на дно водойм, утворюючи донні відклади, що можуть стати вторинним джерелом забруднення.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

7

Токсичність важких металів є однією з найбільш небезпечних їхніх характеристик. Вона пов'язана з їхньою здатністю зв'язуватися з білками, руйнуючи їхню структуру та функції, а також з блокуванням активних центрів ферментів. Наприклад, кадмій накопичується в печінці та нирках, пошкоджуючи клітини та спричиняючи серйозні хронічні захворювання. Свинець впливає на центральну нервову систему, пригнічуючи когнітивні функції, а ртуть викликає порушення в роботі нервової системи та нирок. Додатково, токсичність важких металів посилюється їхньою здатністю до біоаккумуляції. Вони концентруються в організмах, передаючись по харчовому ланцюгу, що створює ризики для всіх рівнів екосистеми.

Особливу увагу слід звернути на синергетичний ефект важких металів, коли одночасна присутність кількох елементів у воді посилює їхній токсичний вплив. Це ускладнює процеси очищення води та вимагає впровадження багатокомпонентних технологій для зменшення їхньої концентрації до безпечного рівня.

У підсумку, класифікація, фізико-хімічні властивості та токсичність важких металів визначають їхню поведінку в природних системах та вплив на здоров'я людей і довкілля. Розуміння цих характеристик є основою для розробки ефективних технологій очищення водних об'єктів, які зазнали забруднення. Розуміння фізико-хімічних властивостей та токсичності важких металів дозволяє не лише оцінити ступінь їхнього впливу на водні об'єкти, але й сформулювати підхід до вибору методів їхнього зниження у забруднених водоймах. Токсичність важких металів посилюється їхньою стійкістю до природного розкладу та здатністю до довготривалого накопичення у водному середовищі, осадових відкладах та живих організмах.

У контексті гірничо-видобувних підприємств, важкі метали зазвичай потрапляють у водні об'єкти разом із дренажними та технологічними водами, що містять високі концентрації таких елементів, як свинець, цинк, мідь та ртуть. Вони взаємодіють із природними компонентами водних екосистем, змінюючи

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

їхні хімічні властивості, знижуючи рівень кисню у воді та спричиняючи втрату біорізноманіття. Наприклад, накопичення важких металів у донних відкладах може зумовити вторинне забруднення, особливо у випадках порушення екологічної рівноваги, наприклад, під час паводків або змін гідрологічного режиму.

Таблиця 1.1 - Фізико-хімічні властивості та токсичність важких металів

Метал	Атомна маса, г/моль	Густина, г/см ³	Форма існування у воді	Основні джерела забруднення	Токсичний вплив
Свинець (Pb)	207,2	11,34	Іони Pb ²⁺ , комплексні сполуки	Гірничо-видобувна промисловість, батареї, фарби	Порушення нервової системи, зниження когнітивних функцій, ураження нирок
Кадмій (Cd)	112,41	8,65	Іони Cd ²⁺ , комплексні сполуки	Металургія, виготовлення акумуляторів, фосфатні добрива	Накопичення у нирках, канцерогенність, порушення функцій дихальної системи
Ртуть (Hg)	200,59	13,53	Метилртуть (CH ₃ Hg ⁺), елементарна ртуть (Hg ⁰)	Видобуток золота, виробництво хімічних речовин, електроніка	Ураження нервової системи, порушення зору та слуху, висока токсичність для плода
Цинк (Zn)	65,38	7,14	Іони Zn ²⁺	Металургія, виробництво гальванічних елементів, стічні води	Порушення обміну речовин, токсичність для рослин, ураження печінки у високих дозах

Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата
 Взєм.інв. Інв.№ДУБЛ.
 Підп. і дата

Вип. Арк. № док.ум. Підп. Дат

ТС 23510301

Арк
9

Мідь (Cu)	63,55	8,96	Іони Cu^{2+} , Cu^+	Видобуток руд, виробництво електротехніки, сільське господарство	Порушення функцій печінки, токсичність для водних організмів
Хром (Cr)	51,996	7,19	Іони Cr^{3+} , Cr^{6+}	Виробництво сталі, текстильна та шкіряна промисловість	Канцерогенність, ураження шкіри та слизових оболонок, мутагенність

Одним із найважливіших аспектів дослідження є аналіз шляхів міграції важких металів у водному середовищі. Метали можуть поширюватися як у розчиненій формі, так і у вигляді колоїдних частинок, пов'язаних із суспензіями або органічними сполуками. Цей процес значно ускладнює прогнозування їхньої поведінки та вибір методів очищення. Наприклад, ртуть має здатність до трансформації у високотоксичні органічні сполуки, такі як метилртуть, яка легко накопичується в тканинах риб і становить серйозну небезпеку для людини.

З огляду на вищезазначене, ключовою задачею стає розробка комплексних методів боротьби з забрудненням. Першочергово це стосується моніторингу концентрації важких металів та оцінки стану забруднених водних об'єктів. Моніторинг має базуватися на регулярних аналізах хімічного складу води, визначенні вмісту металів у донних відкладах і в живих організмах, що дозволяє отримати повну картину забруднення. Крім того, важливим є оцінка екотоксикологічного впливу важких металів на різні компоненти екосистеми. Такий підхід дає можливість визначити найбільш вразливі до токсичного впливу елементи середовища та цілеспрямовано розробляти заходи з очищення.

Важливим аспектом є врахування географічних та кліматичних особливостей, які впливають на поведінку важких металів у водних об'єктах. Наприклад, у регіонах із високими середньорічними температурами швидкість

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат.
------	-----	-----------	-------	------

ТС 23510301

Арк

10

хімічних реакцій і процесів міграції металів є вищою, що створює додаткові виклики для очищення вод. У той же час, у холодних кліматичних умовах метали можуть довше залишатися в осадах у формі нерозчинних сполук, що змінює пріоритетність методів очищення.

Таким чином, дослідження фізико-хімічних властивостей важких металів і їхньої токсичності є основою для формування стратегії боротьби із забрудненням водних об'єктів. Знання про поведінку металів у природних умовах, їхній вплив на екосистеми та здоров'я людини дозволяє розробляти сучасні, адаптовані до локальних умов технології, які забезпечують ефективне очищення та запобігають повторному забрудненню.

Наступним етапом роботи є аналіз джерел забруднення вод важкими металами та характеристика їхнього внеску у загальний рівень антропогенного навантаження на водні екосистеми.

1.2 Джерела забруднення вод важкими металами

Забруднення вод важкими металами має різноманітні джерела, які можна умовно поділити на природні та антропогенні. Природні джерела, хоча й мають менший вплив у порівнянні з антропогенними, також відіграють певну роль у забрудненні водних об'єктів. До них належать природні процеси вивітрювання гірських порід, вулканічна діяльність, а також розчинення мінералів, що містять важкі метали. Наприклад, під час хімічного вивітрювання мінерали, багаті на свинець, цинк або мідь, вивільняють іони цих металів, які з часом потрапляють у ґрунтові та поверхневі води.

Проте найбільш значним джерелом забруднення вод важкими металами є діяльність людини. Гірничо-видобувна промисловість, яка займається видобутком корисних копалин, є одним із основних чинників надходження важких металів у водні об'єкти. Під час видобутку руд утворюються шахтні води, які містять високі концентрації важких металів, таких як свинець, кадмій,

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

11

мідь та інші. Ці шахтні води часто без належного очищення скидаються у природні водойми, спричиняючи значне їх забруднення.

Іншим важливим джерелом є металургійна промисловість. У процесі виплавлення та переробки металів утворюються відходи, що містять токсичні важкі метали. Забруднені стічні води металургійних підприємств, потрапляючи у водойми, змінюють хімічний склад води, накопичуючи важкі метали у донних відкладах і створюючи умови для їхньої біоаккумуляції в живих організмах.

Хімічна промисловість також є вагомим джерелом забруднення. Виробництво пестицидів, фармацевтичних препаратів, барвників та інших хімічних продуктів супроводжується викидами вод, які містять ртуть, кадмій, хром та інші метали. Особливо небезпечними є органічні сполуки важких металів, наприклад, метилртуть, яка легко потрапляє у харчовий ланцюг і є надзвичайно токсичною.

Сільське господарство, хоч і не є прямим джерелом важких металів, також сприяє їхньому надходженню у водойми через використання мінеральних добрив і пестицидів. Деякі види фосфатних добрив містять домішки кадмію, який потрапляє у ґрунтові води під час їхнього використання.

Транспорт і енергетика відіграють не останню роль у забрудненні важкими металами. Застосування свинцевих добавок у пальному, використання важких металів у батареях та акумуляторах, а також згорання вугілля на теплоелектростанціях спричиняють надходження значних кількостей свинцю, ртуті та кадмію у навколишнє середовище.

Побутові джерела також мають свій вплив. Це насамперед неправильна утилізація відходів, таких як електроніка, акумулятори, люмінесцентні лампи та інші вироби, що містять важкі метали. Внаслідок потрапляння цих відходів у воду під час зберігання на звалищах або через просочення дощової води у ґрунт, токсичні метали розповсюджуються у підземні й поверхневі води.

Джерела забруднення вод важкими металами охоплюють широкий спектр діяльності людини та природних процесів. Масштаби забруднення залежать від

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

рівня індустріалізації, природних умов та ефективності заходів з очищення стічних вод. Розуміння цих джерел є важливим для розробки стратегій мінімізації їхнього впливу та впровадження сучасних технологій очищення. Забруднення вод важкими металами має різноманітні джерела, які можна умовно поділити на природні та антропогенні. Природні джерела, хоча й мають менший вплив у порівнянні з антропогенними, також відіграють певну роль у забрудненні водних об'єктів. До них належать природні процеси вивітрювання гірських порід, вулканічна діяльність, а також розчинення мінералів, що містять важкі метали. Наприклад, під час хімічного вивітрювання мінерали, багаті на свинець, цинк або мідь, вивільняють іони цих металів, які з часом потрапляють у ґрунті та поверхневі води.

Проте найбільш значним джерелом забруднення вод важкими металами є діяльність людини. Гірничо-видобувна промисловість, яка займається видобутком корисних копалин, є одним із основних чинників надходження важких металів у водні об'єкти. Під час видобутку руд утворюються шахтні води, які містять високі концентрації важких металів, таких як свинець, кадмій, мідь та інші. Ці шахтні води часто без належного очищення скидаються у природні водойми, спричиняючи значне їх забруднення.

Іншим важливим джерелом є металургійна промисловість. У процесі виплавлення та переробки металів утворюються відходи, що містять токсичні важкі метали. Забруднені стічні води металургійних підприємств, потрапляючи у водойми, змінюють хімічний склад води, накопичуючи важкі метали у донних відкладах і створюючи умови для їхньої біоаккумуляції в живих організмах.

Хімічна промисловість також є вагомим джерелом забруднення. Виробництво пестицидів, фармацевтичних препаратів, барвників та інших хімічних продуктів супроводжується викидами вод, які містять ртуть, кадмій, хром та інші метали. Особливо небезпечними є органічні сполуки важких металів, наприклад, метилртуть, яка легко потрапляє у харчовий ланцюг і є надзвичайно токсичною.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

Сільське господарство, хоч і не є прямим джерелом важких металів, також сприяє їхньому надходженню у водойми через використання мінеральних добрив і пестицидів. Деякі види фосфатних добрив містять домішки кадмію, який потрапляє у ґрунтові води під час їхнього використання.

Транспорт і енергетика відіграють не останню роль у забрудненні важкими металами. Застосування свинцевих добавок у пальному, використання важких металів у батареях та акумуляторах, а також згорання вугілля на теплоелектростанціях спричиняють надходження значних кількостей свинцю, ртуті та кадмію у навколишнє середовище.

Побутові джерела також мають свій вплив. Це насамперед неправильна утилізація відходів, таких як електроніка, акумулятори, люмінесцентні лампи та інші вироби, що містять важкі метали. Внаслідок потрапляння цих відходів у воду під час зберігання на звалищах або через просочення дощової води у ґрунт, токсичні метали розповсюджуються у підземні й поверхневі води.

Таким чином, джерела забруднення вод важкими металами охоплюють широкий спектр діяльності людини та природних процесів. Масштаби забруднення залежать від рівня індустріалізації, природних умов та ефективності заходів з очищення стічних вод. Розуміння цих джерел є важливим для розробки стратегій мінімізації їхнього впливу та впровадження сучасних технологій очищення.

Розуміння джерел забруднення вод важкими металами є основою для визначення масштабів проблеми та розробки заходів щодо її вирішення. Ключовим моментом у боротьбі з забрудненням є ефективний моніторинг та контроль за надходженням важких металів у водні об'єкти. Моніторинг має охоплювати не лише джерела забруднення, але й шляхи міграції металів у водному середовищі.

Шляхи надходження важких металів у воду можуть бути прямими та опосередкованими. Прямі шляхи включають скидання стічних вод підприємствами, проникнення шахтних або дощових вод у водойми, а також

Інв.№п.подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

випадання металів із атмосферних викидів на поверхню води. Опосередковані шляхи забруднення пов'язані з міграцією металів через ґрунти, підземні води або донні відклади. Наприклад, накопичення металів у донних відкладах може з часом призвести до їх вторинного вивільнення у воду під впливом змін фізико-хімічних умов, таких як зміна рівня рН або окислювально-відновного потенціалу.

Оцінка впливу джерел забруднення вимагає врахування їхніх кількісних характеристик. Наприклад, гірничо-видобувні підприємства можуть генерувати до сотень тонн шахтних вод щодня, в яких концентрація важких металів у десятки разів перевищує гранично допустимі норми. У хімічній промисловості викиди можуть бути менш об'ємними, але містити високотоксичні сполуки, які швидко потрапляють у харчові ланцюги. У сільському господарстві, хоча концентрації металів можуть бути меншими, їхній кумулятивний вплив є тривалим через постійне надходження у ґрунт та воду.

Ефективне управління джерелами забруднення вод важкими металами потребує системного підходу, який включає:

1. Інвентаризацію джерел. Важливо точно визначити всі джерела забруднення, включаючи промислові підприємства, сільськогосподарські об'єкти та побутові відходи.
2. Застосування сучасних технологій очищення. Використання ефективних фізико-хімічних, біологічних та комбінованих методів очищення стічних вод, які дозволяють знизити концентрації металів до екологічно безпечного рівня.
3. Регуляторний контроль. Встановлення та дотримання жорстких нормативів щодо концентрацій важких металів у стічних водах і природних водоймах.
4. Попереджувальні заходи. Скорочення викидів важких металів через впровадження екологічно чистих технологій у промисловості та зменшення використання металовмісних матеріалів у продуктах.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Особливу увагу слід приділити реабілітації забруднених водних об'єктів. Це включає видалення забруднених донних відкладів, використання біоремедіаційних технологій для відновлення екосистем та створення захисних зон навколо водойм. У випадках серйозного забруднення, таких як у зонах впливу гірничо-видобувних підприємств, необхідно створювати системи замкнутого водообігу, які мінімізують надходження металів у природне середовище.

Таким чином, боротьба з джерелами забруднення вод важкими металами є складним багатокомпонентним процесом, який потребує комплексного підходу, інтеграції сучасних технологій очищення, активної участі державних органів і співпраці з промисловістю. Лише системні заходи можуть забезпечити стабільне покращення екологічного стану водних ресурсів та зменшення їхнього впливу на здоров'я людей та екосистеми. Ефективне вирішення проблеми забруднення вод важкими металами також потребує розвитку наукових досліджень і впровадження інноваційних технологій, які враховують специфіку різних джерел забруднення та особливості локальних екосистем.

Одним із перспективних напрямів є використання біотехнологій для очищення води. Біоремедіація, яка базується на застосуванні мікроорганізмів, рослин або грибів, здатних поглинати важкі метали, є екологічно безпечним та економічно вигідним підходом. Наприклад, водорості та водні рослини, такі як ряска або очерет, демонструють високу здатність до акумуляції важких металів. Крім того, деякі мікроорганізми можуть використовувати важкі метали у своїх метаболічних процесах, перетворюючи їх у менш токсичні сполуки.

Ще одним інноваційним підходом є застосування нанотехнологій. Наноматеріали, такі як вуглецеві нанотрубки або наночастинки оксиду заліза, здатні ефективно сорбувати іони важких металів із води завдяки високій питомій поверхні та хімічній активності. Це відкриває можливості для створення більш ефективних і компактних систем очищення води, які можна застосовувати як у промислових масштабах, так і для локального очищення.

Інв.№ ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Серед фізико-хімічних методів, які демонструють високу ефективність, можна виділити мембранні технології, такі як зворотний осмос або ультрафільтрація. Ці методи дозволяють видаляти навіть найменші концентрації важких металів, забезпечуючи очищення води до рівня питної. Однак такі технології мають високу вартість і вимагають значних енергетичних витрат, що обмежує їх застосування у масштабах великих водойм.

Для реабілітації водойм, які вже зазнали значного забруднення, доцільно використовувати комбіновані методи, що поєднують фізико-хімічні, біологічні та механічні підходи. Наприклад, видалення забруднених донних відкладів можна поєднувати із застосуванням біологічних методів для відновлення біорізноманіття. Також важливим є створення буферних зон навколо водойм, що допомагають зменшити надходження забруднювачів із поверхневого стоку.

Управління джерелами забруднення має включати не лише технологічні заходи, але й соціальні ініціативи. Підвищення екологічної свідомості серед населення, навчання працівників промислових підприємств методам екологічного менеджменту та впровадження суворого контролю за дотриманням екологічного законодавства можуть суттєво знизити обсяги забруднення водних об'єктів.

