

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський державний університет
імені Петра Могили

Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ
ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У
СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

МОНОГРАФІЯ

Миколаїв – 2016

УДК 005.334:551.311]:[658.567+502/174

Г 83

*Рекомендовано до друку вченою радою ЧНУ ім. Петра
Могили (протокол № 2 від 20 жовтня 2016 року)*

Рецензенти:

Чурсіна Л. А. – доктор технічних наук, професор, зав. кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету;

Рожков І. М. – доктор біологічних наук, професор, професор Николаївського національного університету імені В. Сухомлинського;

Кишак І. Т. – доктор економічних наук, професор, професор Николаївського національного аграрного університету.

Г 83 Григор'єва Л. І. Управління ризиком дефляційних явищ на хвостосховищах у системі ризик-менеджменту переробних підприємств : [монографія] / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2016. – 188 с.

ISBN 978-966-336-352-3

У монографії викладено матеріал багаторічних досліджень авторів при з вивчення ризику виникнення дефляції на поверхні хвостосховищ переробних підприємств з метою розробки екологічно-безпечних способів запобігання цим явищам і включення останніх у систему менеджменту таких підприємств. В монографії приведена численна кількість рисунків, фото і схем з місць лабораторних та польових досліджень на шламосховищі Миколаївського глиноземного заводу та обґрунтовано застосування розробленої технології фітореMediaції поверхні техногенних масивів з точки зору зменшення екотоксикологічного ризику.

Матеріали монографії можуть бути використані науковцями, які працюють у галузі управління якістю, екологічного керування, екологічного менеджменту та екологічної безпеки, а також викладачами і студентами при підготовці і вивченні навчальних курсів за вищезначеними напрямками.

УДК 005.334:551.311]:[658.567+502/174

ISBN 978-966-336-352-3

© Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А., 2016
© ЧНУ ім. Петра Могили, 2016

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНОГЕННИХ МАСИВІВ З ПОЗИЦІЙ ТЕОРІЇ РИЗИКУ	12
1.1. Теорія ризику та класифікація ризику	12
1.2. Методичні підходи до оцінки ризику та управління ризиком	14
1.3. Хвостосховища переробних підприємств як об'єкти потенційного екологічного та токсикологічного ризику	18
1.4. Причини дефляції поверхні техногенних масивів	21
1.5. Токсичність та екотоксичність поллютантів техногенних масивів.....	26
1.6. Методи пригнічення рухливості екополлютантів.....	29
1.6.1. Методи рекультивзації техногенних масивів	30
1.6.2. Методи пілопригнічення на техногенних масивах	34
РОЗДІЛ 2. ДЕФЛЯЦІЯ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ МИКОЛАЇВСЬКОГО ГЛИНОЗЕМНОГО ЗАВОДУ: ФАКТОРИ РОЗВИТКУ, ІНТЕНСИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАЛІДКИ	39
2.1. Матеріали та методи досліджень	39
2.2. Характеристика шламосховища червоних шламів Миколаївського глиноземного заводу	40
2.3. Визначення інтенсивності дефляції на поверхні шламосховища	46
2.4. Моделювання і прогнозування перенесення екополлютантів на прилеглий території внаслідок дефляції поверхні хвостосховища.....	55
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	60

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТ З ПІДБОРУ ТА ОЦІНЦІ ПИЛОПРИГНІЧУЮЧОЇ І ПИЛОЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ РІЗНОМАНІТНИХ ЗАСОБІВ	62
3.1. Обґрунтування вибору засобів для проведення експерименту та методика проведення експерименту.....	62
3.1.1. Постановка експерименту у лабораторних умовах	66
3.1.2. Постановка експерименту на дослідній ділянці	70
3.1.3. Математично-статистична обробка результатів досліджень	73
3.2. Пилопригнічувальна здатність водополімерного матеріалу.....	74
3.2.1. Лабораторні дослідження	84
3.2.2. Польові дослідження.....	88
3.3. Пилопригнічувальна здатність покриття з дернини	93
3.3.1. Лабораторні дослідження	93
3.3.2. Польові дослідження.....	97
3.4. Пилопригнічувальна здатність покриття з очерету	105
3.4.1. Лабораторні дослідження	105
3.4.2. Польові дослідження.....	109
3.5. Вплив кліматично-метеорологічної та гідротехнічної обстановки на шламосховищі на стан засобів пилопригнічення	117
3.5.1. Характеристика метеорологічних і гідротехнічних умов	117
3.5.2. Стан дернини та очеретяних матів в різних метеогідротехнічних умовах	120
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	125
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ПОВЕРХОНЬ ТЕХНОГЕННИХ МАСИВІВ	126
4.1. Технологія впровадження комбінованого способу пилопригнічення і закріплення червоних шламів на шламосховищі червоних шламів МГЗ зйомними	

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

засобами фітореMediaції	127
4.1.1. Технологія виготовлення покриття з очеретяних матів і укладання на поверхні хвостосховища	129
4.1.2. Особливості виготовлення покриття з дернини і укладання на поверхні хвостосховищ	131
4.1.3. Практичні рекомендації щодо застосування комплексного методу пилопригнічення	132
4.2. Фітотехнологія вирощування дернини на поверхні хвостосховища з агресивним середовищем	134

**РОЗДІЛ 5. КОМПЛЕКСНЕ ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ
У РАЙОНІ ДВОХ ПОТЕНЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ
ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ..... 137**

5.1. Невирішене питання утилізації радіаційно забрудненого донного мулу малих річок	138
5.2. Використання радіаційно забрудненого мулу в якості органічної підстилки при закріпленні поверхні шломосховища методом фітореMediaції	146

**РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ ТА
СОЦІАЛЬНИЙ ЕФЕКТИ ПРИ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ
ПОВЕРХНІ ШЛАМОСХОВИЩА ЗАПРОПОНОВАНИМИ
МЕТОДАМИ** 149

6.1. Методика визначення та оцінки відношення «користь-школа» для заходів системи екологічного менеджменту підприємства	149
6.2. Розрахунок відхиленої індивідуальної та колективної токсичної дози для населення з територій, прилеглих до шламосховища МГЗ	150

ЗАКЛЮЧЕННЯ 154

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ У РИСУНКАХ І СХЕМАХ..... 159

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 174

ПЕРЕДМОВА

У монографії представлено результати багаторічних досліджень (2004–2016) групи вчених, які виконувалися в межах гозпрозрахункових науково-дослідних робіт з ТОВ Миколаївський глиноземний завод: НДР «Створення та використання промислової площадки з випробування методів пилопригнічення на шламосховищі МГЗ для проведення екологічної експертизи» (угода № 353–П от 25.08.2005), НДР «Випробування методів пилопригнічення для створення технології закріплення червоних шламів на шламосховищі Миколаївського глиноземного заводу» (угода №1 64–П від 30.12.2004); НДР «Розробка та впровадження системи мінімізації впливу на навколишнє середовище шкідливих підприємств ядерного циклу на основі складення карт радіємності території України» (угода № 3 Н-У від 27.10.10), та НДР ЧНУ імені Петра Могили «Біоекологічна та радіаційна безпека Південного регіону», «Інтегральне радіаційне навантаження на людину: шляхи формування, методи оцінки та контрзаходи» (№ державної реєстрації 0404U003393, 2005–2010), «Розробка методів оцінки і зниження радіоекологічного та екологічного ризиків у техногенно-навантажених районах (№ державної реєстрації 0113U005721, 2013–2016).

Експериментальні дослідження проводилися на поверхні шламосховища № 1 ВАТ «Миколаївський глиноземний завод» (надалі МГЗ) та в лабораторіях: Наукового інституту радіаційної та техногенно-екологічної безпеки ЧНУ імені Петра Могили (керівник – доктор біологічних наук, професор Юрій Андрійович Томілін), кафедри якості, стандартизації та техногенно-екологічної безпеки ЧНУ імені Петра Могили (керівник – доктор біологічних наук, професор Григор'єва Людмила Іванівна). У монографії (розділ 6) також використано матеріали багаторічних радіоекологічних досліджень, виконаних у Миколаївській науково-дослідній лабораторії «Ларані» під керівництвом Томіліна Ю. А. та Григор'євої Л. І.

Автори монографії є головними організаторами і виконавцями цих досліджень. Томілін Ю. А. організував проведення лабораторних та польових (на шламосховищі МГЗ) досліджень з визначення впливу фізико-хімічних умов середовища шламосховища на структуру, стійкість біоматеріалів (очерет, трав'яна суміш), визначення складу суміші, пропорцій мінеральних речовин, які входять до її складу, технології покриття поверхні шламосховища № 1 МГЗ. Він розробив схему

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

розміщення технологічних об'єктів на шламосховищі № 1 МГЗ (ділянка підсушування червоних шламів для вивезення на переробку, водомища-відстійника оборотної води, ділянки для покриття лужностійкою трав'яною сумішшю, ділянки для покриття очеретяними матами), розробив принципи виробництва очеретяних матів та організував їх виготовлення, доставку та укладання на поверхні ділянки шламосховища МГЗ. Ці результати висвітлено у розділах 3,4. Томілін Ю. А. та Григор'єва Л. І. є співавторами одночасного розв'язку екологічних проблем при експлуатації двох потужних промислових об'єктів: утилізації (захоронення) радіоактивних об'єктів довкілля, утворених при експлуатації ЮУ АЕС та утилізації відходів глиземного виробництва на МГЗ (розділ 5). Григор'єва Л. І. зробила аналіз теоретичних підходів до системи екологічного та токсикологічного ризик-менеджменту на підприємствах переробної галузі (розділ 1), організувала проведення досліджень з визначення параметрів дефляції поверхні шламосховища № 1 МГЗ, з врахуванням гранулометрії шламу, з оцінки рівня дефляції; здійснено прогнозування екологічної ситуації у районі прилеглих до хвостосховища населених пунктів через дефляцію поверхні шламосховища № 1 МГЗ – розділ 2. Брала безпосередню участь у проведенні експериментальних робіт (у лабораторних і у польових умовах) з визначення пилопригнічувальної здатності очеретяних матів та дернини (розділ 3); здійснила математичну обробку експериментальних даних; визначила еколого-економічний ефект від впровадження запропонованих засобів фіторе mediaції пилових поверхонь шламосховища МГЗ за методом оцінки «користь–шкода» (розділ 6).

Автори висловлюють вдячність доктору біологічних наук, професору Ю. О. Кутлахмедову, під керівництвом якого проведені експериментальні роботи зі зняття верхнього шару ґрунту (дернини) за допомогою спеціальної машини «TURF CUTTER» на прилеглий до шламосховища № 1 МГЗ території та укладання дернини на експериментальній ділянці, а також проведені лабораторні екотоксикологічні дослідження в лабораторії радіоекологічної надійності біологічних систем відділу біофізики та радіобіології Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України.

Автори висловлюють вдячність усім спеціалістам ТОВ «Миколаївський глиноземний завод», які сприяли проведенню і допомагали у проведенні досліджень на території шламосховищ МГЗ.

Наприкінці монографії основні результати досліджень та фото проведення цих досліджень представлено у вигляді схем та рисунків.

ВСТУП

При сучасних інтенсивних темпах розвитку виробництва існує необхідність подолання або, хоча б часткової, мінімізації виявлених суперечностей між рівнем технологічного процесу та засобами, які підтримують екологічну безпеку життєдіяльності людини та захищають здоров'я людини від негативних наслідків функціонування промисловості. Сьогодні взаємодія промисловості з навколишнім середовищем характеризується масштабними змінами природного стану ландшафтів, атмосфери, виробництвом нових речовин і їх викидами в навколишнє середовище, збільшенням кількості твердих, рідких і пилоутворюючих відходів. Сучасні технології призводять до забруднення ґрунтів, водойм та атмосфери, що негативно відображується на біоті екосистем та людині. Особливо це стосується великих підприємств переробної промисловості.

В Україні існують потужні підприємства кольорової металургії, в яких відходи з видобутку та переробки сировини становлять 1 млрд т/рік, під складування яких відведено 160 тис. га, а їх загальний об'єм перевищує 25 млрд т. Це: Дніпродзержинський хімзавод з відходами уранового виробництва, Східний гірничо-збагачувальний комбінат (м. Жовті Води), Дніпропетровський алюмінієвий та Миколаївський глиноземний заводи (МГЗ). Надзвичайну небезпеку становлять хвостосховища цих підприємств (система складних гідротехнічних споруд, які призначені для складування основних відходів глиноземного виробництва у сухому або рідкому вигляді), які несуть загрозу виникнення техногенної катастрофи (рис. 1). Модернізація даних підприємств не проводилась вже багато років, а відходи від їх виробництва накопичуються і складуються в шламосховищах. Аварія на хвостосховищі металургійного підприємства Ajkai Timfoldgyar Zrt з виготовлення алюмінію в Угорщині у жовтні 2010 року, коли у доквілля було викинуто близько 1,1 млн м³ червоного шламу, сприяла підвищенню уваги до екологічних проблем хвостосховищ підприємств для мінімізації ризику виникнення екологічних та токсикологічних аварій.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Підприємства, в яких відходи з видобутку та переробки сировини становлять 1,5 млн. м³/рік:

Дніпродзержинський хімічний завод (ДХЗ)
з відходами уранового виробництва,
-Дніпровський алюмінієвий завод (ДАЗ),



- Східний гірничозбагачувальний комбінат (СХГЗК), м. Жовті Води
- Миколаївський глиноземний завод (МГЗ) інші

Основна **небезпека** –
від хвостосховищ цих підприємств
(червоні шлами МГЗ
складають 1,2 млн. тон/рік)



які несуть загрозу виникнення **техногенної катастрофи**, аналогічній аварії на металургійному підприємстві з виготовлення алюмінію *Ajkai Timfoldgyar Zrt (Угорщина)*, 2 жовтень 2010.

Рис. 1. Об'єкти кольорової металургії і переробної промисловості, як потенційні чинники техногенно-екологічного ризику

Миколаївський глиноземний завод – це одне з найбільших підприємств в Європі з виробництва кольорових металів. На його території розташовано два шламосховища, перше – розраховано на 20 млн м³ червоного шламу (площа 142 га), а в 2004 році було введено в експлуатацію шламосховище № 2 з технологією «сухого» складування червоного шламу потужністю 1,5 млн м³/рік, яке займає територію в 150 га. Кожного року накопичується 1,2 млн тонн токсичних відходів, які містять метали (Cr, Pb, Cd, Cu, Mn), їх окиси (Al₂O₃, Fe₂O₃, SiO₂, CaO, MgO, SO₃) та велику кількість лугів, що обумовлюють високу лужність (рН=10-12) шламу. Це несе серйозну загрозу забруднення штучних та природних екосистем не лише південного регіону України, а й всієї країни.

Найбільше забруднення атмосфери та прилеглих до хвостосховищ територій відбувається через дефляцію пилоутворюючих поверхонь пляжів і відкосів, що призводить до перенесення токсичних екополутантів (за добу з 1 га – від 2 до 5 т пилу). При внесенні кількості пилу більше 58 кг за місяць на 1 га спостерігається ефект пригнічення життєдіяльності більшості рослин і тварин південного району. З роками

внутрішні греблі хвостосховищ нарощуються, що впливає на дальність поширення пилу з їх поверхні. Це призводить до:

- необхідності збільшення розмірів санітарно-захисної зони хвостосховища,
- можливості погіршення санітарно-гігієнічної обстановки,
- можливості виникнення екологічно-небезпечної ситуації не лише в місці розташування хвостосховища, а через підвищені рівні вмісту важких металів в рослинності – до міграції екополютантів за біологічними ланцюгами, а також – до пригнічення життєдіяльності більшості рослин і тварин.

Одним із шляхів зниження техногенного навантаження на прилеглі екосистеми від впливу токсикантів хвостосховищ промислових відходів є управління станом цих хвостосховищ. Тобто приділення відповідної уваги хвостосховищам в системі екологічного керування переробних підприємств дозволить оптимізувати відношення елементів системи «навколишнє середовище – відходи». Тому, за міжнародними стандартами ISO виробництво будь-якої продукції повинно супроводжуватися мінімальним впливом на природне навколишнє середовище, а підприємства з виробництва цієї продукції мають впроваджувати у своїй діяльності системи екологічного менеджменту відповідно до стандартів ISO серії 14000.

Саме таким підходом ми користувалися у своїх дослідженнях, спрямованих на пошук ефективних методів зниження ризику дефляції та підвищення рівня утримання екополютантів хвостосховищ переробних підприємств.

