

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГУМАНІТАРНО-ПЕДАГОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

ДИПЛОМНА РОБОТА
МАГІСТРА

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ХВОСТОСХОВИЩ ДЛЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ
БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР

Галузь знань – *10 Природничі науки*
Спеціальність – *101 Екологія*

ДРЕКОЛ.022202.01.06.00

Виконав: студент 2 курсу
групи ЕКОЛ_М-22-1

_____ І.С. Кирилюк

Керівник

_____ О.О. Єфремова

Нормоконтролер

_____ С.М. Шевченко

До захисту допускаю:

Зав. кафедри

_____ Н.Г. Міронова

_____ 2023 р.

Хмельницький 2023

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
1 Хвостосховища як об'єкти екологічної та токсикологічної небезпеки для довкілля	9
2 Аналіз існуючих підходів до екологічної оцінки впливу хвостосховищ на стан довкілля.....	26
3 Загальна характеристика хвостосховищ басейну р. Дністер.....	48
4 Дослідження небезпеки хвостосховищ для водних ресурсів басейну р. Дністер.....	66
4.1 Визначення індексу небезпеки хвостосховищ досліджуваного регіону	66
4.2 Рекомендації щодо мінімізації негативного впливу хвостосховищ на водні ресурси басейну Дністра	72
Висновки.....	78
Перелік джерел посилання.....	82
Додаток А Результати апробації дослідження.....	89

ВСТУП

Річка Дністер є однією з найважливіших водних артерій України. Вона має велике господарське значення, оскільки є джерелом питного та промислового водопостачання, зрошення сільськогосподарських земель, рибальства та рекреації.

Однак, діяльність промислових підприємств, розташованих на берегах Дністра, призводить до забруднення водних ресурсів. Одним із основних джерел забруднення є хвостосховища, в які відкачуються промислові відходи. Господарська діяльність протягом багатьох десятиліть велася і ведеться нині без урахування природоохоронних вимог, оцінки екологічної вразливості територій гірничорудних розробок, без наукового обґрунтування допустимих рівнів забруднення та критичних навантажень на екосистеми. Техногенний вплив та тривала експлуатація родовищ корисних копалин в Україні призвели до значних змін у навколишньому середовищі і перетворення природних комплексів на природно-техногенні. Крім того, під час та після експлуатації об'єктів гірничо-хімічної промисловості є загроза забруднення ґрунтового та водного середовища.

У процесі видобутку, разом із корисними копалинами, видаляються приблизно в тому ж обсязі відвальні породи, об'єм яких постійно зростає. Особливу загрозу для водного середовища становлять відходи великих промислових комплексів, які зберігаються на спеціально побудованих наземних спорудах – хвостосховищах, призначених для зберігання і відстоювання шламів. Ці споруди є складними, мають довгострокову функціональність і піддаються впливу не лише природного середовища, але й різних соціально-політичних і економічних факторів, що робить їх об'єктами підвищеної небезпеки.

Хвостосховища являють собою потенційно небезпечні об'єкти для навколишнього природного середовища, як під час виникнення аварійних

ситуацій так і в довготривалій перспективі, оскільки токсичні речовини можуть довго зберігатися в ґрунті та воді, маючи негативний вплив на довкілля. Тому необхідно приймати всі необхідні заходи для забезпечення безпеки хвостосховищ як під час експлуатації, так і після завершення видобутку.

У басейні річки Дністер в межах України знаходиться 31 хвостосховище, більшість з яких експлуатується майже 50 років. Це може призвести до втрат гідроізоляційних властивостей споруд, та, як наслідок, фільтрації небезпечних речовин із накопичувачів до ґрунтів та незахищених водоносних горизонтів. До того ж, частина небезпечних накопичувачів є недіючими, а об'єкти зберігають відходи минулих виробництв. Такі хвостосховища фактично є покинутими об'єктами і контроль за станом споруд та моніторинг їх впливу на навколишнє середовище не здійснюється. Відповідальність за наслідки можливих аварій чи хронічний вплив таких об'єктів на довкілля та стан здоров'я населення є невизначеною.

Для запобігання негативним наслідкам використання хвостосховищ важливими є відповідні заходи контролю, регулювання та екологічного нагляду за цими об'єктами. Регулюючі органи та гірничі компанії повинні вживати заходів для забезпечення безпеки та мінімізації впливу хвостосховищ на навколишнє середовище і здоров'я людей.

Актуальним є дослідження і розробка ефективних методів рекультивації та відновлення земель після припинення експлуатації хвостосховищ задля зменшення їх довгострокового впливу на навколишнє середовище. У зв'язку з цим, дослідження безпеки хвостосховищ для водних ресурсів басейну Дністра є актуальним та важливим завданням.

Метою даної магістерської роботи є дослідження безпеки хвостосховищ для водних ресурсів басейну Дністра.

Для досягнення мети необхідно було вирішити такі завдання:

- дослідити екологічну та токсикологічну безпеку хвостосховищ для довкілля;

- проаналізувати існуючі підходи щодо екологічної оцінки впливу хвостосховищ на стан довкілля;
- навести загальну характеристику хвостосховищ, що розташовані в басейні р. Дністер;
- визначити небезпеку хвостосховищ для водних ресурсів басейну р. Дністер;
- надати рекомендації щодо мінімізації негативного впливу хвостосховищ на водні ресурси басейну Дністра.

Об'єктом дослідження є хвостосховища, розташовані в басейні річки Дністер.

Предметом дослідження є небезпека хвостосховищ для водних ресурсів басейну Дністра.

Гіпотеза дослідження – більшість хвостосховищ у басейні Дністра перебувають у незадовільному технічному стані, що створює високий ризик виникнення аварій і забруднення водних ресурсів Дністра токсичними речовинами, а отже, вимагає ідентифікації основних загроз та розробки рекомендацій щодо підвищення безпеки хвостосховищ.

Методи дослідження. Дослідження впливу хвостосховищ на водні ресурси є інтегрованим завданням, яке вимагає комплексного підходу та використання різноманітних теоретичних та методологічних методів дослідження, основою яких є праці вітчизняних та закордонних вчених у сфері охорони водних ресурсів та експлуатації хвостосховищ, теоретичні та методологічні розробки щодо методів оцінки небезпеки хвостосховищ та їх рекультивації. У роботі були використані загальнонаукові методи дослідження: теоретичні, емпіричні та експериментальні.

Інноваційність дослідження. У роботі проведено детальний аналіз існуючих підходів до екологічної оцінки впливу хвостосховищ на стан довкілля, на основі якого виокремлено метод оцінки специфічних ризиків хвостосховищ для навколишнього середовища, інфраструктури та населення. – індекс небезпеки хвостосховищ. Вперше здійснено його розрахунок для

хвостосховищ, розташованих в басейні Дністра. Також розроблені рекомендації щодо мінімізації негативного впливу хвостосховищ на водні ресурси басейну Дністра.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження, узагальнення та висновки щодо небезпеки хвостосховищ для водних ресурсів можуть бути використані у фаховій підготовці екологів у закладах вищої освіти при розробці методичних матеріалів та викладанні дисципліни «Моніторинг довкілля», «Поводження з відходами», «Екологічна безпека з основами управління природоохоронною діяльністю». Також результати роботи можуть бути використані для розробки заходів щодо підвищення безпеки експлуатації хвостосховищ у басейні Дністра, що дозволить запобігти забруднення водних ресурсів і захистити навколишнє середовище.

Автору належить постановка проблеми, підбір методів досліджень і об'єктів, опрацювання літератури, виконання аналізу та узагальнення науково-теоретичних і дослідних даних, аналіз та узагальнення отриманих результатів, формулювання висновків і рекомендацій та написання наукових публікацій.

Апробація результатів дипломної роботи і публікації з теми дослідження. Результати дослідження опубліковано у матеріалах:

- Всеукраїнської науково-практичної конференції «Подільські читання. Охорона довкілля, збереження біотичного та ландшафтного різноманіття, природнича освіта: проблеми, перспективи, рішення», присвяченій 25-річчю кафедри екології та біологічної освіти Хмельницького національного університету (11–13 жовтня 2021 р., Хмельницький);
- III Міжнародної науково-практичної конференції «Vin Smart Eco» (18–20 травня 2023 р., м. Вінниця);
- Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» (21–23 листопада 2023 р., м. Івано-Франківськ), (додаток А).

1 ХВОСТОСХОВИЩА ЯК ОБ'ЄКТИ ПОТЕНЦІЙНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ТОКСИКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

За оцінками експертів, світове споживання мінеральної сировини досягає 12 млрд тон на рік, а видобуток мінералів і металів досягає 100 млрд тон на рік.

В Україні при видобутку та переробці сировини на окремих підприємствах утворюється до 1 млрд. тонн відходів на рік, з яких лише від 10 % до 15 % використовується як вторинна сировина. На зберігання відходів закладено 160 тис. га, загальним обсягом понад 25 млрд тон. В результаті утворюються хвостосховища у вигляді золи, шлаку і шламу [1].

Хвостосховище – це гідротехнічна споруда, комплекс спеціалізованих споруд і обладнання, призначених для зберігання або захоронення радіоактивних, токсичних та інших мінерально-збагачених відходів. На гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК) з видобутої руди отримують концентрат, а відходи переробки передають у хвостосховище. Хвости надходять у вигляді пульпи (пісок, вода).

В Україні є 465 хвостосховищ, які містять 6 мільярдів тонн промислових відходів: з них, з яких 73 % – відходи гірничодобувної промисловості, решта 27 % – відходи переробних та енергетичних галузей промисловості [2].

У більшості випадків хвостосховища огорожені дамбами, які наминаються хвостами і додатково укріплюються. У хвостосховищі відбувається процес поступового осідання твердої фази хвостів, що іноді вимагає додавання спеціальних коагулянтів і флокулянтів. Осади очищаються і скидаються в локальні водойми або повертаються на збагачувальну фабрику для технічних потреб.

Наразі всі великі гірничо-збагачувальні підприємства в Україні мають хвостосховища:

- Запорізький алюмінієвий комбінат (ЗАК);

- Дніпровський алюмінієвий завод;
- Східний гірничо-збагачувальний комбінат (м. Жовті Води);
- Миколаївський глиноземний завод (МГЗ).

Нормативною базою для будівництва та введення в експлуатацію хвостосховищ є державні будівельні норми України ДБН В.2.4-2011 Хвостосховища та шламонакопичувачі [3]. Ці стандарти допомагають забезпечити технічну та екологічну безпеку хвостосховищ, що експлуатуються підприємствами. Проте, як показує практика, що екологічні проблеми, пов'язані з хвостосховищами, виникають як під час роботи підприємств, так і після виведення їх з експлуатації.

Наприклад, хвостосховища та шламонакопичувачі на Калуш-Голинському калійному родовищі є надзвичайно небезпечними. За оцінками експертів, ці об'єкти можуть спричинити просідання поверхні, карстові провалля, зсуви, забруднення води та ґрунту. Екологічні проблеми існують і в м. Дніпродзержинськ, де уранові хвостосховища були побудовані ще за радянських часів, коли не існувало відповідних стандартів контролю та зберігання небезпечних речовин.

Більше того, екологічні проблеми хвостосховищ залишаються навіть після припинення діяльності промислових об'єктів. Внаслідок цього хвостосховища колишнього Придніпровського хімічного заводу (ПХЗ) перебувають у напівзруйнованому стані і є джерелом радіонуклідного забруднення поверхневих і підземних вод, ґрунту та повітря в місті та регіоні. Як наслідок, існує постійна загроза радіонуклідного забруднення в Дніпропетровській області. Колишній Придніпровський хімічний завод має загалом дев'ять хвостосховищ. ПХЗ був першим радянським підприємством із виробництва уранового концентрату для військового та мирного використання, який виробляв концентрований уран для військових і мирних цілей. Виробництво припинилося в 1991 році з розпадом СРСР, і Україна перейняла уранову спадщину. За різними оцінками, спадщина складає від 36 млн тонн до 42 млн тон радіоактивних відходів. Особливу небезпеку

представляє Дніпровське хвостосховище: захоронено 5,6 млн тон відходів переробки уранової руди, а радіонукліди постійно надходять до алювіального водоносного горизонту, річок Коноплянки та Дніпра внаслідок аварійних захоронень і осідають у донному мулі. У зоні ризику також знаходяться хвостосховища «Західне», «Центральний Яр», «Південно-Східне» та база «Сухачівська». Ґрунт і залізничні насипи в районі «Сухачівської» бази забруднені радіоактивними матеріалами, розсіяними вітром. Оскільки хвостосховище база «Сухачівська» не має захисного шару, база продовжує становити особливу загрозу для навколишнього середовища [1].

При отриманні глинозему з бокситів лужним методом Байєра відходами виробництва є червоний шлам, який зберігається у великих відкритих шламосховищах або шламонакопичувачах поблизу глиноземного заводу. На кожну тонну глинозему, виробленого цим методом, утворюється більше однієї тонни червоного шламу, тоді як при використанні методу спікання утворюється до 2,5 тон червоного шламу. Шламонакопичувачі – це відкриті наземні резервуари, розташовані за межами території заводів і призначені для накопичення осаду в проектному об'ємі. Осад транспортують по трубопроводу або збирають автотранспортом [4].

Конструктивні особливості шламосховищ впливають на їхні властивості, як джерел пилу та забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Зовнішні укис дамби та суха поверхня шламосховища є запиленими поверхнями і джерелом пилового та аерозольного забруднення повітря, тобто сприяють надходженню небезпечних забруднюючих речовин до людини через дихальні та травні шляхи.

Таким чином, основними механізмами забруднення в безпосередній близькості хвостосховищ є вітрова діяльність і вторинний пил з узбережжя і схилів. Ширина зони вторинного забруднення може сягати від 700 м до 900 м і більше від хвостосховища [4]. Найбільший внесок у забруднення навколишнього середовища (80 %) складають хвостосховища промислових підприємств з викидами пилу та токсичних забруднюючих речовин. Великі

масштаби хвостосховищ спричиняють процеси пилоутворення (від 2 тон до 5 тон пилу на добу з 1 га) залежно від атмосферних умов, що сприяє широкому розповсюдженню забруднювачів довкілля у вигляді пилу та аерозолів [5].

Крім того, під час експлуатації збільшується кількість відходів у внутрішній дамбі, що впливає на ступінь розсіювання пилу з поверхні дамби. Це призводить до необхідності розширення санітарно-гігієнічної зони хвостосховища. Крім потенційного прямого погіршення санітарно-гігієнічних умов, небажаний вплив на навколишнє середовище може виникнути не тільки в місці розташування шламосховища. Існує також потенційна можливість збільшення вмісту токсичних забруднювачів навколишнього середовища в рослинності та їх переміщення по біологічному ланцюгу.

Як правило, територія, відведена для хвостосховища, дуже велика (кілька сотень гектарів) і часто перевищує площу самого підприємства, що призводить до масового забруднення навколишніх ґрунтів, води і повітря. Дослідження показали, що викиди пилу, які перевищують 58 кг на місяць з 1 га, призводять до порушення життєдіяльності багатьох рослин і тварин у цій місцевості [6].

Тому висока інтенсивність процесів видобутку та переробки корисних копалин, характерна для сучасного розвитку металургійних, гірничодобувних та переробних підприємств, тягне за собою потенціал значного забруднення довкілля та необхідність удосконалення існуючих та розробки нових заходів і методів для зменшення забруднення довкілля та впливу на здоров'я людини відходів хвостосховищ, що викидаються цими підприємствами.

Зазвичай хвостосховища обладнують спеціальними дренажними системами для очищення стічних вод, а їх дно або засипку ізолюють водонепроникним шаром з ущільненої глини, полімерного матеріалу або бітуму. Стічні води відводяться в спеціальні дренажні канали або дренажні системи.

Якщо переробка відходів у цій структурі неможлива з економічних або інших причин, перший етап може бути обмежений ізоляцією накопичених відходів, тобто хвостосховищ більше не є джерелом забруднення довкілля [6].

Основним типом поверхневого сховища є шламонакопичувачі. Вони будуються за одно- або багатоступеневим принципом з дамбами, насипами та чаші хвостосховища. Дренажні системи є дуже важливими, оскільки захищають ґрунт під спорудою від небезпечних фільтраційних деформацій і забезпечують видалення забруднених стоків зі сховища для утилізації або повторного використання.

Хвостосховища споруджуються на запланованому місці і захищаються насипом (дамбою). Крім технологічних вод, у хвостосховищах також накопичуються атмосферні опади. Основною вимогою до хвостосховища є забезпечення покриття поверхні хвостів збагачення водою та запобігання викидам пилу.

Хвостосховища повинні бути обладнані дренажними системами, які допомагають зміцнити тіло валика (греблі), укіс і дно від небезпечних фільтраційних деформацій, перехоплюють забруднену воду, що фільтрується з хвостосховища, і покращують процес зневоднення осаду. Існує багато конструкцій дренажів, вибір яких залежить від топографії та інших умов місцевості, розміру хвостосховища і типу осаду. Комбінований ефект перехоплюючих пристроїв і дренажу повинен забезпечити захист ґрунтів і водних ресурсів від забруднення водою, що виділяється з осаду [7].

Існує чотири основні антропогенні фактори, через які людська діяльність безпосередньо впливає на природні системи:

- зміни в структурі земної поверхні;
- зміни у складі біосфери та в кругообігу і балансі речовин;
- зміни в енергетичному та тепловому балансі окремих регіонів і територій;
- зміни в біоті.

Загалом ці фактори є вторинними і накладаються на суцільний природний фон, створюючи антропогенні екологічні аномалії різної інтенсивності.

Оцінюючи характер взаємозв'язку між хвостосховищем та навколишнім середовищем, необхідно розрізнити атмосферні геохімічні та гідрогеохімічні парадигматичні взаємозв'язки. Ці відмінності ґрунтуються на фізико-хімічних властивостях, силі дії, тривалості дії, ступені трансформації середовища, походженні та функціональних характеристиках, які визначають просторову і типологічну диференціацію екосистем і відображаються на їхній функції в ландшафтоутворенні. Слід зазначити, що потоки на території часто мають комплексний характер і, відповідно, комплексно змінюють особливості ландшафту [8].

Основні парадинамічні зв'язки хвостосховищ і навколишнім середовищем полягають у наступному. Наприклад, будівництво дамб призводить до посилення вітрової ерозії алювіальних і прибережних поверхонь через вищі швидкості вітру над ними. Посилення вітрової ерозії хвостосховищ збільшує осадження частинок хвостів на територіях, прилеглих до хвостосховищ, що призводить до пилового забруднення повітря і забруднення ґрунту на прилеглих територіях. Цим негативним наслідком запобігають за допомогою низки методів пилопридушення, описаних нижче. Таким чином, навколо хвостосховищ утворилися ділянки забрудненого ґрунту, і з роками забруднення накопичувалося, спричиняючи вторинне забруднення прилеглого довкілля (рисунок 1.1).