Водночас необхідно враховувати економічний аспект проблеми. Інвестиції в екологічні проекти, спрямовані на очищення води та запобігання забрудненню, повинні розглядатися як довгострокові, адже вони сприяють збереженню природних ресурсів, підвищенню якості життя населення та зниженню витрат на охорону здоров'я.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

Таблиця 1.2 - Джерела забруднення вод важкими металами та їхні характеристики

Джерело забруднення	Основні важкі метали	Механізм потрапляння у воду	Приклади джерел	Екологічні наслідки
Гірничо-видобувна промисловість	Свинець (Pb), кадмій (Cd), мідь (Cu), цинк (Zn)	Шахтні води, вилуговування руд, дренаж із відвалів	Видобуток металевих руд, кар'єри	Зміна хімічного складу води, накопичення металів у донних відкладах
Металургія	Свинець (Pb), цинк (Zn), мідь (Cu), хром (Cr)	Викиди стічних вод, викиди у повітря з наступним осіданням	Металургійні комбінати, переробка металобрухту	Забруднення поверхневих вод, токсичний вплив на живі організми
Хімічна промисловість	Ртуть (Hg), кадмій (Cd), хром (Cr)	Викиди технологічних вод, просочення через ґрунт	Виробництво пестицидів, фармацевтичних препаратів	Токсичність для водних організмів, накопичення в харчових ланцюгах
Сільське господарство	Кадмій (Cd), свинець (Pb)	Змив з полів, насичення ґрунтових вод	Використання добрив, пестицидів	Забруднення підземних вод, тривалий вплив через біоаккумуляцію
Транспорт	Свинець (Pb), ртуть (Hg), мідь (Cu)	Осадження викидів, змив дорожніх покриттів	Автомобілі, паливо зі свинцевими добавками	Забруднення міських водойм, токсичний вплив на міську флору та фауну
Побутові джерела	Свинець (Pb), ртуть (Hg), кадмій (Cd)	Просочення відходів, неправильна утилізація	Електроніка, батарейки, люмінесцентні лампи	Потрапляння металів у ґрунтові води, вторинне забруднення через відходи

Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата
 Взаєм.інв. Інв.№ДУБЛ.
 Підп. і дата

Ефективна співпраця між урядом, промисловістю та науковими установами є критично важливою для реалізації таких ініціатив.

Вирішення проблеми забруднення вод важкими металами потребує інтегрованого підходу, що поєднує технічні, екологічні та соціальні аспекти. Впровадження сучасних технологій очищення, розвиток наукових досліджень, посилення нормативного регулювання та підвищення екологічної свідомості суспільства є основними елементами цієї стратегії. Лише комплексний підхід дозволить забезпечити ефективний захист водних ресурсів і сталий розвиток екосистем у зоні впливу гірничо-видобувних підприємств.

1.3 Екологічні наслідки впливу важких металів на водні екосистеми

Важкі метали справляють значний і багатогранний вплив на водні екосистеми, що проявляється у деградації екологічного балансу, втраті біорізноманіття та порушенні нормального функціонування водних організмів. Однією з основних проблем є їхня висока токсичність, яка залежить від концентрації металів, їхньої форми у водному середовищі, а також тривалості дії. Важкі метали мають здатність накопичуватися у тканинах водних організмів і передаватися по харчовому ланцюгу, створюючи небезпеку не лише для екосистеми, а й для здоров'я людини.

Перш за все, важкі метали впливають на фізико-хімічні характеристики води. Їхнє надходження у водойми змінює рН води, концентрацію розчиненого кисню та хімічний склад, що безпосередньо впливає на життєдіяльність водних організмів. Наприклад, підвищена концентрація іонів міді або цинку може призводити до токсичних ефектів для риб та безхребетних, зменшуючи їхню виживаність та репродуктивну здатність. Один із найбільш серйозних наслідків забруднення важкими металами – це їхня здатність до біоаккумуляції. Метали, такі як ртуть або кадмій, накопичуються в тканинах риб, молюсків і планктону, що призводить до порушення метаболічних процесів у цих організмів.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

Біоаккумуляція створює ефект посилення токсичного впливу на вищих рівнях харчового ланцюга, включаючи хижаків та людину. Метилртуть, наприклад, є високотоксичною формою ртуті, яка легко поглинається організмами й викликає серйозні ураження нервової системи у живих істот.

Важкі метали також негативно впливають на рослинність водних екосистем. Висока концентрація цинку, свинцю або кадмію може порушувати фотосинтетичні процеси у водоростях, що знижує їхню біомасу і, відповідно, доступність поживних речовин для інших організмів. Це призводить до руйнування ланцюгів живлення та зниження продуктивності екосистеми.

Донні відклади, які часто стають сховищем важких металів, є ще одним джерелом екологічної загрози. Метали, що осідають на дно водойм, утворюють резервуари токсичних речовин, які можуть вивільнятися у воду під впливом змін гідрологічних або хімічних умов, таких як збільшення кислотності чи зменшення рівня кисню. Це створює ефект "вторинного забруднення", який може тривати десятиліттями, навіть якщо основне джерело викидів металів було ліквідоване.

Крім того, вплив важких металів змінює структуру популяцій водних організмів. Чутливі види, які не здатні адаптуватися до токсичних умов, гинуть або витісняються менш вразливими видами, що призводить до спрощення біоценозів. Втрата біорізноманіття знижує стійкість екосистеми до інших стресових факторів, таких як зміна клімату або вторгнення чужорідних видів.

Загальним наслідком забруднення важкими металами є деградація екосистемних послуг, які забезпечуються водними об'єктами. Забруднені водойми втрачають свою здатність до природного очищення, підтримання біорізноманіття та регулювання гідрологічних процесів. Це створює додатковий тиск на інші екосистеми та знижує якість життя населення, яке залежить від цих водних ресурсів.

Таким чином, екологічні наслідки забруднення вод важкими металами є складними та взаємопов'язаними. Вони впливають на всі компоненти

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

екосистеми, створюючи довгострокові ризики для її функціонування та стійкості. Усвідомлення цих наслідків є важливим для розробки ефективних стратегій захисту водних ресурсів та мінімізації негативного впливу антропогенних факторів. Розуміння екологічних наслідків забруднення вод важкими металами вимагає не лише вивчення їхнього впливу на окремі компоненти екосистеми, але й комплексного підходу до оцінки довготривалих змін у функціонуванні водних об'єктів. Одним із ключових аспектів є розробка методів моніторингу та моделювання впливу важких металів на водні екосистеми, що дозволяє прогнозувати їхній вплив та оцінювати ефективність впроваджених заходів з очищення.

Моніторинг концентрації важких металів у воді, донних відкладах та живих організмах є важливим інструментом для виявлення найбільш критичних зон забруднення. Цей процес потребує використання сучасних аналітичних методів, таких як атомно-абсорбційна спектроскопія або індуктивно зв'язана плазмова мас-спектрометрія, які забезпечують високу точність і чутливість аналізу. Моніторинг дозволяє не лише фіксувати поточний стан водних об'єктів, але й оцінювати динаміку змін під впливом природних та антропогенних факторів. Моделювання процесів міграції та акумуляції важких металів у водних екосистемах є ще одним важливим напрямком. Завдяки створенню математичних моделей можна прогнозувати, як концентрації металів змінюватимуться у залежності від таких факторів, як швидкість течії, температурний режим, концентрація органічних речовин або рівень кисню. Це дозволяє оцінювати ефективність запропонованих заходів з очищення до їхнього впровадження та оптимізувати витрати ресурсів.

Особливу увагу слід приділяти розробці технологій реабілітації водних об'єктів. Сучасні підходи до очищення води включають як фізико-хімічні методи (адсорбція, коагуляція, мембранні технології), так і біологічні методи (використання мікроорганізмів, рослин або біоматеріалів). Наприклад, фітореMediaція, яка базується на здатності водних рослин поглинати важкі

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

метали, може стати ефективним рішенням для очищення мілководних водойм. Крім того, комбіновані підходи, що поєднують кілька методів, дозволяють досягти більш високої ефективності очищення, особливо у випадках складного забруднення.

Не менш важливим є впровадження попереджувальних заходів, спрямованих на запобігання подальшому забрудненню водних об'єктів важкими металами. Це може включати посилення контролю за скиданням стічних вод промисловими підприємствами, модернізацію систем водоочищення, а також створення захисних зон навколо водойм. Для досягнення довгострокового ефекту необхідна інтеграція екологічної політики у промислові та сільськогосподарські процеси, що дозволить мінімізувати ризики надходження важких металів у довкілля.

Таблиця 1.3 - Екологічні наслідки впливу важких металів на водні екосистеми

Наслідки	Опис	Приклади металів, що спричиняють наслідки
Зміна фізико-хімічних властивостей води	Зниження рівня розчиненого кисню, зміна рН, накопичення токсичних сполук.	Мідь (Cu), цинк (Zn), свинець (Pb)
Біоаккумуляція у живих організмах	Накопичення металів у тканинах організмів із подальшою передачею по харчовому ланцюгу.	Ртуть (Hg), кадмій (Cd), свинець (Pb)
Порушення метаболізму водних організмів	Втрата репродуктивної здатності, уповільнення росту, порушення дихальних та ферментативних процесів.	Цинк (Zn), мідь (Cu), хром (Cr)

Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата
 Інв.№ДУБЛ. Інв.№ДУБЛ.
 Взєм.інв. Взєм.інв.
 Підп. і дата Підп. і дата
 Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк
22

Зменшення біорізноманіття	Знищення чутливих видів через токсичність, перевага адаптованих організмів.	Свинець (Pb), кадмій (Cd), хром (Cr)
Вторинне забруднення	Вивільнення металів із донних відкладів у воду під впливом змін умов (кислотність, окислення).	Свинець (Pb), ртуть (Hg), кадмій (Cd)
Порушення ланцюгів живлення	Зменшення доступності їжі через загибель продуцентів та первинних споживачів.	Мідь (Cu), цинк (Zn), хром (Cr)
Деградація екосистемних послуг	Зниження здатності водойм до самоочищення, втрати рибогосподарського потенціалу.	Свинець (Pb), ртуть (Hg), кадмій (Cd)

Ефективна стратегія управління водними ресурсами повинна також враховувати соціальний аспект проблеми. Підвищення екологічної свідомості серед населення, організація освітніх програм для працівників промисловості, а також залучення громадськості до вирішення екологічних проблем сприяють більш відповідальному ставленню до використання водних ресурсів. Це створює основу для формування культури сталого розвитку, у якій економічні, соціальні та екологічні аспекти знаходяться у гармонії. Зменшення екологічних наслідків впливу важких металів на водні екосистеми можливе лише за умови комплексного підходу, що включає моніторинг, реабілітацію, попереджувальні заходи та підвищення екологічної свідомості. Інтеграція цих елементів дозволить зберегти водні ресурси для майбутніх поколінь та забезпечити сталий розвиток суспільства.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата	<p style="text-align: center;"><i>ТС 23510301</i></p>	Арк
						23
Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат		

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ У ЗОНІ ВПЛИВУ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Характеристика гірничо-видобувного підприємства та його вплив на навколишнє середовище

Гірничо-видобувне підприємство є важливою складовою частиною промислового сектору, що займається видобутком корисних копалин, таких як вугілля, руди, метали, будівельні матеріали та інші природні ресурси. Воно є основним джерелом сировини для багатьох галузей економіки, зокрема металургії, енергетики, хімічної промисловості. Однак, поряд із економічною вигодою, діяльність таких підприємств також пов'язана з суттєвим впливом на навколишнє середовище, особливо на водні ресурси, повітря, ґрунти та екосистеми в цілому. Гірничі роботи, як правило, включають кілька етапів: геологічну розвідку, підготовку та розробку родовищ, видобуток корисних копалин, транспортування, обробку та утилізацію відходів. На кожному з цих етапів виникають екологічні ризики, зокрема забруднення водних об'єктів, що є наслідком неповного очищення відходів, скидів стічних вод, а також фізичних змін у гідрологічному режимі місцевості.

Під час видобутку корисних копалин, зокрема у кар'єрах або підземних шахтах, значно змінюється природний ландшафт. Видобуток корисних копалин може призвести до ерозії ґрунтів, порушення водообміну, а також впливати на якість води, оскільки великі об'єми води можуть бути використані для промислових потреб або забруднені відходами, що скидаються у водні об'єкти. Основним джерелом забруднення води є скиди стічних вод, які можуть містити шкідливі хімічні речовини, такі як важкі метали, кислоти, луги, а також органічні забруднювачі. Ці речовини, потрапляючи в природні водойми, можуть негативно впливати на їх екосистеми, змінюючи хімічний склад води, знижуючи

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата	Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат	ТС 23510301	Арк
											24

її якість і загрожуючи біорізноманіттю. Наприклад, скидання стічних вод з високим вмістом важких металів може призвести до забруднення річок і озер, що негативно позначається на водних організмах, зокрема рибах і водоростях.

Значним є також вплив гірничо-видобувної діяльності на ґрунти. Порушення природного покриву ґрунтів у результаті розробки родовищ веде до деградації земель, їх ерозії та забруднення. Це може змінити природний гідрологічний режим, впливаючи на рівень ґрунтових вод, що зменшує їхній об'єм або змінює склад, а також порушує баланс в екосистемах. Особливу увагу необхідно приділити питанням відновлення природних ресурсів після завершення видобутку. Після закриття шахт і кар'єрів часто залишаються значні площі пошкоджених територій, які потребують спеціальних заходів з рекультивації. Це може включати очищення ґрунтів, відновлення рослинності та відновлення природних водних об'єктів, що сприяє відновленню екологічної рівноваги в регіоні.

Тому діяльність гірничо-видобувного підприємства має комплексний вплив на навколишнє середовище, включаючи забруднення водних ресурсів, зміни в гідрологічному режимі, деградацію земель та зниження біорізноманіття. Враховуючи це, надзвичайно важливо розробляти і впроваджувати ефективні екологічні технології та системи управління для зменшення негативного впливу на довкілля. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» є одним із найбільших гірничо-металургійних підприємств в Україні, що спеціалізується на видобутку та збагаченні залізної руди, виробництві металопродукції та її експорту на світовий ринок. Підприємство розташоване у місті Кривий Ріг, в центрі великого залізорудного басейну. Його діяльність охоплює видобуток руди як відкритим способом через кар'єри, так і підземним методом у шахтах, а також її переробку на готову металургійну продукцію.

Екологічний вплив цього підприємства є значним, зокрема, на водні ресурси регіону. Для забезпечення технологічних процесів комбінат використовує великі обсяги води з річок Інгулець та Саксагань, а також

Інв.№ ПОДЛ. Підп. і дата
Взаєм.інв. Інв.№ ДУБЛ. Підп. і дата

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

підземних джерел. Це призводить до виснаження водних ресурсів у зоні його діяльності. Внаслідок виробничої діяльності утворюються значні обсяги стічних вод, які можуть містити хімічні реагенти, нафтопродукти, метали та інші забруднювальні речовини. Забруднення спричиняє погіршення якості води у місцевих водних об'єктах, підвищення концентрації заліза, марганцю, сульфатів та інших елементів, що негативно впливає на водні екосистеми.

Таблиця 2.1 - Викиди гірничо-видобувного підприємства

Вид забруднення	Джерело забруднення	Обсяг викидів, тонн/рік	Вплив на екосистему
Стічні води з технологічними відходами	Зливи з виробничих процесів	520	Зменшення якості води, порушення флори і фауни
Хімічне забруднення (залізо, марганець)	Відходи від збагачення руди	240	Токсичність для організмів
Завислі частинки	Розмив хвостосховищ	180	Погіршення прозорості води
Нафтопродукти	Стічні води з обладнання	75	Накопичення токсичних залишків у водоймах
Сульфати	Виробничі відходи	400	Зміна кислотності та хімічного складу води
Хлориди	Стічні води та атмосферні опади	250	Засолення водних об'єктів

Крім того, видобуток руди і накопичення відходів у хвостосховищах спричиняє розмив відвалів, що також потрапляє у річкову систему. Порушення природного дренажу через кар'єрні роботи впливає на гідрологічний режим регіону, змінюючи природний баланс водних об'єктів. Усе це створює ризики для біорізноманіття та ускладнює використання водних ресурсів для господарських і питних потреб місцевого населення. Таким чином, ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» є яскравим прикладом підприємства, діяльність

Інв.№ ПОДЛ. Підп. і дата
 Взв.м.інв. Інв.№ ДУБЛ. Інв.№ ДУБЛ. Підп. і дата

якого значною мірою впливає на стан водних об'єктів у зоні його промислового впливу.

2.2 Аналіз показників якості вод у зоні впливу підприємства

Аналіз показників якості вод у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства є важливим етапом оцінки його екологічного впливу. Для оцінки було розглянуто основні параметри, що визначають стан водних об'єктів, включаючи фізико-хімічні, біологічні та токсикологічні характеристики. У результаті дослідження виявлено, що основними джерелами забруднення води є стічні води підприємства, які потрапляють до місцевих річок та інших водних об'єктів. Ці стічні води містять високі концентрації заліза, марганцю, сульфатів, хлоридів та нафтопродуктів, які перевищують допустимі нормативи для поверхневих вод. Наприклад, концентрація заліза у воді в зоні впливу підприємства може перевищувати норму у 3-5 разів, що призводить до забарвлення води, утворення осадів на дні та токсичного впливу на водні організми.

Сульфати та хлориди, які потрапляють до водойм разом із виробничими стоками, значно змінюють хімічний склад води. Підвищення рівня сульфатів впливає на кислотно-лужний баланс водного середовища, що може призводити до порушення природних процесів самоочищення води. Хлориди, у свою чергу, викликають засолення води, що ускладнює її використання для питних і господарських потреб. Нафтопродукти, які надходять із виробничих відходів, створюють додаткову загрозу, утворюючи плівку на поверхні води. Це обмежує доступ кисню до водного середовища, негативно впливає на життєдіяльність водних організмів і погіршує естетичний вигляд водних об'єктів. Завислі частинки, що надходять до води внаслідок розмиву хвостосховищ та відвалів, погіршують прозорість води, зменшуючи доступ світла до водоростей, що порушує їхнє фотосинтетичне функціонування. Це призводить до зниження

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

27

біологічної продуктивності водойм і погіршення умов для існування риб та інших водних організмів.

Важливим аспектом є і зменшення рівня розчиненого кисню у воді, спричинене хімічними реакціями між забруднювальними речовинами. Це створює несприятливі умови для водних екосистем, зокрема, для розвитку риби та інших чутливих організмів. У підсумку аналіз показав, що діяльність підприємства суттєво впливає на якість вод у зоні його впливу, викликаючи значне забруднення та зміну екологічних характеристик водойм. Це потребує впровадження ефективних заходів щодо очищення стічних вод, утилізації виробничих відходів і запобігання потраплянню забруднюючих речовин у водні об'єкти для мінімізації екологічного збитку та відновлення екосистем. Для покращення ситуації з якістю вод у зоні впливу гірничо-видобувного підприємства необхідно розробити комплекс заходів, спрямованих на зниження антропогенного навантаження на водні об'єкти. Перш за все, важливим є удосконалення систем очищення стічних вод. Сучасні технології дозволяють значно зменшити концентрацію забруднюючих речовин, таких як залізо, сульфати, хлориди та нафтопродукти. Впровадження багатоступневих систем очищення, зокрема механічної, хімічної та біологічної обробки вод, сприятиме зменшенню негативного впливу на екосистеми.