Задачею пилопригнічення поверхні хвостосховищ займалися такі науковці як Штис С., Кнабе W., Ушаков В. В., Мочалов В. І., Монаков А. С., Моторна Л. В., Нохріна О. І. [99, 100, 101, 110, 151]. Результатами є використання сьогодні таких методів пилопригнічення, як зрошення поверхні хвостосховищ водою з добавками хімічно активних речовин, закріплення бітумною емульсією, латексом, озеленення неробочих площ, гідропосів. Однак ці методи не завжди характеризуються високою стійкістю до метеорологічних умов та до агресивних умов середовища хвостосховищ. У результаті повної біологічної рекультиваци також унеможливується повторне розкриття поверхні хвостосховищ, що є необхідним для шламосховищ червоних шламів. Так, червоні шлами являють собою велике джерело багатьох цінних компонентів: залізо до 40 %, алюміній до 16 %, а також кальцій, кремній, титан, цирконій, галій і золото. Через це додатковою вимогою до покриття поверхонь таких хвостосховищ є можливість розкриття їх пове-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

рхні і, після відбирання шламів – відновлення покриття. А висока лужність червоних шламів ($pH = 10-12$) шламосховищ глиноземних заводів накладає додаткові вимоги на покриття і закріплення поверхні шламосховища: засоби покриття повинні бути стійкими до такого агресивного середовища.

Тому, незважаючи на великий обсяг досліджень і досягнуті успіхи, перспективним і актуальним на сьогодні рішенням проблеми зниження пилоутворення на хвостосховищах переробних підприємств є розробка нових методів закріплення пилових поверхонь хвостосховищ, які засновані на використанні екологічно безпечних засобів покриття, стійких до метеорологічних та агресивних умов середовища хвостосховищ, та обґрунтування використання цих методів в екологічному менеджменті підприємств задля зниження ризику виникнення екологічнонебезпечних явищ.

РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНОГЕННИХ МАСИВІВ З ПОЗИЦІЙ ТЕОРІЇ РИЗИКУ

1.1. Теорія ризику та класифікація ризику

У науковій літературі зустрічається досить різне трактування терміну «ризик». Однак спільним у всіх трактуваннях є те, що ризик визначає певну ймовірність того, чи відбудеться небажана подія і чи виникне несприятливий стан. При цьому, відповідно до сучасних поглядів, ризик зазвичай інтерпретується як ймовірнісна міра виникнення техногенних або природних явищ; ризик супроводжується виникненням, формуванням і дією небезпек і нанесеного, при цьому, соціального, економічного, екологічного та інших видів шкоди. Таким чином, під ризиком розуміють:

- очікувану частоту або ймовірність виникнення небезпек визначеного класу,
- величину можливого збитку (втрат, шкоди) від небажаної події,
- деяку комбінацію цих величин.

Застосування поняття ризик, таким чином, дозволяє переводити небезпеку у розряд вимірюваних категорій. Ризик, фактично, є мірою небезпеки. При цьому часто використовують поняття «ступінь ризику» (*Level of risk*), яке, по суті, не відрізняється від поняття ризик, але лише підкреслює, що мова йде про вимірювану величину.

Усі ці інтерпретації терміну «ризик» використовуються сьогодні при аналізі небезпек і в управлінні, в тому числі, екологічною небезпекою (екологічним ризиком) у цілому, а також безпекою існування техногенних екосистем. Відносно виникнення екологічних небезпек можна розрізнити: екологічний ризик, екотоксикологічний ризик, радіоекологічний ризик.

Екологічний ризик виражає ймовірність екологічного лиха, катастрофи, небезпеки, порушення подальшого нормального функціонування і існування екологічних систем та об'єктів в результаті або антропогенного втручання у природне середовище, або стихійного лиха. Не-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

бажані події екологічного ризику можуть проявлятися як безпосередньо у зонах втручання, так і за їх межами:

$$R_o = \frac{\Delta O(t)}{O} \quad (1.1.1.)$$

де R_o – екологічний ризик; $\Delta O(t)$ – число антропогенних екологічних катастроф і стихійних лих в одиницю часу t ; O – число потенційних джерел екологічних руйнувань на розглянутій території.

Масштаби екологічного ризику оцінюються процентним відношенням площі кризових або катастрофічних територій ΔS до загальної площі розглянутого біогеоценозу S :

$$R_o^s = \frac{\Delta S}{S} \cdot 100 \quad (1.1.2.)$$

Додатковим непрямым критерієм екологічного ризику може служити інтегральним показником екологічності території підприємства, що співвідносить з динамікою щільності населення (чисельності працюючих):

$$O_T = \pm \Delta L = \frac{\pm \Delta M(t)}{S}, \quad (1.1.3.)$$

де O_T – рівень екологічності території; ΔL – динаміка щільності населення (працюючих); S – площа досліджуваної території, ΔM – динаміка приросту чисельності населення (працюючих) протягом періоду спостереження T , $\Delta M = G + F - U - V$, де G , F , U , V – відповідно: G – чисельність народжених за певний період, F – тих, які прибули в цю місцевість на постійне місце мешкання, U , V – померлих і загиблих, які виїхали в іншу місцевість на постійне місце проживання (звільнених).

У цій формулі різниця GU характеризує природний, а FV – міграційний приріст населення на території (плінність кадрів).

Позитивні значення рівнів екологічності дозволяють поділяти території за рівнем екологічного благополуччя і, навпаки, негативні значення рівнів – за рівнем екологічного лиха. Крім того, динаміка рівня екологічності території дозволяє оцінювати зміну екологічної ситуації на останній за тривалі проміжки часу, визначити зони екологічного лиха (демографічної кризи) або благополуччя.

Джерела і чинники екологічного ризику наведені в таблиці 1.1.1.

Джерела і фактори екологічного ризику

Джерело екологічного ризику	Найбільш розповсюджений фактор екологічного ризику
Антропогенне втручання у природне середовище	Руйнування ландшафтів при видобутку корисних копалин; утворення штучних водойм; інтенсивна меліорація; винищення лісових масивів
Техногенний вплив на оточуюче природне середовище	Забруднення водойм, атмосферного повітря шкідливими речовинами; ґрунту – відходами виробництва; зміна газового складу повітря; енергетичне забруднення біосфери
Природне явище	Землетрус, виверження вулканів, паводки, ураган, ландшафтна пожежа, засуха.

Забруднення водойм, атмосферного повітря шкідливими речовинами, ґрунту – відходами виробництва – усе це створює загрозу токсичного отруєння об'єктів довкілля за рахунок екополютантів, які викидаються/скидаються при діяльності підприємств. Тому окремо можна виділити токсикологічний ризик. А у випадку викидів/скидів у довкілля підприємствами радіоактивних речовин – формується радіоекологічний ризик.

1.2. Методичні підходи до оцінки ризику та управління ризиком

З аналізом ризику тісно пов'язаний інший процес – оцінка ризику. Оцінка ризику – це процес, який використовується для визначення величини (міри) ризику аналізованої небезпеки для здоров'я людини, матеріальних цінностей, навколишнього природного середовища та інших ситуацій, пов'язаних з реалізацією небезпеки. Оцінка ризику – це обов'язкова частина аналізу. Оцінка ризику включає: аналіз частоти, аналіз наслідків і їх поєднань.

В англomовній літературі використовують терміни «*risk estimation*», «*risk assessment*», «*risk evaluation*», які часто мають різні значення, але переказуються як оцінка ризику.

Оцінка ризику – це етап, на якому ідентифіковані небезпеки повинні бути оцінені на основі критеріїв прийнятного ризику з метою виділення небезпеки з неприйнятним рівнем ризику, цей крок послужить основою для розробки рекомендацій і заходів щодо зменшення небезпек.

При цьому і критерії прийнятного ризику, і результати оцінки ризику можуть бути виражені як якісно, так і кількісно.

Згідно з визначенням, оцінка ризику включає в себе аналіз частоти і аналіз наслідків. Однак, коли наслідки незначні і частота вкрай мала, досить оцінити один параметр.

Існують чотири різних підходи до оцінки ризику.

Перший – інженерний. Він спирається на статистику поломок і аварій, на імовірнісний аналіз безпеки (ІАБ): побудова та розрахунок дерев подій і дерев відмов – процес заснований на орієнтованих графах. За допомогою перших прогнозують, у що може розвинутиися та чи інша відмова техніки, а дерева відмов, навпаки, допомагають простежити всі причини, які здатні викликати якесь небажане явище. Коли дерева побудовані, розраховується імовірність реалізації кожного з сценаріїв (кожної гілки), а потім – загальна ймовірність аварії на об'єкті.

Другий підхід, модельний, – побудова моделей впливу шкідливих чинників на людину і навколишнє середовище. Ці моделі можуть описувати як наслідки звичайної роботи підприємств, так і збиток від аварій на них.

Перші два підходи засновані на розрахунках, проте, для таких витрат далеко не завжди вистачає надійних вихідних даних. У цьому випадку прийнятним є *третій підхід* – експертний: ймовірності різних подій, зв'язку між ними і наслідки аварій визначають не обчисленням, а опитуванням досвідчених експертів.

В рамках *четвертого підходу* – соціологічного – досліджується відношення населення до різних видів ризику, наприклад, за допомогою соціологічних опитувань.

У дослідженнях з проблеми ризику виник окремий напрям робіт під загальною назвою «Управління ризиком». **Управління ризиком** (*risk management*) – це частина системного підходу до прийняття рішень, процедур і практичних заходів у вирішенні завдань попередження або зменшення небезпеки аварій, попередження або зменшення небезпеки різного роду погіршення ситуації для життя людини або

його здоров'я, захворювань або травм, шкоди матеріальним цінностям і навколишньому природному середовищу.

Для процесу управління ризиком існує кілька назв як в нашій країні, так і за її межами («safety management», «management of process hazards»). Під цими термінами розуміється сукупність заходів, спрямованих на зниження рівня технічного, екологічного ризику, зменшення потенційних матеріальних втрат та інших негативних наслідків аварій або інших ситуацій, що призводять до запобігання або зменшення небезпеки аварій, запобігання або зменшення небезпеки різного роду погіршення ситуації для життя людини або його здоров'я, захворювань або травм, шкоди матеріальним цінностям і довкіллю.

Управління ризиком має бути комплексним, що включає в собі різні аспекти – технічні, організаційно-управлінські, соціально-економічні, медичні, біологічні та ін.

Загальним в оцінці ризику і керуванням ризиком є те, що вони виступають двома стадіями єдиного процесу прийняття рішення, заснованого на характеристиці ризику. Така спільність обумовлена їх головною цільовою функцією – визначенням пріоритетів дій, спрямованих на зменшення ризику до мінімуму, для чого необхідно знати як джерела і фактори (аналіз ризику), так і найбільш ефективні шляхи його скорочення (управління ризиком).

Основна відмінність між цими двома поняттями полягає в тому, що оцінка ризику будується на фундаментальному, перш за все природно-науковому і інженерному, вивченні джерела (наприклад, хімічного об'єкта) і факторів ризику (наприклад, забруднюючих речовин з урахуванням особливостей конкретної технології і екологічної обстановки) та механізму взаємодії між ними.

Управління ризиком має справу з аналізом альтернатив по мінімізації ризику, тобто окремим випадком класу багатокритеріальних задач прийняття рішення в умовах невизначеності.

Оцінка ризику є основою для дослідження і вироблення заходів управління ризиком відповідно до алгоритму дій. Заключна фаза процедури оцінки ризику – характеристики ризику – одночасно є першою ланкою процедури управління ризиком.

Для управління ризиком його необхідно проаналізувати і оцінити. Зважаючи на наведене вище визначення ризику, його кількісний показник являє собою чисельні значення ймовірності настання небажаної події і/або результатів небажаних наслідків (збитків). Кількісно ризик може бути визначений як частота (розмірність – зворотня величина до часу) реалізації небезпеки.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

У міжнародному стандарті ISO/IEC 31010:2009 «Risk management (Risk assessment techniques)» та в ідентичному національному стандарті України ДСТУ ISO/IEC 31010:2013 «Керування ризиком (Методи загального оцінювання ризиком)» наведено положення щодо методів, принципів та підходів ризик-менеджменту, які дозволятимуть втілювати останні у загальний менеджмент підприємства.

Менеджмент ризику допомагає в прийнятті рішень в умовах невизначеності і можливості виникнення подій або обставин (планових і непередбачених), що впливають на досягнення цілей організації.

Менеджмент ризику включає застосування логічних і системних методів для:

- Обміну інформацією та консультацій в галузі ризику;
- Встановлення сфери застосування при ідентифікації, аналізі, оцінці і обробці ризику;
- Моніторингу та аналізу ризику;
- Реєстрації отриманих результатів та складання звітності.

Оцінка ризику є частиною процесу ризик-менеджменту і представляє собою структурований процес, в рамках якого ідентифікують способи досягнення поставлених цілей, проводять аналіз наслідків і ймовірності виникнення небезпечних подій для прийняття рішення про необхідність обробки ризику. Основною метою оцінки ризику є уявлення на основі об'єктивних свідчень інформації, необхідної для прийняття обґрунтованого рішення щодо способів обробки ризику. [ДСТУ ISO/IEC 31010-2011]

Оцінка ризику забезпечує:

- Розуміння потенційних небезпек і впливу їх наслідків на досягнення встановлених цілей організації;
- Отримання інформації, необхідної для прийняття рішень;
- Розуміння небезпеки і її джерел;
- Ідентифікацію ключових чинників, що формують ризик, уразливих місць організації і її систем;
- Можливість порівняння ризику з ризиком альтернативних технологій, методів і процесів;
- Обмін інформацією про ризик і невизначеності;
- Інформацію, необхідну для ранжирування ризику;
- Вибір способів обробки ризику;
- Відповідність правовим і обов'язковим вимогам;
- Отримання інформації, необхідної для обґрунтованого рішення про прийняття ризику відповідно до встановлених критеріїв;
- Оцінку ризику на всіх стадіях життєвого циклу продукції.

1.3. Хвостосховища переробних підприємств як об'єкти потенційного екологічного та токсикологічного ризику

За оцінками спеціалістів світове споживання мінеральної сировини досягло 12 млрд тонн на рік, а видобуток корисних копалин та металів щорічно складає 100 млрд тонн. В Україні існують підприємства, в яких відходи з видобутку та переробки сировини становлять 1 млрд т/рік, з яких лише 10–15 % використовується в якості вторинних ресурсів. Під складування відходів відведено 160 тис. га, а їх загальний об'єм перевищує 25 млрд тонн. У результаті цього виникають хвостосховища у вигляді попелу, шлаків, шлаків.

Хвостосховище – це гідротехнічна споруда, комплекс спеціальних споруд та обладнання, які призначені для складування або захоронення радіоактивних, токсичних та інших відвальних відходів збагачення корисних копалин. На гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК) із видобутої руди отримують концентрат, а відходи переробки перемішують у хвостосховища. Хвости надходять у вигляді пульпи (пісок, вода).

Здебільшого хвостосховище відгороджується дамбою, яка намивається із хвостів і додатково зміцнюється. У хвостосховищі відбувається процес поступового осідання твердої фази хвостів, іноді за допомогою спеціального додавання реагентів-коагулянтів та флокулянтів. Відстояна вода піддається очищенню та скидається у локальні водойми або повертається на збагачувальну фабрику для технологічних потреб.

На сьогодні в Україні хвостосховища мають усі потужні підприємства з видобутку та переробки сировини. Це: Запорізький алюмінієвий комбінат (ЗАК), Дніпровський алюмінієвий завод, Східний гірничо-збагачувальний комбінат (м. Жовті Води), Миколаївський глиноземний завод (МГЗ) та інші.

Нормативною базою будівництва і введення в експлуатацію хвостосховищ є державні будівельні норми України ДБН В.2.4-2011 Хвостосховища і шламонакопичувачі [50]. Ці норми сприяють забезпеченню технологічної та екологічної безпеки хвостосховищ, які експлуатуються підприємствами. Однак, як свідчить практика, екологічні проблеми, пов'язані з хвостосховищами, виникають як під час експлуатації підприємств, так і після виведення останніх з експлуатації.

Так, надзвичайну небезпеку становлять хвостосховища і шламонакопичувачі Калуш-Голинського родовища калійних солей. Ці об'єкти,

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

за висновками експертів, можуть викликати просідання земної поверхні, утворення провальних воронок, карстів, зсувів, забруднення водних ресурсів і земель. Екологічні проблеми існують також у м. Дніпродзержинськ, де розташоване хвостосховище уранового виробництва, яке було збудоване ще за радянських часів, коли відповідних стандартів щодо поводження і зберігання токсичних речовин не існувало.