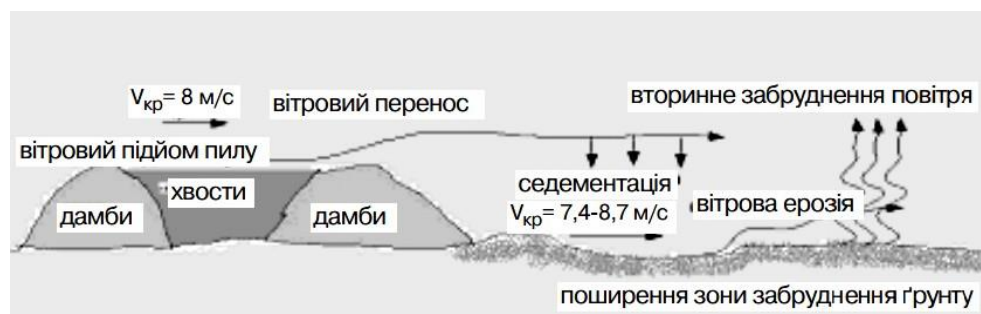


Рисунок 1.1 – Схема аерогенного поширення забруднень

Щільність залізорудних хвостів не є постійною величиною, оскільки вона залежить в основному від щільності породи, з якої вони були видобуті. рН хвостів близький до нейтрального і коливається від 7,1 до 8,5. У хвостах збагачення залізної руди відсоток часток, які можна класифікувати як найменшу частину пилюватої фракції (діапазон розмірів від 0,005 мм до 0,010 мм), становить близько 58 %, а частки розміром менше 0,005 мм не перевищують 2 %. Досвід експлуатації хвостосховищ показує, що за певних погодних умов при температурі нижче нуля градусів Цельсія і вразі припинення поверхневого зволоження через відмову системи примусового зволоження, поверхнева мулова кірка швидко сублімується, утворюючи пилювату фракцію внаслідок змерзання рогових частинок і викликаючи лавиноподібне зростання обсягів вітрової ерозії мулу [9].

Хімічний склад хвостів визначається початковим складом руди та особливостями процесу збагачення. Мінералогічний склад хвостів змінюється відповідно до цього. У більшості випадків мінералогічний склад хвостів можна охарактеризувати як складний полімінералогічний матеріал, що містить більше 10 мінеральних фаз, переважно сполуки таких класів, як карбонати, каркасні силікати, шаруваті силікати і оксиди заліза.

Залізорудні хвости відносяться до промислових відходів IV класу небезпеки. Високий вміст заліза у хвостах збагачення усіх ГЗК пояснюється тим, що сировиною для збагачення є залізна руда, а технологія збагачення недосконала. Це означає, що значна кількість заліза (особливо іммобілізованого) залишається у хвостах і потрапляє разом з пульпою у хвостосховища, що є основою для їх подальшого використання як штучних родовищ залізної руди.

Розсіювання розраховується за допомогою комплексу ЕОЛ на основі методики ОНД-86. Перед проведенням розрахунків визначається доцільність розрахунку розсіювання забруднюючих речовин. Вміст цинку та нікелю у хвостах українських ГЗК також значно перевищує рівні Кларка для цих металів, і в багатьох випадках ГДК у ґрунті. Аналіз рівнів забруднення ґрунтів

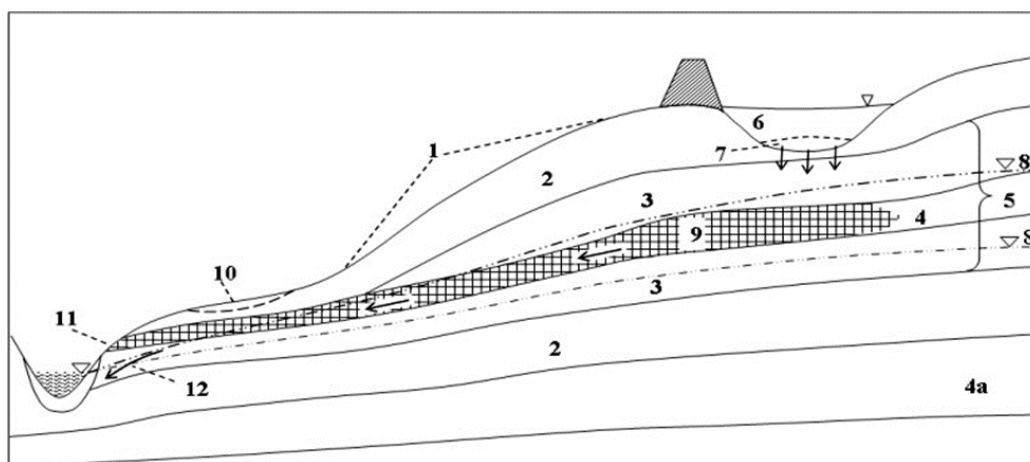
у зоні впливу хвостосховищ показав, що в результаті багаторічної експлуатації хвостосховищ навколо них утворилися ділянки ґрунту забруднені сполуками важких металів. При цьому було проведено зв'язок між вмістом важких металів у хвостах збагачення хвостосховищ різних ГЗК та рівнем забруднення ґрунту у зонах впливу цих хвостосховищ. На ГЗК з найвищими концентраціями важких металів у відходах навколишні ґрунти також мали вищі концентрації тих самих речовин. Такий зв'язок спостерігався для цинку та нікелю. Було встановлено, що основним шляхом міграції цих забруднювачів з регіону є повітряне перенесення [10].

Біологічні тести на ґрунтах, забруднених хвостами залізородної промисловості, показали, значна кількість (від 5 % до 10 %) цих промислових відходів у ґрунті має негативний вплив на родючість ґрунту. У той же час, тести на схожість показують, що залізородні відходи в ґрунті зменшують кількість насіння, що проростає. Накопичення сполук важких металів у ґрунті посилює цей ефект. Крім того, концентровані хвости з вмістом у ґрунті понад 5 % негативно впливають на ферментативну активність ґрунту.

Будівництво та експлуатація хвостосховищ має потенціал негативного впливу на комплекс поверхневих і підземних вод. Це пов'язано з втратою води через переважно глинистий ґрунтовий покрив внаслідок фізико-хімічних взаємодій [11, 7].

Передумовою інтенсифікації фільтраційних деформацій корінних порід є поширення карбонатних, сульфатних і галогенних порід на 74 % територій України. Крім того, суфозійні та карстові явища найбільш виражені на територіях з високим техногенним навантаженням в зоні впливу хвостосховищ. Для адекватного прогнозування фізико-хімічних змін властивостей в масиві гірських порід необхідно дослідити найважливіші фільтраційні деформації, спричинені низькою стійкістю до підтоплення та втратою мінералізованих вод у глинистих ґрунтах, що підстиляють хвостосховища. Складні парадинамічні зв'язки між хвостосховищами та підземними водами показані на схемі нижче [12].

На схемі (рисунок 1.2) поряд з природними факторами (геоморфологічні особливості, літолого-петрографічні умови та геологічна будова місцевості) враховуються також і геотехнічні умови: відкладання рудничних вод, зміни їх фізико-механічних властивостей і втрат з водовідстійників, зміни їх хімічного складу і руху.



1 – поверхня землі; 2 – глинисті породи; 3 – проникні дисперсні породи; 4, 4a – тріщинуваті, закарстовані осадові та магматичні породи; 5 – водонесний горизонт; 6 – хвостосховище; 7 – зона суфозії; 8 – рівень підземних вод; 9 – зона міграції та карстовосуфозійних процесів; 10 – зона деформацій масиву; 11 – зона височування; 12 – підземний стік

Рисунок 1.2 – Схематизація фізико-хімічних змін у системі «породний масив – хвостосховище»

У природних умовах зони фільтрації формуються у східній частині покладу сарматських вапняків і в піщаних шарах. Водний баланс тріщинуватих вапнякових шарів, над неоднорідними піщаними шарами, формується за рахунок проникнення атмосферних опадів та водообміну між суміжними шарами. Фільтраційні втрати з хвостосховищ підвищують рівень ґрунтових вод від 2 м до 10 м, де прісна вода витісняється розсоллом, а фізико-хімічні реакції вилуговування збільшують пористість вапняку. Розсольні суміші утворюються в подрібненому вапняку та ріснозернистих пісках

безпосередньо під хвостосховищами. Розсіл з мінералізацією 5 г/л простягається до 3 км у напрямку фільтраційного потоку і займає площу 25 км².

Таким чином, потенційні зони фізико-хімічних змін підземних вод формуються на відстані до 3 км від хвостосховища, простягаючись від 30 м до 35 м по вертикалі [13].

Аналіз процесів, що визначають розвиток екології хвостосховищ і прилеглих територій, свідчить про складність і стохастичність процесів геохімічного обміну гірських порід. Так, формуються потоки, які призводять до (зі зменшенням швидкості), прямих вітрових і турбулентних потоків, вітрових міграційних потоків пелітової фракції і відкладення піщаної і мулистий фракцій. Розчинені та зважені речовини у воді потрапляють у фільтрований гравітаційний потік, фільтрований змішаний потік (горизонтальний гравітаційний потік) та висхідний капілярний потік зневоднення, що призводить до перезволоження субстрату, засолення водно-болотних угідь та засолення ґрунтів на територіях, прилеглих до рівня ґрунтових та хвостосховищ. Враховуючи, що існуючі системи стоку дуже складні і мають значну потужність, їх можна модифікувати і управляти ними, якщо правильно розташувати хвостосховища, побудувати стаціонарні водонепроникні екрани і впровадити систему дренажу і заходів з пилопридушення.

Як описано вище, хвостосховище та навколишнє середовище є складними парадинамічними системами. Атмогеохімічні та гідрогеохімічні потоки є основними потоками в цій системі.

Оскільки відмінність між екосистемами ґрунтується на фізико-хімічних властивостях, силі та тривалості впливу, ступені трансформації навколишнього середовища, походженні та функціональних характеристиках, ці питання визначають просторову та типологічну відмінність екосистемі відображаються на їхніх функціях у ландшафтоутворенні. Слід зазначити, що

у польових умовах потоки зазвичай комбіновані і, відповідно, змінюють характер ландшафту комплексно [14].

Основним факторам, що впливає на земельні ресурси в районі хвостосховища є: вилучення землі під об'єкти хвостового господарства; забруднення пилом від сухих «пляжів», прилеглих до хвостосховища земель; забруднення прилеглих земель та їх ґрунтового покриву пилом і вихлопними газами гірничо-транспортного обладнання при експлуатації та реконструкції хвостосховища. При цьому порушується природний стан і структура ґрунтового покриву.

Заходи щодо зменшення негативного впливу хвостосховищ на земельні ресурси є використання системи карстового намиву із сульфатним милом, зрошення водою робочих місць, поверхневих та дамбових схилів хвостосховищ, постійний моніторинг забруднення ґрунтів робочих місць та основні заходи щодо зниження впливу хвостосховища на земельні ресурси ряд робіт по рекультивації та ревіталізації законсервованих хвостосховищ [15].

Серед найпоширеніших напрямів рекультивації порушених земель можна виділити шість напрямків:

- сільськогосподарський – створення агроценозів;
- лісогосподарський – призначений для створення лісових насаджень;
- водогосподарський – дозволяє використовувати кар'єрні та інші техногенні виїмки для різноманітних водоймищ;
- рекреаційний – зони відпочинку (рекреаційні зони) створюються на порушених землях;
- санітарно-гігієнічний – спрямований на припинення негативного впливу порушених земель на стан навколишнього середовища;
- будівельний – промислове та цивільне будівництво.

Найбільш відомою моделлю з точки зору рекультивації є універсальна модель, яка дозволяє створити на поверхні відвалу родючий шар ґрунту оптимальної товщини – від 1,20 м до 1,50 м. Інша модель враховує підвищену

родючість субстрату. У порівнянні з універсальною моделлю існують і інші кількісні та якісні показники ґрунту, зокрема від 70 см до 1 м. Для посушливих регіонів була розроблена гідромеліоративна модель, що має двоярусну основу: перший ярус являє собою шар несолоної глини розміром від 25 см до 30 см, а другий шар містить воду з породами легкого гранулометричного складу від 30 см до 50 см, сприяючи повному поглинанню опадів в атмосфері, і зверху знаходиться ґрунт, ця модель підходить для рекультивація хвостосховищ, оскільки важливо зберегти вологу.

Геомеліоративна модель застосовується на геологічних відкладеннях з несприятливими для рослин характеристиками. Тут порода вкрита спочатку шаром лесоподібних суглинків від 50 см до 80 см, потім шаром родючого ґрунту від 50 см до 70 см. Суглинок містить вуглекислий кальцій, який є геомеліоративним щитом від шкідливих речовин. Також рекомендуються моделі для рекультивації хвостосховища, оскільки вони відповідають значній кількості різноманітних хімічних сполук.

Наступна модель носить локальний характер: на основі біологічних досліджень вибираються певні види рослин і виконуються певні оптимальні аграрні процедури – добрива, які підходять для необхідних культур.

Спеціальна модель: штучні едафотопи в цій моделі представлені потенційно продуктивними полімінеральними гірськими породами.

В ідеальних умовах для рекультивації хвостосховищ необхідно нанести на їх поверхню захисний шар пухкої гірської породи товщиною від 1,5 м до 2,5 м і шаром родючого ґрунту товщиною від 0,5 м до 1,0 м. На практиці технологія «прямої фіторекультивації» використовується, коли дерева висаджують безпосередньо у субстрат відвалів. Використовують також проміжний варіант: покривають поверхню хвостосховища шаром родючої гірської породи товщиною від 0,2 м до 0,5 м і проводять насадження. Також перспективним є створення на відвалах культур-фітоценозів: рослини практичного значення, лісових насаджень практичного значення, поєднання перелічених [15].

Для вирощування рослин доцільно створювати комбіновані культури-фітоценози: лісових і трав'яних насаджень від 4 рядних до 7 рядних, по периметру, лісових культур висаджувати в межах від 5 рядів до 7 рядів. Відстань між смугами від 50 м до 75 м. Смуги слід розташовувати перпендикулярно переважаючому напрямку вітру. Простір між смугами рекомендується заповнити трав'яними культурами. Перспективними також вважаються комбіновані культури-фітоценози – лісові та трав'янисті. Відстань між рядами від 3 м до 4 м, а відстань між рослинами від 50 см до 75 см.

Життєва форма і стадія розвитку рослин також важливі при рекультивації. Тому розсада і молоді рослини гірше справляються з умовами навколишнього середовища, ніж вирощені з насіння. Проте культури-фітоценозів, отримані шляхом вирощування, менш схильні до трав'янистої конкуренції і потребують меншого агротехнічного догляду. Крім того, посіви часто псують птахи, гризуни та інші тварини. Кора, створена насінням, більш міцна, коренева система дерева глибше сягає в ґрунт, коріння не пошкоджується при пересадці. Процес посіву технологічно вдосконалений і займає менше часу, на вирощування культур. На практиці для посадки в основному використовуються сажанці від 1 річного до 3 річного віку. Вони повинні добре рости, висотою від 10 см до 60 см, а довжиною від 10 см до 30 см. Посадку потрібно проводити ранньою весною, коли процес коренеутворення сильніший, густина деревних порід становить від 2 тис до 7 тис. саджанців на гектар. У цьому випадку субстрат в ідеалі повинен мати щільність від 1,9 г/см² до 1,2 г/см², не перешкоджаючи небажаній рослинності та відходам. Структура субстрату має бути такою, щоб розмір грудок був від 1 мм до 5 мм і була достатня кількість поживних речовин (N, P, K).

Рекультивація зазвичай проводиться в кілька етапів [16]:

– підготовка, основна частина якої включає перелік конкретних дій, а саме: обстеження і типізація порушеної території; вивчення характеристик землі, що підлягає рекультивації; визначення наступної можливості використання землі після завершення рекультиваційних робіт;

– етап гірничотехнічної рекультивації – це інженерна підготовка території до різних видів наступної рекультивації, яка включає комплекс інженерних робіт: планування поверхні; створити оптимальну структуру та параметри поверхні хвостосховища; регулювати водний режим; різноманітні меліоративні заходи; будівництво під’їзних доріг та інших об’єктів;

– етап біологічної рекультивації і перехід до цільового використання рекультивованих територій. Роботи на цьому етапі спрямовані на можливе відновлення родючості та біологічної продуктивності порушених земель, створення сільськогосподарських і лісових угідь. Існує два основних види біологічної рекультивації – сільськогосподарський і лісовий.

Як правило, сільськогосподарська рекультивація проводиться в районах, де землеробство має велике господарське значення і найбільш сприятливі ґрунтово-кліматичні умови. При цьому спочатку відновлюють родючість ґрунту, відновлюючи гумусовий шар і спочатку вирощують рослини, не уражені ґрунтовими умовами. Потім вирощуються сільськогосподарські культури звичайні для цієї місцевості, і врожайність поступово досягає нормальних значень у міру відновлення родючості ґрунту [17].

Частіше використовується лісова рекультивація, тому що вимагає менших витрат і може проводитися на токсичних ґрунтах і в несприятливих топографічних умовах. При виборі видів дерев і чагарників для посадки на відвалах найкраще підходять місцеві види, які добре адаптовані до фізичних і географічних умов конкретного регіону. Спочатку висаджуються піонерські сорти, тобто сорти що, відносяться до підготовчого періоду, потім висаджуються господарськоцінні сорти, які можна використовувати для майбутньої заготівлі лісу.

Особливим чином рекультивація буде необхідна для ділянок, де буде відбуватися підвищення рівня ґрунтових вод або порушення гідрогеологічного балансу. До цих територій відноситься безпосередньо тіло хвостосховища. Основними засобами рекультивації в даному випадку дренаж і водовідведення з можливістю повторного використання відкачаних вод.

Рекультивация гидравлических отвалов начинается через 8 лет после завершения намыва. В течение этого периода они становятся стабильными, сухими и частично покрытыми растительностью. Гидроотвал – это переувлажненные территории, водный режим, которых складывается из участия воды отвала, приливу поверхностных и подземных вод из водозбора. Регулирование водных режимов этих территорий осуществляется с помощью водных (гидротехнических) мероприятий.

Рекультивация гидравлических отвалов включает в себя технические работы и создание растительного покрова, в зависимости от принятого направления использования. Поверхностные гидроотвалы разрывных пород, построенных на дамбах обрушения, спланированы с уклоном, устойчивым к эрозии. Гидравлический отвал, который образуется из отходов обогащения руды на обогащательных фабриках, называется хвостосховищем. Химический состав отходов имеет существенные отличия, которые определяются набором химических элементов в горючих породах и способом обогащения (гравитация, флотация, магнитная сепарация и др.) [16].

Отвалы отходов очень медленно зарастают многолетними культурами из-за сильной эрозии, высокой токсичности и нехватки увлажнения. Поэтому хвостосховища используются в основном в санитарно-эстетических целях, и только при наличии запаса почвенного слоя – в лесохозяйственных и сельскохозяйственных целях.

Основными работами технической рекультивации являются планирование, экранование, противоэрозионные мероприятия, регулирование водного режима.

Биологическая рекультивация включает в себя стимуляцию дикорастущей растительности, посев многолетних трав, посадку древесной и чагарниковой растительности. Отвалы этих отходов также сложны по химическому составу и не всегда имеют благоприятный водный режим для естественного роста.

Окультурение – это комплекс преобразующих мероприятий, направленных на [16]:

- улучшения качества среды обитания человека и других организмов;
- антропогенную регуляцию функциональных процессов в среде оптимизированных ландшафтов;

- підвищення динамічної стабільності культурних ландшафтів;
- культурний ландшафт повинен бути естетично привабливим;
- оптимальне виконання виробничих і соціальних функцій завдяки культурному ландшафту.

Степове заповідання – це створення на пухких суглинистих субстратах хвостосховища заповідних урочищ – заказників або заповідників. У цьому випадку неможливо обійтися без технічної рекультивації. Для цього виду окультурення найбільш доцільно розміщувати невеликі за площею відвали і хвостосховища далеко від населених пунктів. Формування степових територій буде відповідати принципу зонального відновлення порушених земель. У межах території подібний тип окультурення може бути застосований до дамб обвалування і ділянок із незначним рівнем трансформації: промислових майданчиків, санітарно-захисних зон, водо- та газоводів, пульповоду, згідно з вищезгаданим планом рекультивації можливе степове заповідання в межах самого хвостосховища, де шляхом тривалої сукцесії відбудеться відновлення типчаково-ковилових степів, солончакуватих заплавних лук.