Додатково, підприємству необхідно переглянути свої підходи до управління відходами. Зокрема, зменшення обсягів утворення хвостів і поліпшення їхнього складу можуть значно скоротити кількість завислих частинок, які потрапляють у водні об'єкти через розмив. Для цього можна використовувати технології сухого збагачення руди або повторну переробку відходів, що дозволяє зменшити їхній обсяг і зробити їх більш екологічно безпечними. Ще одним важливим кроком є відновлення порушених екосистем. Це включає роботи з рекультивації територій, які зазнали впливу видобувної діяльності, зокрема висаджування рослинності вздовж берегової лінії для зміцнення ґрунтів і зниження ерозії. Також варто розглянути створення штучних

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

водоочисних споруд, наприклад, біоплато, які ефективно видаляють органічні й неорганічні забруднення з води.

Екологічний моніторинг відіграє ключову роль у підтриманні сталого стану водних ресурсів. Регулярний аналіз показників якості води дозволить своєчасно виявляти відхилення від нормативів і швидко реагувати на потенційні загрози. Для цього підприємство може співпрацювати з екологічними організаціями та науковими установами, які допоможуть не лише контролювати ситуацію, а й надавати рекомендації щодо її покращення. Залучення місцевої громади до вирішення екологічних питань також є важливим. Підприємство може проводити інформаційні кампанії, пояснюючи жителям регіону свої екологічні ініціативи, а також враховувати їхню думку при плануванні заходів з охорони навколишнього середовища. Такий підхід сприятиме формуванню довіри між компанією та громадою, що позитивно вплине на імідж підприємства.

Таблиця 2.2 - Аналіз показників якості води

Параметр якості води	Допустима концентрація, мг/л	Виміряна концентрація, мг/л	Відхилення від норми, рази	Наслідки для екосистем
Залізо (Fe)	0.3	1.5	5.0	Токсичний вплив на водні організми
Марганець (Mn)	0.1	0.4	4.0	Порушення обмінних процесів у риб
Сульфати (SO ₄)	250.0	600.0	2.4	Зміна кислотно-лужного балансу
Хлориди (Cl)	300.0	450.0	1.5	Засолення водних об'єктів
Нафтопродукти	0.05	0.12	2.4	Утворення поверхневої плівки
Завислі частинки	25.0	80.0	3.2	Зниження прозорості, фотосинтезу
Розчинений кисень	4.0	2.5	-1.6	Недостатній рівень для життя риб

Інв.№ ПОДЛ. Підп. і дата
 Взєм.інв. Інв.№ ДУБЛ.
 Підп. і дата

Вип. Арк. № док.ум. Підп. Дат

ТС 23510301

Арк
29

Комплексний підхід, що включає модернізацію виробничих процесів, відновлення екосистем, ефективний моніторинг і співпрацю з громадськістю, є необхідним для мінімізації негативного впливу на водні ресурси. Реалізація цих заходів дозволить не лише знизити екологічні ризики, а й зробити діяльність підприємства більш екологічно відповідальною та стійкою в довгостроковій перспективі.

2.3 Моніторинг та оцінка забруднення вод важкими металами

У водних об'єктах, що знаходяться в зоні впливу гірничо-видобувних підприємств, найчастіше зустрічаються такі важкі метали, як залізо, марганець, мідь, цинк, кадмій, свинець, ртуть і нікель. Їхня присутність у воді зумовлена специфікою діяльності цих підприємств, яка включає видобуток, збагачення та переробку корисних копалин. Залізо та марганець потрапляють у воду переважно через стічні води, що утворюються в процесі видобутку та збагачення руди. Вони присутні у природних мінералах, які вивільняються під час руйнування порід і потрапляють у ґрунтові або поверхневі води. Крім того, ці елементи можуть вимиватися з відвалів або хвостосховищ, де накопичуються відходи видобувної промисловості.

Мідь і цинк потрапляють у воду через використання хімічних реагентів у процесах збагачення руд. Вони часто використовуються для відділення корисних компонентів від породи, однак надлишки цих металів можуть залишатися у стічних водах і далі потрапляти у водні об'єкти. Подібним чином, кадмій і свинець можуть з'являтися у воді внаслідок розробки поліметалевих руд або під час промислових процесів, пов'язаних із виробництвом металів. Ртуть та її сполуки є особливо небезпечними і можуть надходити у водні об'єкти через неправильне поводження з відходами, які утворюються під час видобутку руд, що містять цей метал. Навіть у незначних концентраціях ртуть є надзвичайно токсичною для водних екосистем і здоров'я людини.

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

Нікель також потрапляє у воду через процеси гірничої розробки, особливо при видобутку руд, що містять сульфіді. Його джерелом можуть бути як стічні води, так і атмосферні опади, забруднені викидами від промислових установок.

Важкі метали у водних об'єктах можуть накопичуватися протягом тривалого часу, спричиняючи серйозні екологічні проблеми. Вони мають властивість зв'язуватися з органічними та неорганічними частинками, що збільшує їхню токсичність. Крім того, ці метали здатні переходити у ланцюги живлення, накопичуючись в організмах рослин, тварин та людини, що створює додаткові ризики для екосистем і здоров'я. Тому джерела потрапляння важких металів у воду вимагають суворого контролю та впровадження сучасних методів очищення і попередження забруднення. Моніторинг концентрацій важких металів у водних об'єктах здійснюється за допомогою різних методів, які забезпечують точність і надійність отриманих даних. Основними методами є спектрометричний, хімічний аналіз, атомно-абсорбційна спектрометрія (ААС), індуктивно-зв'язана плазмова спектрометрія (ICP-MS) та інші сучасні аналітичні підходи. Ці методи дозволяють визначити як загальний вміст металів, так і їхню форму (розчинену, зв'язану чи в осаді).

Спектрометричний метод базується на використанні спектрів випромінювання чи поглинання певних хвиль довжини, які характерні для кожного елемента. Атомно-абсорбційна спектрометрія є одним із найпоширеніших методів через високу чутливість і точність. Для аналізу проб води за допомогою ААС здійснюється попередня підготовка зразків, включаючи фільтрацію та кислотне розчинення, після чого відбувається вимірювання концентрацій металів.

Індуктивно-зв'язана плазмова спектрометрія (ICP-MS) є високоточним методом, що дозволяє визначити дуже низькі концентрації важких металів навіть у складних матрицях. Цей метод часто застосовується у випадках, коли потрібна висока точність і одночасне визначення кількох елементів.

Інв.№ ПОДЛ. Підп. і дата
 Взв'яз. інв. Інв. № ДОКУБЛ. Підп. і дата

Вип.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дат.

ТС 23510301

Хімічний аналіз, включаючи титриметричні та фотометричні методи, використовується для швидкого визначення металів у польових умовах або як попередній етап моніторингу. Ці методи можуть бути менш точними порівняно зі спектрометричними, але є корисними для первинної оцінки стану водних об'єктів. Нормативи вмісту важких металів у воді встановлюються відповідно до санітарних та екологічних стандартів. В Україні ці норми визначаються Державними санітарними правилами та нормативами якості води, такими як ГДК (гранично допустимі концентрації). Наприклад, для заліза допустима концентрація у воді становить 0,3 мг/л, для марганцю – 0,1 мг/л, для свинцю – 0,03 мг/л, для кадмію – 0,005 мг/л, для ртуті – 0,0005 мг/л. Ці нормативи враховують потенційний токсичний вплив металів на людину, флору і фауну.

Моніторинг також включає оцінку динаміки змін концентрацій металів, порівняння отриманих результатів з нормативними значеннями та прогнозування наслідків їхнього накопичення. Для цього розробляються програми постійного спостереження за станом водних об'єктів, що охоплюють регулярний відбір проб, аналіз та інтерпретацію даних. Отримані результати дозволяють своєчасно виявляти перевищення допустимих концентрацій та впроваджувати коригувальні заходи для захисту екосистем і здоров'я людей. Накопичення важких металів у воді має серйозні екологічні та токсикологічні наслідки, які впливають як на водні екосистеми, так і на здоров'я людини. Важкі метали, такі як ртуть, свинець, кадмій, мідь, цинк та інші, мають здатність до біоаккумуляції, тобто вони накопичуються в організмах і можуть передаватися по харчових ланцюгах, посилюючи свою токсичність.

Для флори водних об'єктів вплив важких металів виявляється у порушенні процесів фотосинтезу та дихання. Метали, які осідають на водоростях, обмежують доступ світла до їхньої поверхні, що ускладнює фотосинтетичну активність. Деякі метали, такі як кадмій і ртуть, діють як інгібітори ферментативних процесів, що призводить до зменшення біомаси рослин і втрати їхньої ролі в екосистемі як продуцентів кисню.

Інв.№ ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Фауна, особливо риби, молюски та ракоподібні, страждають через токсичний вплив важких металів, які порушують їхні обмінні процеси. Високі концентрації металів, таких як свинець і ртуть, викликають у водних організмів ураження нервової системи, зниження репродуктивної здатності, порушення дихання та функціонування органів. Через накопичення металів у тканинах риб, токсичні речовини передаються вищим рівням трофічного ланцюга, створюючи небезпеку для птахів і ссавців, які харчуються рибою.

Для здоров'я людини токсичність важких металів є однією з найсерйозніших проблем. Метали, такі як ртуть, свинець і кадмій, мають канцерогенні властивості, тобто можуть сприяти розвитку ракових захворювань. Ртуть здатна проникати через гематоенцефалічний бар'єр, накопичуючись у мозку, що спричиняє неврологічні порушення, зокрема тремор, порушення пам'яті, координації та когнітивних функцій. Свинець, у свою чергу, вражає кровотворну систему, нирки та мозок, що особливо небезпечно для дітей, у яких вплив свинцю може спричинити затримку розвитку та зниження інтелектуального рівня.

Кадмій, який часто потрапляє у воду через стічні води промислових підприємств, накопичується у нирках і печінці людини, викликаючи їхню функціональну недостатність. Тривале споживання води, забрудненої важкими металами, може призводити до порушень функції імунної системи, розвитку серцево-судинних захворювань, інтоксикацій і хронічних отруєнь.

Екологічні наслідки також включають втрату біорізноманіття у водних екосистемах, що відбувається через загибель чутливих видів рослин і тварин. Метали, осідаючи на дні водойм, змінюють хімічний склад донних осадів, що впливає на їхню роль у підтримці екосистемних процесів. Порушення цих природних функцій знижує здатність водних об'єктів до самоочищення, роблячи забруднення довготривалим і важкоусуваним. Накопичення важких металів у воді має серйозні екологічні та токсикологічні наслідки, які впливають як на водні екосистеми, так і на здоров'я людини. Важкі метали, такі як ртуть,

Інв.№п.подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

свинець, кадмій, мідь, цинк та інші, мають здатність до біоаккумуляції, тобто вони накопичуються в організмах і можуть передаватися по харчових ланцюгах, посилюючи свою токсичність.

Для флори водних об'єктів вплив важких металів виявляється у порушенні процесів фотосинтезу та дихання. Метали, які осідають на водоростях, обмежують доступ світла до їхньої поверхні, що ускладнює фотосинтетичну активність. Деякі метали, такі як кадмій і ртуть, діють як інгібітори ферментативних процесів, що призводить до зменшення біомаси рослин і втрати їхньої ролі в екосистемі як продуцентів кисню.

Фауна, особливо риби, молюски та ракоподібні, страждають через токсичний вплив важких металів, які порушують їхні обмінні процеси. Високі концентрації металів, таких як свинець і ртуть, викликають у водних організмів ураження нервової системи, зниження репродуктивної здатності, порушення дихання та функціонування органів. Через накопичення металів у тканинах риб, токсичні речовини передаються вищим рівням трофічного ланцюга, створюючи небезпеку для птахів і ссавців, які харчуються рибою.

Для здоров'я людини токсичність важких металів є однією з найсерйозніших проблем. Метали, такі як ртуть, свинець і кадмій, мають канцерогенні властивості, тобто можуть сприяти розвитку ракових захворювань. Ртуть здатна проникати через гематоенцефалічний бар'єр, накопичуючись у мозку, що спричиняє неврологічні порушення, зокрема тремор, порушення пам'яті, координації та когнітивних функцій. Свинець, у свою чергу, вражає кровотворну систему, нирки та мозок, що особливо небезпечно для дітей, у яких вплив свинцю може спричинити затримку розвитку та зниження інтелектуального рівня.

Кадмій, який часто потрапляє у воду через стічні води промислових підприємств, накопичується у нирках і печінці людини, викликаючи їхню функціональну недостатність. Тривале споживання води, забрудненої важкими металами, може призводити до порушень функції імунної системи, розвитку

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

34

серцево-судинних захворювань, інтоксикацій і хронічних отруень. Екологічні наслідки також включають втрату біорізноманіття у водних екосистемах, що відбувається через загибель чутливих видів рослин і тварин. Метали, осідаючи на дні водойм, змінюють хімічний склад донних осадів, що впливає на їхню роль у підтримці екосистемних процесів. Порушення цих природних функцій знижує здатність водних об'єктів до самоочищення, роблячи забруднення довготривалим і важкоусуваним. Накопичення важких металів у воді є глобальною екологічною проблемою, яка потребує постійного моніторингу та впровадження заходів для запобігання їхньому подальшому поширенню та впливу на екосистеми й здоров'я людини.

Для зниження рівня забруднення вод важкими металами необхідно впроваджувати комплексний підхід, що включає технічні, технологічні та екологічні заходи. Одним із основних методів є модернізація систем очищення стічних вод, яка передбачає використання сучасних технологій для видалення важких металів. Серед таких технологій найбільш ефективними є хімічне осадження, іонний обмін, сорбція на активованому вугіллі, мембранні технології та електрохімічні методи. Вони дозволяють не лише знижувати концентрацію металів у воді, а й, у багатьох випадках, відновлювати цінні метали для повторного використання.

Важливу роль відіграє створення замкнених циклів водокористування на підприємствах, що дозволяє мінімізувати утворення стічних вод. Використання повторної очистки води перед її поверненням у технологічні процеси значно скорочує обсяги забруднень, які потрапляють у природні водні об'єкти. Крім того, важливо вдосконалювати процеси зберігання і поводження з відходами, зокрема хвостосховищами, що є основним джерелом забруднення металами. Герметизація та ізоляція таких об'єктів дозволяють уникнути вимивання важких металів у ґрунтові та поверхневі води.

На рівні державного регулювання рекомендується встановлення більш жорстких нормативів щодо вмісту важких металів у стічних водах та

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

підвищення відповідальності підприємств за дотримання екологічних стандартів. Екологічний аудит та регулярний моніторинг стану водних об'єктів є важливими інструментами для забезпечення виконання цих стандартів. Ефективною практикою є також запровадження стимулів для підприємств, які впроваджують екологічно чисті технології, наприклад, податкові пільги чи гранти на модернізацію. Важливим аспектом є рекультивація пошкоджених екосистем. Це може включати висадку водних і прибережних рослин, які здатні акумулювати важкі метали (так звану фітореMediaцію), а також відновлення природних процесів самоочищення води. Такий підхід не лише допомагає знизити рівень забруднення, але й сприяє відновленню біорізноманіття.

Ефективність заходів оцінюється за кількома критеріями. Перший – це зменшення концентрації важких металів у воді до рівнів, які відповідають нормативним показникам. Другий – покращення екологічного стану водних об'єктів, що включає відновлення біорізноманіття, збільшення популяцій водних організмів та покращення хімічних і фізичних характеристик води. Третій – соціально-економічні вигоди, такі як зниження ризиків для здоров'я населення, підвищення якості питної води та відновлення можливості використання водних ресурсів для господарських потреб.

Таблиця 2.3 - Заходи зниження забруднення вод важкими металами

Заходи зниження забруднення	Очікуваний ефект	Методи оцінки ефективності
Модернізація систем очищення стічних вод	Зменшення концентрації важких металів у стічних водах	Аналіз якості стічних вод після очищення
Впровадження замкнених циклів водокористування	Скорочення обсягів стічних вод і зменшення втрат ресурсів	Моніторинг обсягів споживання і повторного використання води
Удосконалення зберігання хвостосховищ	Запобігання потраплянню металів у ґрунтові та поверхневі води	Контроль концентрації металів у водних об'єктах поблизу сховищ

Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата
 Взєм.інв. Інв.№ДУБЛ. Підп. і дата

Вип. Арк. № док.ум. Підп. Дат

ТС 23510301

Арк
36

Жорсткіші екологічні нормативи	Підвищення відповідальності підприємств та зниження забруднення	Аудит екологічної діяльності підприємств
Рекультивация водних об'єктів	Відновлення природних функцій екосистем і біорізноманіття	Оцінка стану флори, фауни та гідохімічних показників
Фіторе mediaція забруднених зон	Виведення важких металів із забруднених зон природним шляхом	Вимірювання зменшення концентрацій металів у воді та ґрунті

Довгострокова оцінка ефективності передбачає проведення регулярного моніторингу протягом декількох років після впровадження заходів. Це дозволяє оцінити стабільність позитивних змін, виявити нові проблеми та скорегувати стратегії управління водними ресурсами. Завдяки інтегрованому підходу до очищення, регулювання та відновлення водних об'єктів можна досягти суттєвого зниження рівня забруднення важкими металами та забезпечити сталий розвиток екосистем.

Інв.№ ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата	<i>ТС 23510301</i>	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		37

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ

3.1 Біологічні методи очищення вод від важких металів

Перш за все, варто звернути увагу на фітореMediaцію — метод, що передбачає використання рослин для очищення води. Рослини здатні поглинати важкі метали через свої кореневі системи та накопичувати їх у тканинах, знижуючи таким чином концентрацію токсичних речовин у воді. Наприклад, такі рослини, як ряска, очерет звичайний та водяний гіацинт, мають високу здатність до накопичення металів і активно застосовуються для очищення водних об'єктів у зонах промислового забруднення. Другим важливим методом є біосорбція за допомогою мікроорганізмів. Бактерії, гриби та водорості мають природну здатність зв'язувати важкі метали на своїй поверхні або поглинати їх у процесі метаболізму. Наприклад, водорості ефективно видаляють метали, такі як свинець та кадмій, а бактерії здатні перетворювати токсичні форми металів у менш небезпечні. Цей метод є особливо перспективним завдяки його екологічній безпечності та можливості адаптації до різних умов.