Крім того, екологічні проблеми хвостосховищ існують і після виведення з експлуатації промислового об'єкта. Так, хвостосховища колишнього Придніпровського хімічного заводу (ПХЗ) знаходяться в занедбаному стані і є джерелом радіонуклідного забруднення поверхневих та підземних вод, ґрунтів та повітря міста та районів. Через це на Дніпропетровщині існує постійна загроза радіонуклідного забруднення. Взагалі хвостосховищ колишнього Придніпровського хімічного заводу – дев'ять. ПХЗ було першим радянським підприємством із виробництва уранового концентрату для військового та мирного використання. У 1991 році з розпадом Радянського Союзу виробництво припинило своє існування, а уранова спадщина залишилась Україні. Спадщина налічує, за різними підрахункам, від 36 до 42 млн тонн радіоактивних відходів. Особливо небезпечними є хвостосховище «Дніпровське»: поховано 5,6 млн тонн відходів переробки уранових руд, аварійний стан хвостосховища спричиняє постійну міграцію радіонуклідів в алювіальний водоносний обрій, до річок Коноплянка та Дніпро, накопичується в донних відкладеннях. Також, небезпеку становлять хвостосховища «Західне», «Центральний Яр», «Південно-Східне», база «Сухачівська». На території бази «Сухачівської» відбулося забруднення ґрунтів і залізничних насипів внаслідок вітрового рознесення радіоактивного пилу. База продовжує бути особливо загрозливою для доквілля, тому що відходи на цьому сховищі не мають захисного шару.

При отриманні глинозему з бокситів лужним способом Байєра [91] відходами виробництва є червоний шлам, який складається на величезних відкритих шламових полях поблизу глиноземних заводів (шламосховищах або шламонакопичувачах). При цьому на кожну тонну глинозему, отриманого за цим способом, виходить більше тонни червоного шламу, а способом спікання – до 2,5 тонн. Шламонакопичувачі – це відкриті земельні ємності, які розташовані поза територією заводів і призначені для накопичення проектної кількості шламів. Шлам подається трубопровідним транспортом або підвозиться автомашинами.

Аварія з вивезенням червоних шламів поза межі шламосховища відбулась у жовтні 2010 року в Угорщині на металургійному підприємстві з виготовлення алюмінію Ajkai Timfoldgyar Zrt, в результаті якої

була зруйнована дамба, що захищала резервуар з токсичними відходами. Руйнування дамби спричинило викид в навколишнє середовище, за різними оцінками, близько 700 тисяч м³ червоного шламу, внаслідок чого були забруднені великі території.

Особливості будови шламосховища впливають на його характеристики, як джерела надходження пилу та екополютантів у довкілля. Зовнішні відкоси дамб і висохлі поверхні шламосховища є пиловими поверхнями та джерелами пилового і аерозольного забруднення атмосферного повітря, тобто сприяють потраплянню небезпечних полютантів до людини інгаляційним і травним шляхами. Тому однією з екологічних проблем шламосховища червоних шламів Миколаївського глиноземного заводу є пилоутворення і перенесення полютантів з вітром. До того ж червоний шлам, з якого вилучений окис алюмінію, забруднений лугом, що також являє загрозу для навколишнього середовища і людини.

У лютому та березні 2011 року мали місце факти значного пилення червоного шламу на обох шламосховищах МГЗ (№ 1 та № 2), під час яких поривами вітру пил червоного шламу здіймався у повітря та у подальшому розносився на прилеглі сільськогосподарські поля та розташовані поблизу населені пункти. За дослідженнями Державної екологічної інспекції в Миколаївській області встановлено факти забруднення ґрунту на земельних ділянках сільськогосподарського призначення загальною площею 75000 м².

Таким чином, основний механізм забруднення території навколо хвостосховищ – це вітрова діяльність та вторинне підіймання пилу з пляжів і відкосів. Ширина зони вторинного забруднення може досягати 700–900 м і більше від хвостосховища [134]. Хвостосховища промислових об'єктів здійснюють найбільший внесок (80 %) у забруднення довкілля викидами пилу та токсичними екополютантами [10, 15, 58]. Через те, що хвостосховища характеризуються великими площами, під дією атмосферних умов, на них виникають процеси пилоутворення (за добу з 1 га – від 2 до 5 тонн пилу), що сприяють розповсюдженню екополютантів у вигляді пилу і аерозолів на великі території.

Крім того, в процесі експлуатації кількість відходів у внутрішніх дамбах збільшується, що впливає на дальність розповсюдження пилу з їхньої поверхні. Це призводить до необхідності збільшення розмірів санітарно-гігієнічної зони хвостосховища. Окрім існування вірогідності безпосереднього погіршення санітарно-гігієнічної обстановки, можуть виникати небажані екологічні наслідки не лише в місцях розташування шламосховища. Також це може призвести до підвище-

ного вмісту токсичних екополютантів в рослинності, що сприятиме їхній міграції за біологічними ланцюгами.

Взагалі території, які відводяться під хвостосховища, мають великі площі (сотні гектарів землі), які часто перевищують територію самих підприємств, в результаті навколо них формується велика кількість забрудненого ґрунту, води і повітря. За даними досліджень встановлено, що при винесенні кількості пилу більше 58 кг в місяць на 1 га, спостерігається ефект пригнічення життєдіяльності багатьох рослин і тварин цього району [31, 39].

Таким чином, висока інтенсивність процесів видобутку та переробки мінеральної сировини, яка характерна для сучасного розвитку металургійних, гірських та перероблюючих підприємств, пов'язана з ймовірністю значного забруднення навколишнього середовища і потребує вдосконалення існуючих та розробки нових заходів і способів зменшення впливу на довкілля і людину екополютантів хвостосховищ цих підприємств.

1.4. Причини дефляції поверхні техногенних масивів

Надходження шкідливих речовин у довкілля з хвостосховищ відбувається за рахунок пилоутворення, дефляції і міграції у підземні водоносні горизонти (рис. 1.4.1.).

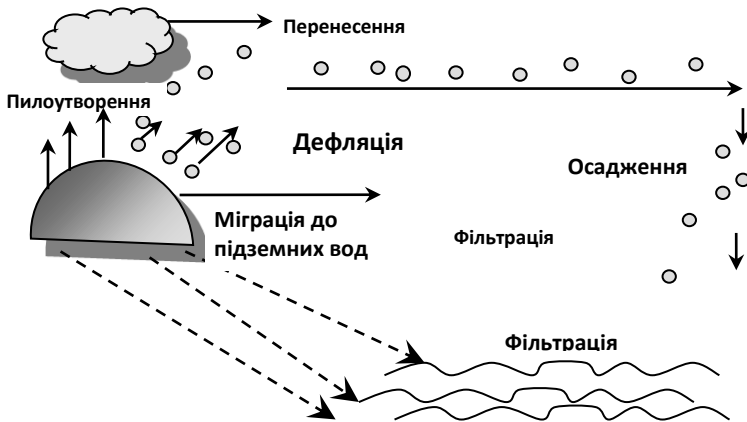


Рис. 1.4.1. Схема надходження екополютантів хвостосховищ у довкілля

Поверхневий стік речовин залежить від характеру ландшафту, типу і жорсткості підстильної поверхні, щільності рослинного покриву, пори року, характеру і кількості опадів. В умовах гірського ландшафту, при гладкому кам'яному покритті, позбавленому рослинності, і в період інтенсивних дощів об'єм поверхневого рідкого і твердого стоку поллютантів є максимальними. Велике значення для поверхневої активності стоку поллютантів із водозбірної площі, особливо із заплав рік, мають періоди весняних і осінніх паводків.

Крім поверхневого стоку потрібно враховувати вторинне вітрове підймання пилу, котрий попередньо осів на поверхні ґрунту. У разі високої вітрової активності на прибережних територіях можливе потрапляння токсичних речовин у водянні і наземні екосистеми внаслідок пилоутворення і вторинного вітрового підймання. Розповсюдження в довкіллі шкідливих домішок у вигляді пилу і аерозолів підпорядковується відомим законам [40], у результаті формується хімічна хмара, яка з вітром рухається у просторі. Під час руху повітряних мас ці поллютанти залежно від погоди, опадів, зміни вітру і турбулентного переміщення потоків повітря, поступово розсіюються. При цьому велике значення має вертикальна складова градієнту температури повітря. Вертикальний температурний профіль атмосфери залежить від температури повітряної маси і поверхні землі, теплового балансу на поверхні землі (потоків сонячної радіації, що надходить до землі, і тепла, що відходить від землі), вологості атмосфери, туманності т. ін. Середня швидкість вітру є найважливішим параметром дисперсії, що визначає напрямок переміщення та кількість повітря, яке «розбавляє» екополлютанти. Інші важливі чинники, від яких залежить випадання поллютантів з атмосфери і осадження на поверхні, – це опади, що вимивають речовини з хмари, структура ландшафту чи рельєфність земної поверхні, тип рослинного покриття. Із переміщенням токсичної хмари в атмосфері відбувається осадження аерозольних частинок на землю і поверхню води під дією електростатичних сил (аерозолі несуть позитивний заряд, а ґрунт і вода – негативний заряд); гравітаційного осадження (чим більшими є частинки аерозолу, зокрема пилу, тим ближче від джерела викиду вони випадають); через фільтрацію аерозолів і пилу деревами, будівлями і вимивання дощем.

У забрудненні довкілля від хвостосховищ основний внесок (80 %) приходить саме на пилоутворення і дефляцію. Дефляція – це перенесення часточок ґрунту (чи часточок іншої поверхні) під дією вітру. Під *ерозійно-дефляційними* процесами, які виникають на поверхні ґрунтів, розуміється сукупність взаємопов'язаних процесів відриву, перенесен-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

ня і відкладення ґрунту поверхневим стоком, тимчасовим водним потоком і вітром. Дефляція виникає за умови сильних вітрів, які видувають часточки ґрунту. Інтенсивність видування поверхні значною мірою залежить від її гранулометричного складу і вмісту в ній гумусу. Сутність дефляції полягає в тому, що під впливом тих чи інших сил відбувається відрив частинок від моноліту ґрунту або підстилаючої породи.

Дефляція призводить до видування з поверхневого шару частинок, які можуть переноситись на значну відстань і осідати в місцях, де послаблюється підйомна сила вітру. Необхідною умовою прояву дефляції є наявність вітру із швидкістю, достатньою для перенесення ґрунтових часток. Максимальне проявлення дефляції спостерігається під час ураганних вітрів, коли в повітря піднімається велика маса пилоподібних часток. На ґрунтах супіщаного гранулометричного складу вітрової ерозія починає проявлятися при швидкості вітру 3–4 м/с, на легкосуглинкових – 4–6 м/с, на важкосуглинкових – 5–7 м/с і на глинистих – 7–8 м/с. Пісок (0,05–0,10 мм) переміщується при швидкості вітру 3–3,5 м/с на висоті 15 см. При збільшенні сили вітру – зростає інтенсивність вітрової ерозії.

Дисперсність пилу та аерозолів мають суттєве значення для їхнього вітрової перенесення. Найлегше по поверхні переміщуються ґрунтові агрегати розміром 0,1–0,5 мм у діаметрі, які під впливом вітру набирають руху з частотою обертання 200–1000 хв⁻¹. Агрегати від 0,6 до 1 мм пересуваються, перекочуючись, труться один об одного, співб'ються, руйнуються і кількість грудочок, найбільш ерозійно активних, розміром 0,1–0,5 мм, збільшується [9].

Для пересування агрегатів ґрунту, більших за 1 мм, необхідна швидкість вітру понад 11 м/с на висоті 0–15 см. Швидкість повітряного потоку, за якої починають пересуватися ґрунтові агрегати розміром 0,25; 0,25–0,5; 0,5–1; 1–2; 2–3 і 3–5 мм у діаметрі, становить відповідно 3,8; 5,3; 6,8; 11,2; 13,1 і 17,6 м/с.

На граничну швидкість вітру, а, значить, на інтенсивність дефляції, впливає багато факторів: кліматичні умови, гранулометричний склад ґрунту, щільність мінеральних часток (питома маса твердої фази), сила зчеплення з іншими частками, захищеність поверхні ґрунтів, господарська діяльність людини. Крім того, на критичну швидкість вітру (таку, з якої починається перенесення частинок), впливає багато факторів. Основні з них: маса і розмір частинок, сила зчеплення між частинками, кліматичні умови [94]. Через це при визначенні масштабів забруднен-

ня прилеглої до хвостосховища території від дефляції полютантів потрібно враховувати усі ці фактори для конкретних умов хвостосховища.

Розрізняють зони дефляції, звідки видувається ґрунт, і зони акумуляції, де він нагромаджується. У зоні акумуляції на суглинкових ґрунтах утворюються наносні ґрунти, а під час розвіювання пісків – похований під них ґрунт.

Розрізняють два типи дефляції: повсякденну і пилові бурі. Повсякденну дефляцію спричинюють вітри навіть малих швидкостей (5 м/с), відбувається вона повільно і непомітно, переважно на піщаних, супіщаних і карбонатних ґрунтах. Найсильніше повсякденна дефляція проявляється на вітроударних схилах, які не захищені лісосмугами. Пилові, або чорні, бурі – це найактивніший і найшкідливіший вид дефляції. Такі бурі виникають під впливом сильного вітру (зі швидкістю понад 10–15 м/с) і можуть поширюватись на великі території, знищити посіви на сотнях тисяч гектарів, знести багато родючого ґрунту. Так, наприклад, при швидкості вітру 22–24 м/с і тривалості від 10 до 20 годин на рік можливе перенесення пилу 10–20 т/га [154].

Рух частинок поверхні підчас вітру починається під впливом взаємодії динамічних і статичних сил, які виникають за обтікання їх поверхні повітряним потоком. Коли потік повітря рухається на кулясту частинку, яка вільно лежить на поверхні ґрунту, то на неї діє кілька сил: гравітації (P_g), лобового натиску повітря (P_n), зчеплення, підймальна (P_n) (рис. 1.4.1).

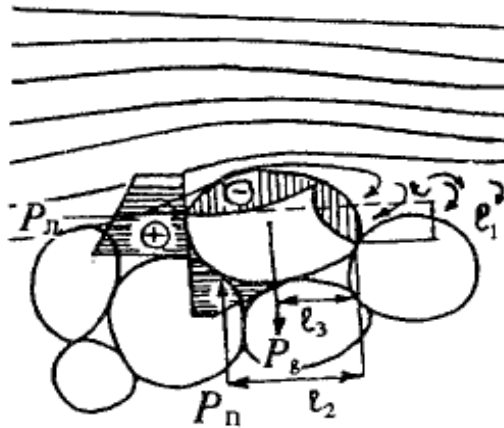


Рис. 1.4.1. Схема дії повітряного потоку на частинку червоного шламу

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Якщо сумарне значення гравітації, атмосферного тиску і сили зчеплення приблизно дорівнює силі лобового напору повітря, частинка починає рухатись, ковзати по поверхні. Якщо сума сил гравітації і зчеплення менша за підймальну силу, вона підіймається у повітря. Відповідно сила лобового натиску:

$$P_n = \alpha \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2g} \cdot d,$$

де α – коефіцієнт лобового натиску, ρ – щільність повітря, V – швидкість вітру, d – діаметр частинки, g – прискорення вільного падіння.

Підймальна сила частинки виникає внаслідок того, що в межах висоти, яка дорівнює діаметру частинки, швидкість руху повітря є різною. Потік, що надходить під частину кулястої грудочки, через шорсткість поверхні ґрунту, має меншу швидкість і більшу щільність. Внаслідок цього над частинкою утворюється зона пониженого тиску, а під частинкою – підвищеного. Виникає підймальна сила, що діє на частинку:

$$P_n = \beta \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2g} \cdot d,$$

де β – коефіцієнт підймальної сили, інші позначення наведено вище.

Сучасна ерозія, як правило, проявляється у випадку поєднання природних та соціально-економічних груп чинників. Природні чинники створюють умови для виникнення ерозії, а неправильна виробнича діяльність людини є основною причиною, що призводить до інтенсифікації її розвитку.

До природних чинників належать: рельєф місцевості, клімат, опади, вітер, температура, рослинність і сам ґрунт. Відповідно до рельєфу вітрова ерозія насамперед проявляється на випуклих ділянках поверхні та на схилах з переважаючими вітрами. Визначальним чинником процесів ерозії є кліматичні особливості будь-якого району. При цьому найважливіше значення має кількість атмосферних опадів та їх інтенсивність, швидкість вітру.