Пасовищне окультурення – це створення продуктивних угідь на хвостосховищі як з попередньою технічною рекультивацією поверхонь, так і без неї. Лісогосподарське окультурення – це створення лісів для запобігання запилення та водної ерозії хвостосховища.

Але при виборі дерева або трав'янистої рослини для хвостосховища необхідно враховувати їх здатність протистояти токсинам, а також еколого-географічне розташування. Суть стійкості виду до токсинів полягає в здатності тканин і клітин нейтралізувати аніони кислот, які містяться в них, за допомогою вільних неорганічних катіонів (калій, магній, натрій). До них відносяться рослини, які в процесі тривалої еволюції пристосувалися рости на ґрунтах, багатих катіонами, таких як, лужних, слабо засолених, карбонатних, а також рослини з широкою амплітудою адаптації до ґрунтових умов [17].

Рекреаційне окультурення – включає попередній технічний блок рекультивації. На обмежувальних дамбах та хвостосховищі можливе

формування лісопаркових зон відпочинку населення, спортивно-туристичних комплексів, лікувально-оздоровчих закладів.

Польове сільськогосподарське окультурення. На початковому етапі потрібна великомасштабна технічна рекультивація хвостосховища. Варіанти цього виду окультурення такі: розвиток дачного, тепличного та городнього господарств, насадження садів.

Водогосподарське окультурення – є можливим за умови рекультивації хвостосховища штучних водойм. Така процедура найбільш вигідна з точки зору оптимізації стану порушеного ландшафту і його корисності для людини, оскільки антропогенний ландшафт спрямовується в русло саморозвитку, що згодом дозволяє використовувати водойму рекреаційно і надалі використовувати його зариблення в рекреаційних, рибальських і промислових цілях.

Консервація – «невтручання» в процес природного саморозвитку. Саморозвиток є кращою передумовою для формування найбільш стабільних, різноманітних і внутрішньо впорядкованих природних систем. Для прискорення процесу саморозвитку порушених земель можлива консервація хвостосховищ з частковою попередньою рекультивацією земель. Цей варіант доречний і відповідає сучасним тенденціям розвитку промислового туризму в Європі та світі.

Територіальними компонентами екомереж є екоцентри (ліси, масиви степів, ріки, озера), екокоридори (балкова та річкова мережа, лісосмуги), буферні зони (вилучені з використання землі навколо екоцентрів і екокоридорів), які мають бути пов'язані між собою функціонально та територіально. Екомережа має територіально-мережеву структуру, в якій основними елементами є базові ландшафтні комплекси – фації, підурочища, урочища та місцевості. У просторовому форматі екомережі рекомендується поділяти на національні (в рамках країн), регіональні (наприклад в межах областей) та локальні (адміністративного району, більш дрібні регіони тощо) [17].

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ХВОСТОСХОВИЩ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ, В ТОМУ ЧИСЛІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Аналіз впливу потенційно небезпечних об'єктів гірничодобувних підприємств і теплових електростанцій на стан навколишнього природного середовища (НПС) є одним з перших кроків в оцінці екологічних ризиків і загроз надзвичайних ситуацій в сучасній прикладній екології. Загальна зношеність промислових активів, відсутність екологічного аудиту як незалежного інструменту оцінки та недостатнє фінансування природоохоронних заходів призвели до низки екологічних проблем як на місцевому так і на національному рівнях.

Відповідно до загального техногенного навантаження, близько 40 % території України класифікується як забруднена і дуже забруднена, а близько 10 % – високозабруднена [18]. Індикатор враховує викиди забруднюючих речовин від гірничодобувних підприємств та теплових електростанцій в атмосферне повітря та водні об'єкти, їх склад та ступінь перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) токсичних речовин в атмосферному повітрі поверхневих та підземних водах промислових та міських агломерацій, а також в ґрунті прилеглих сільськогосподарських угідь.

Антропогенний тиск на довкілля в Україні посилюється через десятиліття масштабного розвитку різних галузей промисловості (гірничодобувної, металургійної, хімічної, енергетичної, машинобудівної) повільний перехід до маловідходних та екологічно чистих технологій і хронічне невиконання природоохоронних програм. Ці процеси особливо сконцентровані поблизу сховищ відходів збагачення корисних копалин та золошлаковідвалів теплових електростанцій (ТЕС).

Так, екологічна ситуація в Україні є найбільш загрозливою серед європейських країн, що робить дуже важливим використання ефективних

механізмів підтримки прийняття рішень для підвищення екологічної безпеки [19].

Всі ці фактори значною мірою визначають актуальність об'єктивної та неупередженої оцінки впливу хвостосховищ, як одного з джерел загроз і ризиків для довкілля, здоров'я та безпеки людини.

На сьогодні існують різні способи проведення екологічної оцінки антропогенного впливу на НПС, як комплексного науково-методичного процесу теоретичних, польових та експериментальних досліджень.

Найважливішими з існуючих підходів є кількісні та якісні методи екологічної оцінки впливу промислових об'єктів на НПС.

До кількісних відносяться методи, засновані на вимірюванні вмісту і кількості різних хімічних, фізичних, біологічних і пов'язаних з ними показників, що характеризують умови і стан існування у всіх проявах біологічних і неживих взаємодій в НПС.

Зрозуміло, що поділ сучасних методів на якісні та кількісні є досить умовним, особливо коли йдеться про комплексний підхід до процесу оцінки впливу антропогенної діяльності на НПС.

Якісний підхід до екологічної оцінки впливу на НПС є дуже простим з точки зору прийняття рішень, але він несумісний з експериментальною частиною дослідження і не дозволяє врахувати реальні умови навколишнього середовища на досліджуваній території.

Традиційно хімічні фактори є найбільш відомими джерелами впливу на навколишнє середовище. Негативний вплив хімічних речовин на довкілля ґрунтується на шкоді, яку вони завдають окремим компонентам екосистеми, тобто організмам [20]. Водночас, токсичний вплив на організм людини, тварин і рослин може бути наслідком не лише прямого впливу шкідливих ксенобіотиків у повітрі, воді та ґрунті в концентраціях, що перевищують біологічну толерантність організму, але й потрапляння токсичних речовин у харчовий ланцюг у результаті біоконцентрації.

Небезпечні речовини можна розділити на наступні групи з невеликими варіаціями залежно від їхнього джерела та фактичного використання:

- органічні розчинники (наприклад дихлоретан, тетрахлорметан, ацетон), паливо (метан, пропан, бутан), барвники (анілін та його похідні), фреони, хімічні реагенти та проміжні продукти органічного синтезу;
- хімічні добрива та засоби захисту рослин, включаючи пестициди, призначені для боротьби зі шкідливими комахами, бур'янами, грибами, дефоліантами, десикантами та репелентами;
- лікарські засоби та фармацевтичні проміжні продукти;
- побутова хімія, що використовується як інсектициди, фарби, лаки, парфумерія, косметика, засоби для виведення плям, харчові добавки, антиоксиданти тощо;
- тваринні та рослинні отрути;
- хімічна зброя.

Сучасна токсикологія розрізняє поняття «токсичність» і «небезпека» для різних організмів. Згідно з визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВОЗ), токсичність визначається як відносна здатність хімічної сполуки (або біологічного продукту) завдавати шкоди організму через шкідливі біологічні ефекти, тоді як небезпека визначається як потенційна можливість таких ефектів і залежить від таких факторів, як інтенсивність і тривалість експозиції, летючість, розмір частинок тощо.

«Небезпека» речовини – це ймовірність виникнення шкідливих наслідків для здоров'я ефектів у реальних виробничих умовах, в яких використовується хімічна речовина.

Класифікація токсичних речовин з урахуванням значень несмертельних доз (концентрацій) залежно від шляху надходження в організм, прийнята в колишньому Радянському Союзі, наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Класифікація шкідливих речовин за ступенем токсичності і небезпеки [21]

Токсичний показник	Класи токсичності*			
	надзвичайно токсичні	високо-токсичні	помірно токсичні	мало-токсичні
DL50 (всередину), мг/кг	<15	15–150	151–1500	>1500
CL50 (інгаляційно), мг/л	<0,5	0,5–5,0	5–50	>50
DL50 (на шкіру), мг/кг	<100	100–500	500–2500	>2500
ГДК р. з. **, мг/м ³	0,1–1,0	<0,1	1–10	
КМІО***, мг/м ³	>300	300–30	30-3	>10

Примітка. *Відповідає I – IV класам небезпеки; ** – гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони (р. з.); *** – коефіцієнт можливого інгаляційного отруєння.

До найважливіших токсикологічних властивостей сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) належать їхня токсичність і клас небезпеки, біохімічні та патофізіологічні механізми ураження, агрегатний стан, летючість і відносна парів за нормальних атмосферних умов.

СДОР потрапляють в атмосферу у вигляді суміші токсичних газів і повітря, що вимагає низки заходів, у тому числі використання дегазаційного обладнання.

У колишньому СРСР промислові відходи, що не перероблялися, поділялися на шість категорій [22]:

- I – практично інертні;
- II – біологічно окислені органічні речовини, що легко розкладаються;
- III – слаботоксичні, погано розчинні у воді, особливо взаємодіють з органічними кислотами;

- IV – нафтопродукти, що піддаються току і не підлягають переробці;
- V – менш забруднюючі і токсичні (від 2 разів до 3 разів перевищують ГДК);
- VI – токсичні.

Наразі існує багато класифікацій небезпеки і токсичності відходів та інших екотоксичних речовин [23]:

- класифікація за показниками небезпеки (4 класи);
- небезпека за різними шляхами надходження в організм (8 класів);
- за інтенсивністю подразнювальної дії (10 класів);
- за ступенем кумуляції (5 класів);
- за видом дії (4 класи) тощо.

Для оцінки небезпеки відходів використовуються класи небезпеки:

- клас I – вибухові речовини (тринітротолуол, піроксилін);
- клас II – легкозайmistі гази та пари;
- клас III – легкозайmistі рідини (бензин, бензол, діетиловий ефір);
- клас IV – горючі тверді речовини зі здатністю до самозаймання (вугільний пил, тирса); також включає речовини, які при взаємодії з водою утворюють горючі гази (карбіди – метаніди та ацетиленіди металів утворюють горючі вуглеводні – метан і ацетилен відповідно);
- клас V – речовини, що виділяють кисень і спричиняють або сприяють загоранню інших речовин, наприклад, нітрати, хлорати, перманганат калію та органічні пероксиди;
- клас VI – отруйні та інфекційні речовини (наприклад, сполуки арсену, меркурію);
- клас VII – речовини або відходи, що викликають корозію інших вантажів або транспортних засобів при вивільненні (неорганічні та органічні кислоти; солі сильних кислот і слабких основ, що гідролізується у водному розчині, зокрема хлорид алюмінію і феруму (III));

– клас VIII – речовини, які виділяють токсичні речовини при контакті з повітрям або водою і можуть викликати гострі або хронічні захворювання при потраплянні в організм людини [23].

Екотоксиканти (важкі метали, пестициди), які здатні біоакумулюватися в природному середовищі та чинити негативний вплив на живі організми, класифікують згідно з ГОСТ 12.1.007–76.

На рисунку 2.1 показано загальну схему наявності комплексних методів для екологічної оцінки впливу хвостосховищ на стан НПС.

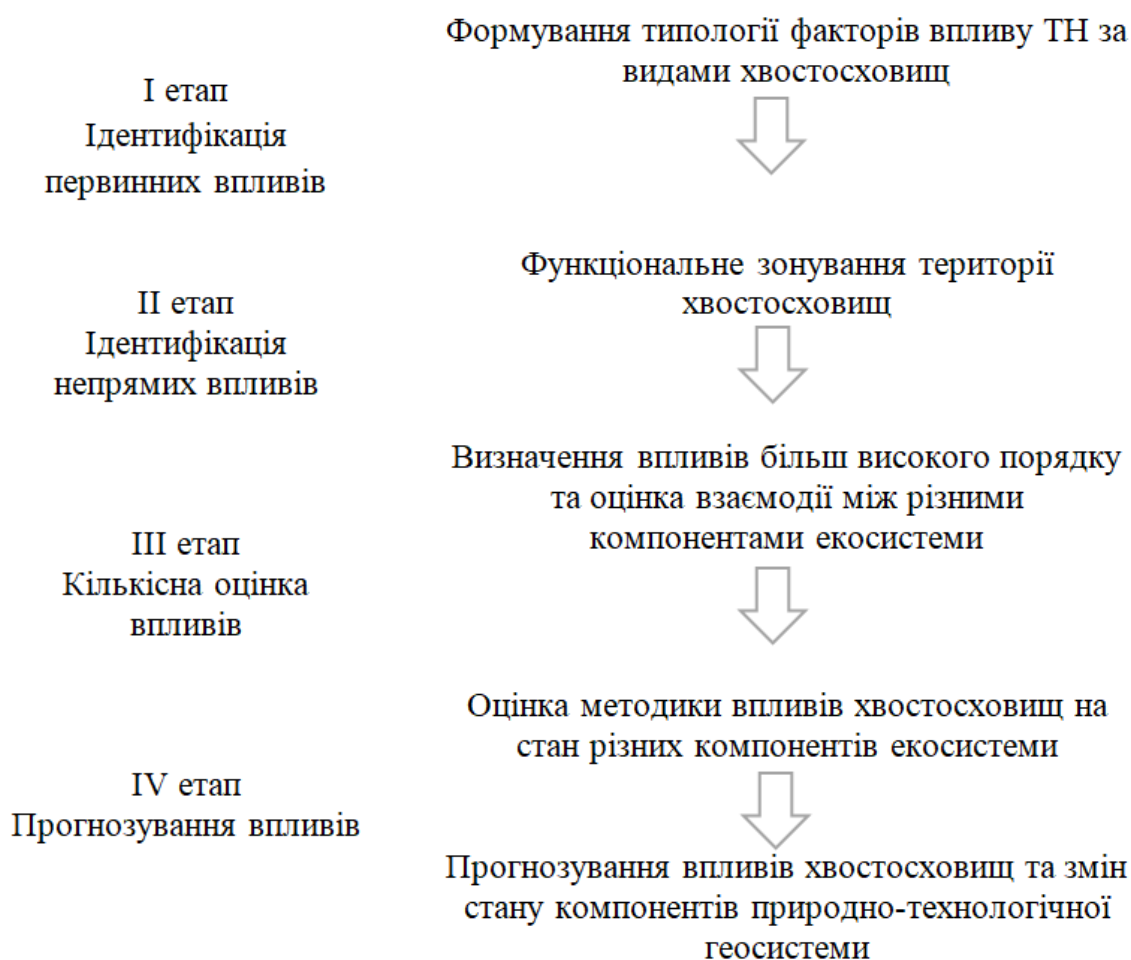


Рисунок 2.1 – Узагальнена схема використання методів екологічної оцінки [23]

Вимоги до методів оцінки та прогнозування впливу на хвостосховища НПС:

- забезпечити можливість ідентифікації первинних впливів та впливів вищого порядку;
- визначити величину і пріоритетність впливів;
- визначити взаємодію між впливами, включаючи синергетичні ефекти й ефекти нейтралізації;
- оцінити та ранжувати природні та техногенні загрози;
- надавати можливості для розрахунку агрегованих оцінок, індикаторів та індексів;
- прогнозування впливу ТН;
- адаптувати екологічну оцінку до процесу прийняття рішень.

Промислові хвостосховища, що підлягають екологічному аудиту – це штучні гідротехнічні споруди в природному ландшафті, які можуть бути закритими або напівзакритими (напівзакритість означає створення ґрунтових або подібних дамб, через які частково фільтруються рідини), для зберігання токсичних і потенційно шкідливих для навколишнього середовища рідких хвостів (золи, шламу, шлаку та інших видів відходів виробництва), які переміщуються з місця їх утворення гідравлічним шляхом. Промислова складова геотехнічної системи хвостосховища має негативний вплив на НПС, яка включає середовище існування біотопу, біоценозу та компоненти природного ландшафту (рисунок 2.2).

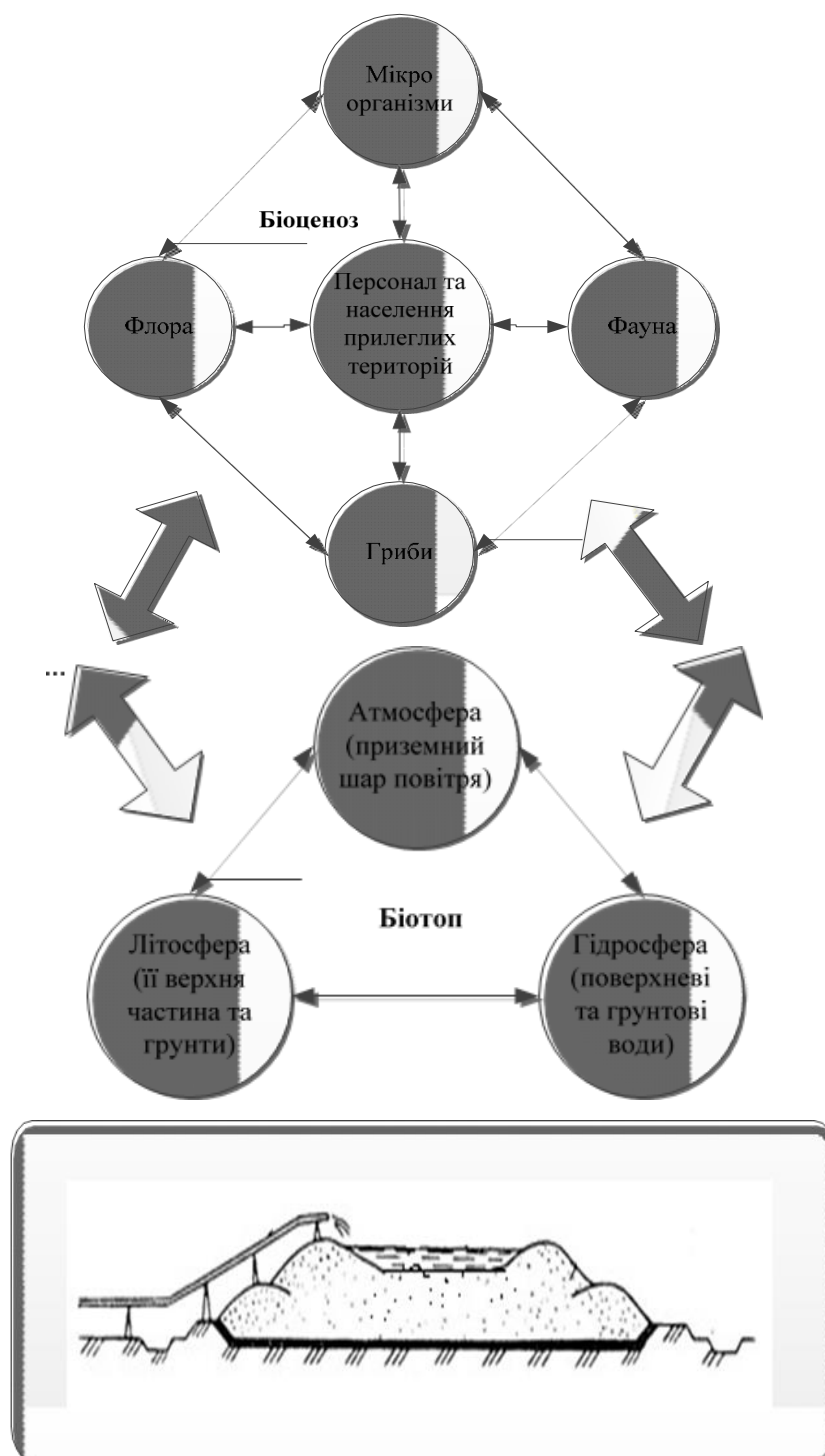


Рисунок 2.2 – Принципова схема формування взаємодії між складовими геотехнічної системи

За такого підходу очевидно, що рівень техногенного навантаження об'єктів хвостосховища на компоненти ГТС безпосередньо пов'язаний з впливом факторів ТН внаслідок їх експлуатації на території промислово-

міських агломерацій, особливо під час проведення екологічного аудиту, результати якого підлягають оцінюванню та експертизі.