Ще одним напрямком є використання біофільтрів, які складаються з природних матеріалів, заселених мікроорганізмами. Біофільтри здатні ефективно очищати воду завдяки процесам сорбції та біохімічного перетворення важких металів. Такі системи широко застосовуються для очищення промислових стічних вод, а також у зонах, де необхідне очищення великих обсягів води.

Нарешті, варто відзначити генетично модифіковані організми, які можуть використовуватися для біологічного очищення. Завдяки сучасним технологіям генетичної інженерії створюються мікроорганізми, які мають підвищену здатність до накопичення або розкладання важких металів. Наприклад, бактерії з модифікованими генами можуть не лише ефективно очищати воду, але й відновлювати її якість до нормативних показників.

Інв.№ ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

38

Ці методи є перспективними напрямками біологічного очищення води від важких металів, оскільки вони поєднують ефективність, екологічну безпечність та відносну економічну доступність. Біологічні методи очищення вод від важких металів мають значні переваги у порівнянні з фізико-хімічними підходами, адже вони спрямовані не лише на видалення забруднювальних речовин, але й на підтримку природного балансу екосистеми. Використання рослин і мікроорганізмів забезпечує природний цикл очищення, де важкі метали поглинаються та утилізуються у безпечний спосіб. ФітореMediaція, зокрема, є екологічно дружнім методом, оскільки під час її застосування не утворюється додаткових шкідливих відходів. Однак, її ефективність залежить від вибору правильних видів рослин, які можуть адаптуватися до умов забруднення конкретної території. Важливим аспектом є також подальше поводження з рослинами, що накопичили метали, оскільки вони можуть стати джерелом вторинного забруднення, якщо не будуть утилізовані належним чином. Для вирішення цієї проблеми можуть застосовуватися методи термічної обробки або повторного використання рослин для отримання металів у промислових цілях.

Біосорбція за допомогою мікроорганізмів є особливо ефективною у разі високої концентрації металів у воді. Однією з її ключових переваг є можливість очищення води в умовах, коли інші методи є менш ефективними або надто дорогими. Проте, біосорбція потребує ретельного підбору мікроорганізмів залежно від типу металів, що підлягають видаленню. Крім того, дослідження спрямовані на вивчення стійкості цих мікроорганізмів до екстремальних умов, таких як підвищена кислотність або температура.

Біофільтри, заселені мікроорганізмами, мають широкий потенціал для застосування як у промислових умовах, так і у природоохоронних програмах. Їхня ефективність залежить від регулярного обслуговування системи та заміни фільтрувальних матеріалів. До переваг біофільтрів належить їхня здатність одночасно очищати воду від кількох забруднювальних речовин, включаючи органічні сполуки та важкі метали, що робить їх універсальним рішенням для

Інв.№ ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

очищення промислових і побутових стічних вод. Генетично модифіковані організми відкривають нові горизонти у біологічному очищенні вод. Застосування таких організмів дозволяє значно прискорити процеси очищення та знизити вартість технології завдяки їхній високій ефективності. Проте, впровадження ГМО потребує суворого контролю та дотримання екологічних і етичних стандартів, щоб уникнути можливих ризиків для навколишнього середовища.

Таблиця 3.1 - Біологічні методи очищення вод від важких металів

Метод біологічного очищення	Опис методу	Переваги	Обмеження
ФітореMediaція	Використання рослин для поглинання та накопичення важких металів	Екологічна безпечність, відсутність вторинного забруднення	Повільний процес, необхідність утилізації рослин
Біосорбція мікроорганізмами	Застосування бактерій, грибів і водоростей для зв'язування металів	Висока ефективність при різних умовах, можливість відновлення металів	Чутливість до змін умов, залежність від типу металу
Біофільтри	Системи з природних матеріалів, заселених мікроорганізмами, для очищення води	Комплексне очищення води від різних забруднень, універсальність	Регулярне обслуговування, вартість заміни фільтрів
Генетично модифіковані організми	Використання організмів зі зміненими генами для ефективного очищення води	Швидке очищення, зниження вартості технології, висока ефективність	Ризики для екосистем, потреба у контролі та етичних стандартах

У довгостроковій перспективі біологічні методи очищення вод мають стати важливою складовою комплексного підходу до вирішення проблеми забруднення важкими металами. Їх поєднання з іншими методами очищення, такими як хімічні або фізичні, може забезпечити максимальну ефективність і сталий розвиток водних екосистем. Також необхідно інвестувати в дослідження й розвиток нових біологічних підходів, які будуть адаптовані до специфічних

Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата
 Взаєм.інв. Інв.№ДУБЛ.
 Підп. і дата

умов різних регіонів і рівнів забруднення. Це дозволить забезпечити доступ до чистої води для майбутніх поколінь.

3.2 Фізико-хімічні методи очищення вод

Фізико-хімічні методи очищення вод від важких металів є одними з найпоширеніших завдяки їхній ефективності та можливості адаптації до різних умов. Ці методи базуються на використанні фізичних і хімічних процесів для видалення токсичних елементів з водних об'єктів, зменшення їхньої концентрації до нормативних рівнів або їх повного вилучення. Одним із основних фізико-хімічних методів є коагуляція, яка передбачає додавання до забрудненої води спеціальних реагентів (коагулянтів). Ці речовини сприяють утворенню великих агрегатів із дрібних частинок забруднювачів, включаючи важкі метали. Утворені агрегати легко осідають на дно або можуть бути видалені шляхом фільтрації. Цей метод часто використовується в комбінації з іншими для очищення промислових стічних вод.

Іншим важливим методом є осадження, що базується на реакції металів із хімічними реагентами, в результаті чого утворюються нерозчинні сполуки. Наприклад, додавання вапна або гідроксиду натрію викликає утворення осадів важких металів, які потім можуть бути відфільтровані або вилучені механічним способом. Цей метод ефективний для вилучення таких металів, як залізо, свинець, мідь і кадмій.

Адсорбція є ще одним ефективним методом, що полягає у зв'язуванні важких металів на поверхні спеціальних адсорбентів. Для цього використовуються активоване вугілля, цеоліти, оксид кремнію або синтетичні матеріали. Адсорбція дозволяє знизити концентрацію металів до мінімальних рівнів і є ефективною для очищення води, навіть якщо вміст забруднювачів є дуже низьким.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

41

Йонний обмін є сучасним фізико-хімічним методом, який базується на використанні іонообмінних смол. Ці смоли замінюють іони важких металів у воді на менш шкідливі іони, наприклад, натрію або калію. Цей метод дозволяє очищати воду від свинцю, кадмію, ртуті та інших металів з високою ефективністю, особливо для питної води. Мембранні технології, такі як зворотний осмос, є ще одним високоефективним методом очищення води. Цей підхід базується на використанні напівпроникних мембран, які дозволяють проходити лише молекулам води, затримуючи важкі метали та інші забруднювачі. Мембранні технології забезпечують високий рівень очищення, але потребують значних енергетичних затрат і регулярного обслуговування обладнання. Фізико-хімічні методи, хоча і є технічно складними, дозволяють швидко і точно очищати воду навіть у випадках високих концентрацій важких металів. Їхнє використання часто поєднується з біологічними методами, що дозволяє досягти більш комплексного очищення водних об'єктів. Ефективність цих методів робить їх незамінними для очищення стічних вод промислових підприємств, відновлення екосистем і забезпечення населення якісною водою. Однак, попри високу ефективність фізико-хімічних методів очищення води, вони мають певні обмеження та виклики, які потребують уваги. Одним із ключових факторів є висока вартість впровадження таких технологій, особливо в масштабах великих промислових підприємств. Деякі методи, такі як зворотний осмос чи йонний обмін, вимагають складного обладнання, яке потребує регулярного технічного обслуговування та заміни фільтрувальних елементів.

Крім того, фізико-хімічні методи часто генерують додаткові відходи, наприклад, осади, які утворюються під час коагуляції або осадження металів. Ці відходи потребують подальшої утилізації, оскільки містять концентровані форми важких металів. Неправильне поводження з ними може призвести до вторинного забруднення довкілля, що нівелює досягнутий позитивний ефект очищення.

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

Ще однією проблемою є специфічність фізико-хімічних методів. Багато з них ефективно працюють лише для певного типу металів чи діапазону концентрацій. Це означає, що для очищення води зі змішаним забрудненням потрібне комбінування різних методів, що ще більше ускладнює і здорожчує процес.

Для подолання цих обмежень активно впроваджуються інновації. Зокрема, розробляються нові види адсорбентів із високою селективністю до різних металів, які можуть бути отримані з природних матеріалів або відходів інших виробництв. Також удосконалюються мембранні технології, спрямовані на зниження енергоспоживання та підвищення довговічності мембран.

Інтеграція фізико-хімічних методів із біологічними підходами є перспективним напрямком у водоочищенні. Наприклад, мембранні технології можуть використовуватися для попереднього видалення найбільших забруднювачів, після чого залишкові концентрації металів можуть бути вилучені за допомогою фітореMediaції або біосорбції. Це дозволяє досягти максимальної ефективності очищення з мінімальними витратами.

Крім того, важливою складовою є впровадження систем постійного моніторингу якості води, які забезпечують оперативне виявлення змін у концентрації металів і дозволяють швидко реагувати на будь-які відхилення. Такі системи можуть працювати в автоматичному режимі, надаючи дані у реальному часі, що значно підвищує ефективність управління водними ресурсами. У перспективі фізико-хімічні методи очищення вод мають залишатися невід'ємною частиною комплексного підходу до зниження забруднення. Їхня інтеграція з новітніми технологіями та адаптація до потреб конкретних водних об'єктів сприятимуть сталому розвитку водоочисних систем і забезпеченню екологічної безпеки. Інтеграція методів очищення води, зокрема фізико-хімічних та біологічних, в екосистему має базуватися на принципах гармонізації технологічних підходів із природними процесами. Це передбачає створення умов, у яких штучні методи не лише знижують рівень забруднення, але й стимулюють природні механізми самоочищення водоїм, відновлюючи

Інв.№ ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Випл	Арк	№ докum.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

баланс екосистеми. Перш за все, важливо враховувати специфіку конкретної екосистеми, яка включає склад води, рівень забруднення, типи важких металів, а також біологічну активність регіону. Це дозволяє розробити стратегію інтеграції, яка мінімально порушує природний цикл і водночас забезпечує ефективне очищення. Наприклад, у водоймах із високим рівнем біорізноманіття доцільно поєднувати мембранні технології або адсорбцію як початковий етап із біологічними методами, такими як фітореMediaція або біофільтри, для подальшої очистки.

Таблиця 3.2 - Інтеграція методів очищення вод в екосистему

Методи інтеграції	Опис методу	Очікуваний результат
Адаптація до специфіки екосистеми	Врахування складу води, рівня забруднення та біорізноманіття для оптимального вибору методів очищення	Зниження впливу на природний баланс екосистеми
Замкнені водооборотні системи	Повторне використання очищеної води для промислових або господарських потреб, зменшення викидів	Зменшення використання природних джерел води та відходів
Буферні зони з рослинами-фітореMediaторами	Висадка рослин уздовж берегової лінії для локального очищення води та стабілізації берегів	Поліпшення якості води в місцевих водоймах, зменшення ерозії
Автоматизований моніторинг якості води	Встановлення систем контролю складу води у реальному часі для швидкого реагування на зміни	Підвищення ефективності очищення, запобігання вторинному забрудненню

Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата
 Взєм.інв. Інв.№ДУБЛ.
 Підп. і дата

Вип. Арк. № док.ум. Підп. Дат

ТС 23510301

Залучення місцевих громад	Залучення місцевого населення до ініціатив з очищення та захисту водних ресурсів	Підвищення екологічної свідомості та залучення громади до захисту довкілля
---------------------------	--	--

Розробка замкнених водооборотних систем є ще одним ефективним підходом до інтеграції. У таких системах очищена вода може бути повторно використана для промислових або господарських потреб, що знижує навантаження на природні джерела. Водночас відходи, утворені під час очищення, можуть бути перероблені та використані у вторинних процесах, таких як відновлення металів або створення будівельних матеріалів. Це допомагає зменшити вплив на довкілля та підтримувати сталість екосистеми. Інтеграція методів в екосистему також включає створення буферних зон уздовж берегової лінії водойм. Висаджування рослин із високою здатністю до фітореMediaції, таких як очерет чи рогіз, може сприяти локальному очищенню води, фільтрації важких металів і стабілізації берегів. Ці природні бар'єри допомагають затримувати забруднення, що потрапляє до водойм із поверхневим стоком.

Моніторинг екосистеми є ключовим елементом інтеграції методів очищення. Встановлення автоматизованих систем контролю якості води дозволяє виявляти зміни у складі води та екосистемі в реальному часі. Це забезпечує своєчасну корекцію застосовуваних методів очищення, запобігаючи негативним наслідкам, таким як вторинне забруднення або деградація природних процесів.

Освітні програми та співпраця з місцевими громадами також мають важливе значення для успішної інтеграції. Залучення населення до проєктів з очищення води та відновлення екосистем сприяє формуванню відповідального ставлення до водних ресурсів. Громадські ініціативи, такі як висаджування водних рослин або очищення берегів, є важливим компонентом сталого управління водоймами. У підсумку, інтеграція методів очищення води в

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

45

екосистему має бути комплексною, враховувати екологічні, технологічні та соціальні аспекти. Вона дозволяє не лише вирішити проблему забруднення, але й підтримати природні екосистеми, забезпечуючи їхню стійкість і продуктивність у довгостроковій перспективі.

3.3 Перспективні технології та інноваційні підходи

Перспективні технології та інноваційні підходи до очищення вод від важких металів є ключовим напрямком розвитку сучасних екологічних рішень. Вони спрямовані на підвищення ефективності очищення, зменшення екологічного впливу технологічних процесів і оптимізацію витрат. Однією з найперспективніших технологій є нанотехнології, які відкривають нові можливості для очищення води. Використання наноматеріалів, таких як нанотрубки, наночастинки металів або оксидів, дозволяє ефективно видаляти важкі метали навіть за низьких концентрацій. Завдяки своїй великій питомій поверхні та високій реактивності, наноматеріали здатні зв'язувати іони металів або каталізувати їх перетворення в менш токсичні сполуки. Наприклад, наночастинки заліза ефективно використовуються для видалення свинцю, кадмію та інших металів. Іншим інноваційним підходом є розробка біополімерних адсорбентів. Ці матеріали створюються на основі природних полімерів, таких як хітозан, який отримують із панцирів ракоподібних. Біополімерні адсорбенти мають високу здатність до зв'язування металів, є біорозкладними та економічно доступними. Їх використання дозволяє не лише очищувати воду, але й мінімізувати екологічний вплив відходів, що утворюються в процесі очищення.

Мембранні технології також залишаються важливим напрямком інновацій. Новітні розробки спрямовані на створення мембран із поліпшеними властивостями, такими як висока стійкість до забруднень, довговічність та зменшене енергоспоживання. Наприклад, мембрани з графену забезпечують

Інв.№п.одл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.
------	------	----------	-------	------

ТС 23510301

більш ефективно відділення важких металів, ніж традиційні матеріали. Ці технології можуть бути адаптовані як для промислових потреб, так і для забезпечення питною водою регіонів із високим рівнем забруднення.

Біоелектрохімічні системи є ще одним перспективним напрямком. Вони використовують мікроорганізми, які здатні генерувати електричний струм під час розкладання органічних речовин. Цей струм сприяє видаленню важких металів з води шляхом електрохімічного осадження. Такі системи не лише ефективно очищають воду, але й дозволяють генерувати енергію, що робить їх економічно привабливими.

Інтеграція штучного інтелекту та автоматизованих систем контролю є ще однією інновацією, яка змінює підходи до очищення води. Завдяки сучасним датчикам і алгоритмам штучного інтелекту можна в реальному часі контролювати якість води, визначати концентрацію забруднювальних речовин і автоматично налаштовувати параметри очищення. Це значно підвищує ефективність систем і зменшує людський фактор у процесі управління.

Крім того, перспективними є гібридні системи очищення, які поєднують кілька методів у одному технологічному циклі. Наприклад, комбінація адсорбції, фіторемедіації та мембранних технологій дозволяє досягти більш високого рівня очищення води при мінімізації відходів. Такі системи є гнучкими та можуть бути адаптовані до різних умов забруднення.

У підсумку, перспективні технології та інноваційні підходи до очищення води спрямовані на створення більш ефективних, економічних і екологічно безпечних рішень. Вони дозволяють вирішувати проблему забруднення водних ресурсів на глобальному рівні, забезпечуючи сталий розвиток і збереження екосистем для майбутніх поколінь. Впровадження перспективних технологій та інноваційних підходів у реальних умовах вимагає ретельної адаптації до специфічних характеристик кожної екосистеми та умов забруднення. Одним із ключових аспектів є інтеграція новітніх технологій у вже існуючі системи очищення води. Це дозволяє поступово впроваджувати інновації без

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

необхідності повної заміни інфраструктури, що є економічно доцільним для підприємств і громад.

Значна увага має приділятися дослідженню та розробці регіонально адаптованих рішень. Наприклад, у районах із високим рівнем забруднення ртуттю можуть бути впроваджені технології, що використовують наночастинки сірки, які ефективно зв'язують і знешкоджують цей метал. У місцях із великою кількістю промислових стічних вод доцільно використовувати гібридні системи, які поєднують осадження, мембранну фільтрацію та біосорбцію. Регіональний підхід гарантує оптимальне використання ресурсів і високу ефективність очищення.

Важливим аспектом розвитку перспективних технологій є співпраця між науковими установами, промисловими підприємствами та державними структурами. Це дозволяє забезпечити фінансування досліджень, впровадження результатів на практиці та дотримання екологічних стандартів. Державна підтримка у вигляді грантів чи пілг для підприємств, які використовують інноваційні методи очищення води, може значно прискорити їх впровадження.

Окрім цього, особливу увагу слід приділяти освітнім програмам та підвищенню екологічної свідомості. Навчання фахівців сучасним методам очищення води, а також інформування громадськості про важливість інноваційних підходів сприяють формуванню екологічно відповідального суспільства. Це, у свою чергу, стимулює попит на екологічно безпечні технології, що мотивує підприємства та науковців до подальших розробок.