Територія України є своєрідним районом інтенсивних атмосферних процесів. Циркуляція повітряних мас визначає систему панівних вітрів: на заході переважають вітри західних румбів, що несуть потік повітря з Атлантики, на сході – південно-східних та південних, зумовлені наявністю сибірського антициклону. Внаслідок зіткнення теплої повітряної маси з холодним вітровим бар'єром вітер

посилюється до 25–30 м/с і більше, що призводить до поземки та пилових бур.

Різкі коливання температури та вологості повітря в зимовий та ранньовесняний періоди знижують звязність ґрунтових агрегатів через замерзання і відтанення ґрунту, що чергуються. Руйнування ґрунтозахисних агрегатів ≥ 1 мм досягає на чорноземах важко-суглинкових 41–55 %, середньо і легкосуглинкових – 58–80 %, а на темно-каштанових легкосуглинкових ґрунтах – 76–85 %. За таких умов виникає 100 % дефляція.

Ступінь розвитку дефляції залежить від пилоутворювальної площі. Із збільшенням таких площ підвищується швидкість вітру над поверхнею ґрунту, насиченість повітряного потоку пилом і відповідно руйнівна сила його (лавинний ефект). Виникнення та розвиток вітрової ерозії значно залежить від гранулометричного складу ґрунту. У природному стані видуваються легкі ґрунти – піщані та супіщані. Легко видуваються розорані карбонатні чорноземи та карбонатні темно-каштанові ґрунти.

Залежно від вітрової активності, на Україні виділяють декілька провінцій. Провінція найактивнішої дефляції розташована на південному сході (південні частини Миколаївської, Запорізької, Донецької, Луганської і Херсонської областей).

Після винесення екополютантів з поверхні хвостосховища з пилом або за рахунок дефляції, вони осідають на поверхню ґрунту прилеглих територій, а далі можуть мігрувати за різними ланцюгами: виноситися рослинами і включатися у трофічні ланцюги, потрапляти із поверхневим стоком на відповідні водозбірні площі струмків, річок та інших водоймищ. Забруднене пилом повітря шкідливо діє на рослини, часточки пилу затримують на своїй поверхні пару смол, масел, екополютантів, кислот і лугів. Частинки пилу міцно фіксуються на різних об'єктах навколишнього середовища, вкриваючи стовбури, гілки і листя дерев, при цьому закупорюються пори і тим самим порушуються біологічні процеси синтезу вітамінів, вуглеводів, білків та інших поживних речовин, що призводить до погіршення стану рослин, а то й до повної їх деградації.

1.5. Токсичність та екотоксичність полютантів техногенних масивів

Через те, що за кількістю розповсюдження і небезпекою для екологічних систем важкі метали, зокрема свинець, ртуть, кадмій, вже бли-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

зько 20 років тому перевищували такі забруднювачі, як двоокис вуглецю та сірки, поступаючись тільки пестицидам, то токсикологічний ризик від полютантів хвостосховищ, в першу чергу, формується від розповсюдження у прилеглому до хвостосховищ середовищі саме цих полютантів, а також лугів.

Луги – це гідроксиди лужних металів і амонію. До них належать добре розчинні у воді основи, причому реакція супроводжується сильним тепловиділенням. Гідроксиди лужних металів є твердими, білими, дуже гігроскопічними речовинами. Відходи лугів повинні обов'язково піддаватися утилізації, щоб не завдати шкоди екологічній обстановці регіону. При взаємодії зі шкірою і слизовими оболонками луги забирають воду і руйнують білки, утворюючи з ними так звані лужні некрози. При потраплянні на шкіру їдкою лугу утворюється м'який рихлий струп, який не перешкоджає проникненню лугу в більш глибокі шари тканин. Аерозолі лугів можуть викликати вогнища масового хімічного ураження. Вражаючий ефект при їхній дії обумовлений утворенням виразок на слизових оболонках. Така ситуація виникає при розгерметизації ємностей при аваріях на транспорті або на виробництві. В осередку утворюється суцільна зона зараження, бо аерозольна хмара є важчою за повітря і зміщується за вітром.

У районах із високим рівнем атмосферного забруднення поглинання рослинами кадмію, свинцю з повітря перевищує їхній кореневий доступ, і за абсолютною кількістю складає в окремих випадках 99 % вмісту цих елементів в рослинах [106]. Головними факторами, які визначають накопичення кадмію та свинцю в ґрунтах та доступність його рослинам, є механічний склад і властивості ґрунту, розчинність та рухомість кадмію в ньому. Рух кадмію відбувається інтенсивніше в більш легкому за механічним складом ґрунті. У багатьох випадках поглинання кадмію рослинами знаходиться в прямій залежності від рівня доступності його в ґрунті або в поживному розчині.

При надходженні важких металів у рослини, в першу чергу, порушується твірна тканина, потім настає порушення зони розтягнення клітин, де в звичайних умовах йде процес утворення корневих волосків. У результаті відбувається порушення функції коренів, йде поступове відмирання кореневої системи, здатності до поглинання поживних речовин, що наприкінці призводить до загибелі рослин.

Зазвичай у рослинах значна частина важких металів знаходиться в корінні, причому там їх кількість є в 2–2,5 рази більшою, ніж у надземній частині (на прикладі Pb та Hg). Однак при високих концентраціях (наприклад, 200 мг/л Hg та 200 мг/л Pb) захисні механізми рослин, які

пов'язані з кореневою системою, «випрацювуються» і вже не можуть перешкоджати проникненню важких металів у надземну частину, і саме тоді відбувається їхнє інтенсивне проникнення в рослину. При подальшому розвитку рослин рівень важких металів в них продовжує збільшуватись відповідно до кількості, яка надійшла у середовище живлення рослини. Рослини починають страждати від надлишку накопичених металів, що може привести до повної загибелі рослини.

Кадмій належить до токсичних елементів; він є одним із основних полютантів навколишнього середовища, але не належать до ряду біогенних. На відміну від інших токсичних металів (свинець, ртуть), кадмій відносно легко поглинається кореннями рослин. На надходження кадмію у рослини впливають такі фактори, як розчинність різних його сполук, рН ґрунту, вміст органічної речовини та інших металів у ґрунті. Рослини сильно різняться за своєю стійкістю до впливу кадмію, темпами його засвоєння та акумуляції. Кадмій, що осів з атмосфери на надземні частини рослин, засвоюється ними. У рослин кадмій пригнічує ріст, процеси фотосинтезу, змінює активність ряду ферментів. З кормових культур максимальне нагромадження кадмію відзначається в листах кукурудзи, яка використовується як зелений корм для тварин, що може приводити до підвищеного надходження кадмію до організму домашньої худоби. Підвищений вміст кадмію в рослинах, не спричиняючи фітотоксичної дії, може зробити ці рослини непридатними до вживання в їжу людині і на корм худобі.

Токсичність кадмію полягає в тому, що в організмі людини кадмій акумулюється, в основному, в нирках, печінці та дванадцятипалому кишечнику. З віком вміст кадмію збільшується, особливо у чоловіків. Границя токсичності складає 30 мкг/добу. Кадмій здатний заміщувати цинк в ензиматичних системах, необхідних для формування кісткової тканини, що супроводжується важкими захворюваннями (Ітай-ітай) [65]. Кадмій також може заміщувати кальцій в специфічному білку кальмодуліні і приймати участь в інших фізіологічних процесах, які регулюють поглинання кальцію. При певних умовах цинк збільшує затримку кадмію в печінці і нирках. В Україні гігієнічними нормативами вмісту кадмію в продуктах харчування (у мг/кг сирової речовини) є наступні: у м'ясопродуктах – 0,05; зерні – 0,03; хлібі – 0,05; овочах – 0,03; фруктах – 0,03; молоці – 0,03.

З атмосфери у ґрунт свинець потрапляє найчастіше у формі оксидів, де поступово розчиняється, переходячи в гідроксиди, карбонати або форму катіонів. Загальна кількість свинцю, що може затримати метровий шар ґрунту на 1 га, досягає 500–600 т. Такої кількості свин-

УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

цю навіть при дуже сильному забрудненні у звичайній обстановці не буває. Грунти піщані, мало гумусові є стійкими проти забруднення: вони слабо зв'язують свинець, легко віддають його рослинам або пропусають через себе з фільтровими водами.

Токсичний вплив свинцю при потраплянні в організм пов'язаний із взаємодією іонів свинцю з сульфгідрильними групами білків, зокрема, ферментів, з утворенням стійких сполук, які блокують ферментні системи. Близько 90-95 % накопиченого в організмі людини свинцю депоновано в кістках, що створює велику небезпеку хронічної інтоксикації. Середній вміст свинцю в продуктах складає 0,1–1,0 мг/кг. У багатьох країнах встановлені допустимі рівні свинцю у харчових продуктах: у напоях – 0,3 мг/л; у воді – 0,1 мг/л; для твердих продуктів – близько 2,5 мг/кг, для овочів і фруктів – близько 8 мг/кг (на суху речовину).

Таким чином, задля зниження екоотоксикологічного ризику, який створюють дефляційні явища поверхні хвостосховищ відходів переробних підприємств, система екологічного менеджменту таких підприємств має передбачати заходи, що дозволяють пригнічувати рухливість екополютантів цих хвостосховищ.

1.6. Методи пригнічення рухливості екополютантів

Інтенсивність процесів добування та переробки мінеральної сировини характерна для сучасного розвитку металургійних, гірських та переробних підприємств, пов'язана зі значним забрудненням навколишнього середовища, зокрема, атмосферного повітря пилом. Найбільший вклад в забруднення атмосфери викидами пилу вносять неорганізовані відкриті джерела пилоутворення, основними з яких являються хвостосховища. Темпи накопичення шкідливих речовин та рівень їх впливу на стан навколишнього середовища в Україні в десятки разів перевищують ті, що існують в різних Європейських країнах.

За оцінками спеціалістів світове споживання мінеральної сировини досягло 12 млрд тонн/рік, а видобуток корисних копалин та металів щорічно складає 100 млрд т. Наприклад, при переробці бокситів методом Байера на кожну тонну глинозему виходить більше тонни червоного шламу, а способом спікання – до 2,5 т. Для виготовлення 1 т чауна потрібно 100 т руди і практично ті ж 100 т складаються у вигляді відходів в шлаковідвалах. На сьогодні в них накопичено 500 млн т

шлаків, до яких щорічно додається 80 млн т. Вітри разносять пил, який утворюється при зберіганні шламу, що призводить до погіршення екологічної обстановки в регіонах розташування підприємств.

1.6.1. Методи рекультивації техногенних масивів

У багатьох країнах, Україна не є винятком, значні площі зайняті відходами від промисловості: кар'єрами, відвалами, шламосховищами та териконами. Тверді наноси і токсичні сполуки забруднюють водотоки і цим додатково негативно впливають на довкілля [6, 27]. У США порушена розробками площа складає більш 1,3 млн га, в Англії – більш 60 тис. га, у Німеччині – більш 30 тис. га [142].

З метою збереження земельних ресурсів, виключення шкідливої дії забруднених земель на навколишнє середовище, необхідно проводити рекультивацію територій, які зазнали антропогенного впливу.

Згідно з літературними джерелами, термін «рекультивація» одержав поширення з розвитком відкритого способу видобування корисних копалин, зокрема відкритого видобування кам'яного вугілля в провінції Рейнландс (Німеччина). За визначенням W. Knabe (1959 р.) рекультивація – це сукупність людської діяльності, спрямованої на відновлення культурного ландшафту. У російській літературі термін рекультивація вперше зустрічається у праці І.В.Лазаревої в 1962 році і розглядається як «спеціальний захід з підготовки ґрунту для сільськогосподарського або рільничого використання» [28, 58].

Чеський вчений С. Штис (1962 р.) підкреслював, що рекультивацію не можна розуміти лише як дію, суто спрямовану на відновлення ґрунтового фонду, а треба розглядати у більш широкому розумінні, зокрема як процес поліпшення ландшафту, який включає відновлення всіх його абіотичних і біотичних компонентів, порушених промисловими роботами.

У науковій літературі США і Канади для поняття рекультивації прийнято три терміни: *restoration*, *reclamation*, *rehabilitation*:

- *restoration* – повне відновлення, причому порушена поверхня землі відновлюється до такого стану, який вона мала до початку розкриття родовища;
- *reclamation* – біологічне відновлення, причому земна поверхня відновлюється через створення умов, сприятливих для існування організмів, які жили на цій території до початку робіт, або організмів близького видового складу;

- rehabilitation – відновлення порушених земель і наступне використання їх у господарстві із дотриманням екологічної рівноваги, забезпеченням нешкідливості для навколишнього середовища і збереження місцевих естетичних цінностей.

Отже, до рекультивації належать комплекс гірничих, меліоративних, сільськогосподарських і гідротехнічних робіт з відновлення народногосподарської цінності порушених земель певної цільової спрямованості, а також спрямованих на покращення навколишнього середовища. Основне завдання рекультивації полягає в тому, щоб виконати комплекс спеціальних робіт і заходів, довести порушені землі до стану, придатного для їх подальшого використання [142].

Проведення рекультивації регламентується такими нормативними документами, як Закон України «Про охорону земель» [54], міждержавні стандарти:

- ГОСТ 17.5.3.04–83 «Загальні вимоги до рекультивації земель»;
- ГОСТ 17.5.1.02–85 «Класифікація порушених земель для рекультивації»;
- ГОСТ 17.4.3.02–85 «Вимоги до охорони родючого шару ґрунту при проведенні земельних робіт»;
- ГОСТ 17.5.3.06–85 «Вимоги до визначення норм зняття родючого шару ґрунту при проведенні земельних робіт»;
- ГОСТ 17.5.3.03–80 «Загальні вимоги до гідролісомеліорації».

Розрізняють: рекультивація тимчасова, рекультивація земель постійна, рекультивація ландшафтів. Тимчасова рекультивація здійснюється на землях, де у перспективі планується зміна їх використання: повторна переробка корисних копалин, будівництво та ін. Ця рекультивація, як правило, зводиться до озеленення і закріплення поверхні від ерозії, дотримання санітарно-гігієнічних норм. Постійна рекультивація здійснюється на землях, де не передбачена зміна попереднього (до розробки родовища) використання земель. Рекультивація ландшафтів – це рекультивація земель, яка не обмежується лише локальними заходами стосовно «приведення до ладу» окремих порушених ділянок, а передбачає комплексне перетворення порушених земель у загальній системі заходів щодо оптимізації техногенних ландшафтів.

Процеси рекультивації порушених земель поділяють на три етапи: підготовчий, технічний і біологічний. Підготовчий етап включає: обстеження і типізацію порушених земель та земель, які підлягають порушенню; вивчення властивостей розкритих порід і класифікацію їх щодо придатності для біологічної рекультивації; визначення напрямів і методів рекультивації. Технічний етап, який ще називають технічною

рекультивацією, передбачає виконання робіт щодо підготовки земель, що звільнилися після промислових розробок родовищ до подальшого цільового використання. Він включає: селективне зняття, складування і збереження придатних для біологічної рекультивації розкритих порід, у тому числі родючий шар ґрунту; селективне формування відвалів розкритих порід; за потреби планування і покриття спланованої поверхні шаром родючого ґрунту; засипання і планування деформованих поверхонь (провали, карстові лійки та ін.); меліоративні та протиерозійні заходи.

Біологічний етап рекультивації або просто біологічна рекультивація, виконується після технічної і включає заходи щодо відновлення родючості порушених земель (агротехнічні, фітомеліоративні та ін.), спрямовані на відтворення флори і фауни.

У процесі вибору напрямку рекультивації земель необхідно мати на увазі, що рекультивовані землі і території, що їх оточують – після закінчення робіт, являють собою оптимально сформовану та екологічно збалансовану ландшафтну ділянку.