Основним джерелом ТН є рідкі відходи (хвости).

Геологічний моніторинг включає елементи спостереження, оцінки та прогнозування стану і змін геофізичного середовища (сукупності фізичних, фізико-хімічних і хімічних процесів та властивостей певної частини ГТС), тобто змін абіотичної (геологічної) складової як у мікро-, так і в макромасштабі, включаючи забруднення навколишнього середовища різними техногенними компонентами.

Основною метою біологічного моніторингу є визначення вектору екологічного стану біотичних компонентів, його функції відгуку (реакцій) на техногенний вплив, визначення відхилення його від гомеостазу на різних рівнях організації біосфери (організм, популяція, угруповання, екосистема та ландшафт). Організація та здійснення біологічного моніторингу також включає спостереження, аналіз та оцінку стану популяцій найбільш важливих природних видів, як для здоров'я людини, так і для сталого існування та економічної цінності ГТС (наприклад, мисливських тварин та цінних промислових видів риб). Крім того, буде здійснюватися моніторинг та оцінка стану популяцій рослин і тварин, найбільш чутливих до конкретних рівнів ТН.

Функціональні завдання екологічного аудиту повинні включати аналіз даних моніторингу та комплексну оцінку джерел і факторів ТН промислових хвостосховищ. Ця оцінка повинна включати визначення шкоди, завданої рослинності та ґрунтовому покриву, шкоди, завданої чинниками ТН компонентами ГТС та контроль за їх розповсюдженням.

Основним довгостроковим впливом хвостосховищ на довкілля є забруднення ґрунту та ґрунтових вод. Серед забруднювачів виділяється група важких металів, які мають надзвичайно серйозний і поширений вплив на біоту. При цьому навіть постійні незначні перевищення фонових концентрацій можуть мати руйнівний вплив на біоту.

У 1930-х роках відомий токсиколог В.О. Таусон стверджував, що слабкий, але стійкий вплив токсичних речовин, у тому числі важких металів, набагато небезпечніший для людини та біоти, ніж їхня сильна, але короткочасна дія [23]. Тому концентрації важких металів, що перевищують природний вміст у ґрунті регіону, є небезпечними для людини, навіть якщо вони нижчі за ГДК. У трофічному ланцюгу, де людина є верхнім елементом, їх концентрації можуть багаторазово зростати за законом екологічної піраміди, а їх вплив може тривати десятиліттями, відповідає терміну експлуатації хвостосховища до його закриття та рекультивації. Токсичність важких металів та інших мікроелементів залежить від типу ґрунту та місцевих умов.

З гігієнічної точки зору ризик забруднення ґрунту хімічними речовинами визначається рівнем її негативного впливу на середовище, що контактує (вода, повітря), харчові продукти і опосередковано на людину, а також на біологічну активність ґрунту і процеси його самоочищення. Основним критерієм гігієнічної оцінки ризику забруднення ґрунту шкідливими речовинами є гранично допустима концентрація хімічних речовин в ґрунті.

ГДК – це комплексний показник вмісту в ґрунті хімічних речовин, нешкідливих для людини. При оцінці ризику забруднення ґрунту хімічними речовинами слід враховувати наступне.

Чим вище ризик забруднення, тим вище фактичний рівень. Вміст речовин в ґрунті перевищує ГДК (або коефіцієнт безпеки K_n перевищує 1,0). Коефіцієнт безпеки K_n визначається як [22]:

$$K_n = C / \text{ГДК}, \quad (2.1)$$

де C – вміст речовин у ґрунті.

Чим вище ризик забруднення, тим вище клас безпеки речовини. Для ґрунту, що використовується для вирощування сільськогосподарських культур, необхідно оцінити ризик забруднення токсичними речовинами,

враховуючи буферні властивості ґрунту, які впливають на рухливість хімічних елементів. Це визначає вплив на навколишнє середовище та доступність для рослин. Чим менше буферні властивості ґрунту, тим вище ризик хімічного забруднення. В результаті таке ж значення K_n збільшує ризик забруднення ґрунтів з кислим значенням рН, низьким вмістом гумусу і легким механічним складом.

При загальній санітарно-гігієнічній оцінці забруднення ділянки важкими металами слід використовувати сумарний коефіцієнт небезпеки, який визначається за формулою 2.2:

$$K_{к,Х} = \sum_{j=1}^n K_{н,j}, \quad (2.2)$$

де $K_{н,j}$ – коефіцієнти небезпеки всіх токсичних елементів.

Для вибору ГДК при визначенні Z_c береться відповідне значення ґрунту сільськогосподарських угідь [24]. На підставі сумарного коефіцієнту небезпеки може бути запропонована орієнтовна шкала для оцінки ризику забруднення ґрунту у зоні впливу хвостосховищ (таблиця 2.2).

Іншим критерієм оцінки рівня хімічного забруднення ґрунту є коефіцієнт хімічної концентрації речовини K_k , який визначається як відношення фактичного вмісту речовини у ґрунті (C) до фонового (C_ϕ) за формулою 2.3:

$$K_k = C/C_\phi, \quad (2.3)$$

Таблиця 2.2 – Шкала для оцінювання небезпеки забруднення ґрунтів в зоні впливу хвостосховищ за категорією і сумарним коефіцієнтом небезпеки Z_c [24]

Категорія забруднення ґрунтів	Сумарний коефіцієнт небезпеки, Z_c	Зміни показників здоров'я населення в осередках забруднення
Допустима	Менше 16	Найнижчий рівень захворюваності дітей і мінімальна частота народження з функціональними відхиленнями
Помірно небезпечна	16-32	Збільшення загальної захворюваності
Небезпечна	32-128	Збільшення загальної захворюваності, числа дітей, що мають хронічні захворювання, порушення функціонального стану серцево-судинної системи
Надзвичайно небезпечна	Понад 128	Збільшення захворюваності дітей, порушення репродуктивної функції жінок (збільшення токсикозу вагітності, числа передчасних пологів, мертвородженості, гіпотрофія новонароджених)

Аналогічно формулі (2.2) визначається сумарний показник забруднення ґрунту, формула 2.4:

$$K_{k,x} = \sum_{j=1}^n K_{k,j}, \quad (2.4)$$

де $K_{k,j}$ – коефіцієнти концентрації всіх токсичних елементів.

Загальний індекс забруднення ґрунту $K_{k,x}$ також може бути використаний для оцінки забруднення ґрунту під впливом хвостосховищ.

Коефіцієнти концентрації ВМ на деяких типах виробництв виробляють найбільшу кількість відходів у хвостосховищах і наведені в таблиці 2.3 [24]. Класи небезпеки також слід враховувати при оцінці впливу окремих факторів (таблиця 2.4).

Таблиця 2.3 – Коефіцієнти концентрації важких металів, характерних для деяких промислових виробництв [24]

Виробництво	Коефіцієнт концентрації K_k	
	від 2 до 10	понад 10
Кольорових металів з руд та концентратів	Свинець, мідь,цинк, срібло	Олово, вісмут, миш'як, кадмій, сурма, ртуть, селен
Титану	Срібло, цинк, свинець, бор, мідь	Титан, марганець, молібден, олово, ванадій
Залізорудне виробництво	Свинець, срібло, миш'як	Цинк, вольфрам, кобальт, ванадій
Свинцевих акумуляторів	Свинець, нікель, кадмій	Сурма, свинець

Таблиця 2.4 – Класи небезпеки хімічних елементів [24]

Клас небезпеки	Хімічний елемент/речовина
I	Миш'як, кадмій, ртуть, свинець, селен, цинк, фтор, бенз(а)пірен
II	Бор, кобальт, нікель, молібден, мідь, сурма, хром
III	Барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій, ацетофенон

Тому слід вважати більш точним використання фонові концентрації важких металів для конкретних географічних регіонів України, наведене в дослідженнях вчених Інституту фізіології рослин Національної академії наук України, проведених під керівництвом академіка П. А. Власюка [25]. Зокрема, відповідні значення для степових районів країни, де знаходиться велика частина хвостосховищ, показані у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Середній вміст елементів у ґрунтоутворюючій глинистій породі для степової зони України [25]

Елемент	Fe	b	n	u	o	r	i
Вміст у ґрунті, мг/кг	19909	0	96	6	3	5	8

Щоб уникнути негативного впливу об'єктів хвостосховищ, важливо, щоб ці об'єкти належним чином управлялися, регулювалися та проходили екологічний нагляд. Регуляторні органи та гірничодобувні компанії повинні вжити заходів для забезпечення безпеки хвостосховищ і мінімізації їхнього впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Метод оцінки індексу небезпеки хвостосховища (ІНХ) призначений для використання компетентними органами для надання огляду потенційних небезпек ризику, пов'язаних з хвостосховищем або з серією хвостосховищ, як небезпечними об'єктами, шляхом аналізу декількох ключових параметрів. Оцінку ІНХ можна провести за короткий проміжок часу на основі наявної документації. Результати оцінки також можуть бути використані в процесі прийняття рішень компетентними державними органами, відповідальними за екологічну безпеку. На національному рівні слід застосовувати ІНХ до великої кількості хвостосховищ.

Оскільки більшість об'єктів експлуатуються від 45 років до 50 років, конструкції вже не є водонепроникними, що призводить до вимивання небезпечних зі сховищ у ґрунт та незахищені водоносні горизонти. Крім того, деякі сховища небезпечних речовин вже не експлуатуються, і в них зберігаються відходи з попередніх виробництв. Такі хвостосховища є фактично покинутими об'єктами і контроль за станом об'єкта або моніторинг його впливу на навколишнє середовище відсутній. Відповідальність за аварію та хронічний вплив на навколишнє середовище і здоров'я, які можуть спричинити такі об'єкти, є нечіткою. Занедбані накопичувачі часто передаються на баланс громади, але громада не має ресурсів для забезпечення належного закриття та рекультивації деградованих земель.

Метод оцінки ІНХ використовується для:

- створення та/ або оновлення каталогу хвостосховищ країни;
- ранжування всіх хвостосховищ в країні відповідно до їх індексу небезпеки ризику;
- визначення найбільш небезпечних хвостосховищ в країні (хвостосховища, що найбільше занепокоєння);
- оптимізація використання обмежених фінансових та організаційних ресурсів для підвищення безпеки хвостосховищ.

Індекс небезпеки хвостосховищ (ІНХ) – це показник специфічних ризиків хвостосховищ для навколишнього середовища, інфраструктури та населення. ІНХ розраховується шляхом підсумовування основних характеристик і параметрів хвостосховища, які мають значний вплив на рівень безпеки.

Основні характеристики та параметри хвостосховищ є наступними:

- обсяг хвостосховища;
- токсичність хвостових матеріалів;
- статус управління хвостосховищем;
- природні умови, характерні для місця розміщення хвостосховища (геологічні, сейсмічні та гідрологічні умови);
- безпека дамби.

Індекс небезпеки хвостосховищ можна розраховувати двома способами залежно від наявності даних про хвостосховища.

Базовий ІНХ – це простий метод розрахунку з використанням двох основних параметрів: об'єму відходів і токсичності.

Розширений ІНХ – це детальний підхід з використанням двох основних параметрів з ІНХ, базових параметрів і трьох додаткових параметрів, що деталізують статус хвостосховища, стан навколишнього середовища і безпеку дамби.

Базовий ІНХ розраховується поетапно за формулою 2.5:

$$\text{ІНХ}_{\text{Базовий}} = \text{ІНХ}_{\text{ЄМН}} + \text{ІНХ}_{\text{Токс}}, \quad (2.5)$$

де $\text{ІНХ}_{\text{ЄМН}}$ рівень небезпеки/ризик, пов'язаний з об'ємом хвостів, що зберігаються в хвостосховищі (місткість хвостосховища);

$\text{ІНХ}_{\text{Токс}}$ ступінь небезпеки/ризик, пов'язаний з токсичністю речовин, що містяться у хвостах.

ІНХ Розширений розраховується поетапно за формулою 2.6:

$$\text{ІНХ}_{\text{Розширений}} = \text{ІНХ}_{\text{ЄМН}} + \text{ІНХ}_{\text{Токс}} + \text{ІНХ}_{\text{Управл}} + \text{ІНХ}_{\text{Місце}} + \text{ІНХ}_{\text{Дамба}}, \quad (2.6)$$

де $\text{ІНХ}_{\text{Управл}}$ ступінь небезпеки ризику, пов'язаний з неправильним управлінням об'єктами;

$\text{ІНХ}_{\text{Місце}}$ ступінь ризику, пов'язаний з конкретними геологічними та гідрологічними умовами в місці розташування хвостосховища;

$\text{ІНХ}_{\text{Дамба}}$ ступінь ризику руйнування дамби, пов'язаний з недоліками в її структурній і компонентній цілісності та функціональності.

Для того щоб правильно оцінити $\text{ІНХ}_{\text{Дамба}}$ необхідний критичний параметр стійкості схилу дамби K_c (коефіцієнт стійкості схилу). Однак цей параметр не завжди може бути доступним для користувача. У таких випадках метод оцінки ІНХ передбачає інші альтернативні параметри, які набагато легше отримати і які, як правило, є доступними. Таким чином, користувач Контрольного списку має більшу гнучкість у застосуванні відповідних критеріїв залежно від наявності даних.

Базова процедура розрахунку ІНХ складається з двох кроків (1-й крок і 2-й крок нижче), а розширена процедура розрахунку ІНХ складається з п'яти кроків (з 1-го по 5-й). Якщо значення деяких параметрів недоступні або не можуть бути визначені, слід використовувати максимальне значення відповідної небезпеки. Тому, наприклад, для параметрів токсичності ризик зростає, якщо відповідна інформація недоступна.

Крок 1: ємність. Дані для параметру «Ємність хвостосховища» – це об'єм хвостових матеріалів, що зберігаються на об'єкті (м^3). Вважається, що індекс ризику, зумовлений ємністю хвостосховища, зростає зі збільшенням об'єму збережених хвостів у логарифмічній залежності з основою 10. Таким чином, збільшення об'єму збережених хвостових матеріалів в 10 разів (один порядок) збільшує значення цієї небезпеки на 1.

Індекс небезпеки «Ємність хвостосховища» розраховується за формулою 2.7:

$$\text{ІНХ}_{\text{Ємн}} = \text{Log}_{10} [V_t], \quad (2.7)$$

де V_t – об'єм хвостових матеріалів, що містяться в хвостосховищі (або ємність хвостосховища), м^3 .

Крок 2: токсичність. Параметр «Токсичність» оцінюється відповідно до класу небезпеки хвостів згідно з національною класифікацією. Відповідність між двома загальноприйнятими класифікаціями токсичності показано в таблиці 2.6. Українська класифікація застосовується також використовується в більшості країн колишнього Радянського Союзу. Згідно з таблицею 2.6 позначення «КОВ 3» за німецькою класифікацією чи «КО 1» за українською класифікацією відповідає максимальній токсичності речовини, тоді як позначення «КОВ 0» або «КО 4» відповідає мінімальній токсичності речовини.

Таблиця 2.6 – Оцінювання індексу небезпеки токсичності хвостосховища

Дані для визначення ІНХ _{Токс}		Величина ІНХ _{Токс}
класифікація		
клас небезпеки води, КОВ ¹	клас небезпеки води, КО ²	
0	4	0
1	3	1
2	2	2
3	1	3

Примітка. *Відповідає 1 – КОВ, клас небезпеки води, WGK, Wassergefährdungsklasse (WGK), німецька класифікація; 2 – КО, клас небезпеки, українська класифікація.

Крок 3: Управління хвостосховищем. Вхідними даними для параметру «Управління хвостосховищем» є статус хвостосховища, який слід визначити з чотирьох наведених у таблиці 2.7. Якщо об'єкт є покинутим або безхазяйним, вважається, що індекс небезпеки/ ризику, пов'язаний з недоліками управління хвостосховищем, буде вищим. Значення ІНХ_{управл} визначається за таблицею 2.7. Відмінності між визначеннями «занедбане» й «безхазяйне» хвостосховище пояснюється в розділі «Термінологія» [26].

Таблиця 2.7 – Оцінювання ІНХ_{управл}

Дані для визначення ІНХ _{управл}	Величина ІНХ _{управл}
Хвостосховище активне і функціонує, або Неактивне, підтримуване і кероване	0
Хвостосховище занедбане з господарем	1
Хвостосховище занедбане і безхазяйне	2

Крок 4: місце розташування. Ступінь небезпек/ризиків, характерних для місць хвостосховища, включає вплив сейсмічної небезпеки та небезпеки повеней, як найбільш важливих природних загроз для безпеки хвостосховища.

$$ІНХ_{Місце} = ІНХ_{Сейсм} + ІНХ_{Повінь} \quad (2.8)$$

Значення $ІНХ_{Сейсм}$ визначається на основі даних про магнітуду сейсмічних подій протягом останніх T_{Ret} років, де T_{Ret} – період повторюваності землетрусів, визначений національними вимогами [27]. У разі їх відсутності T_{Ret} слід визначати за міжнародними вимогами [28, 29]. Джерелами даних для визначення «Магнітуди сейсмічних подій» є шкала Медведєва – Шпонхойєра – Карніка MSK-64 або Європейська макросейсмічна шкала EMS-98. Сейсмічний ризик хвостосховища визначається як «Низький», якщо «Магнітуда сейсмічних подій» менше або дорівнює 6 і «Помірний або високий», якщо «Магнітуда сейсмічних подій» більше 6.

$ІНХ_{Сейсм}$ оцінюється у відповідності з таблицею 2.8.

Таблиця 2.8 – Оцінювання індексу сейсмічної небезпеки хвостосховища

Дані для визначення $ІНХ_{Сейсм}$	Значення $ІНХ_{Сейсм}$
магнітуда сейсмічних подій за останні T_{Ret} років	
≤ 6	0
> 6	1

Відповідно до міжнародних вимог [28, 29] $T_{Ret} = 475$ років, тоді як українські стандарти [5] встановлюють $T_{Ret} = 500$ років з 10 % ймовірністю перевищення розрахункової інтенсивності землетрусів за 50 років.

Значення $ІНХ_{Повінь}$ визначається з використанням статистичних даних про частоту повеней, зокрема параметра HQ_{100} , який вимірює частоту повеней з 100- річним періодом повторюваності (1 з 100 випадкових повеней). Індекс небезпеки/ризик, повеней на ділянці розташування хвостосховища, визначається відповідно до таблиці 2.9. Значення та рівні HQ_{100} повинні регулярно оновлюватися з урахуванням змін клімату.