Ще одним перспективним напрямком є розробка економічно доступних технологій, які можуть бути застосовані в країнах із низьким рівнем доходу. Наприклад, використання біополімерних адсорбентів чи фіторемедіації може стати ефективним і доступним рішенням для очищення води в сільських громадах або малорозвинених регіонах. У майбутньому ключовим завданням стане глобальна координація зусиль для боротьби із забрудненням водних ресурсів. Міжнародне співробітництво, обмін досвідом та поширення успішних

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

практик є необхідними для вирішення цієї проблеми. Успішна інтеграція перспективних технологій сприятиме не лише очищенню водних об'єктів, але й відновленню екологічного балансу, забезпечуючи сталий розвиток та доступ до якісної води для всіх.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ

4.1 Основні вимоги до технологічного процесу

Основні вимоги до технологічного процесу очищення води від важких металів включають кілька ключових аспектів, які забезпечують його ефективність, екологічну безпечність, економічну доцільність і стійкість до змін. Однією з головних вимог є забезпечення високого рівня очищення, що передбачає зниження концентрації важких металів у воді до нормативних рівнів, встановлених екологічними стандартами. Технологічний процес повинен ефективно видаляти широкий спектр забруднювачів, включаючи як основні метали, так і їхні залишкові концентрації, які можуть становити небезпеку для екосистем і здоров'я людини. Ще однією важливою вимогою є екологічна безпечність процесу. Технологія не повинна створювати додаткових відходів або сприяти вторинному забрудненню. Відходи, які утворюються під час очищення, мають бути безпечними для навколишнього середовища або підлягати подальшій утилізації. Це включає осади, що утворюються в результаті процесів осадження або адсорбції, які повинні бути правильно знешкоджені або використані як вторинна сировина в інших галузях промисловості.

Економічна доцільність процесу є ще одним ключовим аспектом. Технологія повинна бути доступною для впровадження та експлуатації, що включає мінімізацію витрат на реагенти, енергоспоживання, технічне обслуговування та утилізацію побічних продуктів. Процес повинен бути конкурентоспроможним у порівнянні з іншими методами очищення, забезпечуючи оптимальне співвідношення ціни та ефективності. Стійкість і адаптивність технологічного процесу до змін умов є важливою вимогою для забезпечення його довготривалої роботи. Процес має зберігати стабільну

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

ефективність очищення навіть за змінного складу води, включаючи коливання концентрації металів, зміну рН або температури. Це особливо важливо для промислових стічних вод, які характеризуються високою варіативністю складу.

Крім того, технологія повинна бути інтегрованою до існуючих систем водоочищення. Можливість адаптації до існуючої інфраструктури без значних реконструкцій забезпечує її швидке впровадження та зниження витрат. Для сучасних систем очищення важливим є також сумісність із технологіями автоматизованого моніторингу якості води, що дозволяє контролювати ефективність процесу в режимі реального часу та оперативно реагувати на зміни. Ефективність очищення є одним із ключових критеріїв для оцінки технологічного процесу зниження вмісту важких металів у воді. Основною метою такого процесу є забезпечення зниження концентрації забруднювальних речовин до рівнів, які відповідають встановленим нормативним стандартам для питної води, промислових або природних водних об'єктів. Ці стандарти визначають максимально допустимі концентрації важких металів, таких як свинець, кадмій, ртуть, мідь та інші, щоб забезпечити безпеку водокористування та зберегти екологічний баланс. Ефективний технологічний процес повинен забезпечувати видалення не лише основних концентрацій забруднювачів, але й залишкових слідів металів, які можуть спричинити токсичний ефект навіть у невеликих кількостях. Наприклад, для таких високотоксичних металів, як ртуть, навіть найменші перевищення нормативів можуть мати серйозні наслідки для здоров'я людини та водних екосистем. Тому точність очищення стає вирішальним фактором при виборі методу.

Процес очищення має бути адаптованим до умов конкретного джерела забруднення. Це включає врахування концентрації металів, їхньої хімічної форми, рівня кислотності води та температури. Наприклад, розчинені іони металів потребують використання технологій, таких як йонний обмін чи осадження, тоді як завислі частинки можуть бути ефективно видалені шляхом фільтрації або адсорбції. Щоб досягти високої ефективності очищення, часто

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

використовують комбінацію кількох методів, наприклад, осадження у поєднанні з мембранними технологіями або адсорбцією. Це дозволяє максимально знизити концентрацію металів, видаливши їх із води на різних етапах очищення.

Важливим аспектом є також тестування ефективності процесу за допомогою лабораторних аналізів та моніторингу у реальному часі. Це дозволяє контролювати якість очищення води, оперативно виявляти можливі відхилення від стандартів та коригувати технологічні параметри. Стійкість технологічного процесу до змін складу води є критично важливою для забезпечення стабільної ефективності очищення в умовах варіативності параметрів джерела води. У реальних умовах склад води може суттєво змінюватися залежно від джерела забруднення, сезонних факторів, кліматичних умов або змін у промислових викидах. Технологічний процес повинен мати здатність адаптуватися до таких змін, зберігаючи при цьому ефективність очищення на високому рівні. Однією з найбільш поширених змін є варіація концентрації важких металів. Наприклад, у промислових стічних водах концентрація свинцю, кадмію чи ртуті може значно коливатися залежно від інтенсивності виробництва або типу технологічних процесів. Стійкий процес очищення повинен ефективно функціонувати як при низьких, так і при високих концентраціях забруднювачів, уникаючи перевантаження системи та забезпечуючи достатню гнучкість у налаштуваннях.

Зміни рН води також впливають на ефективність очищення, оскільки різні метали мають різну розчинність та хімічну активність залежно від кислотно-лужного балансу. Наприклад, при низькому рН іони металів можуть бути більш розчиненими, що ускладнює їхнє видалення. Процес очищення повинен мати здатність автоматично коригувати рН або використовувати методи, які є ефективними в широкому діапазоні кислотності.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Таблиця 4.1 - Основні вимоги до технологічного процесу

Вимога до технологічного процесу	Опис вимоги	Очікувані результати
Ефективність очищення	Забезпечення зниження концентрації важких металів до нормативних рівнів. Видалення як основних, так і залишкових забруднювачів.	Вода відповідає екологічним стандартам. Захист здоров'я людей і екосистем.
Стійкість до змін складу води	Здатність процесу адаптуватися до змін концентрації металів, рН, температури та інших параметрів води. Стабільна ефективність за різних умов.	Процес працює стабільно навіть за змінних параметрів води.
Екологічна безпечність	Процес не створює додаткових відходів, забезпечує безпечну утилізацію осадів і не спричиняє вторинного забруднення довкілля.	Мінімальний вплив на довкілля. Забезпечення екологічної стійкості.
Економічна доцільність	Мінімізація витрат на реагенти, енергоспоживання, технічне обслуговування та утилізацію відходів. Оптимальне співвідношення ціни та ефективності.	Ефективне очищення з мінімальними економічними затратами.

Температура води є ще одним фактором, який може змінюватися, впливаючи на швидкість хімічних реакцій, розчинність забруднювачів та

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

Арк

53

ефективність адсорбційних чи мембранних процесів. Стійкий технологічний процес має враховувати температурні коливання і забезпечувати стабільну роботу обладнання навіть за екстремальних умов, таких як низькі температури взимку або підвищені температури внаслідок промислового впливу.

Щоб забезпечити адаптивність, у сучасних технологіях очищення води використовують системи автоматичного контролю та регулювання параметрів. Наприклад, датчики в реальному часі можуть відстежувати концентрацію металів, рН та температуру, а спеціальне програмне забезпечення коригує роботу системи відповідно до змін. Це дозволяє уникнути людських помилок і забезпечити безперервну роботу системи.

4.2 Етапи впровадження технології

Етапи впровадження технології очищення води від важких металів є багатоступеневим процесом, що включає підготовчі, технічні та експлуатаційні заходи. Кожен етап має ключове значення для досягнення оптимальної ефективності та стійкості системи в довгостроковій перспективі. Перший етап – аналіз умов і розробка проекту. Він включає детальне вивчення складу води, рівня забруднення важкими металами, фізико-хімічних параметрів і особливостей екосистеми. На основі цих даних розробляється проект технологічного процесу, який враховує специфіку джерела забруднення. Проводиться моделювання потенційних сценаріїв роботи системи, обираються методи очищення, які найкраще відповідають умовам. Другий етап – вибір обладнання та матеріалів. Залежно від обраної технології очищення підбираються відповідні компоненти: фільтрувальні установки, мембранні системи, реактори для осадження чи адсорбції. На цьому етапі також обираються реагенти або адсорбенти, такі як активоване вугілля, йонообмінні смоли чи наноматеріали. Важливим аспектом є техніко-економічний аналіз, який дозволяє оцінити вартість обладнання, матеріалів і їхню довговічність.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Третій етап – монтаж і налаштування системи. Після доставки обладнання здійснюється його встановлення на об'єкті. Важливо забезпечити правильну інтеграцію нових компонентів із існуючою інфраструктурою, щоб мінімізувати необхідність у значних реконструкціях. Після монтажу проводиться налаштування системи, включаючи калібрування датчиків і тестування всіх елементів для перевірки їхньої працездатності.

Четвертий етап – тестування та оптимізація. У процесі тестування система запускається у пробному режимі, щоб оцінити її ефективність у реальних умовах. Відбираються проби води до і після очищення, щоб перевірити відповідність якості очищеної води нормативним вимогам. На основі отриманих результатів здійснюється оптимізація параметрів системи, таких як швидкість потоку, дози реагентів або робочий тиск.

П'ятий етап – експлуатація та моніторинг. Після успішного тестування система вводиться в експлуатацію. Регулярний моніторинг якості води та роботи обладнання є необхідним для забезпечення стабільності процесу. Для цього використовуються автоматизовані системи контролю, які дозволяють у реальному часі відстежувати параметри, такі як концентрація важких металів, рН і швидкість потоку. У разі виявлення відхилень система автоматично або вручну коригується. Завершальний етап – обслуговування та модернізація. Регулярне технічне обслуговування системи включає заміну фільтрувальних елементів, очищення мембран, перевірку стану датчиків та оновлення програмного забезпечення. Модернізація може проводитися для підвищення ефективності або адаптації системи до нових вимог чи змін складу води. Це дозволяє підтримувати актуальність технології та забезпечувати її тривалу роботу. Усі ці етапи разом забезпечують успішне впровадження технології очищення води, яка відповідає як екологічним, так і економічним вимогам. Важливою умовою є постійний контроль і адаптація системи до змінних умов, що гарантує її стабільність і ефективність у довгостроковій перспективі. Для забезпечення довгострокової стабільності роботи системи очищення важливо

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

впроваджувати інтегрований підхід до управління, що включає як технічні, так і організаційні заходи. Окрім регулярного технічного обслуговування, необхідно передбачити навчання персоналу, який працює з системою. Це дозволить забезпечити належний рівень знань і навичок для ефективного управління технологічним процесом, своєчасного виявлення несправностей та їх усунення.

Також доцільно запроваджувати систему резервного забезпечення компонентів, таких як запасні фільтрувальні елементи, реагенти чи адсорбенти. Це гарантує безперервну роботу системи навіть у разі непередбачених обставин, наприклад, затримки в постачанні необхідних матеріалів або виходу з ладу окремих елементів.

Таблиця 4.2 - Етапи впровадження технології очищення води

Етап впровадження	Опис етапу	Очікувані результати
Аналіз умов і розробка проекту	Вивчення складу води, рівня забруднення та фізико-хімічних параметрів. Розробка проекту із урахуванням специфіки джерела забруднення та екосистеми.	Створення оптимального плану очищення з урахуванням умов джерела забруднення.
Вибір обладнання та матеріалів	Підбір обладнання та реагентів відповідно до обраної технології очищення. Проведення техніко-економічного аналізу витрат і ефективності.	Вибір економічно ефективного обладнання та матеріалів, що забезпечують високу ефективність.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.
Підп. і дата	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
------	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Монтаж і налаштування системи	Встановлення обладнання на об'єкті, інтеграція в існуючу інфраструктуру. Налаштування параметрів роботи системи.	Стабільна робота системи з мінімальними витратами на інтеграцію.
Тестування та оптимізація	Запуск системи у пробному режимі. Оцінка якості очищеної води та оптимізація параметрів процесу для досягнення нормативних показників.	Досягнення нормативних показників якості води. Максимізація ефективності очищення.
Експлуатація та моніторинг	Постійне використання системи з регулярним моніторингом параметрів якості води та стану обладнання. Корекція параметрів у разі відхилень.	Забезпечення стабільної роботи системи та відповідності якості води встановленим стандартам.
Обслуговування та модернізація	Регулярне технічне обслуговування системи, включаючи заміну компонентів. Оновлення технології для підвищення ефективності та відповідності новим стандартам.	Продовження терміну служби системи, підвищення її ефективності та відповідності сучасним вимогам.

Для підвищення ефективності впровадженої технології слід використовувати дані, отримані під час експлуатації, для подальшого вдосконалення системи. Наприклад, аналіз результатів моніторингу може

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

Арк

57

виявити потребу в коригуванні доз реагентів або покращенні параметрів адсорбції. Впровадження систем автоматичного аналізу даних із використанням елементів штучного інтелекту дозволить оптимізувати процес і зменшити людський фактор. Крім того, для комплексного підходу до управління водними ресурсами важливо оцінювати вплив очищеної води на довкілля. Для цього проводяться екологічні дослідження, які дозволяють виявити, чи відповідає вода після очищення вимогам до скидання у водні об'єкти або повторного використання. Важливо враховувати не лише якість води, але й вплив процесу очищення на сусідні екосистеми. На рівні стратегічного планування необхідно передбачити періодичну модернізацію системи очищення відповідно до нових технологічних рішень і змін нормативних вимог. Це дозволить забезпечити відповідність сучасним стандартам і підвищити ефективність роботи системи у разі змін складу води або збільшення обсягів забруднення. Загалом етапи впровадження технології очищення води повинні включати не лише початкове встановлення та налаштування системи, але й постійне її вдосконалення. Такий підхід сприятиме стабільному функціонуванню технології в умовах змінних факторів та забезпечить тривалий позитивний вплив на екологічний стан водних ресурсів.

4.3 Моделювання ефективності обраного методу

Моделювання ефективності обраного методу очищення води є важливим етапом, який дозволяє оцінити, наскільки запропонований підхід відповідає поставленим завданням і чи забезпечує він досягнення необхідного рівня якості води. Цей процес включає створення математичних моделей, проведення експериментів, аналіз отриманих даних і прогнозування результатів у різних умовах.

Інв.№ ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

На першому етапі моделювання визначаються вихідні параметри, які характеризують забруднення води. Це може включати концентрацію важких металів, рН, температуру, швидкість потоку та інші фізико-хімічні характеристики. Важливо враховувати динамічний характер цих параметрів, адже вони можуть змінюватися внаслідок сезонних чи технологічних факторів. Ці дані стають основою для створення математичної моделі, яка описує процес очищення. Математичне моделювання базується на фізико-хімічних принципах, які лежать в основі обраного методу очищення. Наприклад, для процесів осадження використовуються рівняння хімічної кінетики, які описують реакції між іонами металів і реагентами. У випадку адсорбції застосовуються ізотерми Ленгмюра або Фрейндліха, що дозволяють оцінити здатність адсорбента до зв'язування металів за різних умов. Для мембранних технологій розглядаються параметри транспортування забруднювачів через мембрану, такі як селективність і потік.

Після створення моделі проводяться експериментальні випробування. Це включає відбір проб води, використання лабораторного обладнання для моделювання процесу очищення та оцінку результатів. Наприклад, для перевірки ефективності адсорбції воду із заданою концентрацією металів пропускають через шар адсорбента, після чого аналізують залишкову концентрацію металів. Отримані дані дозволяють перевірити адекватність математичної моделі та, за потреби, внести в неї корективи. Моделювання також дає можливість аналізувати вплив різних факторів на ефективність очищення. Наприклад, можна оцінити, як змінюється результат при збільшенні концентрації забруднювачів, зміні температури чи варіації швидкості потоку води. Це допомагає визначити оптимальні умови для роботи системи та встановити межі її ефективності. На фінальному етапі моделювання проводиться прогнозування ефективності обраного методу у реальних умовах експлуатації. Зокрема, оцінюється здатність системи підтримувати стабільну якість очищення за змінних умов, таких як сезонні коливання забруднення чи зростання обсягів

Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата. Взаєм.інв. Інв.№ДУБЛ. Підп. і дата.

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

води, що потребує очищення. Результати моделювання використовуються для розробки рекомендацій щодо налаштування системи, обсягу реагентів, графіку обслуговування та інших параметрів. Моделювання ефективності обраного методу очищення води є комплексним підходом, який дозволяє не лише оцінити потенційні результати, але й оптимізувати технологію для досягнення максимальної ефективності за мінімальних витрат. Воно також забезпечує основу для прийняття рішень на етапі впровадження та подальшої експлуатації системи.