Найчастіше поширені такі напрями рекультивації порушених земель: сільськогосподарський, лісогосподарський, водогосподарський, рекреаційний, санітарно-гігієнічний, будівельний. Сільськогосподарський напрям рекультивації має перевагу поширення у сільськогосподарських районах із сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами в густо населених районах і з наявністю родючих ґрунтів. Використовуються невисокі відвали розкритих порід, на яких без значних витрат можна провести технічну рекультивацію, котра передбачала б нанесення на поверхню відвалів шару родючого ґрунту. Лісогосподарський напрям рекультивації має перевагу поширення в лісовій зоні з метою збільшення лісового фонду або в умовах складного технологічного рельєфу, де неможлива сільськогосподарська рекультивація. Водогосподарський напрям передбачає використання кар'єрних виїмок та інших техногенних знижень для різноманітних водоймищ, у тому числі рибницьких, а також для плавальних басейнів та ін. Рекреаційний – цей тип доцільний поблизу великих населених пунктів у поєднанні з водогосподарською рекультивацією. Використовуються внутрішні та зовнішні відвали розкритих порід, які малопридатні для сільськогосподарської рекультивації. Санітарно-гігієнічний – можливий в усіх зонах поблизу населених пунктів і промислових підприємств у випадку необхідності біологічної або технічної консервації порушених земель, які негативно впливають на навколишнє природне середовище або рекультивація яких з подальшим використанням рекультивованих

УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

земель неефективна. Будівельний напрям рекультивації передбачає приведення забруднених земель до стану, придатного для промислового і цивільного будівництва. Його можна використати поблизу населених пунктів будь-якої зони на породах, які за своїми фізико-механічними властивостями відповідають будівельним нормам і правилам. Ефективність рекультивації значною мірою залежить від строків і якості її проведення.

У Німеччині широко практикується хімічна меліорація відвалів: внесення вапна і мінеральних добрив з наступним вирощуванням багаторічних трав, внесення побутових відходів, внесення буро-вугільної золи і мінеральних добрив, використання стічних промислових вод, що містять велику кількість поживних речовин.

Останнім часом використовується ще такий метод рекультивації: виступи на кар'єрах створюють у вигляді терас висотою 12–16 м з кутом відхилення 45°. На терасах вкладають золу електростанцій із розрахунку 250 т/га. Цей метод дає можливість в 1,5 рази зменшити площу відвалів і знизити витрати на рекультивацію. Відновлені землі, при цьому, переважно засівають травами, пшеницею, житом [97, 116, 164].

У Чехії у процесі відновлення порушених земель перевага віддається створенню лісових насаджень цільового призначення: лісопарків, парків, вітрозахисних лісів та ін. Для лісогосподарського використання відводяться переважно ділянки неправильної форми із сильно пересіченим рельєфом, відкоси шахтних териконів і кар'єрних відвалів. На низькородючих землях широко вирощуються трав'янисті та деревно-чагарникові рослини.

Методи біологічної рекультивації – фітомеліорація. Одним з методів екологічної рекультивації деградованих земель є фітомеліорація. Фітомеліорація – це комплекс заходів з покращення умов навколишнього середовища за допомогою культивування або підтримки природних об'єктів. Розрізняють гуманітарну, інтер'єрну, біопродуктивну та інженерну фітомеліорацію [21]. У результаті широкомасштабної видової та внутрішньої видової селекції знайдено 15 перспективних видів і екотипів, які придатні в якості рослин біомеліорантів, для використання на засолених ґрунтах та в умовах зрошення солоною водою [33].

Фітомеліоративні заходи дозволяють управляти інтенсивністю процесу ерозії, який досягає мінімуму при обробці просапних і мінімізований під посівами багаторічних трав. Фітомеліорантами є рослини (рапс, гірчиця, кормове просо, віко-вівсянова суміш) сидеральних і так званих комбінованих парів, котрі дозволяють зберегти цінні якості рослин як волого накопичувачів, так і збагатити ґрунт органічними

речовинами, різко знизити загрозу ерозії, дефляції ґрунту. Фітомеліоративний ефект залежить від тривалості життя і продуктивності рослин, відношення підземної і надземної частин біомаси, характеру розподілу кореневої системи та інші.

Багаторічні трави (зокрема – однорічні бобові, що збагачують ґрунт азотом) зважаючи на добре розвинену кореневу систему, а також завдяки її більш тривалій діяльності (сприяє утворенню гумусу) мають потужний фітомеліоративний ефект. Крім того, високе проективне покриття багаторічних трав і потужна коренева система з сильно розгалуженою мережею дрібних корінців утримують частинки ґрунту від вимивання і вітрової ерозії. Тому їх розглядають як ґрунтоутворюючі культури [85].

Особливе місце займають однорічні трави, в яких коренева система залишається живою і діяльною після скошення надземної частини (віка, жито, суданська трава та ін.). Під ними виникає значне підвищення вмісту органічних речовин. Відомо, що коренева система рослин виступає в ролі міцного агента структуроутворення, пронизуючи ґрунт густою сіткою м'яких коренів.

Найбільш швидко відновлюються такі фізичні властивості ґрунтів, як міцність, пористість, структурний склад. Більш довготривалий філомеліоративний ефект потрібен для відновлення водоміцності агрегатів. Ефективність фітомеліоративного покращення ґрунту пов'язана з біологічною продукцією рослин [21, 24–29].

«Експрес» методом покращення фізичного комплексу ґрунтів є включення до складу сівозмін посівів багаторічних трав на 2–3 роки, причому травосуміші більш ефективні, ніж чисті посіви злакових або бобових трав. Для поліпшення деградованих ґрунтів найбільш прийнятні прийоми відновлення при тривалому використанні багаторічних трав з виведенням їх посівів з сівозмін, коли під пологом трав починається відновлювальна сукцесія за рахунок появи видів природних степових угруповань.

1.6.2. Методи пилопригнічення на техногенних масивах

Пилопригнічення – це комплекс способів і заходів попередження забруднення навколишнього середовища пилом, який виникає внаслідок роботи глиноземних заводів, видобутку корисних копалин. Пилопригнічення – це зв'язування пилу, що утворюється або вже утворився,

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

і осадження завислого в повітрі пилу за допомогою різноманітних способів і технічних засобів [97].

Залежно від місця розташування, джерела пилу поділяються на зовнішні та внутрішні. Від зовнішніх джерел пил за допомогою вітру потрапляє в атмосферу і пригнічує її стан. До цих джерел відносять металургійні підприємства, шлакові відвали, збагачувальні та агломераційні фабрики, автомобільні дороги поряд з видобувними підприємствами.

Внутрішні джерела (бурові станки, вибухові роботи та ін.) викликають як місцеве, так і загальне забруднення атмосфери. При цьому, за характером дії внутрішні джерела класифікуються як точкові, об'ємні, лінійні та розподільні. Джерела пилу можуть бути безперервно діючими і періодичними. По положенню – стаціонарними і не стаціонарними, по інтенсивності потрапляння в навколишнє середовище – стабільними і нестабільними [99, 101].

Викиди пилу в атмосферу мають регіональний та глобальний характер з негативним впливом на біосферу. Регіональне запилення характерне для промислових міст, де середнє число пилових частинок на 1 м^3 атмосферного повітря складає до 10000 одиниць. Сумарні маси викидів пилу від джерел можуть досягати десятки тисяч тон на рік, а дефляція до 10 км від джерела.

На сьогодні в Україні і в закордонній практиці для зниження інтенсивності пилоутворення з відкритих поверхонь і для пилопригнічення застосовують в основному такі способи: зрошення водою з добавками хімічно активних речовин, що забезпечують закріплення поверхні; закріплення бітумною емульсією; закріплення поверхонь, що пиляться, латексом; озеленення неробочих площ; гідропосів.

До технологічних способів запобігання утворення пилу належать: створення безвідходних технологій; комплексне використання сировини; застосуванням відходів гірничодобувної та гірничопереробної промисловості у виробництві будівельних матеріалів, у дорожньому будівництві тощо.

Задля закріплення поверхні, що виділяє пил, рекомендується застосовувати зволоження цієї поверхні водою, фізико-хімічну стабілізацію за допомогою в'язучих речовин, підтримання постійного рівня води на поверхні накопичувача, періодичне зволоження структуроутворюючих речовин, засипку поверхні матеріалом, який не пилить, створення на поверхні рослинного покриву, інші методи.

Одним із шляхів вирішення проблеми винесення пилу з поверхонь хвостосховищ і відвалів є створення штучного покриття на поверхні,

що містить більше 50 % часток розміром більше, ніж ерозійно небезпечні. Цього можна досягти шляхом штучної грануляції хвостових відкладень. Шляхом гранулювання відбувається укрупнення сипучих матеріалів, тобто надання речовині форми зерен (гранул). Фізико-хімічний спосіб включає гідрознепилення та стабілізацію поверхні техногенних масивів в'язкими речовинами. Цей спосіб полягає в періодичному зволоженні поверхонь техногенних масивів, що пиляться. Вода використовується у більшості випадків для локального пилопригнічення. З її допомогою вдається знизити надходження пилу в атмосферу на 50–60 %.

Більш перспективним є фізико-хімічний спосіб боротьби з пилом, суть якого полягає в закріпленні поверхні, що пиляться, за допомогою в'язких або структуроутворюючих речовин: неорганічних, органічних, природних, синтетичних полімерів і комбінованих. При нанесенні таких речовин на поверхні утворюється тонка плівка або кірка, яка перешкоджає здуванню пилу. Дослідження показують, що неорганічні в'язучі речовини для стабілізації поверхні техногенних масивів (глінізація, вапнування і цементация) неефективні, оскільки мають малу водоерозію стійкість і міцність закріпленої поверхні. Закріплення органічними матеріалами хвостосховищ (емульсії на основі нафтопродуктів, продуктів переробки горючих сланців, нафта, відходи целюлозно-паперової, деревообробної промисловості) в утворенні водостійкої та вітростійкої кірки, що має потрібні пружно-пластичнов'язкі властивості. Найбільш використовуваним є спосіб закріплення поверхонь відвалів та хвостосховищ бітумними емульсіями [90, 99].

Полімери займають особливе місце серед нових структуроутворюючих речовин. Хімічний та мінеральний склад техногенних масивів сприятливий для закріплення їх полімерами (наприклад, акриловий полімер). Вміст у них у достатній кількості рухомих іонів заліза, кальцію, магнію, марганцю та алюмінію сприяє встановленню міцних зв'язків з функціональними групами полімерів. Полімери покривають поверхні хвостів і відвалів плівкою, що складається з полімолекулярних шарів. На ряду з полімерами використовують закріплення поверхонь латексом. При взаємодії між його функціональними групами та пиловими частинками виникають водневі зв'язки, за рахунок яких пилові частинки зв'язуються у більші агрегати. Водневі зв'язки надають їм стійкість до вітрової та водної ерозії. Витрати латексу для обробки поверхонь становлять 1 л/м², при концентрації 4 %. Рівномірно нанесений на поверхню латекс, через 10–15 діб утворює щільний еластичний шар, що має механічну міцність 1,2–1,4 МПа [101].

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Перспективним напрямком пілопригнічення техногенних масивів є біологічний спосіб. Однак хвости і хвостосховища мають ту особливість, що вони негативно впливають на розвиток рослин. Крім дуже низької вологоємкості, хвости характеризуються несприятливими агрохімічними властивостями. У них відсутні елементи мінерального живлення рослин: азот, фосфор, калій. Наприклад, біологічне закріплення виконується посівами жита. Жито на шламосховищі виростає слабким, але його коренева система перешкоджає пілоутворенню.

Для більш ефективного довготривалого закріплення поверхні хвостосховищ покривають шаром чорнозему товщиною 25–30 см з наступним посівом багаторічних трав, тобто застосовують біологічну рекультивацію. Деревні рослини в умовах хвостосховищ ростуть і розвиваються повільніше. Для них відзначається зсув фенологічних фаз у порівнянні з тими ж видами, які зростають на зональних ґрунтах.

Природне заростання хвостосховищ рослинністю відбувається надзвичайно повільно. Біологічне закріплення хвостосховищ залежить від складу та фізико-хімічних властивостей порід, що складають хвости. Важливою особливістю хвостів, з точки зору можливості вирощування на них рослин, є повна відсутність у них зв'язаного азоту та гумусових речовин, без яких ріст і розвиток рослин неможливий. Тому для створення рослинного покриву на техногенних масивах необхідно їх поверхні покривати хоча б незначним шаром чорнозему (3–5 см). Це сприяє пілопригніченню відвалів та хвостів та забезпечує створення протягом 1–2 років на насипному ґрунті стійкого трав'яного покриву з щільною дерниною, здатною протистояти дії вітрової ерозії.

Закріплення техногенних масивів можливо також шляхом керованого вилуговування небезпечних інгредієнтів з мінеральних відходів. Найчастіше в якості реагенту застосовується 3 % водний розчин сірчаної кислоти. За даними В. К. Бубнова, поверхня хвостів з використанням вилуговування набуває міцності 0,5–1,0 МПа [188].

Відходи, які складаються на шламосховищі, являють собою велике джерело багатьох цінних компонентів, які мають у своєму складі залізо – до 40 %, алюмінію до 16 %, а також кальцій, кремній, титан, цирконій, галій і навіть золото. Особливий інтерес представляють рідкоземельні елементи – скандій та ітрій. Вміст скандію в червоному шламі складає 80 – 120 г/т, ітрію до 300 – 400 г/т [67]. Тому існує потреба у вторинному використанні червоних шламів у різних галузях промисловості. Одним із способів переробки являється відновлювальна плавка шламу і вапна, з метою отримати чавун. Іншим напрямом використання червоних шламів є безпосереднє їх застосування в якості добав-

ки при отриманні різних продуктів. Запропоновано використовувати шлам у виготовленні цегли, кераміки, фарби, бетону, скловолокна, при виготовленні коагулянту для очищення стічних вод [39, 51].

Схематично ці відомі методи та невирішені питання, які залишаються при впровадженні цих методів, наведено на рисунку 1.6.2.1.

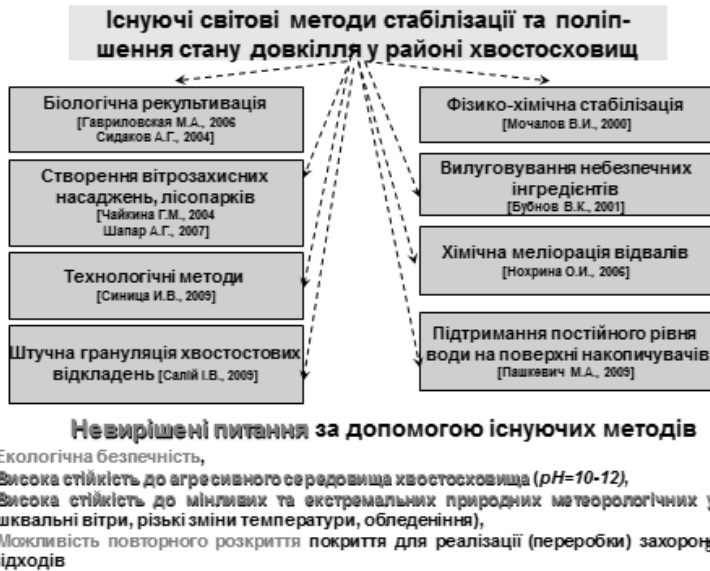


Рис.1.6.2.1. Невирішені питання за допомогою існуючих методів стабілізації та поліпшення стану довкілля у районі техногенних масивів

Тому нами вирішувалася задача зниження екотоксикологічного ризику від дефляційних явищ поверхні хвостосховищ переробних підприємств за допомогою розробки таких методів пилопригнічення і закріплення поверхні хвостосховищ, котрі розв'язували б і ці питання.

РОЗДІЛ 2. ДЕФЛЯЦІЯ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ МИКОЛАЇВСЬКОГО ГЛИНОЗЕМНОГО ЗАВОДУ: ФАКТОРИ РОЗВИТКУ, ІНТЕНСИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАЛІДКИ

2.1. Матеріали та методи досліджень

Визначення інтенсивності дефляції екополютантів проводили на території шламосховища № 1 Миколаївського глиноземного заводу.

Відбір проб атмосферного повітря з приземного шару поверхні хвостосховища для визначення кількості пилу внаслідок вітрової ерозії здійснено аспіраційним методом. Схему шламосховища № 1 МГЗ зображено на рисунку 2.1.1.

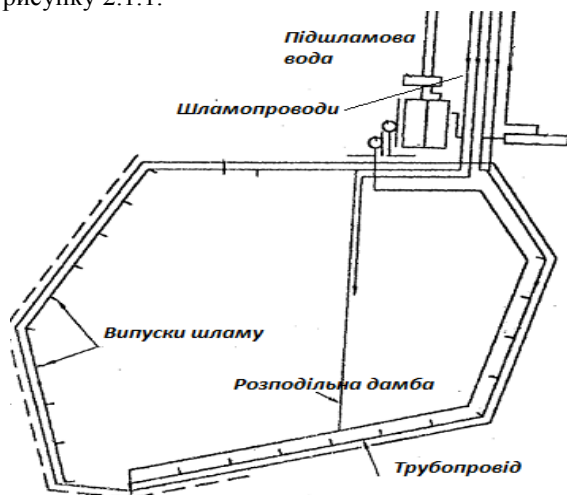


Рис. 2.1.1. Схема шламосховища № 1 Миколаївського глиноземного заводу

Проби повітря відбирали 2–3 рази на місяць. При кожному відборі враховували наявні метеорологічні умови, напрямок та швидкість вітру за даними метеослужби м. Миколаєва. Дослідження проведені у період з вересня 2004 р. по грудень 2005 р., та з грудня 2008 р. по вересень 2010 р.