Таблиця 2.9 – Оцінювання індексу небезпеки/ризик, викликаного повеннями на ділянці розташування хвостосховища

Дані для визначення ІНХ _{Повінь}	Значення ІНХ _{Повінь}
розташування хвостосховища	
В зоні НQ ₁₀₀	1
Поза зони НQ ₁₀₀	0

Крок 5: дамба. Існує два методи розрахунку небезпеки/ризик прориву дамби ІНХ_{Дамба}.

Кращий спосіб. Якщо в базі даних для всіх хвостосховищ є коефіцієнт стійкості схилу (FoS) [30, 31], дамба ІНХ_{Дамба} розраховується за наступним рівнянням, з використанням критеріїв, що базуються на стійкості схилу і терміні експлуатації хвостосховища:

$$\text{ІНХ}_{\text{Дамба}} = \text{ІНХ}_{\text{Кс}} + \text{ІНХ}_{\text{Вік}} \quad (2.9)$$

де ІНХ_{Кс} – ступінь небезпеки/ризик, обумовлений нестабільністю схилу, оцінений відповідно до таблиці 2.10. Коефіцієнт стійкості К_с слід розраховувати на етапі проектування хвостосховища;

ІНХ_{Вік} – ступінь небезпеки/ризик, обумовлений періодом експлуатації дамби.

Альтернативний спосіб. Якщо коефіцієнт стійкості схилу К_с недоступний для користувача, то ІНХ_{Дамба} розраховується з використанням критеріїв, заснованих на даних про матеріали і геометрію дамби та термін служби хвостосховища, за наступною формулою:

$$\text{ІНХ}_{\text{Дамба}} = \text{ІНХ}_{\text{МатДамби}} + \text{ІНХ}_{\text{ШирДамби}} + \text{ІНХ}_{\text{Вік}} , \quad (2.10)$$

де ІНХ_{МатДамби} – ступінь небезпеки, пов'язаний з матеріалом гребеня дамби;

ІНХ_{ШирДамби} – ступінь небезпеки, пов'язаний з шириною гребеня дамби.

Таблиця 2.10 – Оцінювання ступеня небезпеки/ризик, обумовлений нестабільністю схилу (параметр, якому надається перевага у використанні)

Дані для визначення $ІНХ_{Kc}$	Дані для визначення $ІНХ_{Kc}$
діапазон коефіцієнту стійкості схилу K_c	$ІНХ_{Kc}$
$K_c > 1,5$	0
$1,2 < K_c \leq 1,5$	2
$K_c \leq 1,2$	2

Припускається, що небезпека/ризик руйнування дамби зростає зі збільшенням терміну експлуатації об'єкту, і розраховується відповідно до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Оцінювання ступеня небезпеки/ризик, обумовлений періодом експлуатації дамби (параметр, якому надається перевага у використанні)

Дані для визначення $ІНХ_{Вік}$	Значення $ІНХ_{Вік}$
термін експлуатацій хвостосховища	
≤ 30 років	0
> 30 років	1

В альтернативному методі (формула 2.10) небезпеки, пов'язані з недостатньою кількістю матеріалу в $ІНХ_{МатДамби}$ і вузькою або недостатньою шириною гребеня дамби в $ІНХ_{ШирДамби}$, визначаються відповідно до таблиць 2.12 і 2.13.

Дамби зі скельним гребенем вважаються більш стійкими, ніж дамби без скельного або земляного гребеня (земляні греблі).

Таблиця 2.12 – Оцінювання ступеня небезпеки, пов'язаний з матеріалом гребеня дамби (альтернативний параметр)

Дані для визначення $ІНХ_{МатДамби}$	Значення $ІНХ_{МатДамби}$
матеріал дамби	
Скельні породи	0
Нескельні породи і ґрунти	1

Дамба вважається більш міцною, якщо ширина її гребеня (і, відповідно, її основи) достатня для утримання хвостів, що зберігаються.

Таблиця 2.13 – Оцінювання ступеня небезпеки, пов'язаний з шириною гребеня дамби (альтернативний критерій)

Дані для визначення $ІНХ_{ШирДамби}$	Значення $ІНХ_{ШирДамби}$
ширина гребеня дамби	
≥ 10 м	0
< 10 м	1

Припускаючи, що максимальна ємність хвостосховища становить 1 млрд м³ і використовуючи формулу 2.7 і таблицю 2.6 отримуємо максимальне значення Базового ІНХ, що дорівнює 12. Коли це значення підсумовується з максимальними значеннями для $ІНХ_{Управл}$, $ІНХ_{Місце}$ і $ІНХ_{Дамба}$, максимальне значення для Розширеного ІНХ стає 18.

Метод оцінки ІНХ може бути використаний для створення національної або регіональної бази даних і ранжування хвостосховищ відповідно до їх значень ІНХ. Після оцінки ІНХ слід провести більш детальну індивідуальну оцінку найбільш небезпечних об'єктів за допомогою Контрольного переліку для хвостосховища.

3 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХВОСТОСХОВИЩ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР

Враховуючи потенційні загрози, створювані такими об'єктами, доцільно розглянути питання екологічної безпеки хвостосховищ як на національному, так і на міжнародному рівні. Національна частина пов'язана з впливом постійного накопичення на навколишнє середовище через тривале зберігання відходів, що містять шкідливі речовини, і потенційного впливу в разі аварії. Транскордонний вплив таких об'єктів може становити небезпеку для країн сусідів. Аварійний або предаварійний стан споруди може призвести до потрапляння токсичних речовин відходів у транскордонні річки. Однією з таких річок є річка Дністер, що протікає територією двох держав України та Республіки Молдова.

Район басейну річки Дністер охоплює території 7 областей України – Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька та Одеська, з підприємствами різних галузей промисловості.

За результатами ідентифікації на території басейну річки Дністер визначено 31 хвостосховища із 162 млн тон відходів, що перебувають на балансі 12 підприємств [2].

ТОВ «Оріана-ЕКО» – гірничодобувне підприємство з видобутку і збагачення калійних і магнієвих руд, розташоване в Калуському районі Івано-Франківської області. На балансі підприємства знаходяться три хвостосховища, що є об'єктами дослідження, та Домбровський кар'єр.

Три хвостосховища містять 26 млн м³ відходів, отриманих в результаті видобутку і збагачення калійно-магнієвих руди – розсолів, представленого хлоридом і сульфатом натрію, магнію і калію. Домбровський кар'єр заповнено об'ємом 22 млн м³ розсолу. Не було проведено належного закриття об'єктів та рекультивацію деградованих земель. Клас небезпеки не був визначений, відходи не були паспортизовані та не обліковувалися. Речовини в складі

відходів характеризуються токсичною дією, яка може проявлятися в основному за рахунок подразнюючих властивостей, зменшені популяції і видового складу гідробіонтів, збільшення захворюваності органів дихання і травлення. порушення мінерального обміну в організмі людини.



Рисунок 3.1 – Розташування хвостосховищ ТОВ «Оріана-ЕКО» по відношенню до гідрографічної мережі [33]

Найкоротша відстань від хвостосховищ до водних об'єктів: 1,15 км від МПВ р. Сивка (UA_M5.2_0309, UA_R_16_M_2_Si) – правої притоки р. Дністер, 60 м від МПВ р. Кропивник (UA_M5.2_0310, UA_R_16_S_2_Si) – лівої притоки р. Сивка та 530 м від МПВ р. Фрунелув (UA_M5.2_0311, UA_R_16_S_2_Si; рисунок 3.1). Лінійна схема гідрографічної мережі району розташування накопичувачів: р. Фрунелув – р. Кропивник – р. Сивка – р. Дністер.

Основними недоліками експлуатації є: часткове закриття хвостосховища № 1 та рекультивация порушених земель, відбувається фільтрація розсолів через дамбу хвостосховища, критичний рівень заповнення

та просочування розсолів через дамбу спостерігається на хвостосховищі № 2, зруйновано дренажні та водовідвідні системи хвостосховищ № 1, № 2 та № 3 [34].

Вплив відходів хвостосховищ на навколишнє середовище обумовлений токсичною дією речовин, що у них містяться, концентрація яких в поверхневих і підземних водах перевищує ГДК в кілька разів.

ТОВ «Карпатнафтохім» – це потужне промислове підприємство з виробництва нафтохімічної та хімічної продукції, розташоване в Калуському гірничо-промисловому комплексі поблизу міста Калусь Івано-Франківської області. На балансі підприємства знаходяться два хвостосховища: шламонакопичувач для очищення гіпохлоритних стоків (далі – шламонакопичувач цеху НіОПСВ), та шламонакопичувач для очищення промводи (далі – шламонакопичувач цеху ВіК) [35].

Основна продукція – етилен, пропілен, бензол, фракції С9 (вуглеводневі суміші), поліетилен, каустична сода та суспензійний полівінілхлорид.



Рисунок 3.2. – Розташування шламонакопичувачів ТОВ «Карпатнафтохім» по відношенню до гідрографічної мережі [33]

Шламонакопичувач цеху НіОПСВ знаходиться на відстані 1,1 км від МПВ р. Кропивник (UA_M5.2_0310, UA_R_16_S_2_Si) та 750 м від струмка Сапогів.

Шламонакопичувач цеху ВіК знаходиться на відстані 200 м від МПВ р. Фрунилув (UA_M5.2_0311,UA_R_16_S_2_Si) та 80 м від МПВр. Кропивник, відстань до обвідного каналу, що впадає в р. Кропивник складає 50 м (рисунок 3.2). Лінійна схема гідрографічної мережі: р. Фрунилув – р. Кропивник – р. Сивка – р. Дністер. У разі аварії на хвостосховищі забруднюючі речовини можуть потрапити в транскордонні води річки Дністер.

У 2018 році загальний обсяг відходів станом у шламонакопичувачі цеху НіОПСВ склав 836,658 тон, у шламонакопичувачі цеху ВіК – 9 189,635 тон. Рівень заповнюваності споруд становить 10 % від очікуваного обсягу. Шламонакопичувач цеху НіОПСВ: вода – 80 %, тверда фаза (глина, гідроксиди міді, нікелю) – 20 %. Шламонакопичувач цеху ВіК: вода – 98 %, сухий залишок – 0,3 %, тверда фаза (CaO, Al(OH)₃, Fe(OH)₃, SiO₂) – 1,7 %.

Природні умови є основним зовнішнім фактором, що спричиняє небезпеки природного характеру: вологі райони зі значною кількістю опадів, які можуть призвести до переповнення хвостосховищ у разі критичного рівня заповнення контейнерів [36].

Державне підприємство «Калуська Теплоелектроцентрально Нова» (скорочено – ДП «Калуська ТЕЦ-Нова») належить до підприємств електроенергетичного комплексу Міністерства енергетики України, і розташоване за 4 км від міста Калуш Івано-Франківської області.

Станом на 2018 рік у золошлаковідвалі ДП «Калуська ТЕЦ-Нова» накопичено 1,913 млн тон відходів IV класу небезпеки, у тому числі 1,601 млн тон золи та 0,312 млн тон паливного шлаку.

Золошлаковідвал розташований у заплаві струмка Сапогів, притоки р. Кропивник, за 1,18 км від МПВ р. Кропивник (UA_M5.2_0310, UA_R_16_S_2_Si; рисунок 3.3). Лінійна схема гідрографічної мережі

стр. Сапогів – р. Кропивник – р. Сивка – р. Дністер.

Поруч із золошлаковідвалом знаходиться промислові майданчики підприємств ТОВ «Карпатнафтохім» та ТОВ «Гудвеллі Україна» з шламонакопичувачем та очисними спорудами.

Основними мінеральними речовинами в золошлаках є оксиди кремнію, алюмінію, заліза, в малих кількостях – оксиди кальцію, магнію, калію, натрію, сірки.



Рисунок 3.3 – Розташування золошлаковідвалу ДП «Калуська ТЕЦ-НОВА» по відношенню до гідрографічної мережі [33]

Згідно з матеріалами розділу оцінки впливу на навколишнє середовище заходів з реконструкції золошлаковідвалів, в умовах сформованого на цій території потужного індустріального комплексу спостерігається значне антропогенне навантаження на ґрунт. Пилоподібні частинки, що осідають на рослинах, чинять на них комплексний вплив, який можна розділити на фізичне і хімічне за характером дії. До факторів, що негативно впливають на тварин в антропогенному середовищі відносяться скорочення придатних для

проживання площ, зміна характеру біотопів, забруднення атмосферним пилом і газами, забруднення ґрунтово-рослинного покриву токсичними речовинами..

ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» – колишній Надвірнянський нафтопереробний завод, один з найстаріших нафтопереробних підприємств України, розташований недалеко від міста Надвірна Івано-Франківської області. На балансі підприємства знаходяться два хвостосховища – нафтошламонакопичувачі № 1 та № 2.

За більш ніж 50 років на підприємстві накопичилося 7468,712 тон промислових відходів від обладнання для зберігання нафтових шламів (з 1967 року), нафтошламу і очищає масла шляхом механічного очищення стічних вод, а також резервуарів для важкої нафти [37].

Накопичувачі розташовано в 60 м від МПВ р. Ворона (UA_M5.2_0432, UA_R_16_S_2_Si; рисунок 3.4). Лінійна схема гідрографічної мережі: р. Ворона – р. Бистриця-Надвірнянська – р. Бистриця – р. Дністер. У разі аварії на хвостосховищах, забруднюючі речовини можуть потрапити у води транскордонної річки Дністер.



Рисунок 3.4 – Розташування нафтошламонакопичувачів ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття» по відношенню до гідрографічної мережі [33]

Природні умови є основним зовнішнім фактором, що спричиняє небезпеки природного характеру: зливовий і локальний характер опадів може призвести до переповнення нафтошламонакопичувачів із переливами відходів внаслідок обвалування, сприяючи активізації процесів гіпергенезу і переміщення забруднюючих речовин.

У липні 2018 року було зафіксовано складування відходів на незахищеній ділянці ґрунту, які виходять за межі місткості нафтошламонакопичувача № 2, що веде до забруднення ґрунту.

Обсяг промислових відходів складає 7468,712 тон промислових відходів, з яких нафтового шламу шляхом механічного очищення стічних вод становить 6,6 тис. тон та 0,85 тис. тон відходів, що утворюються в результаті очищення резервуарів для нафти і мазуту.

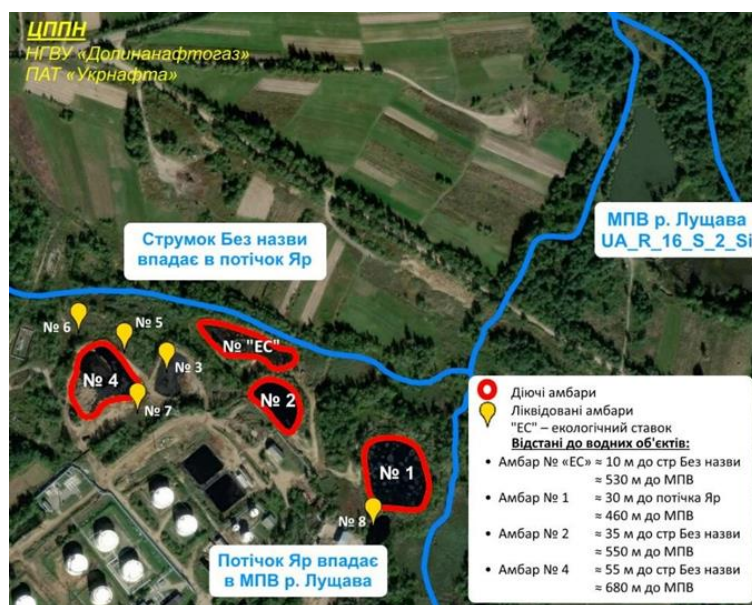
Хвостосховища містять нафтошлами механічної очистки стічних вод (нафтопродукти складають від 25 % до 35 %, механічні домішки від 15 % до 25 %, вода від 50 % до 60 %), а також осад з дна резервуарів нафтопродукти – 74,6 %, механічні домішки – 16,4 %, вода – 9 %.

Вплив на навколишнє середовище накопичувачів відходів нафтопереробних заводів в основному викликано токсичним впливом речовин відходів, таких як вуглеводні, що входять до складу нафтошламів [38].

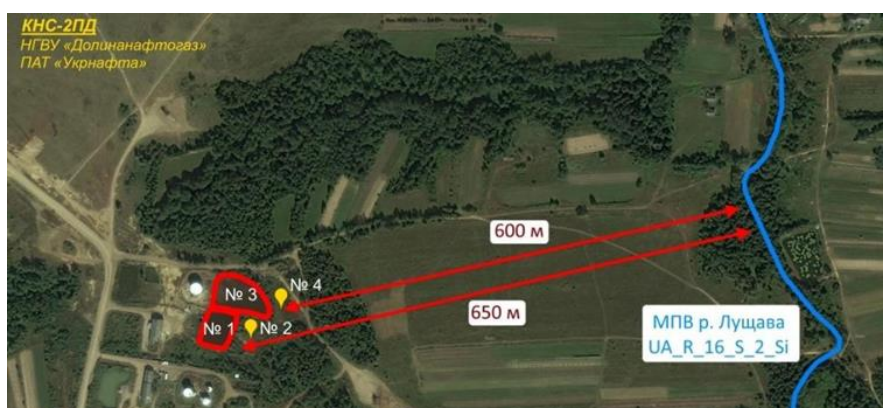
Нафтогазовидобувне управління «Долинанафтогаз» Публічного акціонерного товариства «Укрнафта» (далі – НГВУ «Долинанафтогаз») є частиною ПАТ «Укрнафта» і здійснює освоєння нафтових та газових родовищ, видобуває нафту та газ. Виробничі об'єкти розташовані в Долинському та Рожнятівському районах Івано-Франківської області.

Всього на балансі підприємства у 2019 році перебувало 10 шламових амбарів, розташованих на території 4 структурних підрозділів підприємства.

За даними підприємства загальний обсяг відходів, що накопичилися у шламових амбарах станом на 01 квітня 2019, становить 10178,035 тон.



А



Б



В

А – лінійна схема гідрографічної мережі «струмок Без назви – потічок Яр – р. Луцава, Б – лінійна схема гідрографічної мережі річки Луцава, В – лінійна схема гідрографічної мережі потічок Яр – р. Луцава

Рисунок 3.5 – Розташування шламових амбарів ЦППН, КНС-2 ПД і КНС- 7 по відношенню до гідрографічної мереж [33]

Навантаження від 8 амбарів відбувається на МПВ р. Луцава (UA_R_16_S_2_Si, UA_M5.2_0281; рисунок 3,5), а від 2 амбарів ГТУ-3 – на МПВ р. Дуба (UA_R_16_M_2_Si, UA_M5.2_0359; рисунок 3.5). Лінійна схема гідрографічної мережі: «струмок Без назви – потічок Яр – р. Луцава – р. Свіча – р. Дністер»; та «потік Смерека – р. Дуба – р. Чечва – р. Ломниця (Лімниця) – р. Дністер». У разі аварії на хвостосховищах, забруднюючі речовини можуть потрапити у води транскордонної річки Дністер.

Природні умови є основним зовнішнім фактором, що спричиняє небезпеки природного характеру: тривалі дощі інтенсивного характеру можуть призвести до переповнення шламових амбарів із переливами відходів через обвалування. Сейсмічна небезпечна зона [39].

Гідрологічних факторів ризику немає – шламові амбари розташовані за межами річок, які можуть спричинити повені.

Промисловий майданчик ЦППН та кущові насосні станції розташовано в околицях с. Яворів Долинського району. Промисловий майданчик нафтозбірного пункту ГТУ-3 «Струтинь» розташований в с. Іванівка Рожнятівського району. Мінімальна відстань від будинків до с. Іванівка становить 300 м.