Таблиця 4.3 - Результати моделювання ефективності адсорбції важких металів

Час (год)	Концентрація (мг/л)
0.0	100.0
0.1	98.99
0.2	98.0
0.3	97.02
0.4	96.04
0.51	95.07
0.61	94.12
0.71	93.17
0.81	92.24
0.91	91.31
1.01	90.39
1.11	89.48
1.21	88.58
1.31	87.69
1.41	86.81
1.52	85.94
1.62	85.08
1.72	84.22
1.82	83.38
1.92	82.54
2.02	81.71
2.12	80.89
2.22	80.07
2.32	79.27
2.42	78.47
2.53	77.68
2.63	76.9
2.73	76.13
2.83	75.36
2.93	74.61
3.03	73.86
3.13	73.12

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.
Підп. і дата	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

3.23	72.38
3.33	71.65
3.43	70.93
3.54	70.22
3.64	69.51
3.74	68.82
3.84	68.12
3.94	67.44
4.04	66.76
4.14	66.09
4.24	65.43
4.34	64.77
4.44	64.12
4.55	63.47
4.65	62.84
4.75	62.2
4.85	61.58
4.95	60.96
5.05	60.35
5.15	59.74
5.25	59.14
5.35	58.55
5.45	57.96
5.56	57.38
5.66	56.8
5.76	56.23
5.86	55.66
5.96	55.1
6.06	54.55
6.16	54.0
6.26	53.46
6.36	52.92
6.46	52.39
6.57	51.86
6.67	51.34
6.77	50.83
6.87	50.31
6.97	49.81
7.07	49.31
7.17	48.81
7.27	48.32
7.37	47.84
7.47	47.36
7.58	46.88
7.68	46.41
7.78	45.94
7.88	45.48
7.98	45.02

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

Арк

61

8.08	44.57
8.18	44.12
8.28	43.68
8.38	43.24
8.48	42.81
8.59	42.38
8.69	41.95
8.79	41.53
8.89	41.11
8.99	40.7
9.09	40.29
9.19	39.88
9.29	39.48
9.39	39.09
9.49	38.69
9.6	38.3
9.7	37.92
9.8	37.54
9.9	37.16
10.0	36.79

Моделювання ефективності адсорбції важких металів

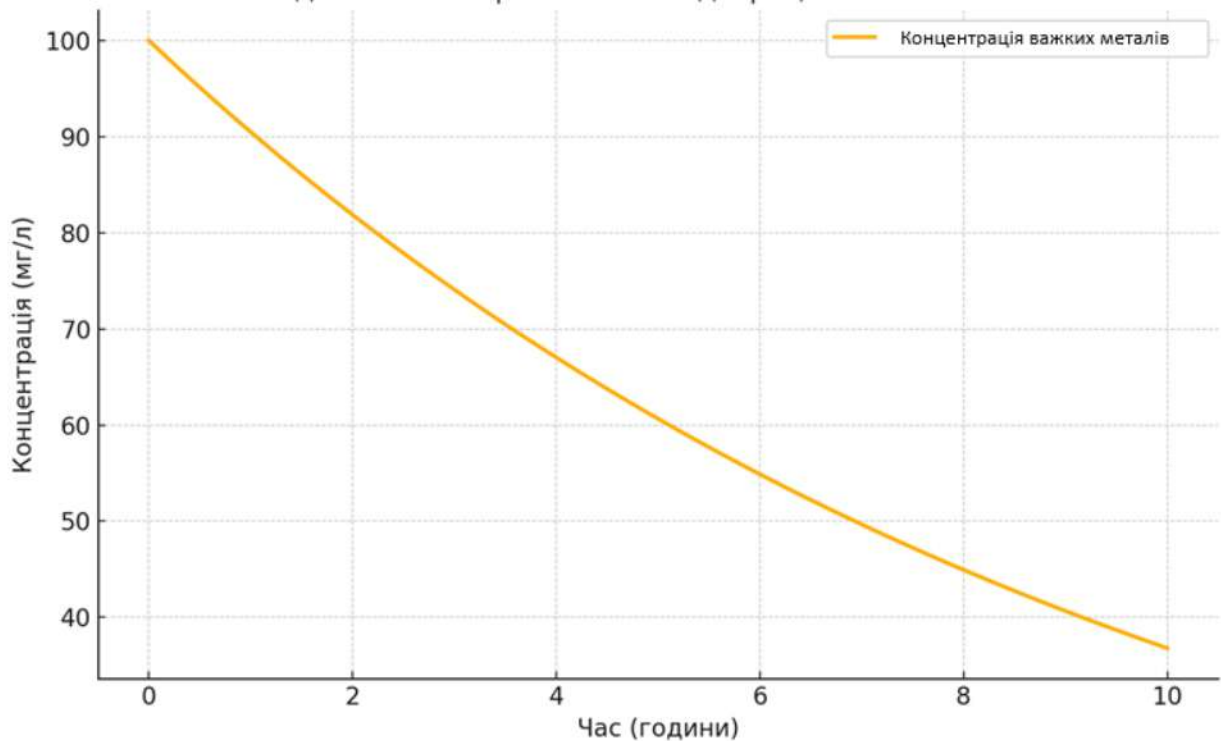


Рисунок 4.1 - Моделювання ефективності адсорбції важких металів

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата	TC 23510301	Арк
						62
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

Графік відображає динаміку зниження концентрації важких металів у воді в процесі адсорбції протягом часу. Початкова концентрація становить 100 мг/л, що відповідає початковому забрудненню водного середовища. З часом, завдяки адсорбційному процесу, концентрація забруднювачів зменшується експоненційно.

На початкових етапах (0–2 години) швидкість зниження концентрації є максимальною. Це пояснюється тим, що в цей період поверхня адсорбенту має достатньо активних місць для зв'язування іонів металів. Висока концентрація забруднювачів створює значний градієнт хімічного потенціалу, що сприяє інтенсивному переносу металів на адсорбент. У період від 2 до 6 годин швидкість очищення починає поступово знижуватися. Це свідчить про те, що основна частина активних місць адсорбента вже зайнята, а залишкова концентрація металів зменшується, що уповільнює процес. У цій зоні динаміка залежить від дифузійних процесів і рівноваги між забруднювачами у воді та на адсорбенті.

На пізніх етапах (6–10 годин) процес майже стабілізується. Концентрація важких металів наближається до залишкового рівня, і швидкість адсорбції стає мінімальною. Це відповідає стадії насичення адсорбента, коли більшість активних місць вже використано, а видалення залишкових забруднювачів ускладнюється.

Загалом графік демонструє високу ефективність адсорбції на початкових етапах, але для досягнення повного очищення необхідно враховувати можливість заміни адсорбента або комбінування з іншими методами. Також важливо зазначити, що експоненційна залежність свідчить про якісну відповідність процесу математичній моделі, що підтверджує її надійність для прогнозування результатів у реальних умовах.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
------	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

5.1 Аналіз витрат на впровадження технології

Аналіз витрат на впровадження технології очищення води від важких металів є важливим етапом економічного обґрунтування проекту. Він включає оцінку усіх компонентів витрат, які виникають на етапах планування, розробки, встановлення, тестування та експлуатації системи. Розуміння структури витрат дозволяє не лише прогнозувати фінансові потреби, але й оптимізувати процес впровадження, обравши найбільш економічно доцільні рішення. Основною складовою витрат є закупівля обладнання, яке включає фільтрувальні системи, мембранні модулі, адсорбенти, насосне обладнання та датчики моніторингу. Вартість цих компонентів залежить від їхнього типу, технічних характеристик, виробника та обсягів постачання. Для зниження витрат на обладнання часто розглядається можливість використання місцевих постачальників або вибір модулів, які можуть бути адаптовані під потреби системи.

Другою значною статтею витрат є монтажні роботи, які включають підготовку майданчика для встановлення обладнання, проведення будівельних та монтажних робіт, а також підключення системи до існуючої інфраструктури. У разі необхідності реконструкції або модернізації старих об'єктів витрати на монтаж можуть істотно зрости.

Окрему увагу слід приділити витратам на реагенти або сорбенти, які будуть використовуватися в процесі очищення. Це можуть бути хімічні реагенти для осадження, йонообмінні смоли, активоване вугілля або наноматеріали. Витрати на ці матеріали розраховуються на основі обсягів води, що потребує очищення, та тривалості експлуатації системи. Також враховується їхній термін служби, можливість регенерації або повторного використання.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

64

Енергоспоживання є ще одним важливим компонентом витрат. Воно включає витрати на електроенергію для роботи насосів, мембранних систем, автоматизованих контролерів та іншого обладнання. Для зниження енергетичних витрат розглядається впровадження енергоефективних технологій або використання відновлюваних джерел енергії.

Витрати на тестування та запуск системи включають проведення лабораторних аналізів, калібрування обладнання, навчання персоналу та усунення можливих технічних недоліків. Це забезпечує належну підготовку системи до повноцінної роботи та мінімізує ризики збоїв у майбутньому. Експлуатаційні витрати включають регулярне обслуговування обладнання, заміну фільтрувальних елементів, утилізацію осадів та інших відходів, а також оплату праці обслуговуючого персоналу. Оцінка цих витрат допомагає планувати довгостроковий бюджет для підтримання ефективної роботи системи.

Аналіз витрат завершується розрахунком загальної вартості впровадження технології та порівнянням її з потенційними вигодами, такими як зниження екологічних штрафів, підвищення репутації підприємства та можливість повторного використання очищеної води. Це дозволяє обґрунтувати економічну доцільність проекту та прийняти оптимальне рішення щодо його реалізації. Продовжуючи економічний аналіз, важливо оцінити можливості оптимізації витрат на кожному етапі впровадження технології. Наприклад, вибір модульних систем очищення дозволяє зменшити витрати на монтаж, оскільки такі системи часто легко інтегруються в існуючу інфраструктуру. Крім того, використання локальних матеріалів і реагентів може значно знизити витрати на транспортування та імпорт.

Додатковим фактором для розгляду є довгострокова економія. Технології, які передбачають регенерацію реагентів або повторне використання матеріалів (наприклад, йонообмінних смол чи мембран), дають змогу зменшити експлуатаційні витрати. Аналіз життєвого циклу обладнання також дозволяє

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

оцінити економічну доцільність заміни або модернізації системи через певний період експлуатації, що сприяє більш раціональному використанню ресурсів.

Таблиця 5.1 - Розрахунок витрат на впровадження технології

Категорія витрат	Вартість (USD)
Закупівля обладнання	50000
Монтаж та встановлення	15000
Реагенти (10 років)	240000
Енергоспоживання (10 років)	120000
Технічне обслуговування (10 років)	50000
Загальна вартість	475000

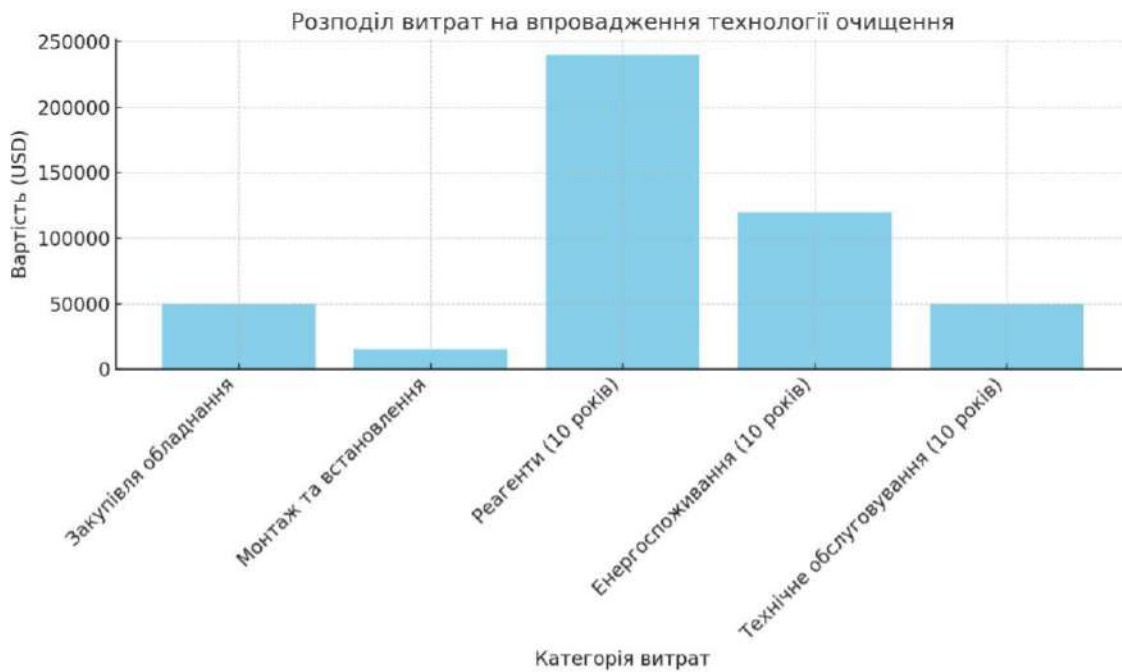


Рисунок 5.1 - Розподіл витрат на впровадження технології

Крім прямого фінансового аналізу, слід враховувати також потенційні екологічні та соціальні вигоди, які мають непрямий економічний ефект. Зменшення викидів важких металів у водні об'єкти може знизити екологічне навантаження, покращити якість водних ресурсів у регіоні та зменшити витрати на компенсацію екологічних збитків. Це, у свою чергу, сприяє зміцненню репутації підприємства, підвищенню його конкурентоспроможності та залученню додаткових інвестицій. Ефективне управління витратами також включає планування фінансування проекту. Для цього можуть бути використані державні програми підтримки екологічних ініціатив, гранти від міжнародних

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.
Підп. і дата	Підп. і дата

Вип.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дат.
------	------	-----------	-------	------

ТС 23510301

організацій, а також пільгові кредити для впровадження енергоефективних технологій. Комбінування власних ресурсів підприємства з зовнішнім фінансуванням допомагає зменшити навантаження на бюджет і прискорити реалізацію проекту. Фінальний етап аналізу включає підготовку детального фінансового звіту, який містить розрахунки вартості проекту, очікуваних вигод, терміну окупності та аналізу ризиків. Цей звіт стає основою для прийняття рішення щодо впровадження технології та дає можливість оцінити її вплив на загальну економічну стратегію підприємства. Аналіз витрат на впровадження технології очищення води від важких металів є комплексним процесом, який враховує як прямі фінансові витрати, так і довгострокові економічні вигоди. Правильний підхід до управління витратами дозволяє забезпечити ефективну реалізацію проекту з мінімальними фінансовими та екологічними ризиками.

5.2 Розрахунок економічної доцільності

Розрахунок економічної доцільності впровадження технології очищення води від важких металів є важливим етапом для обґрунтування проекту. Він включає оцінку фінансових вкладень, окупності, економічного ефекту від реалізації та порівняння витрат із можливими вигодами. Першим кроком є визначення сукупних витрат на впровадження та експлуатацію системи очищення. До них належать витрати на закупівлю обладнання, монтаж, закупівлю реагентів, енергоспоживання, технічне обслуговування та утилізацію відходів. Наприклад, якщо загальна сума витрат за 10 років експлуатації становить \$100,000, це є основою для подальших розрахунків.

Наступним кроком є оцінка економічного ефекту від впровадження технології. Це може включати зменшення витрат на екологічні штрафи, які підприємство сплачує за забруднення водних об'єктів, або уникнення штрафів у майбутньому. Додаткові економічні вигоди можуть включати можливість повторного використання очищеної води у виробничих процесах, що знижує

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

витрати на закупівлю свіжої води. Наприклад, якщо річна економія на штрафах та водопостачанні становить \$20,000, це дозволяє окупити систему протягом п'яти років.

Важливим компонентом є розрахунок терміну окупності інвестицій. Він визначається як період, протягом якого економічні вигоди покривають початкові витрати. У наведеному прикладі загальні витрати \$100,000 та щорічна економія \$20,000 означають термін окупності в 5 років. Якщо термін окупності є прийнятним для підприємства, проект вважається економічно доцільним.

Крім того, необхідно врахувати потенційний ріст доходів підприємства завдяки покращенню його репутації як екологічно відповідального. Це може залучити нових клієнтів, партнерів чи інвесторів, а також забезпечити довгострокову конкурентну перевагу на ринку.

Окрему увагу слід приділити аналізу ризиків і чутливості. Це передбачає оцінку впливу змін у витратах на реагенти, енергоспоживання або вартості обладнання на загальну економічну доцільність. Також важливо врахувати можливі зміни у законодавстві або екологічних стандартах, які можуть вплинути на фінансову ефективність проекту. У фінальній частині розрахунків проводиться порівняння інвестицій у технологію з альтернативними варіантами вирішення проблеми забруднення, такими як використання послуг зовнішніх компаній для очищення води. Якщо впровадження власної системи забезпечує нижчі витрати та більшу ефективність у довгостроковій перспективі, це підтверджує її економічну доцільність.

Розрахунок економічної доцільності дозволяє оцінити як прямі фінансові вигоди від впровадження технології, так і непрямий ефект у вигляді покращення екологічної відповідальності підприємства та його репутації. Це створює базу для прийняття обґрунтованого рішення щодо реалізації проекту. Для завершення розрахунку економічної доцільності необхідно врахувати кількісну оцінку інших довгострокових вигод і екологічних ефектів. Наприклад, зменшення концентрації важких металів у водних об'єктах не лише запобігає екологічним

Інв.№подо.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

штрафам, а їй створює додаткові вигоди для суспільства, такі як покращення здоров'я населення, підвищення біорізноманіття та відновлення екосистем. Хоча такі вигоди важко оцінити у грошовому еквіваленті, їхній вплив є суттєвим для прийняття стратегічних рішень.

Крім того, важливо врахувати можливість використання очищеної води у виробничих процесах. Наприклад, якщо очищена вода може бути повторно використана для охолодження обладнання або промивання матеріалів, це значно знижує потребу у свіжій воді. У цьому випадку економічний ефект можна розрахувати, виходячи з вартості кубічного метра води, яку б довелося закуповувати. Для великих підприємств із високим рівнем водоспоживання такі вигоди можуть суттєво скоротити термін окупності. Додатковий економічний ефект може виникати від можливості залучення державних субсидій, грантів або пільгових кредитів для реалізації екологічних ініціатив. Багато країн пропонують фінансову підтримку підприємствам, які інвестують у екологічно відповідальні технології. Залучення таких ресурсів може суттєво зменшити початкові витрати та прискорити впровадження проекту.

У розрахунку також слід враховувати ефект від уникнення ризиків, пов'язаних із подальшим забрудненням довкілля. Наприклад, якщо підприємство не інвестує у систему очищення, можливі екологічні аварії, забруднення місцевих водних об'єктів та зростання витрат на ліквідацію наслідків. Запобігання таким подіям є вагомим економічним аргументом на користь впровадження технології.

На завершення, необхідно провести сценарний аналіз, який враховує оптимістичний, базовий і песимістичний сценарії. Це дозволяє оцінити, як змінюється економічна доцільність за умов коливань вартості ресурсів, змін екологічних норм чи зростання обсягів виробництва. Наприклад, якщо в базовому сценарії термін окупності становить 5 років, а в песимістичному - 7 років, проект усе одно залишається вигідним. Узагальнення результатів розрахунку економічної доцільності має включати фінансові показники (загальні

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

витрати, термін окупності, економічний ефект), а також якісні вигоди, пов'язані з екологічною безпекою та корпоративною відповідальністю. Це забезпечує всебічну оцінку проекту та дозволяє підприємству прийняти рішення, яке є не лише економічно обґрунтованим, але й екологічно сталим.