Залежність дефляції на хвостосховищі від гранулометричного складу визначали за моделлю Догілевича М.І. та Чемпіла У. [94, 157]:

$$Q = C \cdot \frac{\rho}{g} \cdot v^3 \quad (3.1.1.),$$

де Q – інтенсивність дефляції, г/(м²·с), C – коефіцієнт гранулометричного складу червоного шламу, ρ – щільність повітря, г/м³, g – сила гравітації, м/с², v – швидкість вітру, м/с.

Визначення гранулометричного складу червоного шламу проводили комбінованим методом: ситовим способом для визначення фракцій з діаметром більше 0,1 мм, седиментаційним – з діаметром менше 0,1 мм. У седиментаційному способі застосовано ареометр АОН-3. Підготовка проб червоного шламу до проведення аналізу на гранулометричний склад включала просушування та видалення механічних домішок.

Прогнозування формування рівня забруднення приземного шару атмосферного повітря на прилеглих територіях внаслідок дефляційних процесів на шламосховищі червоних шламів виконано на основі методики розрахунку викидів від неорганізованих джерел та методики оцінки розсіювання домішок в атмосфері за теорією градієнтного перенесення [Берлянд М., 1997].

2.2. Характеристика шламосховища червоних шламів Миколаївського глиноземного заводу

Шламосховище Миколаївського глиноземного заводу призначене для складування шламів, що утворюються в процесі виробництва глинозему. Потужність – 100 тис. тонн первинного алюмінію на рік. На кожен тону отриманого окису алюмінію приходить від 360 до 800 кг шламу [88, 90].

На території МГЗ розташовано два шламосховища. Шламосховище № 1 побудовано за проектом ГП «УКРВОДОКАНАЛПРОЕКТ» та введено в експлуатацію 1980 року, загальна площа становить 142 га, розраховане на 20 млн м³ червоного шламу. Шламосховище № 2 з технологією «сухого» складування червоного шламу введено в экс-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

платуацію 2004 року, має потужність 1,5 млн м³/рік, займає територію площею у 150 га [132]. Кількість вологи у шламових відходах, які складаються на шламосховищі № 1, становить 40–60 %, на шламосховищі № 2 – 24–26 %.

Кількість шламів складає 22 млн т, прямий вихід з дренажних насосних станцій за роки експлуатації склав 9,2–25 м³/рік; річний вихід шламів: 0,8÷1,17 млн т; об'єм ставка на шламосховищі № 1: 1,5÷4,56 млн м³; відмітка рівня води: 17,8÷22,26 м; максимально допустимий рівень – 22 м; залуженість у контрольних свердловинах 0,9 ÷ 202,6 мгекв/л; кількість лугів у ґрунтових водах складає 2,4–124 мгекв/л, Al – 0,1÷674,6 мгекв/л, Fe – 0,4÷8,57 мгекв/л, рН – 6,9÷12,81; кількість опадів – 4,4÷22,7 мм/га.

На заводі функціонує замкнута система водообігу, яка дозволяє повністю виключити скиди промислових стоків у відкриті водойми. Виробничі і дощові стоки з майданчика заводу відводяться в шламонакопичувач № 1, де відстоюються і повертаються у виробництво.

У зв'язку зі збільшенням переробки глинозему, з кожним роком зростає наросування хвостосховища МГЗ. Відповідно до попередніх проектних розробок був наступний графік заповнення хвостосховища № 1 за 1999–2002 роки (таблиця 2.2.1).

Таблиця 2.2.1

Характеристика шламонакопичувача

Характеристики шламонакопичувача	Мінімальне заповнення	Максимальне заповнення
2002 рік		
1. Площа дзеркала води	32,6 га	44,8 га
2. Об'єм шламу	8,36 млн м ³	12,4 млн м ³
3. Об'єм води	0,3 млн м ³	0,92 млн м ³
2002 рік		
1. Площа дзеркала води	36,3 га	50,2 га
2. Об'єм шламу	7,91 млн м ³	11,8 млн м ³
3. Об'єм води	0,77 млн м ³	1,68 млн м ³
2000 рік		
1. Площа дзеркала води	42,02 га	63,25 га
2. Об'єм шламу	7,65 млн м ³	11,24 млн м ³

3. Об'єм води	0,89 млн м ³	2,38 млн м ³
1999 рік		
1. Площа дзеркала води	41,6 га	66,1 га
2. Об'єм шламу	7,2 млн м ³	10,82 млн м ³
3. Об'єм води	1,22 млн м ³	2,84 млн м ³

Технологічні процеси шламосховища регулюються законами України та нормативними документами: Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (ст. 3, 68), Закон України «Про охорону атмосферного повітря» (ст. 7, 10, 33), Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення» (ст. 7, 9) [54–57].

Відповідно до стандартів: ДСТУ 3910-99 Охорона природи. Поводження з відходами. Класифікація відходів. Порядок найменування відходів за генетичним принципом і віднесення їх до класифікаційних категорій, ГОСТ 17.9.1.1-99, шлам – це конденсована маса з імовірними залишками рідини, які виділяються із суспензії під впливом гравітаційних чи механічних сил.

До складу червоного шламу МГЗ входять луки (рН 8–12) (компоненти технологічного процесу), оксиди: Al₂O₃, Fe₂O₃, SiO₂, CaO₂, MgO, Cr₂O₃, SO₃, Na₂O, K₂O, TiO₂ і мікроелементи Mn, Ni, V, Cr, Mo. Cu, Pb, Ga, Zr, Cd, серед яких, як показує спектральний аналіз, знаходять природні радіоактивні елементи.

Основні характеристики червоних шламів МГЗ представлені у таблицях 2.2.2., 2.2.3 [132].

Таблиця 2.2.2

**Середні дані хімічного складу червоного шламу
Миколаївського глиноземного заводу, %**

Вміст оксидів, %									
Al ₂	Fe ₂	SiO ₂	CaO ₂	Mg	Cr ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂	K ₂ O	TiO ₂
O ₃	O ₃	4,3-	3,8-	O	1,9-	0,04	O	0,2-	5,3-
12-	50-	4,8	8,2	0,4-	2,1	-0,2	1,9-	0,4	5,5
16	58			0,7			2,4		

Таблиця 2.2.3

**Склад червоних шламів МГЗ за основними
хімічними елементами, %**

Вміст елементів, %									
Mn	Ni	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Ga	Zr	Cd
0,01	0,005	0,04	0,05	0,002	0,002	0,003	0,002	0,08	0,02

Червоний шлам містить окиси заліза, алюмінію, кадмію, свинцю та інших металів. До токсичних солей, що негативно впливають на рослини, належать NaCl , CaCl_2 , CaF_2 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 , а до нетоксичних – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 , CaCO_3 . Рослини гинуть вже при вмісті в навколишньому середовищі та біоті токсичних солей 0,8–1,5% та рН більше 10 [98].

Під дією повітряних потоків поверхневі шари шламу, у вигляді пилу та аерозолів, переносяться на прилеглі до шламосховища території, що є загрозою для навколишнього середовища та людей (рис. 2.2.1)



Рис. 2.2.1. Шляхи забруднення довкілля екополютантами
шламосховища № 1 червоних шламів МГЗ

Кліматичні умови досліджуваного району. Клімат Миколаївської області, і відповідно району де знаходиться об'єкт дослідження, шламосховище № 1 Миколаївського глиноземного заводу, помірно континентальний, з м'якою малосніжною зимою і жарким посушливим літом. Пересічна температура січня $-4,5^{\circ}\text{C}$, липня $+22,2^{\circ}\text{C}$. Річна кіль-

кість опадів коливається від 330 мм на півдні, до 450 мм на півночі області. Висота снігового покриву 9–11 см.

Зима на цій території досить тривала, але не сувора. Середня температура взимку близько $-5, -10^{\circ}\text{C}$, дуже часта відлига з повним руйнуванням снігового покриву і зміною напрямку вітру з північно-східного на північно-західний.

Внаслідок великої витрати сонячної радіації на танення снігу весна наступає в декілька більш пізніші терміни, в порівнянні з характерної для даної широти. Протягом весни часто виникають різкі похолодання і заморозки через вторгнення арктичного повітря.

Літо звичайно помірно тепле, іноді жарке, з достатньою кількістю опадів. Західне перенесення і циклони, що встановлюються, приносять опади і зниження температури. Південне, субтропічне повітря, сприяє підвищенню температури і встановленню сухої погоди, що приводить до засух у середньому кожен третій рік. Річні температури півдня Миколаївської області свідчать про виражену континентальність клімату (табл. 2.2.4). Кліматичні дані надані гідрометеорологічною станцією у м. Миколаєві. Середньорічна температура повітря становить $10,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, найнижча вона у січні ($-3,1^{\circ}\text{C}$), найвища – в липні ($+22,3^{\circ}\text{C}$).

Таблиця 2.2.4

**Температура повітря по місяцях
(середні значення за 2006-2010), $^{\circ}\text{C}$**

Місяць	Температура		
	Середня	Денна максимальна	Нічна максимальна
I	1	-1	6
II	-1,8	1	-5
III	2,6	5	0
IV	10,2	14	6
V	16,5	21	11
VI	20,4	25	15
VII	22,3	27	17
VIII	28	26	26
IX	16,9	20	11
X	10,3	14	6
XI	4,4	8	0
XII	-0,1	2	-2
Рік	10,0	14	6

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

У середньому за рік у Миколаєві випадає 472 мм атмосферних опадів, найменше – в жовтні, найбільше – у липні (табл. 2.2.5).

Таблиця 2.2.5

**Середня кількість опадів
(середні значення за 2006-2010), (мм)**

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
36	35	30	32	44	54	58	41	39	22	36	45	472

У залежності від погодних умов вологість повітря коливається в значних межах. Найменша вологість повітря спостерігається в травні-червні, потім вологість збільшується і досягає свого максимуму в грудні (табл. 2.2.6). Відносна вологість повітря в середньому за рік становить 73 %, найменша вона в серпні (60 %), найбільша – у грудні (86 %).

Таблиця 2.2.6

**Відносна вологість повітря
(середні значення за 2006–2010), (%)**

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
84	83	78	69	64	63	62	60	66	75	84	86	73

Підвищення або зниження температури повітря, зміна атмосферного тиску, випадання опадів – усі ці явища обумовлені атмосферним перенесенням (напрямом і силою вітру). На досліджуваній території влітку переважають західні і південно-західні вітри, а восени і взимку – східні, за винятком травня, для якого характерні вітри східного напрямку. Найбільшу повторюваність у місті мають вітри з півночі, найменшу – з південного сходу (табл. 2.2.7).

Таблиця 2.2.7

**Повторюваність вітру різних напрямів
(середні значення за 2006-2010), %**

Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
16,6	15,4	12,8	8,0	14,9	9,0	9,2	14,1	4,1

Найбільша швидкість вітру – в лютому, найменша – липень–вересень (табл. 2.2.8). У січні в середньому швидкість становить 4,1 м/с, у липні – 3,1 м/с.

Таблиця 2.2.8

Середня швидкість вітру протягом 2006–2010 рр., м/с

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
4,1	4,2	4,1	3,9	3,6	3,3	3,1	3,1	3,1	3,2	3,8	3,9	3,6

Атмосферний тиск – це важливий показник напряму вітру, вогкості і температури повітря, дані по Миколаївській області наведено в таблиці 2.2.9.

Таблиця 2.2.9

**Атмосферний тиск у досліджуваному районі
(середні значення за 2006–2010), мм.рт.ст.**

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
763	754	758	760	757	758	755	744	754	738	754	743	753

Як видно, що найбільший атмосферний тиск спостерігається восени і взимку, найменший – в літні місяці. Починаючи з серпня, тиск зростає до грудня, а потім поступово слабшає до червня.

Великі площі хвостосховищ, де є розгулятися вітру, і забруднення лугами, полютантами, утворюють джерело забруднення атмосферного повітря та навколишнього середовища.

2.3. Визначення інтенсивності дефляції на поверхні шламосховища

Суттєвим фактором, який визначає забруднення навколишнього середовища важкими металами (Pb, Zn, Cd), луговими аерозолями є вітрова ерозія (дефляція) поверхні хвостосховищ промислових об'єктів. Величина розвитку дефляції поверхні залежить від метеорологічних умов, в першу чергу: кількості опадів (зі зволоженням поверхні), температури, а також від сили вітру та гранулометричного складу поверхні.

Показником зволоженості поверхні хвостосховища є індекс зволоженості [154], за значеннями якого виділяють пояси потенційно можливої ерозії:

$$K_3 = P/E,$$

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

де P – кількість атмосферних опадів протягом року (мм), E – випаровуваність за рік (%).

Розрахунок випаровуваності E проводився за Івановим Н.М.:

$$E = 0,018 * (t + 25)^2 * (100 - R) ,$$

де t – середня температура за період часу ($^{\circ}\text{C}/\text{рік}$), R – відносна вологість повітря (%).

Для зони розташування шламосховища № 1 МГЗ при середній кількості атмосферних опадів 472 мм/рік та відносній вологості повітря 73 %/рік [157], індекс зволоженості складає 0,793. Отже, за [94] хвостосховище знаходиться в поясі сильно вираженої дефляції.

Для визначеності залежності дефляції від сили вітру визначали кліматичний фактор територій за формулою [94]:

$$K\Phi = \frac{34,483 \cdot v^3}{(P - E)^2} ,$$

де v – швидкість вітру, $(P - E)$ – зволоженість території, яка дорівнює різниці між кількістю опадів P і випаровуванням E .

Кліматичний фактор (КФ) дефляції поверхні шламосховища протягом року зображено на рис. 2.3.1.

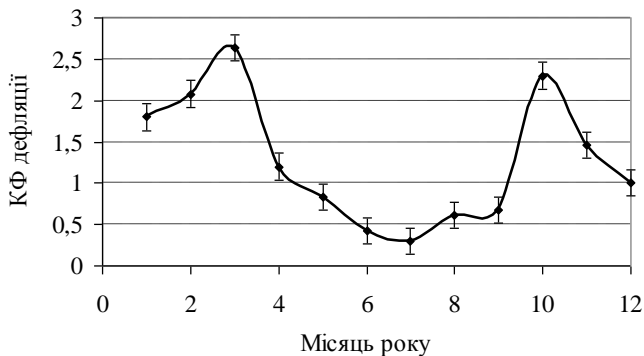


Рис. 2.3.1. Кліматичний фактор (КФ) дефляції поверхні шламосховища

З рисунка видно, що величина кліматичного фактору досягала свого максимального значення в період грудень–березень та вересень–грудень. Збільшення величини кліматичного фактору пов'язане зі збільшенням сили вітру у ці періоди року.

Кліматичний фактор дефляції поверхні шламосховища в зимовий період при середній швидкості вітру в грудні 4,4 м/с, січні – 4 м/с та лютому – 4 м/с та відносній вологості повітря 84 %, наведено на рис. 2.3.2.

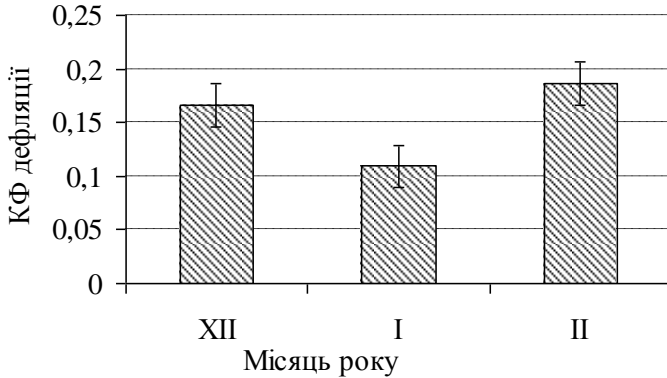


Рис. 2.3.2. Кліматичний фактор (КФ) шламосховища в зимовий період року

Як видно з рис. 2.3.2. найменше значення кліматичного фактору спостерігалось в січні місяці – 12 %, найбільше в лютому – 18 %. Кліматичний фактор шламосховища в літній період зображено на рис. 2.3.3.