Дослідження нафтових шламів показують, що до їх складу входять парафіни (від 20,4 % до 32,3 %), неконденсовані циклоалкани (від 11,9 % до 19,4 %), алкілбензоли (від 8,9 % до 10,2 %), індани і тетраніни (від 5,7 % до 7,9 %), нафталіни (від 7,6 % до 11,9%), антрацени та дифеніли (від 0,8 % до 3,9 %), аценафтилені (від 0,8 % до 3,9 %), бензтіюфени (від 1,3 % до 2,6 %).

Вплив на навколишнє середовище накопичувачів НГВУ «Долинанафтогаз» викликаний токсичним впливом речовин відходів, переважно вуглеводнів.

Відокремлений підрозділ «Бурштинська теплова електростанція» АТ «ДТЕК Західенерго» (далі Бурштинська ТЕС) – найбільша електростанція західної України, розташована недалеко м. Бурштин Галицького району Івано-Франківської області.

Бурштинська ТЕС має на балансі чотири хвостосховища: золовідвал № 1, 2, шлаковідвал, золовідвал № 3 та гідровідвал. Загальний обсяг відходів, що зберігаються на чотирьох об'єктах, становить 40,393 млн тон за даними Івано-Франківської обласної державної адміністрації від 15.02.2019 року.

Під час проведення досліджень, Бурштинська ТЕС не забезпечило достатньої відкритості у співпраці з проектом ГЕФ.

Хвостосховища Бурштинської ТЕС розташовано в районі МПВ р. Гнила Липа (UA_M5.2_0377, UA_R_16_M_2_Si), МПВ р. Дністер (UA_M5.2_0007, UA_R_16_XL_2_Si), МПВ Бурштинське водосховище (UA_M5.2_0376, кІЗМПВ) та МПВ р. Гнила Липа (UA_M5.2_0375, UA_R_16_M_2_Si; рисунок 3.6). Лінійна схема гідрографічної мережі розташування гідровідвалу: «р. Гнила Липа – Бурштинське водосховище – р. Гнила Липа – р. Дністер», решти об'єктів: «струмок Без назви – р. Гнила Липа – р. Дністер».



Рисунок 3.6 – Розташування золовідвалів та шлаковідвалу повідношенню до гідрографічної мережі [33]

Золовідвали та шлаковідвал містять відходи IV класу небезпеки: пил зольний та шлак паливний. Основними мінералами в золошлакових відходах є оксиди кремнію, алюмінію, заліза, а також невелика кількість – оксидів кальцію, магнію, калію, натрію і сірки.

Державне підприємство «Роздільське гірничо-хімічне підприємство «Сірка» (скорочено – ДП «Сірка») належить до підприємств гірничодобувної промисловості з видобутку і збагачення сірчаних руд та розташовано поблизу м.Новий Розділ Миколаївського району Львівської області. На балансі підприємства три хвостосховища: № 1, № 2 та хвостосховище на гідровідвалі, що є об'єктами дослідження.

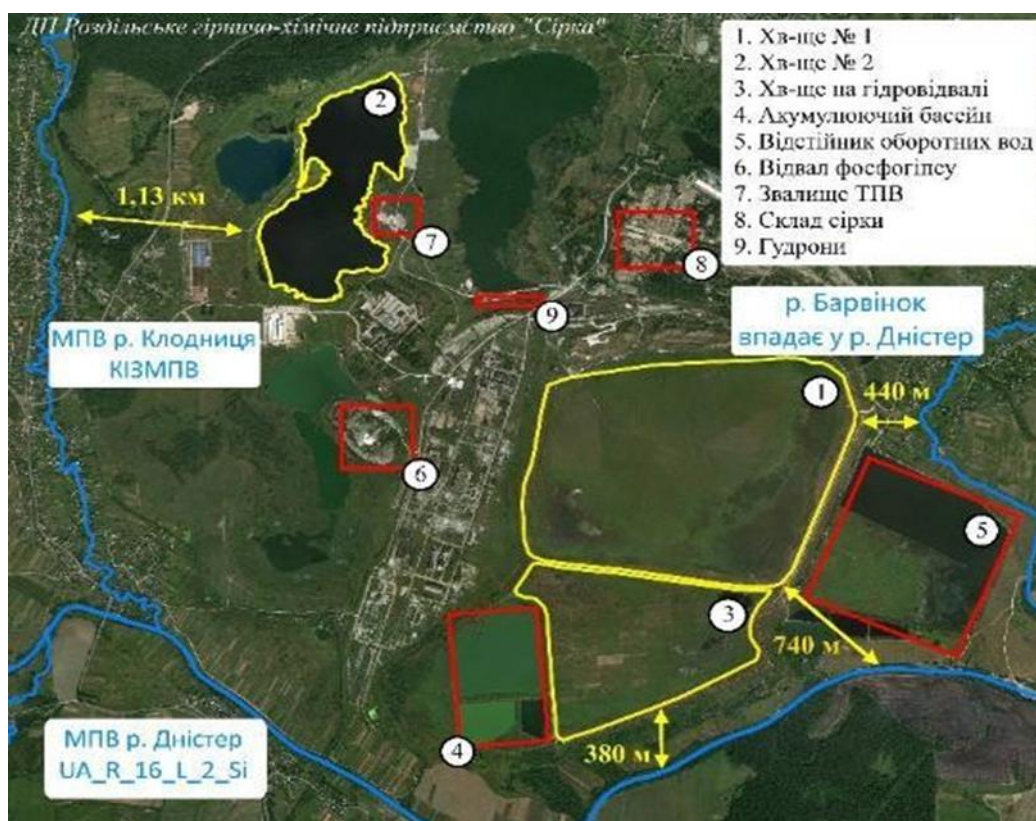


Рисунок 3.7 – Розташування хвостосховищ та інших місць зберігання відходів ДП «Сірка» по відношенню до гідрографічної мережі [33]

Найменша відстань від хвостосховищ до водних об'єктів: 380 м від МПВ р. Дністер (UA_M5.2_0006, UA_R_16_L_2_Si), 440 м від р. Барвінок, що впадає в р. Дністер, та 1 км від МПВ р. Клодниця (UA_M5.2_0151,

кІЗМПВ; рисунок 3.7).

Природні умови як основні фактори небезпеки природного характеру: опади випадають у вигляді зливових дощів, які можуть впливати на режим річок, і посилити процеси розмиву дамб та переповнення хвостосховищ із переливами відходів через гребінь дамби.

Обсяг відходів на підприємстві складає 85 млн тон відходів збагачення сірчанних руд та виробництва мінеральних добрив.

Відходи хвостосховищ вміщують близько 75 % кальциту, 5% сірки, від 6 % до 7 % гіпсу, до 1 % целестину, від 10 % до 15 % глинистих мінералів; відмічається підвищений у порівнянні з сірчаною рудою вміст марганцю, стронцію, барію, літію, що пов'язано з генезисом сірчанних руд.

Вплив відходів на навколишнє середовище обумовлений токсичною дією речовин, що в них містяться – в основному сірки і сірчаної кислоти, фенолу, важких вуглеводнів, що містяться в гудроні.

ПАТ «Стебницьке гірничо-хімічне підприємство «Полімінерал» (далі – ПАТ «Стебницьке ГХП «Полімінерал») належить до підприємств гірничодобувної промисловості, що займається видобутком та збагаченням калійних руд, та розташоване у м. Стебник Дрогобицького району Львівської області. Підприємство має на балансі одне хвостосховище, що є результатом діяльності в попередні роки.

Однією з головних проблем підприємства, що впливає на безпечну експлуатацію об'єкта, є відкачування розсолу з хвостосховища згідно «Комплексного проекту консервації рудника № 2 та рекультивації порушених земель», який розроблений ТзОВ «Гірхімпром».

Хвостосховище розташоване в 100 м від безіменного струмка, що впадає в р. Слониця, і в 750 м від МПВ р. Слониця (UA_M5.2_0099, UA_R_16_S_2_SI; рисунок 3.8). Лінійна схема гідрографічної мережі району розташування хвостосховища: стр. Безназви – р. Слониця – р. Тисмениця – Бистриця Тисменицька – р. Дністер. У разі аварії на хвостосховищі забруднююча речовина може потрапити у води транскордонної

річки Дністер.

Вплив відходів хвостосховища на навколишнє середовище обумовлено токсичною дією речовин, що містяться в них – до складу відходів входять хлоридні та сульфатні солі – NaCl , KCl , MgSO_4 .



Рисунок 3.8 – Розташування хвостосховища повідношенню до гідрографічної мережі [33]

Експлуатація шламонакопичувачів підприємства нафтопереробної галузі в кліматичних, гідрологічних та геологічних умовах Дрогобицького району Львівської області України. Шламонакопичувачі ПАТ «НПК- Галичина» розташоване недалеко від м. Дрогобич на двох промислових майданчиках: територій колишнього НПЗ-1 і НПЗ-2.

Природні умови є основним зовнішнім фактором, що спричиняє небезпеки природного характеру: зливовий і локальний характер опадів може призвести до того, що переповнення шламонакопичувачів із переливами відходів через край обвалування. Сейсмічна небезпечна зона. Факторів гідрологічної небезпеки немає.

Через розташування поблизу житлової забудови найменша відстань між

приватними будинками та шламонакопичувачами НПЗ-1 становить 20 м.

Станом на 2018 рік накопичувачі містять відходи нафтопереробки – нафтошлами від механічної очистки стічних вод III класу небезпеки, загальним обсягом 39827,08 тон.

Згідно з хімічним складом нафтошламу, він являє собою суміш вуглеводнів, механічних домішок і води, наявні газові виділення – пари вуглеводнів. Вода від 5 % до 90 %; нафтопродукти від 4 % до 60 %; механічні домішки від 10 % до 30 %; вміст сірки в нафтопродуктах від 0,2 % до 0,31 %.

Публічне акціонерне товариство «Нафтопереробний комплекс Галичина» (скорочено ПАТ «НПК-Галичина») – колишній Дрогобицький нафтопереробний завод, є одним з найстаріших нафтопереробних заводів України. Завод розташований на околиці міста Дрогобич Львівської області. На балансі підприємства знаходяться шламонакопичувачі, які розташовані на території колишнього НПЗ № 1 (далі – шламонакопичувачі НПЗ-1) та на території колишнього НПЗ № 2 (далі – шламонакопичувач НПЗ-2).

Основними напрямками діяльності ПАТ «НПК-Галичина» є переробка нафти та виробництво нафтопродуктів.



Рисунок 3.9 – Розташування промислових майданчиків ПАТ «НПК-Галичина» [33]

Шламонакопичувачі на НПЗ-1 зареєстровані державою як закриті місця видалення відходів (МВВ). На території НПЗ-1 знаходиться 7 окремих шламонакопичувачів (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Шламонакопичувачі №№ 1-7 НПЗ-1 [33]

Відповідно до даних з Реєстру МВВ Львівської області загальний об'єм відходів у шламонакопичувачах ПАТ «НПК-Галичина» (НПЗ-1 та НПЗ-2) становить 39827,08 тон.

Найкоротша відстань від шламонакопичувачів НПЗ-1 до водойм: 10 м до безіменного струмка, що впадає в р. Тисмениця, та 580 м до самого масиву поверхневих вод (МПВ) р. Тисмениця (UA_M5.2_0090, UA_R_16_M_2_Si; рисунок 3.11).

Особливістю території шламонакопичувачів НПЗ-1 є близькість до житлової забудови: приватних будинків, шкіл, стадіонів (від 20 м до 80 м). Встановлена санітарно-захисна зона шламонакопичувачів, яка згідно з документацією повинна становити 50 м, не дотримується [44].

Вплив на навколишнє середовище накопичувачів відходів нафтопереробних заводів в основному обумовлений токсичним впливом

відходів, такі як вуглеводні, які входять до складу нафтошламів.

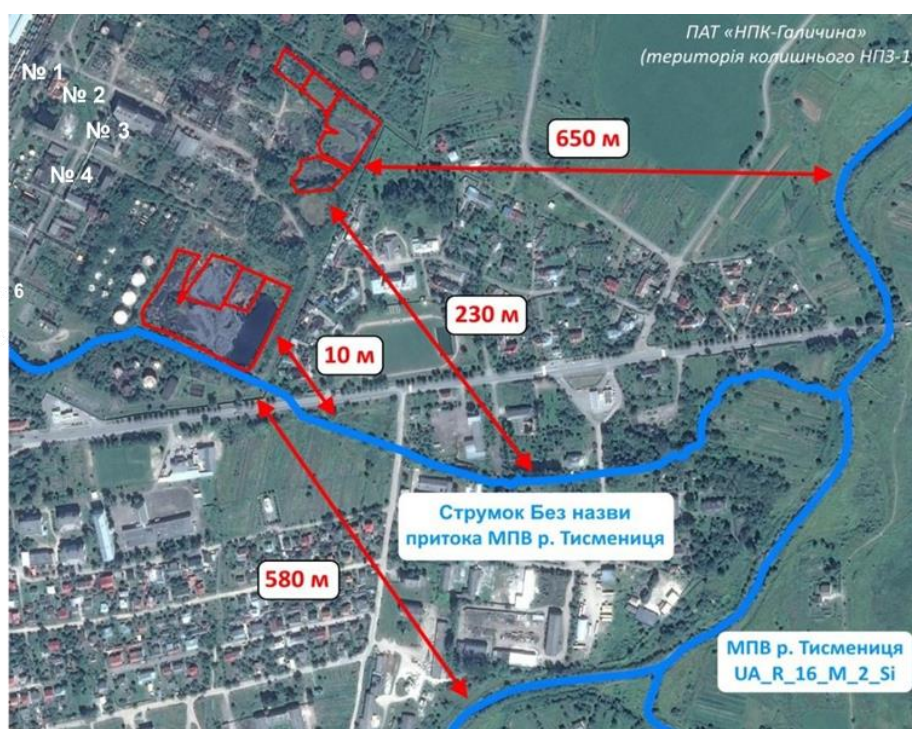


Рисунок 3.11 – Розташування шлямонакопичувачів НПЗ-1 ПАТ «НПК-ГАЛИЧИНА» по відношенню до гідрографічної мережі [33]



Рисунок 3.12 – Розташування шлямонакопичувача НПЗ-2 ПАТ «НПК-ГАЛИЧИНА» по відношенню до гідрографічної мережі [33]

Нафтогазовидобувне управління «Бориславнафтогаз» Публічного акціонерного товариства «Укрнафта» (далі – НГВУ «Бориславнафтогаз») є основним структурним підрозділом ПАТ «Укрнафта» в питанні комплексного освоєння нафтових і газових родовищ. На балансі підприємства знаходиться одне хвостосховище – шламонакопичувач [45].

Накопичувач призначений для зберігання і відстоювання твердих відходів нафтопродуктів з майданчика нафтозбірних пунктів НГВУ «Бориславнафтогаз». Станом на 01 січня 2019 року в ньому міститься 1551,102 тонни нафтошламу в твердому стані. Згідно з хімічним складом нафтошламу, він являє собою суміш вуглеводнів, механічних домішок і води, наявні газові виділення – пари вуглеводнів.

Шламонакопичувач НГВУ «Бориславнафтогаз» розташований в 500 м від МПВ р. Тисмениця (UA_R_16_S_2_SI, UA_M5.2_0089; рисунок 3.13). Лінійна схема гідрографічної мережі: р. Тисмениця – р. Бистриця Тисменицька – р. Дністер. У разі аварії на хвостосховищі забруднююча речовина може потрапити у води транскордонної річки Дністер.

Особливістю розташування шламонакопичувача є близькість до житлової забудови: на відстані 80 м розташовано приватні будинки.



Рисунок 3.13 – Розташування шламонакопичувача НГВУ «Бориславнафтогаз» по відношенню до гідрографічної мережі [33]

Порушено вимоги щодо встановлення СЗЗ шламонакопичувача, яка згідно з документацією підприємства має становити 300 м. Також існує ризик затоплення підвалів будівель та забруднення води у колодязях будинків [46].

Заходи щодо поліпшення стану масивів вод повинні бути спрямовані на:

- зменшення навантаження – усунення недоліків, що стосуються технічного стану споруд та експлуатації шламонакопичувача;
- проведення технічних оглядів стану споруд та моніторинг впливу об'єкта на навколишнє середовище;
- удосконалення політики запобігання надзвичайним ситуаціям на шламонакопичувачі;
- впровадження технологій з переробки накопичених відходів;
- визначення стану – удосконалення системи безперервного моніторингу поверхневих та підземних вод в районах шламонакопичувачів;
- з'ясування впливу – проведення досліджень які біотичні компоненти і в якій мірі відчувають наслідки навантаження від накопичувача.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ХВОСТОСХОВИЩ ДЛЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР

4.1 Визначення індексу небезпеки хвостосховищ досліджуваного регіону

Належні заходи щодо контролю, регулювання та екологічного нагляду за цими об'єктами важливі для запобігання негативним наслідкам використання хвостосховищ. Регулюючі органи та гірничі компанії повинні вжити заходів для забезпечення безпеки та мінімізації впливу хвостосховищ на навколишнє середовище та здоров'я людини.

З 2020 року був розроблений та впроваджений у використання Глобальний галузевий стандарт з управління хвостами (Global Industry Standard on Tailings Management) [46]. Це важливий інструмент для мінімізації шкоди, завданої відходами хвостосховищ населенню та навколишньому середовищу. Стандарт був розроблений міжнародною групою експертів з різних галузей, він базується на принципах ідентифікації, оцінки, управління ризиками та сталого розвитку. Стандарт включає наступні важливі елементи:

- інтегрований підхід до управління хвостосховищами. Стандарт дозволяє власникам хвостосховищ розглядати їх як частину більшої системи, що включає в себе гірничий проєкт, навколишнє середовище та населення, що проживає поблизу;
- запобігання катастрофічних збоїв. Стандарт включає вимоги до проектування, будівництва та експлуатації хвостосховищ, спрямованих на запобігання катастрофічним збоям, таким як прорив дамби та витік токсичних речовин;
- підвищення безпеки шахтних хвостосховищ. Стандарт вимагає, щоб власники хвостосховищ проводили регулярні інспекції та аудитів, а також розробляли план реагування на аварії;

– прозорість, підзвітність та захист прав людини. Стандарт вимагає, щоб власники хвостосховищ забезпечували прозорість та підзвітність у своїй діяльності, а також захищали права тих, хто постраждав від проекту.

Стандарт є важливим кроком у підвищенні безпеки шахтних хвостосховищ у всьому світі, допомагаючи запобігти катастрофічним руйнуванням, мінімізувати шкоду навколишньому середовищу та захистити права людей, що живуть поруч зі хвостосховищем.

В межах басейну річки Дністер ідентифіковано 31 хвостосховища, що містять 162 млн тон відходів. За даними [46], найбільш небезпечними об'єктами у басейні Дністра визначено хвостосховища трьох підприємств, які знаходяться у критичному стані та потребують термінових заходів щодо попередження аварій: ДП «Роздільське гірничо-хімічне підприємство «Сірка» (три хвостосховища, орієнтовно 108,9 млн тон); ТОВ «Оріана-Еко» (три хвостосховища об'ємом 26 млн м³); ПАТ «Стебницьке гірничо-хімічне підприємство «Полімінерал» (одне хвостосховище об'ємом 12,74 млн м³). Найкоротша відстань від накопичувачів до водних об'єктів наведених хвостосховищ становить від 10 м до 60 м – у разі аварії забруднюючі речовини у складі відходів можуть потрапити в поверхневі та підземні води басейну транскордонної річки Дністер.