Таблиця 5.2 - Розрахунок економічної доцільності впровадження технології

Параметр	Значення (USD)
Початкові витрати	100000.0
Загальні операційні витрати (за 10 років)	150000.0
Загальні заощадження (за 10 років)	300000.0
Чистий економічний ефект (за 10 років)	50000.0
Щорічна чиста економія	15000.0
Термін окупності (років)	7

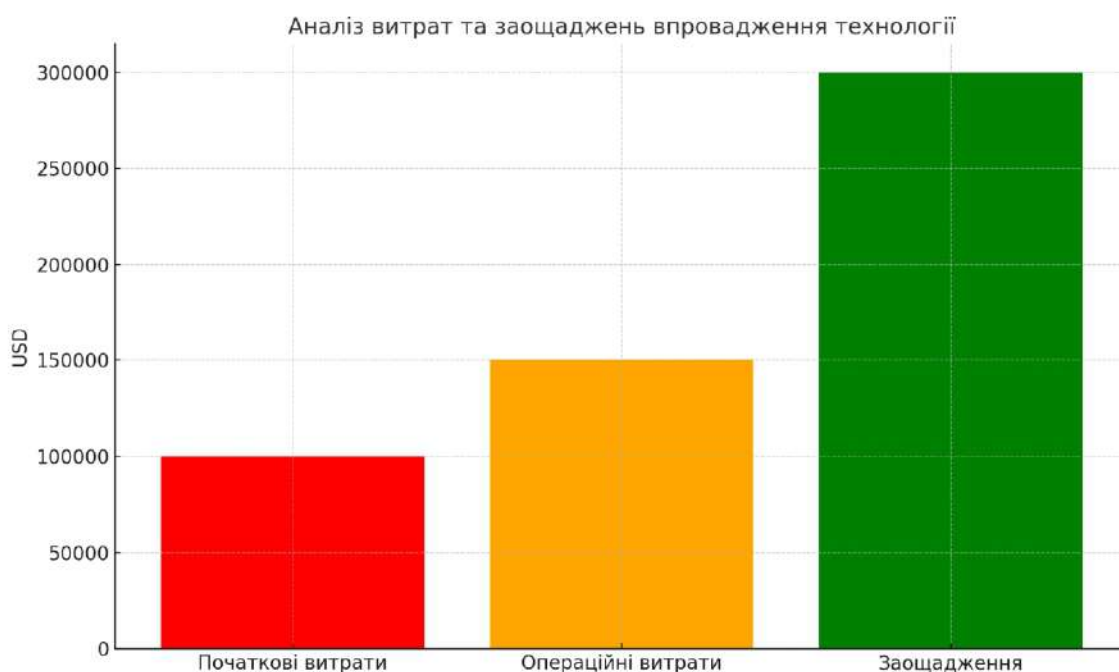


Рисунок 5.2 - Аналіз витрат та заощаджень впровадження технології

Графік демонструє співвідношення трьох ключових фінансових компонентів впровадження технології очищення води: початкових витрат, операційних витрат та загальних заощаджень за весь життєвий цикл проекту (10 років). Початкові витрати, що включають витрати на закупівлю обладнання,

Інв.№ПОДЛ. Підп. і дата
 Взєм.інв. Інв.№ДУБЛ. Підп. і дата

Вип.	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
------	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

монтаж і налаштування, є найбільш значною статтею витрат на початку проекту. Це очікувано, оскільки технологія вимагає значних інвестицій для створення інфраструктури та забезпечення функціональності системи.

Операційні витрати, такі як витрати на реагенти, енергоспоживання та технічне обслуговування, є другою за величиною категорією. Ці витрати розподілені рівномірно протягом усього терміну експлуатації технології, що робить їх постійним фінансовим навантаженням. Важливо відзначити, що їхній рівень може бути оптимізований за рахунок впровадження енергоефективних технологій або використання регенеративних матеріалів.

Заощадження є найвищим показником на графіку, що свідчить про значний економічний ефект від впровадження технології. Вони складаються з уникнення штрафів за екологічне забруднення та повторного використання очищеної води у виробничих процесах. Такий фінансовий результат демонструє, що проект має високу економічну доцільність, оскільки загальна економія перевищує сумарні витрати.

Графік також підкреслює короткий термін окупності проекту. Високий рівень щорічної економії в порівнянні з операційними витратами забезпечує повернення інвестицій у вигляді заощаджень упродовж перших кількох років експлуатації. Це важливий показник, який робить проект фінансово привабливим для підприємства. Загалом, графік чітко демонструє позитивний економічний вплив технології, де заощадження значно перевищують витрати, що вказує на її довгострокову ефективність та вигідність.

5.3 Соціально-екологічний ефект впровадження технології

Соціально-екологічний ефект впровадження технології очищення води від важких металів є багатогранним і включає як прямий вплив на стан довкілля, так і непрямий вплив на суспільство. Цей ефект проявляється у покращенні якості водних ресурсів, підвищенні рівня здоров'я населення, відновленні екосистем,

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

зниженні екологічних ризиків та покращенні соціально-економічних умов у регіоні.

Одним із ключових аспектів є зменшення концентрації важких металів у водних об'єктах, що безпосередньо впливає на стан екосистем. Забруднені водойми часто стають непридатними для життя багатьох видів флори і фауни, що призводить до втрати біорізноманіття. Впровадження ефективної технології очищення дозволяє не лише знизити рівень забруднення до нормативних показників, але й стимулює природні процеси самоочищення, сприяючи відновленню біологічної рівноваги. Це має довгостроковий екологічний ефект, оскільки здорові екосистеми є стійкішими до зовнішніх впливів і здатні підтримувати біологічну продуктивність.

На рівні суспільства впровадження технології сприяє зниженню ризиків, пов'язаних із забрудненням води, що безпосередньо впливає на здоров'я населення. Накопичення важких металів у воді може спричиняти хронічні захворювання, порушення роботи нервової та ендокринної систем, а також негативно впливати на розвиток дітей. Очищення води забезпечує доступ до безпечної та якісної води, що зменшує рівень захворюваності та підвищує якість життя в регіоні. Соціально-економічний ефект також включає створення нових робочих місць, пов'язаних із проектуванням, встановленням і експлуатацією систем очищення води. Це сприяє розвитку місцевої економіки та підвищує рівень зайнятості населення. Крім того, реалізація таких екологічних ініціатив зміцнює репутацію підприємств і регіонів, що може залучати нових інвесторів і партнерів. Додатковим соціальним ефектом є підвищення рівня екологічної свідомості населення. Підприємства, що впроваджують екологічно відповідальні технології, часто стають прикладом для інших суб'єктів господарювання, а також сприяють формуванню позитивного ставлення до захисту довкілля у громаді. Проведення інформаційних кампаній і освітніх програм у рамках впровадження технології може сприяти довгостроковій зміні суспільної поведінки на користь сталого розвитку. Зниження екологічних ризиків також є

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

важливим аспектом. Забруднення води важкими металами може призводити до екологічних катастроф, таких як отруєння рибних ресурсів, зниження якості ґрунтів у зонах підтоплення та деградація водно-болотних угідь. Впровадження технології дозволяє запобігти таким явищам, що не лише зберігає природні ресурси, але й зменшує витрати на ліквідацію наслідків можливих аварій.

Соціально-екологічний ефект впровадження технології очищення води включає як короткострокові, так і довгострокові вигоди. Ця технологія не лише забезпечує екологічну безпеку та покращує якість життя населення, але й створює умови для сталого розвитку регіону та формування більш гармонійних відносин між суспільством і довкіллям. Впровадження технології очищення води також має значний вплив на стратегії сталого розвитку в регіоні та країні в цілому. Поліпшення якості водних ресурсів сприяє зміцненню водно-енергетичної безпеки, що є ключовим елементом у багатьох аспектах соціально-економічного розвитку. Чисті водойми можуть використовуватися для задоволення потреб сільського господарства, зрошення, виробництва та енергетики, зменшуючи залежність від обмежених природних ресурсів.

Ще одним важливим наслідком є вплив на розвиток туризму та рекреаційної діяльності. Поліпшення стану водойм і навколишньої природи створює привабливі умови для відпочинку та туризму, що, у свою чергу, стимулює місцеву економіку. Забруднені водойми стають придатними для рибальства, плавання, організації туристичних маршрутів, що підвищує рівень доходів місцевих громад і сприяє створенню нових робочих місць у сфері послуг.

Додатково, реалізація подібних екологічних проектів сприяє впровадженню інновацій у виробничі процеси підприємств. Використання сучасних технологій для очищення води стимулює наукові дослідження та розробку нових методів у галузі екології та ресурсозбереження. Це сприяє підвищенню технологічної конкурентоспроможності підприємств і регіону,

Інв.№ ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ ДУБЛ.	Підп. і дата	73
Вип. Арк. № докум. Підп. Дат					73

ТС 23510301

Арк

73

створюючи передумови для активного залучення до глобальних екологічних ініціатив.

Також варто зазначити вплив на зміцнення нормативної бази та екологічного регулювання. Реалізація проектів із очищення води стимулює вдосконалення екологічного законодавства, посилення контролю за якістю води та дотриманням стандартів у промисловому виробництві. Це формує більш ефективну систему екологічного управління, що позитивно впливає на стійкість і безпеку екосистем.

Не менш важливим аспектом є формування партнерських відносин між державою, бізнесом і громадськістю. Успішне впровадження технології часто передбачає кооперацію між цими трьома суб'єктами, що створює нові механізми для вирішення екологічних проблем. Такі проекти сприяють підвищенню довіри до бізнесу, покращують сприйняття державної політики у сфері екології та забезпечують активну участь громади у захисті довкілля.

Загалом, соціально-екологічний ефект впровадження технології виходить за рамки безпосереднього зниження забруднення водойм. Це багатовимірний процес, який включає екологічне оздоровлення, соціальну підтримку, економічний розвиток і формування інноваційних підходів до управління природними ресурсами. Ці вигоди забезпечують довгостроковий позитивний вплив на добробут суспільства та стійкість екосистем.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Небезпечні та шкідливі фактори при роботі хімічної лабораторії

Під час роботи в хімічній лабораторії персонал стикається з низкою небезпечних та шкідливих факторів, які можуть створювати серйозну загрозу для здоров'я та безпеки працівників. Одним із основних факторів є наявність хімічних речовин, що використовуються в лабораторних дослідженнях. Ці речовини можуть бути токсичними, агресивними, горючими або вибухонебезпечними. Залежно від фізико-хімічних властивостей, вони можуть впливати на організм через контакт із шкірою, вдихання парів або аерозолів, а також через випадкове проковтування. Наприклад, робота з концентрованими кислотами чи лугами вимагає особливої обережності, оскільки їх потрапляння на шкіру чи слизові оболонки може спричинити хімічні опіки різного ступеня важкості. Крім того, вдихання парів деяких органічних розчинників, таких як бензол, ацетон чи толуол, може призводити до інтоксикації організму, викликаючи порушення функцій центральної нервової системи, дихальних шляхів або печінки [63].

Іншим небезпечним фактором є ризик утворення вибухонебезпечних сумішей або загоряння хімічних речовин. У лабораторіях часто використовуються легкозаймісті речовини, такі як спирти, ефіри, ацетилен чи водень, які при певних умовах можуть спричинити пожежу або вибух. Це особливо актуально, якщо в лабораторії є відкриті джерела вогню або несправне електрообладнання. Робота з такими речовинами вимагає суворого дотримання правил техніки безпеки, використання вентиляційних шаф, захисного обладнання та регулярного інструктування персоналу.

Окрім хімічних, у лабораторії присутні фізичні фактори безпеки. Це можуть бути травми від розбитого лабораторного скла, поранення від гострих

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Випл	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

75

предметів, таких як голки чи скальпелі, або ризик ураження електричним струмом через несправне обладнання. У сучасних лабораторіях широко застосовуються прилади з високовольтними компонентами, що створює додаткову небезпеку, якщо не дотримуватися правил безпеки під час їхньої експлуатації.

Шкідливими факторами є також біологічні ризики, пов'язані з роботою із зразками, які можуть містити патогенні мікроорганізми. Лабораторії, що займаються дослідженням води, ґрунтів або біологічних тканин, часто працюють із бактеріями, вірусами або грибами, які можуть спричинити інфекційні захворювання. Порушення правил асептики, неправильна утилізація відходів або недостатня стерилізація інструментів значно підвищують ризик зараження персоналу.

Ергономічні фактори також відіграють важливу роль у формуванні безпечних умов праці. Часто в лабораторії працівники змушені виконувати повторювані операції, працювати в незручних позах або протягом тривалого часу без перерви. Це може призводити до перенапруження м'язів, розвитку хронічних захворювань опорно-рухового апарату або зору. Неправильна організація робочого місця, недостатнє освітлення, шум від обладнання – усе це негативно впливає на продуктивність і здоров'я працівників.

Додаткову небезпеку створюють психологічні та емоційні фактори. Висока відповідальність за точність результатів, робота в умовах підвищеного ризику та необхідність швидкого прийняття рішень можуть викликати хронічний стрес, який знижує здатність до концентрації, підвищує ризик помилок і негативно впливає на загальний стан здоров'я працівників.

Особливої уваги заслуговують небезпеки, пов'язані з неправильним зберіганням або транспортуванням хімічних речовин. Недотримання умов зберігання, таких як температурний режим або використання невідповідної тари, може призводити до розгерметизації ємностей, утворення токсичних випаровувань або самозаймання. Для уникнення таких ситуацій необхідно

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

забезпечити відповідне маркування речовин, розділення несумісних матеріалів і регулярний контроль стану складів [19].

У лабораторіях також існує ризик аварійних ситуацій, таких як розлив токсичних речовин, витік газів або вихід з ладу обладнання. Для мінімізації наслідків таких інцидентів важливо мати план дій у надзвичайних ситуаціях, який включає евакуацію персоналу, використання аварійного обладнання та інформування відповідальних осіб. Працівники повинні проходити регулярні тренінги щодо дій у разі виникнення таких ситуацій, а лабораторія має бути оснащена засобами первинної допомоги, пожежогасіння та аварійного захисту.

Загалом, забезпечення безпечних умов праці в хімічній лабораторії потребує комплексного підходу, який включає розробку і впровадження стандартів безпеки, постійне навчання персоналу, моніторинг стану робочого середовища та використання сучасного захисного обладнання. Лише за умови дотримання всіх необхідних заходів можна знизити вплив небезпечних і шкідливих факторів до мінімуму [60].

6.2 Безпека персоналу лабораторії в надзвичайних ситуаціях

Безпека персоналу хімічної лабораторії у надзвичайних ситуаціях є критично важливим аспектом забезпечення як життя і здоров'я працівників, так і захисту довкілля. Надзвичайні ситуації можуть виникати внаслідок аварійного витоку хімічних речовин, займання або вибуху, виходу з ладу лабораторного обладнання, а також через природні або техногенні катастрофи. Ефективне реагування в таких умовах вимагає ретельно продуманої системи заходів, що включає попереджувальні дії, чіткі протоколи реагування, належну підготовку персоналу та наявність відповідного обладнання [62].

Одним із ключових елементів підготовки до надзвичайних ситуацій є оцінка ризиків і прогнозування можливих сценаріїв розвитку подій. Кожна лабораторія повинна мати документально оформлену оцінку ризиків, яка

Інв.№п.подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

77

враховує всі потенційні загрози, зокрема хімічні, фізичні та біологічні фактори. На основі цієї оцінки розробляються плани дій у разі надзвичайної ситуації, які містять детальні інструкції щодо евакуації, нейтралізації небезпечних речовин, взаємодії з аварійними службами та надання першої допомоги постраждалим.

Особливу увагу слід приділити запобіганню аварійним ситуаціям, що включає регулярне технічне обслуговування лабораторного обладнання, дотримання правил зберігання хімічних речовин, правильну організацію робочих процесів і постійний моніторинг умов у лабораторії. Зокрема, системи вентиляції повинні бути справними й ефективно видаляти токсичні випаровування. Контейнери для зберігання небезпечних речовин мають бути герметичними, стійкими до механічних пошкоджень і відповідати вимогам до зберігання конкретного типу матеріалів. Розділення несумісних речовин, таких як кислоти й луки або окисники й легкозаймісті матеріали, є обов'язковою вимогою для запобігання хімічним реакціям, які можуть спричинити займання чи вибух.

У разі виникнення надзвичайної ситуації першочерговим завданням є захист життя і здоров'я персоналу. Для цього в кожній лабораторії повинні бути визначені відповідальні особи, які координуватимуть дії в екстрених умовах. Ефективна евакуація є одним із ключових заходів. Лабораторія має бути обладнана запасними виходами, які завжди повинні бути вільними від перешкод. На стінах повинні бути розміщені плани евакуації, що вказують найкоротший шлях до виходу з будівлі, а також місце збору працівників у безпечній зоні. Всі працівники лабораторії повинні знати маршрути евакуації та проходити регулярні тренінги з поведінки у разі аварій [50].

Дії персоналу у разі аварії залежать від характеру надзвичайної ситуації. У разі витoku хімічних речовин необхідно в першу чергу оцінити рівень безпеки. Якщо це можливо, витік слід локалізувати за допомогою спеціальних абсорбуючих матеріалів або аварійних комплектів для ліквідації розливів. При цьому персонал повинен використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ),

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докum.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

такі як захисні окуляри, респіратори, рукавички, а також спеціальний одяг, що забезпечує захист шкіри від контакту з токсичними речовинами. Якщо витік становить серйозну загрозу, наприклад, коли йдеться про токсичні гази або велику кількість агресивних речовин, необхідно негайно покинути приміщення та повідомити відповідні служби.

У разі пожежі першочергово слід викликати пожежну охорону та почати евакуацію персоналу. Якщо вогонь невеликий і його джерело локалізоване, дозволяється використовувати вогнегасники. У лабораторії мають бути вогнегасники різного типу, зокрема порошкові, вуглекислотні або пінні, залежно від видів речовин, що зберігаються. Наприклад, для гасіння займистих рідин необхідно використовувати вуглекислотні або пінні вогнегасники, тоді як порошкові ефективні для ліквідації пожеж електрообладнання. Проте за жодних умов не можна використовувати воду для гасіння електричних пожеж або горючих металів, оскільки це може призвести до ще більш небезпечних наслідків.