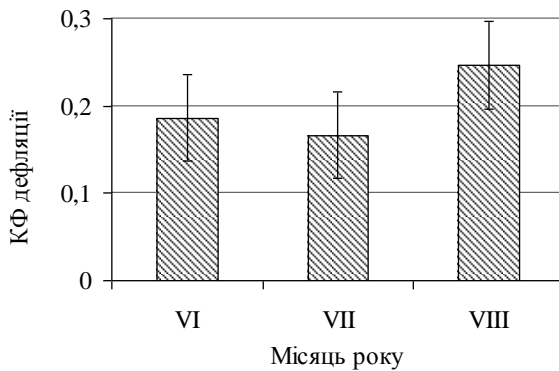


Рис. 2.3.3. Кліматичний фактор шламосховища в літній період року

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

При середній швидкості вітру в червні – 5,4 м/с, липні – 5,5 м/с, серпні – 4,8 %, відносна вологість повітря складала 62 %. Найбільше значення кліматичного фактору спостерігалось в серпні – 25 %, найменше в липні – 13 %.

Швидкість вітру є одним з найбільш значимих факторів дефляції шламосховища. Кількість переміщуваного червоного шламу, а разом з ним і важких металів та лугу, в залежності від швидкості вітру обчислювали за формулою (2.1.1.).

Більшість матеріалу (до 90 %) переноситься у приземному шарі повітря на висоті до 0,5–1,0 м. Значимим фактором підйому частинок пилу є діаметр частинки (\emptyset , мм) та її питома маса (m , г/кг). Визначення цих показників для червоного шламу здійснено гранулометричним методом [157]. У результаті визначено, що червоний шлам представляє суміш трьох фракцій частинок за гранулометричним складом (табл. 2.3.1).

Таблиця 2.3.1

Гранулометричний склад червоного шламу

Фракція червоного шламу	Діаметр \emptyset фракції, мм	Питома кількість фракції у шламі, %	Питома маса частинок фракції у шламі, г/кг
1	$\emptyset > 0,315$ мм	2	76±3
2	$0,064 < \emptyset < 0,315$ мм	14	164±17
3	$\emptyset < 0,064$ мм	84	760±14

Для червоного шламу шламосховища № 1 МГЗ, який складається з трьох фракцій, розраховано критичну швидкість вітру $V_{крит}$ – мінімальна швидкість вітру для території півдня України, за якої починається відривання і перенесення в повітряному потоці частинок ґрунту (шламу) – за формулою [89]:

$$V_{крит} = 0,249d_e + 3,79,$$

де d_e – середній діаметр агрегатів.

$$d_e = \frac{d_1 P_1 + d_2 P_2 + \dots + d_n P_n}{\sum P},$$

де d_1, d_2 – середній діаметр агрегатів, P_1, P_2 – питома кількість фракцій у червоному шламi шламосховища № 1 МГЗ.

Результати показали, що критична швидкість вітру $V_{крит}$ для шламу склала 3,8 м/с.

Показник Q визначали для різних фракцій червоного шламу: варіант 1 – для фракції 1, варіант 2 – для фракції 2, варіант 3 – для фракції 3. Результати визначення кількості червоного шламу (Q), який переміщується під дією вітру (при різній швидкості вітру) протягом року, представлено на рис. 2.3.5.

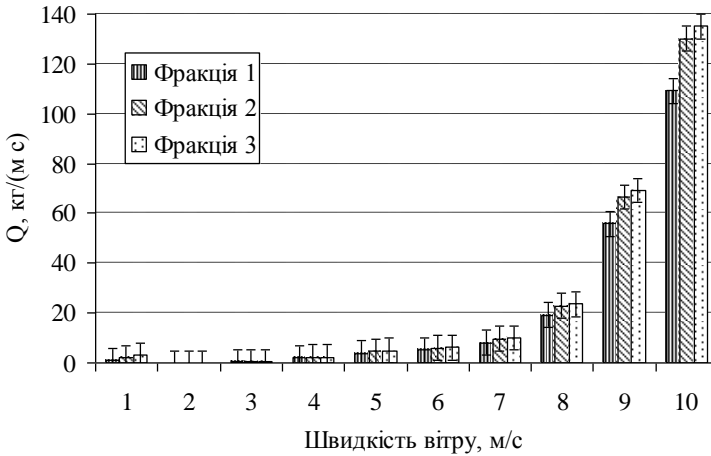


Рис. 2.3.5. Кількість перенесеного шламу через дефляцію в залежності від швидкості вітру (для різних гранулометричних фракцій шламу)

З графіку видно, що для великих фракцій червоного шламу з $\varnothing > 315$ мм (рис. 2.3.5) відбувається збільшення дефляції пилових частинок зі зростанням швидкості вітру (v): при $v = 4,0-6,0$ м/с переносилась майже однакова кількість пилу – 16 ± 3 кг/(м·с), максимальне перенесення пилу (до 66 ± 3 кг/(м·с) та більше) спостерігалось при швидкостях вітру, які перевищували 8,0 – 10,0 м/с.

Із гiстограми для фракції 2 на рис. 2.3.5 видно, що перенесення максимальної кількості пилу відбувалось з підвищенням швидкості вітру

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

до 7,0–8,0 м/с. Постійна дефляція спостерігалась при середній швидкості вітру $4,0 \pm 0,5$ м/с з винесенням пилу, в середньому, $7,6 \pm 0,2$ кг/(м·с).

Для малих фракцій червоного шламу з $\varnothing < 0,064$ мм (фракція 3 на рис. 2.3.5.) максимальне переміщення пилових частинок відбувалось при $v=5-6$ м/с. Постійна дефляція спостерігалась при середній швидкості вітру 4 м/с з винесенням пилу, в середньому – $10,2 \pm 0,3$ кг/(м·с).

Порівнюючи отримані результати (фракції 1, 2, 3 на рис. 3.3.5), можна констатувати, що для різних фракцій червоного шламу за гранулометричним складом мінімальна кількість переміщеного пилу складала $1,3 \pm 0,03$ кг/(м·с) при $v=3,5-4,5$ м/с, а максимальна при швидкості вітру 8-10 м/с – $63,8-124,7 \pm 4,3$ кг/(м·с). Постійна дефляція відбувалася при $v=4$ м/с з переміщенням пилових частинок $5,4 \pm 0,03$ кг/(м·с).

За результатами визначення Q для різних фракцій шламу (табл. 2.3.1) рівняння регресійної залежності ($R^2=0,96$) між швидкістю вітру і інтенсивністю дефляції мають вигляд (рис. 2.3.6).

$$Q_1(v) = 1,38 \cdot e^{0,7v} \quad (2.3.1.)$$

$$Q_2(v) = 1,64 \cdot e^{0,7v} \quad (2.3.2.)$$

$$Q_3(v) = 1,71 \cdot e^{0,7v} \quad (2.3.3.)$$

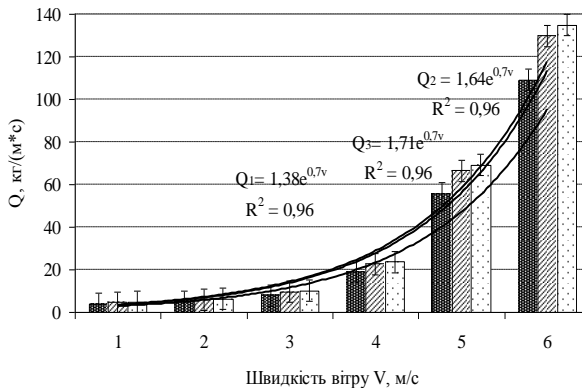


Рис. 2.3.6. Залежність інтенсивності дефляції від швидкості вітру (для різних фракцій гранулометричного складу шламу)

Тривала повсякденна дефляція передує утворенню пилових бурь [89]. При максимальній (за період спостережень) швидкості вітру

10 м/с з хвостосховища, в середньому, переміщується 136 ± 2 кг/(м·с) пилових частинок. Отже, зі збільшенням швидкості вітру інтенсивність вітрової ерозії зростає надзвичайно швидко.

Величини кількості пилу, що підіймається з поверхні хвостосховища при різних швидкостях вітру, характерних для Миколаївської області [190], наступні: мінімальна величина – 1,5 м/с, середня модальна величина – 3,8 м/с, максимальна величина – 8,4 м/с (рис. 2.3.7.). При мінімальній швидкості вітру 1,5 м/с для різних фракцій червоного шламу за гранулометричним складом майже не відбувалось ($Q=0,44 \pm 0,02$ кг/(м·с)) перенесення пилу зі хвостосховища (рис. 3.3.7). Зі збільшенням v до 3,8 м/с (середня модальна швидкість вітру протягом року) відбувалось значне підняття пилових частинок у повітря: для фракції 1 – ця величина становила 67 ± 3 кг/(м·с), для фракції 2 – 77 ± 2 кг/(м·с), для фракції 3 – 80 ± 2 кг/(м·с).

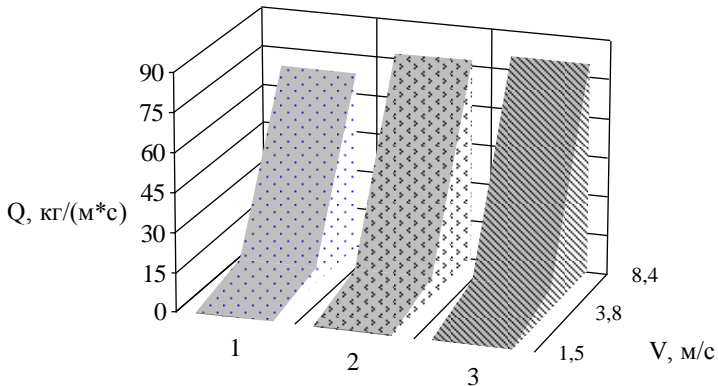


Рис. 2.3.7. Кількість піднятого пилу з поверхні хвостосховища (для різних фракцій шламу)

Максимальна кількість пилових частинок на шламосховищі підіймається при так званих пилових бурях [94], коли швидкість вітру досягає від 8,4 м/с. Ця кількість дорівнює від 67 ± 7 до 80 ± 8 кг/(м·с).

За цими результатами визначення Q для різних фракцій червоного шламу та відносним вмістом кількості певної фракції у шламі визначе-

но інтегральний показник інтенсивності дефляції червоного шламу $Q_{ч.ш.}$ (за усіма фракціями):

$$Q_{ч.ш.} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 k_i \cdot Q_i, \quad (3.3.4)$$

де $Q_{ч.ш.}$ – інтенсивність дефляції червоного шламу (за усіма фракціями), кг/(м·с); k_i – відносний показник кількості фракції i у шламі ($i=1 \div 3$): $k_1 = 0.84$, $k_2 = 0.14$, $k_3 = 0.02$; Q_i – інтенсивність дефляції фракції i червоного шламу, кг/(м·с).

Кількість червоного шламу $Q_{ч.ш.}$, що підіймається з поверхні хвостосховища при різних швидкостях вітру, зображено на рис. 2.3.8.

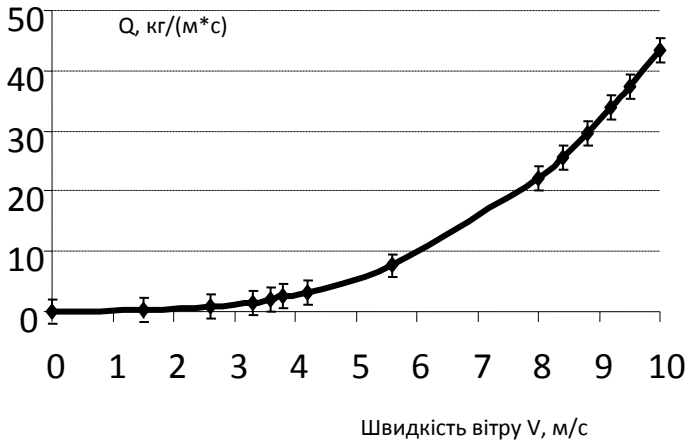


Рис. 2.3.8. Кількість переміщуваного червоного шламу $Q_{ч.ш.}$ на поверхні хвостосховища

При мінімальній швидкості вітру 1,5–2,0 м/с перенесення червоного шламу з поверхні майже не відбувалось ($Q=0,68 \pm 0,02$ кг/(м·с)). Зі збільшенням v до 3,8 м/с (середня модальна швидкість вітру протягом року) та більше відбувалось значне підняття шламу у повітря: $2,5 \pm 0,2$ кг/(м·с). Максимальна кількість шламу переміщується при $v=6,0-10,0$ м/с з виносом від 22 ± 5 кг/(м·с) до 43 ± 5 кг/(м·с) червоного шламу.

За результатами визначення $Q_{ч.ш.}$, г/(м²·с) для червоного шламу (за всіма фракціями визначено рівняння регресії, яке встановлює залежність між швидкістю вітру та інтенсивністю дефляції):

$$Q_{ч.ш.}(v) = 0,66 \cdot e^{0,4v}$$

Це рівняння регресії отримано з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,94$.

За розрахунками піднятого пилу $Q_{ч.ш.}$ на шламосховищі № 1 при максимальній швидкості вітру $v=10-14$ м/с (що відповідає аварійній ситуації) кількість переміщуваного червоного шламу складає від 136 ± 5 кг/(м·с) до 340 ± 10 кг/(м·с). Ситуацію при такій екстремальній швидкості вітру, спостерігали у лютому та березні 2011 року. Цю ситуацію прирівнювали до аварійної, бо поривами вітру зі швидкістю до 10–14 м/с пил червоного шламу зі шламосховища № 1 здіймався у повітря (рис. 2.2.9), розносився на прилеглі сільськогосподарські поля та розташовані поблизу населені пункти. За дослідженнями Державної екологічної інспекції в Миколаївській області у той час встановлено факти забруднення ґрунту на земельних ділянках сільськогосподарського призначення загальною площею 75000 м².

Враховуючи залежність інтенсивності дефляції для легкого суглинку шламосховища від ширини дефлюючого поля на основі регресійних рівнянь (2.3.1–2.3.3) отримано відповідні рівняння для визначення площинної дефляції Q , г/(м²·с):

$$Q_1(v) = 0,41 \cdot e^{0,35v} \quad (2.3.5)$$

$$Q_2(v) = 0,52 \cdot e^{0,35v} \quad (2.3.6)$$

$$Q_3(v) = 0,63 \cdot e^{0,35v} \quad (2.3.7)$$

З врахуванням залежності (2.3.4.) отримаємо загальне рівняння для визначення величини повної площинної дефляції Q для шламу в цілому, г/(м²·с):

$$Q_{ч.ш.}(v, Q_i) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 k_i \cdot Q_i(v), \quad (2.3.8.)$$

де $Q_i(v)$ визначається за формулами (2.3.5. – 2.3.7).

Таким чином, на хвостосховищі МГЗ повсякденна дефляція виникає при швидкостях вітру 3,5–6,0 м/с. При цьому протікає вона непомітно, проте є досить шкідливою, оскільки повільно і постійно руйнує поверхню шламосховища, що спричинює переміщенню пилових частинок (екополютантів) на прилеглі території. Наслідком цього є руйнування поверхні шламосховища, розповсюдження екополютантів на прилеглі території.

2.4. Моделювання і прогнозування перенесення екополютантів на прилеглі території внаслідок дефляції поверхні хвостосховища

Розсіювання домішок в атмосфері відбувається за рахунок спільної дії двох факторів: турбулентної дифузії і вітрового перенесення. Дифузія домішок в повітрі є результатом впливу турбулентних вихрів на хмару викиду.

На сьогодні не запропоновано єдиної фізико-математичної моделі, котра здатна пояснити і врахувати численні аспекти проблеми атмосферної дифузії. Нині існують два основних підходи до розв'язку задач про розсіювання речовин у рухомих рідких чи газоподібних середовищах в залежності від тих чи інших факторів, що характеризують середовище і джерело, – це теорія градієнтного перенесення (або напівемпірична теорія дифузії) і статистична теорія дифузії (методика Пасквілла-Брайанта [185]). Напівемпірична теорія заснована на властивостях руху домішки відносно системи координат, яка фіксована у просторі, і припускає пропорційність потоку домішки градієнту її концентрації у повітрі. Статистична (гаусова) теорія розглядає дифузію, як турбулентність у змінних Лагранжа. Між цими підходами існує близький зв'язок, вони описують одне і те саме явище, однак галузі їх застосування не завжди є однаковими. Існує ряд задач атмосферної дифузії, де розгляд можливий лише на підставі однієї з цих теорій. Так, гаусова модель призначена для визначення розсіювання домішок в атмосфері при миттєвих, короткочасних (від 20 хвилин до декількох годин) та безперервно діючих їх викидах. Модель градієнтного переносу використовується при розрахунку розсіювання домішок в умовах розвинутого турбулентного обміну та визначення лише разових двадцятихвилинних концентрацій. Це потрібно враховувати при постановці та рішенні задач з оцінки процесів розсіювання викидів в атмосферному повітрі.