Більшість об'єктів експлуатуються від 45 років до 50 років, що призводить до втрати гідроізоляційних властивостей споруд, потрапляння шкідливих речовин із накопичувачів в ґрунт та незахищених водоносних горизонтів. Крім того, деякі небезпечні накопичувачі є недіючими, і на них зберігаються відходи минулого виробництва. Такі хвостосховища насправді являють собою покинутий об'єкта, де не ведеться контроль за станом споруд та її вплив на навколишнє середовище. Відповідальність за ймовірність можливих аварій чи хронічний небезпечний вплив таких об'єктів на навколишнє середовище і здоров'я населення є невизначеною. Покинуті накопичувачі, як правило, передаються на баланс місцевих громад, у яких

немає ресурсів для забезпечення належного закриття та відновлення цих об'єктів [2].

Щоб оцінити небезпеку хвостосховищ у басейні р. Дністер, ми визначили базовий індекс небезпеки хвостосховищ – $ІНХ_{\text{Базовий}}$ згідно [47]. Цей індекс враховує ризики, що обумовлені об'ємом хвостів, що зберігаються в хвостосховищі (ємність хвостосховища) та ризики пов'язані з токсичністю речовин, що містяться у хвостах – $ІНХ_{\text{Смн}}$ та $ІНХ_{\text{Токс}}$ відповідно.

У таблиці 4.1 наведені результати розрахунку показника $ІНХ_{\text{Базовий}}$ для всіх діючих хвостосховищ у межах басейну р. Дністер на території України.

Таблиця 4.1 – Базовий індекс небезпеки хвостосховищ басейну річки Дністер

№ з/п	Найменування об'єкту	Місце розташування об'єкту	Відходи	небез-	$ІНХ_{\text{Смн}}$	$ІНХ_{\text{Токс}}$	$ІНХ_{\text{Базовий}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Хвостосховище №1 ТОВ «Оріана – Еко»	м. Калуш, Івано-Франківська обл.	Галітове каміння	IV	7,062	0	7,062
2	Хвостосховище №2 ТОВ «Оріана – Еко»	м. Калуш, Івано-Франківська обл.	Розсоли	IV	6,894	0	6,894
3	Хвостосховище (шламонакопичувач) ТОВ «Оріана – Еко»	м. Калуш, Івано-Франківська обл.	Розсоли	IV	6,022	0	6,022
4	Золошлаковідвал ДП «Калуська ТЕЦ – НОВА»	м. Калуш, Івано-Франківська обл.	Розсоли	IV	6,189	0	6,189
5	Шламонакопичувач очистки проводи ТОВ «Карпатнафтохім»	м. Калуш, Івано-Франківська обл.	Пил зольний паливний	IV	4,196	0	4,196
6	Шламонакопичувач очистки проводи ТОВ «Карпатнафтохім»	м. Калуш, Івано-Франківська обл.	Шлам	IV	3,22	0	3,22
7	Золовідвал № 1,2 ДТЕК Бурштинська ТЕС	м. Бурштин, Івано-Франківська обл.	Пил зольний паливний	IV	7,087	0	7,087

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Золовідвал № 3 ДТЕК Бурштинська ТЕС	м. Бурштин, Івано- Франківська обл.	Пил зольний паливни й	IV	7,559	0	7,559
9	Шлаковідвал ДТЕК Бурштинська ТЕС	м. Бурштин, Івано- Франківська обл.	Шлак паливни й	IV	6,428	0	6,428
10	Гідровідвал ДТЕК Бурштинська ТЕС	м. Бурштин, Івано- Франківська обл.	Шлам від освітлен -ня води	IV	6,435	0	6,435
11	Нафтошламонакопич увач №1 ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття»	м. Надвірна, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлак	III	2,675	1	3,675
12	Нафтошламонакопич увач №2 ПАТ «Нафтохімік Прикарпаття»	м. Надвірна, Івано- Франківська обл.	Осад на дні резер- вуара	II	3,052	2	5,052
13	Шламонакопичувач поз. 415-3 ПАТ «Завод тонкого органічного синтезу «Барва»	с. Ямниця, Тисменицький р-н, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	2,477	1	3,477
14	Шламовий амбар №1 (ЦППН) НГВУ «Долинанафтогаз» ПАТ «Укрнафта»	с. Яворів, Долинський р-н, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	2,788	1	3,788
15	Шламовий амбар №2 (ЦППН) НГВУ «Долинанафтогаз» ПАТ «Укрнафта»	с. Яворів, Долинський р-н, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	2,652	1	3,652
16	Шламовий амбар №4 (ЦППН) НГВУ «Долинанафтогаз» ПАТ «Укрнафта»	с. Яворів, Долинський р-н, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	3,546	1	4,546
17	Шламовий амбар «екологічний» (ЦППН) НГВУ «Долинанафтогаз» ПАТ «Укрнафта»	с. Яворів, Долинський р-н, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	2,059	1	3,059
18	Шламовий амбар №1 КНС -2 ПД НГВУ «Долинанафтогаз» ПАТ «Укрнафта»	с. Яворів, Долинський р-н, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	2,595	1	3,595

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
19	Шламований амбар №1 КНС -2 ПД НГВУ «Долинанaftогаз» ПАТ «Укрнафта»	с. Яворів, Долинський р-н, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	2,405	1	3,405
20	Шламований амбар №1 КНС -7 НГВУ «Долинанaftогаз» ПАТ «Укрнафта»	Івано- Франківська обл., Долинський р-н, м. Долина	Нафто- шлами	III	2,82	1	3,82
21	Шламований амбар №2 КНС -7 (ЦППТ) НГВУ «Долинанaftогаз» ПАТ «Укрнафта»	м. Долина, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	2,899	1	2,899
22	Шламований амбар №1 ГТУ -3 «Струтинь» (ЦППТ) НГВУ «Долинанaftогаз» ПАТ «Укрнафта»	с. Іванівка, Рожнятівський р-н, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	2,642	1	3,642
23	Шламований амбар №2 ГТУ -3 «Струтинь» (ЦППТ) НГВУ «Долинанaftогаз» ПАТ «Укрнафта»	с. Іванівка, Рожнятівський р-н, Івано- Франківська обл.	Нафто- шлами	III	1,522	1	2,522
24	Хвостосховище №1 ДП «Роздільське гірничо- хімічне підприємство «Сірка»	м. Новий Розділ, Львівська обл.	Сірчані руди	IV	7,497	0	7,497
25	Хвостосховище №2 ДП «Роздільське гірничо- хімічне підприємство «Сірка»	м. Новий Розділ, Львівська обл.	Сірчані руди	IV	6,684	0	6,684
26	Хвостосховищена гідровідвалі ДП «Роздільське гірничо- хімічне підприємство «Сірка»	м. Новий Розділ, Львівська обл.	Сірчані руди	IV	6,684	0	6,684
27	Хвостосховище ПАТ «Стебницьке гірничо-хімічне підприємство «Полімінерал»	м. Стебник, Львівська обл.	Розсіл	IV	6,775	0	6,775

Кінець таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
28	Шламонакопичувачі № 5-7 (гр. №1) НПЗ-1 ПАТ «НПК-Галичина»	м. Дрогобич, Львівська обл.	Нафтошлами	III	3,984	1	4,984
29	Шламонакопичувачі № 1-4 (гр. №2) НПЗ-1 ПАТ «НПК-Галичина»	м. Дрогобич, Львівська обл.	Нафтошлами	III	3,769	1	4,769
30	Шламонакопичувачі НПЗ-2 ПАТ «НПК-Галичина»	м. Дрогобич, Львівська обл.	Нафтошлами	III	4,112	1	5,112
31	Шламонакопичувач НГВУ «Бориславнафтогаз» ПАТ «Укрнафта»	м. Борислав, Львівська обл.	Нафтошлами	III	3,045	1	4,045

Значення середнього показника індексу небезпеки хвостосховищ Дністровського басейну в Україні становить 4,993, найменший показник складає – 2,52, найбільший – 7,559. Враховуючи, що максимально можливе значення базового індексу небезпеки хвостосховищ відповідно до [50] дорівнює 12, можна стверджувати про середній рівень небезпеки досліджуваних хвостосховищ за розглянутими критеріями. Цей рівень обумовлений невеликими обсягами хвостів і класом небезпеки (III і IV) їх компонентів. Однак слід враховувати ризики для водних ресурсів, такі як близькість до водного об'єкту, руйнування основних споруд і низький рівень управління хвостосховищами.

Для управління цими ризиками необхідні документальні дані, візуальні спостереження і дані про людей відповідно комплексної оцінки безпеки багатотоннажних накопичувачів рідких промислових відходів.

Згідно з дослідженням поточного стану хвостосховищ у басейні річки Дністер, проведеним у 2018 році, найбільш незадовільний рівень забезпечення належної експлуатації хвостосховищ був визначений у рамках проекту ГЕФ «Сприяння транскордонному співробітництву та комплексному

управлінню водними ресурсами в басейні річки Дністер» [50], зокрема відповідність нормам безпеки становила не більше 50 %.

Таким чином, оцінка ризику хвостосховищ є важливим інструментом для підвищення безпеки цих об'єктів. Це допомагає запобігти або мінімізувати шкоду, яку можуть завдати хвостосховища людям та навколишньому середовищу.

4.2 Рекомендації щодо мінімізації негативного впливу хвостосховищ на водні ресурси басейну Дністра

Техногенне навантаження і довгостроковий видобуток корисних копалин в Україні призвели до значних змін навколишнього середовища і перетворення природних комплексів на природно-техногенні. У процесі видобутку разом з корисними копалинами витягується приблизно така ж кількість відвальних шахтних порід, маса відходів яких щорічно зростає. Гірничо-хімічна промисловість спричиняє забруднення ґрунту та водного середовища як під час, так і після експлуатації. У той же час відходи великих індустріальних комплексів, які зберігаються у спеціально побудованих наземних спорудах, призначених для зберігання і відстоювання шламів – хвостосховищах, становлять особливу небезпеку для водного середовища. Вони представляють собою складні з тривалою функціональністю споруди, які знаходяться не лише під впливом природного середовища, але й багатьох соціально-політичних і економічних факторів та є об'єктами підвищеної небезпеки.

Якщо система хвостосховища порушується через руйнування захисної дамби або витіку забрудненої води, може статися серйозна аварія, при якій велика кількість забрудненої води і відходів скидається неконтрольованим чином. Це може призвести до значного забруднення водних ресурсів, загроз здоров'ю людей і тварин, а також завдати шкоди всій екосистемі. Тому

необхідно вжити всіх необхідних заходів для забезпечення безпеки хвостосховищ як під час експлуатації, так і після завершення видобутку.

На разі вивчення питань екології порушених земель це складне комплексне завдання. На практиці це завжди вимагає прогностичних, попередньо оціночних, проектувальних і кадастрових робіт. Це вимагає необхідних багатобічних знань про відновлення порушених земель, особливості та глибину перетворення натурального природнотериторіального комплексу (ПТК), структуру, динаміку та розвиток антропогенних ландшафтів [49].

Загальноприйняті підходи та методи відновлення порушених земель включають рекультивацію порушених земель та їх окультурення, шляхом створення «культурного ландшафту», збереження антропогенних ландшафтів, створення перспективних техногенних родовищ шляхом подальшої консервації та включення їх до структури регіональних екомереж, які дозволяють аналіз антропогенних ландшафтів промислових територій як заповідників тваринного світу.

Таким чином метою рекультивації є відновлення продуктивності територій, порушених в результаті гірничих робіт, та повернення їх у різні види використання, що передбачає проведення комплексу інженерних, гірничотехнічних, меліоративних, сільськогосподарських та лісогосподарських робіт.

При експлуатації хвостосховища, як правило, не передбачений комплексний підхід до вирішення проблем рекультивації. Це повинно бути пов'язано з регламентованою процедурою виконання гірських робіт, зв'язаних зі зняттям плодоносного шару і його тимчасового складування в зоні хвостосховищ, зняття шару глини і перенесення його в зону рекультивації на поверхню хвостосховища з подальшим формуванням родючого шару регламентованої товщини, що забезпечують оптимальні умови для росту зелених насаджень. Як правило, рекультивація виконується у відриві від відкритих гірничих робіт, що приводить до подорожчання робіт з

рекультивациі і, відповідно, виникає необхідність відновити землю і зробити її придатною для подальшої експлуатації в якості сільськогосподарського об'єкта.

Ми пропонуємо використовувати метод рекультивациі хвостосховищ, який полягає в реалізації наступних етапів:

– на поверхню обвалованого хвостосховища укладається шар піщаноуламкової маси, що представляє собою буферний горизонт між консервованою масою хвостів і вищерозташованими шарами, особливо в цьому випадку можливе використання гірської породи, що зберігаються на підприємстві у відвалах. Таким чином, ми отримуємо подвійний еколого-економічний ефект – рекультивуємо одночасно два типи відвалів. Шар дрібної кварцової гірської породи виключає його прямий контакт водонасичених хвостів з екраном, що насипається поверх них, обриває капілярну облямівку й виключає перенесення шкідливих речовин вгору в верхній шар. Товщина шару не вимагає суворо обмежених меж для використання великого піщаноуламкового матеріалу, що виключає висхідний капілярний рух води;

– поверх піщано-уламкового шару укладається водостійкий шар, товщиною від 0,1 м до 0,15 м, який забезпечує герметизацію хвостосховища. Зазначений шар створюється з глини;

– поверх водостійкого шару укладається дренажний шар, що складається з піщаноуламкової маси, поверх якої розміщують ґрунтову масу, товщиною від 0,1 м до 0,12 м, що складається з шару суглинку і шару чорнозему;

– поверхня рекультивованої ділянки ретельно розплановується по периметру ділянки, всередині валу, що оконтурює хвостосховище, виконують дренажну траншею, дном якої є поверхня водостійкого шару. Ширина канави повинна забезпечувати нормальний потік води;

– здійснюють посів багаторічних культур на основі розвитку кореневої системи, яка покриває всю площу поверхні хвостосховища, що забезпечує зниження рівня пилу в повітрі регіону і знижує собівартість випуску залізорудної продукції.

Описана схема рекультивації заснована на особливості будівництва самого хвостосховища і пов'язаних з ними робіт зі складування ґрунтового родючого шару, добування глинистої маси й нанесення її на поверхню раніше здренованого хвостосховища у вигляді гідроізолюючого шару, наступне формування на гідроізолюючому шарі родючого шару регламентованої товщини, висадження багаторічних культур з розрахунку заповнення їхньою кореневою системою родючого шару по всій площі.

Технічним результатом цього методу рекультивації є зниження витрат. У зв'язку з тим, що це зберігання здійснюється без використання транзитного відвалостворення; сільськогосподарських земель, призначених для розміщення глинистих порід; на рекультивацію відвалів пустої породи

На відміну від рекультивації, окультурення – це більш широка та геокомплексна система оптимізації порушених земель. Але, рекультивація при цьому виступає основним методом процесу окультурення. Фінальним результатом комплексного окультурення – є створення «культурного ландшафту».

В якості одного з варіантів окультурення ландшафтів хвостосховищ рекомендується обвалування в межах дамб, хвостосховища, промислових майданчиків і санітарно-захисних зон (СЗЗ), які підлягають попередньому проведені технічної рекультивації. Лісогосподарське окультурення стане успішним в межах виділених об'єктів, оскільки промислова територія знаходиться недалеко від природного екологічного ядра і коридору, і вже має озеленену під час експлуатації промислового об'єкту СЗЗ.

Однак при виборі дерева або трав'янистої рослинності для хвостосховища необхідно враховувати його стійкість до токсинів, а також еколого-географічне розташування. Суть стійкості виду до токсинів полягає в здатності тканин і клітин нейтралізувати аніони кислот, за допомогою вільних неорганічних катіонів (калію, магнію, натрію). До них відносяться рослини, які в результаті тривалої еволюції пристосувалися рости на ґрунтах, багатих

катионами, таких як лужні, слабо засолені, карбонатні, а також рослини здатні широко реагувати на ґрунтові умови.

Оскільки консервація хвостосховищ можлива при частковій первинній рекультивації, щоб прискорити процеси саморозвитку порушених земель. Цей план зручний і відповідає сучасній тенденції розвитку промислового туризму в Європі та світі.

Ландшафт хвостосховищ басейну річки Дністер служить своєрідним парком ландшафтних технологій, демонструючи гармонійне поєднання природніх і техногенних компонентів ландшафту, забезпечуючи грамотну консервацію та використання інструментів ландшафтного дизайну після розконсервування.

Консервація порушених земель не потребує великих зусиль і витрат – лише адміністративно-організаційних на території одного підприємства чи муніципальної території. Однією з цілей консервації є необхідність збереження найстарішого і найцікавішого об'єкту, як пам'ятки науки і техніки. Такі застарілі землі, які виведені з експлуатації, вже стають культурно-історичними об'єктами і тому можуть стати основою для розвитку на їх основі промислового (індустріального) туризму [49].

Крім того, важливо забезпечити розвиток регіональних екомереж та збереження біорізноманіття природних ландшафтів. У той же час оптимізація порушених земель повинна корегуватись на знаннях про структуру, характеристики і технологію експлуатації конкретного хвостосховища, а також на поліпшенні або раціональній зміні її стану. Тому для кожної ділянки порушеної землі пропонуються свої тенденції розвитку та оптимізації.

На промислово освоєних територіях, у тому числі на території хвостосховищ басейну річки Дністер, при виборі екологічних коридорів необхідно триматися подалі від «природності», визначаючи та фактично обґрунтовуючи можливість розгляду таких хвостосховищ, які традиційно вважаються сильно зміненим людиною.

Загальна оптимізація території хвостосховища дасть змогу після припинення експлуатації техногенних об'єктів ефективно перевести їх із розряду порушених в природноантропогенні. Природно-антропогенні ландшафти, які можуть бути створені на базі хвостосховища та інших територіях, з часом будуть включені в мережу екологічних коридорів місцевості. Це дозволить повернути порушену землю до її природного типу ґрунту, який потім буде включено в межі заповідних територій.

ВИСНОВКИ

Аналіз впливу потенційно небезпечних об'єктів гірничодобувних підприємств і теплових електростанцій на стан навколишнього природного середовища (НПС) є одним з перших кроків в оцінці екологічних ризиків і загроз надзвичайних ситуацій в сучасній прикладній екології. Загальна зношеність промислових активів, відсутність екологічного аудиту як незалежного інструменту оцінки та недостатнє фінансування природоохоронних заходів призвели до низки екологічних проблем як на місцевому так і на національному рівнях.

Відповідно до загального техногенного навантаження, близько 40 % території України класифікується як забруднена і дуже забруднена, а близько 10 % – високозабруднена. Індикатор враховує викиди забруднюючих речовин від гірничодобувних підприємств та теплових електростанцій в атмосферне повітря та водні об'єкти, їх склад та ступінь перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) токсичних речовин в атмосферному повітрі поверхневих та підземних водах промислових та міських агломерацій, а також в ґрунті прилеглих сільськогосподарських угідь.

Антропогенний тиск на довкілля в Україні посилюється через десятиліття масштабного розвитку різних галузей промисловості (гірничодобувної, металургійної, хімічної, енергетичної, машинобудівної) повільний перехід до маловідходних та екологічно чистих технологій і хронічне невиконання природоохоронних програм. Ці процеси особливо сконцентровані поблизу сховищ відходів збагачення корисних копалин та золошлаковідвалів теплових електростанцій (ТЕС).

Так, екологічна ситуація в Україні є найбільш загрозливою серед європейських країн, що робить дуже важливим використання ефективних механізмів підтримки прийняття рішень для підвищення екологічної безпеки.