У надзвичайних ситуаціях, пов'язаних із виходом з ладу обладнання, наприклад автоклавів, центрифуг або інших пристроїв під тиском, необхідно зупинити роботу приладу, вимкнути його з електромережі та, за можливості, локалізувати небезпечну зону. Працівники повинні триматися на безпечній відстані, оскільки існує ризик викиду частин обладнання, гарячих рідин або пари. Після ліквідації аварії необхідно провести ретельний технічний огляд приладу та оцінити причини його несправності [61].

Усі лабораторії повинні бути обладнані системами першої допомоги, включаючи аптечки, душі безпеки та станції для промивання очей. Аптечки повинні містити засоби для надання першої допомоги при хімічних опіках, порізах, отруєннях і алергічних реакціях. Персонал має бути навчений користуватися цими засобами, а також знати основи надання першої медичної допомоги. У разі серйозного ураження, такого як сильні хімічні опіки або

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

інтоксикація, необхідно негайно викликати медичну допомогу та надати постраждалому первинну допомогу до прибуття фахівців [54].

Ключовим елементом забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях є систематичне навчання персоналу. Регулярні інструктажі та тренінги допомагають працівникам діяти злагоджено та ефективно навіть у стресових умовах. Навчання повинно включати теоретичні знання про потенційні небезпеки, практичні навички використання засобів захисту, алгоритми поведінки у разі різних типів аварій, а також основи взаємодії з аварійними службами.

Забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях потребує також відповідної культури безпеки на робочому місці. Це означає, що кожен працівник повинен усвідомлювати важливість дотримання правил, бути уважним до потенційних ризиків і повідомляти керівництво про будь-які відхилення чи несправності в роботі обладнання. Лише за умов спільної відповідальності всього колективу можна створити середовище, яке мінімізує ймовірність надзвичайних ситуацій і забезпечує ефективну реакцію у разі їх виникнення [64].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

ВИСНОВКИ

У підсумку проведеного дослідження можна зробити висновок, що впровадження технології очищення води від важких металів є важливим і багатоаспектним рішенням, яке має значний екологічний, соціальний та економічний вплив. Це не лише забезпечує очищення водних ресурсів до нормативних показників, але й сприяє поліпшенню стану екосистем, зниженню ризиків для здоров'я людей та сталому розвитку регіонів.

Екологічний аспект впровадження технології полягає у відновленні водних екосистем, зменшенні концентрації токсичних елементів у воді та сприянні природним процесам самоочищення. Це дозволяє підтримувати біорізноманіття, забезпечувати здоров'я водних ресурсів і створювати сприятливі умови для природного розвитку флори та фауни.

Соціальний ефект виявляється через зменшення захворюваності населення, яке користується очищеною водою, поліпшення якості життя та створення нових можливостей для працевлаштування. Доступ до чистої води, як основного ресурсу для життя, зменшує соціальну напруженість, забезпечує здорові умови для населення і сприяє зростанню добробуту громад.

Економічна доцільність проекту підтверджується результатами розрахунків, які демонструють короткий термін окупності інвестицій завдяки значним заощадженням, отриманим від уникнення штрафів за екологічне забруднення та повторного використання очищеної води. Довгострокові економічні вигоди, такі як покращення репутації підприємства, залучення інвесторів та розвиток екологічно орієнтованого бізнесу, підкреслюють фінансову вигідність проекту.

Важливою частиною впровадження технології є підвищення екологічної культури та свідомості як у середовищі бізнесу, так і серед населення. Реалізація таких проектів сприяє формуванню нових підходів до управління природними

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата
Взаєм.інв.	Взаєм.інв.
Інв.№ДУБЛ.	Інв.№ДУБЛ.
Підп. і дата	Підп. і дата

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301

ресурсами, зміцнює співпрацю між різними секторами економіки та стимулює розвиток інновацій у галузі екологічних технологій.

Впровадження технології очищення води від важких металів має комплексний характер і вирішує одночасно кілька важливих завдань: захист довкілля, забезпечення здоров'я населення, підтримка економічного розвитку та впровадження сучасних технологічних рішень. Цей підхід сприяє формуванню сталих екосистем і гармонійного співіснування суспільства та природи, створюючи передумови для довгострокового сталого розвитку.

Інв.№позов.	Підп. і дата	Взяєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 23510301

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Лутковська С. М. Сутність системи екологічної безпеки сталого розвитку в умовах глобальної економіки. Ефективна економіка : електронне наукове фахове видання., м. Київ 30 квітня 2020 р. Київ : ТОВ «ДКС-центр», 2020 <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.4.56>

2. Антонюк О. П. Прогнозування залежності рівня захворюваності населення міста Кривий Ріг від впливу техногенного забруднення. Економічний часопис-XXI. Київ, 2012. No 1. С. 59-65

3. Смірнов О. О. Біоіндикація кременчуцького водосховища як складова природно-техногенної безпеки регіону. Сучасні технології агропромислового виробництва : матеріали I Міжнародної студентської наук.- практ. інтернетконф. (м. Кропивницький, 19 лист. 2020 р.). Кропивницький : Вид-во ЦНТУ, 2020. 113 с.

4. Сафонов А. І. Фітоіндикація забруднення важкими металами антропогенно трансформованого середовища Донбасу : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня к. б. н.: 03.00.16. Дніпро, 2014. 22 с.

5. Горова А. І., Павличенко А. В., Борисовська О. О., Грунтова В. Ю., Деменко О. В. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Дніпро : НГУ, 2014. 76 с.

6. Казаков В. Л., Паранько І. С., Сметана М. Г., Шипунова В. О., Коцюрuba В. В., Калініченко О. О. Природнича географія Кривбасу. Кривий Ріг : Видавничий дім, 2005. 151с.

7. Гідроекологічний моніторинг та стан безпеки басейну річки Дністер: студентська наукова робота / за ред. Національний Університет «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка». Полтава : НУПП, 2020. 30 с. URL: <https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/other/2020/02/ii->

Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взаєм. інв.
Підп. і дата
Інв. № подл.

turekologia/roboti/38_%D0%94%D0%96%D0%95%D0%A0%D0%95%D0%9B%D0%9E.docx 72

8. Бакала, О. Д. Оцінка якості вод Кременчуцького водосховища в межах Кіровоградської та Черкаської областей. Вінниця : ВНТУ, 2017

9. Якимець М. О. Антропогенне навантаження водної екосистеми як основа для проведення комплексного моніторингу оцінки екологічного стану вод Кременчуцького водосховища. Екологічна безпека держави : тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів. (Київ, 27-28 квітня 2010). Київ : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. С. 205-207.

10. Задорожна В. І., Бондаренко В. І., Бура Т. О., Доан С. І., Зубкова Н. Л., Маричев І. Л. Вплив водосховищ-охолоджувачів на екологію регіонів. Вода і водоочисні технології. 2003. №1. С.27-30.

11. Журба М. Г., Говорова Ж. М., Васечкин Ю. С. Оптимизация комплекса технологических процессов водоочистки. Водопостачання та санітарна техніка. 2001. №5(1). С. 5-8.

12. Яцик А. В., Хорєв В. М. Водне господарство в Україні. Київ : Генеза, 2000. 456 с.

13. Бондаренко Ю. Г., Папач В. В., Тищук М. М. Епідеміологічна оцінка стану якості води Кременчуцького водосховища за 2021 рік. Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. 2022. (2). С. 20-24.

14. Томільцева А. І., Яцик А. В., Мокін В. Б. та ін. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.

15. Бакала, О. Д., Вовкодав, Г. М. Оцінка якості вод Кременчуцького водосховища в межах Кіровоградської, Полтавської та Черкаської областей. Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів (студентська секція) : наук.-техн. конф., м. Харків, 25-26 квітня 2018 р. Харків : ХНУБА, 2018. С. 79-80.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк

84

16. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П., Яцик А. В. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ : «Символ-Т», 1998. 28 с. 73

17. Про встановлення рамок заходів Співтовариства в галузі водної політики : Директива Європейського Парламенту і Ради 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 р. № 994_962. Київ. 2006. 240 с.

18. Олекін О. А. Загальна гідрохімія. Львів : Гидрометеиздат, 1948. 208 с.

19. Клименко В. Г., Фролова Л. І. Екологічна оцінка природних ресурсів : метод. посібник для студентів. Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. 64 с.

20. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання. [Чинний від 2012-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 36 с.

21. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища України у 2016 році. Київ : Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2017. 469 с.

22. Стратегічний план дій для басейну Південного Бугу. Wetlands international, Вінниця-Київ. 2011. 75 с.

23. Про Загальнодержавну програму розвитку водного господарства : Закон України від 01.01.2013 № 2988-III. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2988-14#Text>

24. Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води : Постанова Верховної Ради України від 27.02.1997 р. № 123/97-ВР. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/123/97-%D0%B2%D1%80#Text>

25. Водосховища Дніпра. Дата оновлення: 11.04.18. URL: http://uanature.ulcraft.com/reservoir_dnepr (дата звернення: 12.07.24).

26. Кременчуцьке водосховище. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Кременчуцьке_водосховище (дата звернення: 02.08.24).

Інв.№покл. Підп. і дата
Взаєм.інв. Інв.№дубл. Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк
85

27. Гідрологічні умови Кременчуцького водосховища. URL: <http://www.eco.com.ua/node/1448> (дата звернення: 15.08.23). 74

28. Котовська Г. О., Христенко Д. С. Умови та ефективність відтворення основних промислових видів риби Кременчуцького водосховища : монографія Київ : Інститут рибного господарства НААН України. 2010. 176 с.

29. Водний фонд України: Штучні водойми – водосховища і ставки / за ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. Київ : Інтерпрес, 2014. 164 с.

30. Яцик А. В., Томільцева А. І., Плігін Ю. В. та ін. Правила експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду. Київ : «Генеза», 2003, 176 с.

31. Задніпрянець А. Д. Екологічна оцінка стану поверхневих вод р. Соб в межах Гайсинського ОТГ. Вінниця : ВНАУ, 2024. 42 с.

32. Вишневецький В. І., Сташук В. А., Сакевич А. М. Водогосподарський комплекс у басейні Дніпар. Київ : «Інтерпрес ЛТД», 2011. 188 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/344450909_Vodogospodarskij_kompleks_u_basejni_Dnipro

33. Панасюк І. В., Томільцева А. І., Долинський В. Л., Плігін Ю. В. Що потрібно дніпровським водосховищам? Науково-технічному прогресу в гідроенергетиці. 2021. URL: <https://uhe.gov.ua/sites/default/files/2021-12/13.pdf> (дата звернення: 30.08.2024).

34. Томільцева А. І., Яцик А. В., Мокін В. Б. та ін. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.

35. Правила експлуатації водосховищ Дністровського каскаду при НПУ 77,10 м буферного водосховища. Харків : ПАТ «УкрГідроПроект», 2017. 106 с.

36. Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року : Закон України від 24.05.2012 № 4836-VI. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17#Text>

37. Порядок розроблення водогосподарських балансів : Наказ

Підп. і дата
Інв. № докл.
Взаєм. інв.
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип.	Арк.	№ док. ум.	Підп.	Дат.
------	------	------------	-------	------

ТС 23510301

Арк

86

Міністерства екології та природних ресурсів України від 26.01.2017 № 26. 75
Офіційний портал Верховної Ради України. URL:
<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0232-17>

38. Мокін В. Б. Технологія оптимізації управління водними ресурсами басейну р. Дністер шляхом автоматизації складання його водогосподарського балансу. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях : матеріали XIV міжнародної наук.-практ. конф., м. Київ, 5-9 жов. 2015 р. Київ, 2015. С. 131-134.

39. Мокін В. Б., Крижановський Є. М., Яцолт А. Р., Скорина Л. М. Автоматизація розрахунку водогосподарського балансу ділянок басейнів річок. Водне господарство України. 2017. № 3 (129). С. 25-30.

40. Афанасьєв С. А. Розвиток європейських підходів до біологічної оцінки стану гідроекосистем у моніторингу річок України. Гідробіологічний журнал. Київ : НАН України, 2001. Т. 37, № 5. С. 3-18.

41. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації. Київ : НЦЕБМ НАН України, ІНЕКО, 2011. 112 с.

42. Арсан О. М., Давидов О. А., Дьяченко Т. М. та ін. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. Київ : «Логос», 2006. 408 с.

43. Жукинський В. М., Чернявська А. П., Яцик А. В., Єзловецька І. Є. Досвід використання «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними критеріями» (пояснення, застереження, приклади). Київ : «Символ-Т», 1998. 48 с.

44. Руденко Л. Г., Разов В. П., Жукинський В. М. та ін. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води. Київ : «Оріяни», 2006. 60 с.

45. Река В. В., Бігун П. П. Визначення якості води методами біоіндикації. Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників і здобувачів наукового ступеня за підсумками науково дослідної

Інв.№покл. Підп. і дата
Взаєм.інв. Інв.№дубл. Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510301

Арк
87

роботи за період 2015-2016 рр. Вінниця : ДонНУ ім. Василя 76 Стуса, 2017. Т. 1, С. 16-18 URL: <https://jpvvs.donnu.edu.ua/article/view/3552/3586> (дата звернення: 30.09.2024).

46. Rietveld L. C., Siri J. G., Chakravarty I. Improving health in cities through systems approaches for urban water management. Environ. Health. 2016. 15 (Suppl 1). Vol. 31. P. 152-171. DOI: 10.1186/s12940-016-0107-2.

47. Scott J., McGrane. Impact of urbanization on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. Hydrological Science Journal. 2016. Vol. 61:13. P. 2295–2311. DOI: 10.1080/02626667.2015.112808.

48. Mikovits C., Rauch W., Kleidorfer M. Dynamics in urban development, population growth and their influences on urban water infrastructure. Procedia Engineering. 2014. Vol. 70. P. 1147-1156.

49. Xueru Guo et.al. Seasonal and Spatial Variability of Anthropogenic and Natural Factors Influencing Groundwater Quality Based On Source Apportionment. Int. J. Environ. Res.Public. Health. 2018. Vol 15 (2). P. 1-19. DOI: 10.3390/ijerph15020279.

50. Пічуря В. І., Потравка Л. О., Скок С. В. Екологічний стан акваторії ріки Дніпро у зоні впливу урбосистем (на прикладі міста Херсона). Водні біоресурси та аквакультура. 2019. № 2. С. 19-34.

51. Карпик Ю. І., Петровська М. А. Оцінка якості питної води Старосамбірського району Львівської області. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Київ, 2019. № 1. С. 57-65. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2019_1_6.

52. Скок С. В. Екологічна оцінка впливу урбосистем на якість водних ресурсів. ДВНЗ «Херсонський державний аграрно-економічний університет». Екологічні науки. № 4 (31). С. 66-75. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.10>

53. Денисова А. І., Тімченко В. М., Нахшина Е. П. Гідрологія та гідрохімія Дніпра і його водосховищ. Київ : Наукова думка, 1989. 216 с.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	<i>ТС 23510301</i>	Арк 88

54. Вовкодав Г. М., Бакала О. Д. Оцінка якості вод Кременчуцького водосховища: Магістерська кваліфікаційна робота. Одеса : ОДЕУ, 2018. 128 с.
77 URL:
http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/1113/1/BakalaOD_KEOD_MKR_W2018.pdf

55. Lewin W.-C. Determinants of the distribution of juvenile fish in the littoral area of a shallow lake. *Freshwater Biology*, 2004. Vol. 49. P. 410-424.

56. Гирса І. І. Зміна поведінки та вертикального розподілу молоді деяких коропових риб залежно від освітленості та наявності хижака. *Питання іхтіології*. 1973. Т. 13, Вип. 3 (80). С. 535-542.

57. Харченко Т. А., Протасов А. А., Ляшенко А. В. Біорізноманіття та якість середовища антропогенно змінених гідроекосистем України. Київ : ІГБ НАН України, 2005. 314 с.

58. Бондаренко Ю. Г. Олексієнко М. М. Проблеми еколого-гігієнічного моніторингу Кременчуцького водосховища. *Аква Україна-2004 : матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. водного форуму., м. Київ, 21-23 вер. 2004 р. Київ, 2004. С. 117-119.*

59. Ellis W. S. The Mississippi: River under siege. *National Geographic. Special edition: Water*. 1993, November. p. 90-105.

60. Клименко М. О., Вознюк Н. М., Вербецька К. Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод. НУВГіП. URL:
https://nd.nubip.edu.ua/2012_1/12kmo.pdf (дата звернення: 12.09.2024).

61. Пічура В. І., Потравка Л. О., Скок С.В. Екологічний стан акваторії ріки Дніпро у зоні впливу урбосистем (на прикладі міста Херсона). *Водні біоресурси та аквакультура*. 2019. № 2. С. 19-34.

62. Безсонний В. Л., Пляцук Л. Д., Пономаренко Р. В., Третьяков О. В. Визначення екологічного стану кременчуцького водосховища на основі інформаційної ентропії. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна*

Підп. і дата
Інв. № ДУБЛ.
Взаєм. інв.
Підп. і дата
Інв. № ПОДЛ.

безпека». 13(1/2024) Харків : НУЦЗ України, 2024 С. 20-26. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17448>

63. Методика відбору проб для визначення складу і властивостей стічних вод підприємств при їх скиданні в системи каналізації м. Павлограда : 78 Рішення виконавчого комітету Павлоградської міської ради від 13.04.2016 р. № 278. Павлоград, 2016. 26 с.

64. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Запоріжжя : НУЗП, 2016. 16 с. URL: https://zp.edu.ua/sites/default/files/konf/rozdil_dp_specialisty.pdf.

65. Гончаренко, О. М. Вплив важких металів на якість водних ресурсів: аналітичний огляд // Екологічний вісник України. – 2020. – Том 3. – С. 45-51.

66. Кравченко, Л. С. Сучасні методи очищення води від важких металів // Водні ресурси та технології. – 2021. – № 5. – С. 22-30.

67. Шевченко, І. Г. Економічна доцільність впровадження екологічних технологій у промисловості // Журнал сталого розвитку. – 2019. – Том 2. – С. 67-73.

68. Петров, В. А. Відновлення екосистем шляхом зменшення забруднення води важкими металами // Екосистеми і сталий розвиток. – 2022. – № 4. – С. 12-19.

69. Дмитрук, А. Б. Технології очищення водних ресурсів: сучасний стан і перспективи // Водне господарство України. – 2020. – № 1. – С. 34-42.

Інв.№ПОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 23510301