Всі ці фактори значною мірою визначають актуальність об'єктивної та неупередженої оцінки впливу хвостосховищ, як одного з джерел загроз і ризиків для довкілля, здоров'я та безпеки людини

За оцінками експертів, світове споживання мінеральної сировини досягає 12 млрд тон на рік, а видобуток мінералів і металів досягає 100 млрд тонн на рік.

В Україні при видобутку та переробці сировини на окремих підприємствах утворюється до 1 млрд. тонн відходів на рік, з яких лише від 10 % до 15 % використовується як вторинна сировина. На зберігання відходів закладено 160 тис. га, загальним обсягом понад 25 млрд тон. В результаті утворюються хвостосховища у вигляді золи, шлаку і шламу.

Хвостосховище – це гідротехнічна споруда, комплекс спеціалізованих споруд і обладнання, призначених для зберігання або захоронення радіоактивних, токсичних та інших мінерально-збагачених відходів. На гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК) з видобутої руди отримують концентрат, а відходи переробки передають у хвостосховище. Хвости надходять у вигляді пульпи (пісок, вода).

В Україні є 465 хвостосховищ, які містять 6 мільярдів тонн промислових відходів: з них, з яких 73 % – відходи гірничодобувної промисловості, решта 27 % – відходи переробних та енергетичних галузей промисловості.

Район басейну річки Дністер охоплює території 7 областей України – Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька та Одеська, з підприємствами різних галузей промисловості.

За результатами ідентифікації на території басейну річки Дністер визначено 31 хвостосховища із 162 млн тонн відходів, що перебувають на балансі 12 підприємств. Найбільш небезпечними об'єктами у басейні Дністра визначено хвостосховища трьох підприємств, які знаходяться у критичному стані та потребують термінових заходів щодо попередження аварій: ДП «Роздільське гірничо-хімічне підприємство «Сірка» (три хвостосховища, орієнтовно 108,9 млн тонн); ТОВ «Оріана-Еко» (три хвостосховища об'ємом

26 млн м³); ПАТ «Стебницьке гірничо-хімічне підприємство «Полімінерал» (одне хвостосховище об'ємом 12,74 млн м³). Найкоротша відстань від накопичувачів до водних об'єктів наведених хвостосховищ становить від 10 до 60 м – у разі аварії забруднюючі речовини у складі відходів можуть потрапити в поверхневі та підземні води басейну транскордонної річки Дністер.

Більшість об'єктів експлуатуються від 45 років до 50 років, що призводить до втрати гідроізоляційних властивостей споруд, потрапляння шкідливих речовин із накопичувачів в ґрунт та незахищених водоносних горизонтів. Крім того, деякі небезпечні накопичувачі є недіючими, і на них зберігаються відходи минулого виробництва.

Щоб оцінити небезпеку хвостосховищ у басейні річки Дністер, ми визначили базовий індекс небезпеки хвостосховищ – ІНХ_{Базовий}. Цей індекс враховує ризики, що обумовлені об'ємом хвостів, що зберігаються в хвостосховищі (ємність хвостосховища) та ризики пов'язані з токсичністю речовин, що містяться у хвостах – ІНХ_{СМН} та ІНХ_{Токс} відповідно.

Значення середнього показника індексу небезпеки хвостосховищ Дністровського басейну в Україні становить 4,993, найменший показник складає – 2,52, найбільший – 7,559. Враховуючи, що максимально можливе значення базового індексу небезпеки хвостосховищ дорівнює 12, можна стверджувати про середній рівень небезпеки досліджуваних хвостосховищ за розглянутими критеріями. Цей рівень обумовлений невеликими обсягами хвостів і класом небезпеки (III і IV) їх компонентів. Однак слід враховувати ризики для водних ресурсів, такі як близькість до водного об'єкту, руйнування основних споруд і низький рівень управління хвостосховищами.

Загальноприйняті підходи та методи відновлення порушених земель включають рекультивацію порушених земель та їх окультурення, шляхом створення «культурного ландшафту», збереження антропогенних ландшафтів, створення перспективних техногенних родовищ шляхом подальшої консервації та включення їх до структури регіональних екомереж, які

дозволяють аналіз антропогенних ландшафтів промислових територій як заповідників тваринного світу.

Ми пропонуємо використовувати схему рекультивації хвостосховищ, яка заснована на особливості будівництва самого хвостосховища і пов'язаних з ними робіт зі складування ґрунтового родючого шару, добування глинистої маси й нанесення її на поверхню раніше здренованого хвостосховища у вигляді гідроізолюючого шару, наступне формування на гідроізолюючому шарі родючого шару регламентованої товщини, висадження багаторічних культур з розрахунку заповнення їхньою кореневою системою родючого шару по всій площі. Технічним результатом цієї схеми рекультивації є зниження витрат

В якості одного з варіантів окультурення ландшафтів хвостосховищ рекомендується обвалування в межах дамб, хвостосховища, промислових майданчиків і санітарно-захисних зон (СЗЗ), які підлягають попередньому проведені технічної рекультивації. Лісогосподарське окультурення стане успішним в межах виділених об'єктів, оскільки промислова територія знаходиться недалеко від природного екологічних ядер і коридорів, і вже має озеленену під час експлуатації промислового об'єкту СЗЗ.

Відповідно загальна оптимізація території хвостосховища дасть змогу після припинення експлуатації техногенних об'єктів ефективно перевести їх із розряду порушених в природноантропогенні. Природно-антропогенні ландшафти, які можуть бути створені на базі хвостосховища та інших територіях, з часом будуть включені в мережу екологічних коридорів місцевості. Це дозволить повернути порушену землю до її природного типу ґрунту, який потім буде включено в межі заповідних територій.

У той же час оптимізація порушених земель повинна корегуватись на знаннях про структуру, характеристики і технологію експлуатації конкретного хвостосховища, а також на поліпшенні або раціональній зміні її стану. Тому для кожної ділянки порушеної землі пропонуються свої тенденції розвитку та оптимізації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Євтехов В. Д. Мінеральний склад хвостів Північного гірничозбагачувального комбінату / В. Д. Євтехов, І. А. Федорова // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету. – 2002. – № 1 (7).– С. 90–98.
2. Дослідження щодо загроз для транскордонних вод України. [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Український кризовий медіа-центр. – Режим доступу: <https://uacrisis.org/uk/prezentuvaly-doslidzhennya-shhodo-zagrozdlya-transkordonnyh-vod-ukrayiny> (дата звернення : 05.10.2023).
3. Про затвердження ДБН В.2.4-5:2012 «Хвостосховища і шламонакопичувачі. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво» [Електронний ресурс] / Верховна рада України Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1704-17#Text> (дата звернення: 07.10.2023).
4. Макеєва Д. О. Екологічна небезпека породних відвалів та шляхи вирішення проблеми / Д. О. Макеєва // Проблеми екології. – 2013. – № 1 (31). – С. 43 – 48.
5. Закон України: «Про охорону атмосферного повітря» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12> (дата звернення: 14.10.2023).
6. Коптєва Т. С. Висотна диференціація та різноманіття гірничопромислових ландшафтів Криворіжжя: дисер. на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) / Т. С. Коптєва – Вінниця: ВДПУ, 2021. – 163 с.
7. Koščova M. Geo-Environmental Problems of Open Pit Mining: Classification and Solutions / M. Koščova, M. Hellmer, S. Anyona, T. Gvozdikova // Web of Conferences. – 2018. – Access mode: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101034> (date of appeal: 15.10.2023).

8. Зубова Л. Г. Теоретичні і прикладні основи відновлення техногенних ландшафтів до рівня природних (на прикладі териконових ландшафтів Донбасу): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Л. Г. Зубова. – Дніпропетровськ, 2004. – 32 с.

9. Шибанова А. М. Оцінювання впливу відходів гірничо-хімічних підприємств на якість поверхневих вод / А. М. Шибанова, О. П. Мітрясова, Е. А. Джумеля, М. В. Руда // Екологічна безпека та природокористування, вип. 1 (45), 2023. – С. 17–28. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [1https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.1.17-28](https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.1.17-28) (дата звернення: 17.10.2023).

10. Снітинський В. В. Ґрунтознавство з основами агрохімії та геоботаніки : навч. посібн. / В. В. Снітинський, В. Ф. Якобенчук. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Львів : Аверс, 2006. – 312 с.

11. Mitryasova V. «Environmental risk and state of surface water resources» in Climate change & sustainable development: new challenges of the century: Monograph / V. Mitryasova, Y. Pohrebennyk, A. Bezsonov. – Mykolaiv : PMBSNU – Rzeszow: RzUT, 2021. – PP. 279–288. – Access mode: <https://chmnu.edu.ua/wp-content/uploads/MONOGRAPH-2.pdf> (date of appeal: 17.10.2023).

12. Шапар А. Г. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення екологічного стану земель, порушених гірничими роботами / А. Г. Шапар, О. О. Скрипник, П. І. Копач, та ін. – Дніпропетровськ : Моноліт, 2007. – 270 с.

13. United Nations Environment Programme, International Council on Mining and Metals, & Principles for Responsible Investment. Global Industry Standard on Tailings Management. – 2020 – Access mode: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/36139> (date of appeal: 19.10.2023).

14. Гудзь В. П. Землеробство: Підручник / В. П. Гудзь, І. Д. Примак, Ю. В. Будьонний, С. П. Танчик. – Київ, 2009. – 247 с.

15. Войтків П. С. Технології захисту та відновлення ґрунтів : методичні вказівки для самостійної роботи студентів / П. С. Войтків. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. – 50 с.
16. Панас Р. М. Рекультивація земель : навч. посібн / Р. М. Панас. – Львів : Новий світ – 2000, 2005. – 224 с.
17. Гайдін А. М. Ревіталізація. Відновлення порушених ландшафтів в зонах діяльності гірничих підприємств: Монографія / А. М. Гайдін, Б. Ю. Собко. – Дніпропетровськ : «Літограф», 2019. – 218 с.
18. Руденко Л. Г. Екологічний атлас України. / Л.Г. Руденко. – Київ : Ін-т географії НАН України, 2009. – 104 с.
19. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році / Державна служба України з надзвичайних ситуацій; орг.-викон. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту ДСНС України. Київ : ДСНС України, 2014. – 365 с.
20. Трахтенгерц Г. Я. Вплив накопичувачів відходів гірничозбагачувального комплексу України на довкілля. Довкілля та здоров'я / Г. Я. Трахтенгерц. – Київ : Лібра, 2015. – № 2 (73). – С. 58–61.
21. Вовкодав Г. М. Оцінка впливу на навколишнє середовище шламонакопичувача відходів та небезпечних хімічних речовин у балці Ясинова міста Кам'янське / Г. М. Вовкодав, О. І. Чернякова, К. Д. Щербина // Збалансоване природокористування, 2021. – №1. – С. 67–75.
22. Білявський Г. О. Основи екології: теорія та практикум: Навчальний посібник. / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко, В. М. Навроцький – Київ : Лібра, 2002. – 352 с.
23. Вовкодав Г.М. Аналіз формування гідромеханічного та гідрохімічного режиму підземних вод в зоні впливу шламонакопичувача відходів та небезпечних хімічних речовин у балці Ясинова міста Кам'янське Дніпропетровської області / Г. М. Вовкодав, К. Д. Щербина // Тези VI Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих учених «Галузеві проблеми екологічної безпеки».

23 жовтня 2020 року – Харків : ХНАДУ, 2020. – С. 285–288.

24. Медведєв В. В. Агроєкологічна оцінка земель України та розміщення сільськогосподарських культур / В. В. Медведєв – Київ : Аграрна наука, 1997. – 162 с.

25. Розборська Л. В. Біологічно активні речовини в рослинництві : Методичні рекомендації для виконання практичних робіт студентів факультету плодоовочівництва, екології та захисту рослин за спеціальністю 091 «Біологія» / Л. В. Розборська, А. А. Даценко. – Умань, 2021. – 58 с.

26. Пек Ф.К. Гірничі роботи для закриття: політика й керівництво для практики сталого надрокористування й закриття шахт. ЮНЕП, ПРООН, ОБСЕ, НАТО. / Ф. К. Пек. – Женева, 2005. – 97 с.

27. Інженерна геологія (з основами геотехніки) : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Колектив авторів: В. Г. Суярко, В. М. Величко, О. В. Гаврилук, В. В. Сухов, О. В. Нижник, В. С. Білецький, А. В. Матвєєв, О. А. Улицький, О. В. Чуєнко.; за заг. ред. проф. В. Г. Суярка. – Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2019. – 278 с.

28. Будівництво в сейсмічних районах України. Національний стандарт України. ДБН В.1.1- 12: 2006. – 2006. – Київ, 84 с.

29. Круз А. М. Сучасний стан управління природно-технологічними ризиками. Об'єднаний науково-дослідницький центр Європейської Комісії / А. М. Круз, Л. Ж. Стейнберг, А. Л. Ветере Арельяно. – 2004.

30. Класифікація хвостосховищ гірничодобувної промисловості. Заключний звіт. Підготовлено DHI Water Environment Health у співробітництві з Геотехнічним інститутом Швеції і університетом науки і технології AGH, Краків. Європейська комісія, ГД з навколишнього середовища, 2007. – 204 с.

31. Фредлунд Д. Г. Механіка ненасичених ґрунтів у інженерній практиці / Д. Г. Фредлунд Х. Рахардійо, М. Д. Фредлунд. – Wiley-Interscience: 2012. – 939 с.

32. Довідковий документ з найкращих доступних технологій для управління хвостосховищами й породними відвалами в гірничодобувній діяльності. ЄЕК ООН, 2009. – 511 с.

33. Резюме з інвентаризації хвостосховищ у басейні річки Дністер. [Електронний ресурс] / І. Ніколаєва, Г. Ленько, О. Лободзінський // Дослідження поточного стану хвостосховищ у басейні річки Дністер. – Київ, 2020. – Режим доступу: https://dniester.commission.com/wp-content/uploads/2020/06/Ukr_updSUMMARY_for-public_Dniester-TSFs_GEF_project.pdf (дата звернення: 10.11.2023).

34. Міхеєв О. М. Використання гідрофітних систем для відновлення якості забруднених вод: монографія / О. М. Міхеєв, С. М. Маджд, О. В. Лапань, Я. І. Кулинич – Київ: Центр учбової літератури, 2018. – 171 с.

35. Шевчук Ю. Ф. Аналіз водних ресурсів Чернівецької області та оцінка їх якості: монографія / Ю. Ф. Шевчук – Чернівці: Чернівец. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2019. – 144 с.

36. Хільчевський В. К. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України / В. К. Хільчевський, О. М. Гончар, М. Р. Забоклицька, Р. Л. Кравчинський, В. А. Стащук, О. В. Чунарьов – Київ : Ніка-Центр, 2013. – 256 с.

37. Шкіца Л. Є. Екологічна безпека гірничопромислових комплексів на стадії ліквідації / Л. Є. Шкіца // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2002. – № 461. – С. 287–291.

38. Рудько Г. І. Системний підхід до вирішення природоохоронних завдань в межах гірничопромислових комплексів / Г. І. Рудько // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2002. – № 2 (3). – С. 152–155.

39. Сапко О. Ю. Управління якістю вод р. Дністер, яке враховує транскордонне забруднення / О. Ю Сапко, С. О. Кур'янова, З. І. Шкрум // Третя Всеукраїнська наукова конференція «Євроінтеграція екологічної політики України»: Тези доповідей. – Одеса: ОДЕКУ, 2021. – С. 128–132.

40. Ткаченко К. Ю. Моніторинг техногенного забруднення підземних і поверхневих вод у зоні впливу уранових хвостосховищ Придніпровського хімічного заводу (м. Кам'янське) / К. Ю. Ткаченко, О. С. Скальський, Д. О. Бугай, Т. В. Лаврова, В. П. Процак, Ю. І. Кубко, Р. Авіла, Б. Ю. Зоноз // Геологічний журнал. – 2020. – № 3 (372). – С. 17–35. – Режим доступу: <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.3.206341> (дата звернення: 10.11.2023).

41. Bugai D. O. Analysis of spatial distribution and inventory of radioactivity within the uranium mill tailings impoundment / D. O. Bugai, G. V. Laptev, O. S. Skalskyu, T. V. Lavrova, R. Avila // *Jaderna fizyka ta enerhetyka*. – 2015. – vol. 16, No 3. – PP. 254–261. – Access mode: <https://doi.org/10.15407/jnpae2015.03.254> (date of appeal: 19.10.2023).

42. Полякова І. О. Оцінка рівня небезпек хвостосховищ радіоактивних матеріалів видобувної та переробної промисловості / І. О. Полякова, А. М. Липницький // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2018. – С. 135–142. – Режим доступу: <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnuk/article/view/72> (дата звернення: 03.12.2023).

43. Зеленська Л. І. Еколого-гідрогеологічні проблеми територій, прилягаючих до хвостосховищ Криворізького залізрудного басейну та шляхи їх рішення / Л. І. Зеленська, Г. П. Євграшкіна // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. – 2011. – № 32. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-gidrogeologichni-problemi-teritoriy-prilyagayuchih-do-hvostoshovich-krivorizkogo-zalizadorudnogo-baseynu-ta-shlyahi-yih> (дата звернення: 03.12.2023).

44. Накопичувачі промислових відходів: загрози для транскордонних вод України (OSCE Project Co-ordinator in Ukraine). Онлайн трансляція з Українського кризового медіа центру від 02.03.2021. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/479459>. (дата звернення: 09.11.2023).

45. Шибанова А. М. Оцінювання впливу відходів гірничо-хімічних підприємств на якість поверхневих вод / А. М. Шибанова, О. П. Мітрясова, Е. А. Джумеля, М. В. Руда // Екологічна безпека та природокористування. – 2023. – вип. 1 (45). – С. 17–28. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.1.17-28> (дата звернення: 09.11.2023).

46. Звіт «Глобальний галузевий стандарт управління хвостами» від 05 серпня 2020. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.unep.org/resources/report/global-industry-standardtailingsmanagement> (дата звернення: 22.11.2023).

47. Підвищення безпеки промислових хвостосховищ на прикладі українських об'єктів [Електронний ресурс] : Методологія для підвищення безпеки хвостосховищ. – 2020. – Режим доступу: http://media.voog.com/0000/0036/1658/files/TMF%20Methodology_ukr_05-02-17.pdf (дата звернення: 23.11.2023).

48. Roberta Guimarães N. History of tailings dam failure: Impacts on access to safe water and influence on the legislative framework / N. Roberta Guimarães, Victor R. Moreira, R. A. Joyce Cruz, P. M. Aloysio Saliba, C. S. Míriam Amaral // Science of The Total Environment. – 2022. – Volume 852. – Access mode:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158536> (date of appeal: 19.10.2023).

49. Luo Changtai. Study on the evolution of tailings dam break disaster under complex environment / Changtai Luo, Li Dongwei, Xu Bin // Sustainability. – 2023. – № 20. – Access mode: <https://doi.org/10.3390/su152014728> (date of appeal: 19.10.2023).

50. Kang Fuqi. Analysis of the Dynamic Stability of Tailing Dams: An Experimental Study on the Dynamic Characteristics of Tailing Silt / Fuqi Kang, Wang Guangjin, Li Yaoji, Cai Binting, Li Shujian, Zhao Lei, Li Xiaoshuang // Applied Sciences. – 2023. – № 9. – Access mode: <https://doi.org/10.3390/app13095250> (date of appeal: 19.10.2023).

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

Апробація результатів дослідження