Однак загальний вигляд прогнозованої об'ємної концентрації речовин у повітрі на певній відстані x від джерела викиду домішок можна представити у загальному вигляді для обох моделей формулою:

$$C_x = G_x(v, t, \eta) \cdot q, \quad (2.4.1)$$

де C_x – об'ємна концентрація забруднюючої речовини в приземному шарі атмосферного повітря на відстані x від джерела викиду ($\text{г}/\text{м}^3$);

$G_x(\eta, v, t)$ – фактор метеорологічного розбавлення на відстані x від джерела викиду (с/м^3), що залежить від параметрів (лінійність, об'ємність т.ін.) та виду (високе, низьке, наземне т.ін.) джерела викиду – змінна η , від швидкості вітру v , тривалості дифузії t від джерела викиду;

q – інтенсивність викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря від джерела викиду (г/с).

Фактор метеорологічного розбавлення $G_x(\eta, v, t)$ визначається виходячи з поставленої задачі за гаусовою чи градієнтною моделлю перенесення домішок у повітрі. У випадку винесення в атмосферне повітря екополютантів шламосховища припущено, що шламосховище представляє собою об'ємне наземне джерело викиду. Враховано, що для таких джерел максимум приземної концентрації знаходиться безпосередньо в районі розташування джерела, і значення максимуму є тим більше, чим слабшим є вертикальне і горизонтальне розсіювання, тобто чим більшою є стійкість приземного шару атмосфери і меншою є швидкість вітру v .

Приблизний розрахунок концентрацій від наземних джерел виконується на основі аналітичних або численних розв'язків рівнянь турбулентної дифузії. Однак враховуючи особливість і неможливість цих розв'язків при неблагоприємних метеорологічних умовах (при приземній інверсії температури і ослабленні швидкості вітру до нуля), коли концентрація домішок у повітрі буде безмежно зростати на всіх відстанях від джерела викиду, то визначення фактору метеорологічного розбавлення $G_x(v, t, \eta)$ виконано за формулою, запропонованою М. Берляндом [13] при тривалості дифузії t ($t \leq \min(T_1, T_2)$), де T_1 – час дії винесення екополютантів з поверхні шламосховища за рахунок дефляції Q , T_2 – час збереження метеоумов) та враховуючи методику розрахунку викидів від неорганізованих джерел [95] (враховуючи той факт, що до неорганізованих викидів відносять викиди у вигляді неспрямованих потоків, котрі виникають в тому числі через недостатню роботу засобів пилопригнічення у місцях збереження пилячого продукту, тобто на складах, хвостосховищах підприємств [94]):

$$G_x = \frac{A \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_5}{10^4 \cdot x^3}, \quad (2.4.2)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери та визначає умови горизонтального розсіювання атмосферних домішок ($\text{с}^{2/3.0}\text{C}$) (прийнято $A=0,16$ за [40] для України);

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

t – тривалість дефляції, с (прийнято $t=6$ год. = 21600 сек.);

k_1 – коефіцієнт, який враховує місцеві метеорологічні умови;

k_2 – коефіцієнт, який враховує місцеві умови, рівень захищеності хвостосховища від зовнішніх впливів, умови пилопригнічення (прийнято $k_2=1,0$ – для умов 4-х бічної просторової відкритості хвостосховища);

k_3 – коефіцієнт, який враховує вологість матеріалу шламу (прийнято $k_3=1,0$ – для умов сухого шламу, тобто вологість шламу не перевищує 1%);

k_4 – коефіцієнт, який враховує профіль поверхні хвостосховища і визначається як відношення $\frac{F_{факт}}{F}$ (величина k_3 знаходиться в межах 1,3–1,6 залежно від гранулометричного складу матеріалу і рівня заповнення хвостосховища);

k_5 – коефіцієнт, який враховує гранулометричний склад матеріалу (прийнято $k_5=1,0$);

$F_{факт}$ – фактична поверхня хвостосховища з врахуванням рельєфу його перерізу (враховується площа, яка пилить), м²;

F – поверхня пилення у плані, м².

Обчислення фактору метеорологічного розбавлення G_x за формулою (2.4.2) здійснено для відстані $x=5$ км (найближчий населений пункт від шламосховища червоних шламів МГЗ у напрямку переважного напрямку вітру за розою вітрів – Пн) для об'ємної концентрації пилу в приземному шарі атмосфери.

У результаті задача, яка виникає при обчисленні прогнозної об'ємної концентрації C_x екополютантів шламосховища в приземному шарі атмосферного повітря на відстані x від шламосховища зведена до визначення інтенсивності q винесення забруднюючих речовин в атмосферне повітря з поверхні шламосховища, яка є функцією дефляції Q та фактичної площі пилення з шламосховища:

$$q = f(Q, F_{факт}) \quad (2.4.3).$$

У розрахунках прийнято, що фактична площа пилення не перевищує 10 % від загальної площі шламосховища $F_{факт} = 14,2$ га. Рівень дефляції Q взято з результатів попереднього розділу та враховуючи

залежність інтенсивності дефляції для легкого суглинку шламосховища від ширини дефлюючого поля [94] .

Підставивши у (2.4.1) вираз (2.4.3), з врахуванням встановленої залежності дефляції від швидкості вітру (2.4.2.8), та вираз (2.4.2) отримуємо вираз для визначення і прогнозування об'ємної концентрації екополютантів шламосховища червоних шламів в приземному шарі атмосферного повітря на відстані x від шламосховища:

$$C_x = 0,52 \cdot \frac{A \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_5}{x^3} \cdot e^{0,7 \cdot v} \cdot F_{\text{факт}}$$

Результати прогнозування відображено на рис. 2.3.1. Як видно з рисунку, величина ГДК пилу у повітрі населених пунктів ($0,5 \text{ мг/м}^3$) може досягатися при швидкості вітру $v = 6 \text{ м/с}$.

Таким чином, за достатньо консервативними оцінками (при пилувій поверхні всього 10 % від усієї площі поверхні шламосховища та розташування населеного пункту за 5 км від шламосховища) простежується формування небезпечної ситуації з боку забруднення пилом та екополютантами шламосховища приземного шару атмосферного повітря у районі прилеглих населених пунктів, що в свою чергу, є джерелом потрапляння до людей надмірної кількості пилу зі шламосховища як інгаляційним, так і через харчові шляхи внаслідок осідання пилу на поверхні сільськогосподарських угідь і подальшого переміщення за трофічним ланцюгом.

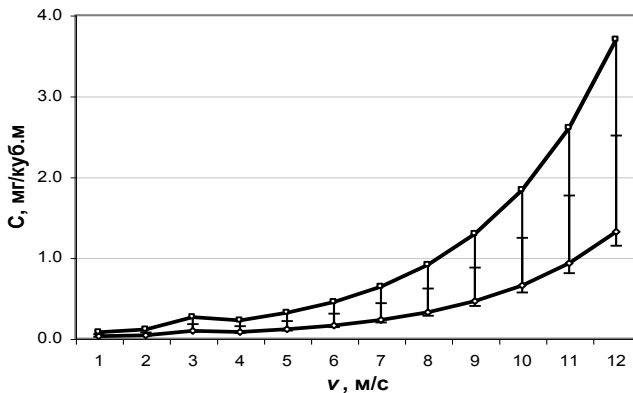


Рис. 2.4.1. Прогнозування поля об'ємної концентрації пилу C , мг/м^3 в приземному шарі атмосферного повітря на відстані 5 км від хвостосховища МГЗ

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Це обґрунтовує проведення робіт з розробки ефективного комплексного методу пилопригнічення і закріплення екополютантів на поверхні хвостосховищ видобувних і переробних підприємств. Додатковими вимогами до таких засобів пилопригнічення є наступні:

- зниження до максимально можливого рівня дефляції при різних метеорологічних умовах;
- довготривалість щодо пилопригнічення (до 50 років), поточний ремонт системи пилопригнічення повинен зберігати не менше 95 % її функцій;
- можливість до розкриття окремих ділянок шламосховища для реалізації шламів і, в подальшому, до відновлення пилопригнічуючої властивості покриття;
- не вносити додаткового негативного навантаження на шламосховище та екосистему в цілому.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Великі площі хвостосховищ видобувних та переробних підприємств і їхній склад (важкі метали, їх солі, луги) утворюють джерело забруднення атмосферного повітря та навколишнього середовища.

На хвостосховищі повсякденна дефляція виникає при швидкостях вітру 3,5–6,0 м/с. При цьому протікає вона непомітно, проте є досить шкідливою, оскільки повільно і постійно руйнує поверхню шламосховища, це спричинює переміщення пилових частинок (екополютантів) на прилеглі території. Наслідком цього є руйнування поверхні хвостосховища, розповсюдження екополютантів, зокрема важких металів (кадмій, свинець, цинк), на прилеглі території.

За основними факторами, які визначають розвиток дефляції на хвостосховищі: індекс зволоженості поверхні – 0,793, кліматичний фактор території – 0,4–2,7 (максимум восени і взимку), територія хвостосховища знаходиться в поясі сильно вираженої дефляції. При критичній швидкості вітру для підйому червоного шламу 3,8 м/с кількість переміщуваного шламу складає $2,5 \pm 0,2$ кг/(м·с).

Розраховано, що для фракції $\varnothing < 0,064$ мм постійна дефляція спостерігається при середній швидкості вітру $4,0 \pm 0,5$ м/с з винесенням пилу 10 ± 3 кг/(м·с), для фракції $0,064 < \varnothing < 0,315$ мм постійна дефляція спостерігається при середній швидкості вітру $5,0 \pm 0,5$ м/с з винесенням пилу $7,6 \pm 0,2$ кг/(м·с), для фракції $\varnothing > 0,315$ мм при середній швидкості вітру $6,0 \pm 0,2$ м/с винесення пилу складає $16,5 \pm 0,3$ кг/(м·с). При максимальній (за час спостережень) швидкості вітру 10 м/с кількість піднятого пилу становила 136 ± 12 кг/(м·с).

Прогнозування об'ємної концентрації пилу в приземному шарі атмосферного повітря на відстані 5 км від хвостосховища за рахунок дефляційних процесів на шламосховищі показало, що за достатньо консервативними оцінками (при пиловій поверхні всього 10 % від усієї площі поверхні шламосховища та розташування населеного пункту за 5 км від шламосховища) об'ємна концентрація пилу склала $0,08\text{--}3,7$ мг/м³, а рівень ГДК пилу у повітрі населених пунктів може досягатися вже при швидкості вітру 6 м/с.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Простежується формування небезпечної ситуації з боку забруднення пилом та екополлютантами хвостосховища приземного шару атмосферного повітря у районі прилеглих населених пунктів, що в свою чергу, є джерелом потрапляння до людей надмірної кількості пилу з шламосховища як інгаляційним, так і через харчовий шляхи внаслідок осідання пилу на поверхні сільськогосподарських угідь і подальшого переміщення за трофічним ланцюгом. Це обґрунтовує проведення робіт з розробки ефективного та екологічно безпечного методу пилопригнічення екополлютантів поверхні хвостосховищ видобувних та переробних підприємств.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТ З ПІДБОРУ ТА ОЦІНЦІ ПИЛОПРИГНІЧУЮЧОЇ І ПИЛОЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ РІЗНОМАНІТНИХ ЗАСОБІВ

3.1. Обґрунтування вибору засобів для проведення експерименту та методика проведення експерименту

При виборі методів і засобів для постановки експерименту з визначення їх здатності до пилопригнічення орієнтувалися на наступні характеристики цих засобів:

- екологічна безпечність застосування та відсутність токсичної і екоотоксичної дії,
- відносна простота і дешевизна впровадження,
- можливість вторинного використання після розкриття при необхідності.

У результаті було обрано: метод задержування, покриття рослинною сировиною та водополімерними плівками. При розробці методики був використаний досвід з пилопригнічення шкідливих поллютантів, отриманий в роботах по дезактивації в 30-км зоні Чорнобильської АЕС [42, 43].

Дернина – це органо-мінеральна гумусово-акумулятивна поверхня ґрунтів, формується під трав'яною, переважно луговою рослинністю. У лісах утворюється на прогалинах, вирубках, узліссях і інших відкритих просторах. Рослини, що формують дернину, належать до сімейства Злаки (Poaceae). Дернину виділяють у самостійний горизонт, якщо її потужність перевищує 3 см, ущільнена і густо пронизана живим корінням рослин, які займають більше половини її обсягу.

Дерновий процес ґрунтоутворення також найбільш яскраво протікає на породах, які багаті на карбонати кальцію і магнію. Цей процес являє собою перетворення органічних залишків у ґрунтовий гумус і

накопичення останнього у профілі. Значна частина відмираючої органічної речовини в трав'янистому співтоваристві припадає на підземну частину. Таким чином, бактеріальне розкладання органічних залишків відбувається у товщі ґрунту, в присутності кальцію і магнію, при невеликій кількості кисню, надходження якого затримується щільною дерниною. У таких умовах у складі гумусу переважають гумінові кислоти, які є слабозрчинними у воді. Це створює умови для накопичення гумусу в ґрунті. Колоїди гумусу, взаємодіючи з двовалентними катіонами кальцію і магнію, коагулюють і склеюють ґрунт у грудочки, утворюючи водостійку грудкувату або зернисту структуру, яка вважається оптимальною для коріння рослин. Дерновий процес є основним процесом ґрунтоутворення в чорноземах, значною мірою він також проявляється при утворенні каштанових, дерново-підзолистих, сірих і бурих лісових ґрунтах.

У зеленому будівництві широко використовують здатність злакових рослин утворювати щільну дернину, що захищає ґрунт від ущільнення і розмиву. Прикладом можуть служити спортивні газони, які влаштовують на футбольних полях, ігрових майданчиках, іподромах, галявинах. Вони повинні мати високу опірність до витоптування. Газони спеціального призначення грають важливу роль при задерновуванні укосів шосейних доріг і залізниць, підприємницьких хвостосховищ, укосів каналів, водосховищ та інші.

В якості одного із варіантів біологічних засобів пілопригнічення та закріплення поверхні техногенних масивів було обрано мати з очерету.

Очерет – це один з найдавніших будівельних і покрівельних матеріалів, який і сьогодні широко використовується населенням як доступний, дешевий і міцний матеріал.

Очерет – багаторічна рослина із сімейства осокових (*Scirpus*). Зростає на проточних водах, на багатих, часто засолених ґрунтах на узбережжі водойм, у долинах річок.

Очерет дуже розповсюджений на всій території України. Містить до 50 % крохмалю, 5 % білка, 32 % клітковини. Відомо, що його стебла і кореневища містять до 48 % вуглеводів, 6 % протеїнів і 3 % жиру. Очерет використовують для виготовлення паперу, плетіння кошиків, циновок. Після пресування отримують хороший будівельний матеріал – комишит.

Комишит застосовують для заповнення стін каркасних будинків, влаштування перегородок, зміцнення перекриттів у малоповерховому будівництві. Комишит належить до матеріалів, що застосовуються для теплоізоляції, відрізняється пористою будовою, малою об'ємною ва-

гою [97]. Очерет стійкий до вологи, не вбирає воду, не промокає і не набухає. Вироби з очерету стійкі до екстремальних метеорологічних умов, їм не страшні заморозки та різкі перепади температур, вони міцні та довговічні (до 50 років).

Використовують очерет як паливо для отримання спирту, паперу, дубильних речовин, молочної кислоти та гліцерину. Для виготовлення дахів, матів, килимів використовується спеціально вирощений водяний очерет осінньо-зимової рубки. Очеретяний дах будинків виготовляється зі стебел довжиною 1.5–2.5 м, товщина даху від 25 до 35 см. Вологість в очеретяний дах не проникає глибше, ніж на 3-5 см, дощ і сніг скочуються по стеблах очерету вниз і скочуються з даху.

Схематично обґрунтування обраних засобів наведено на рис. 4.1.1.

УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

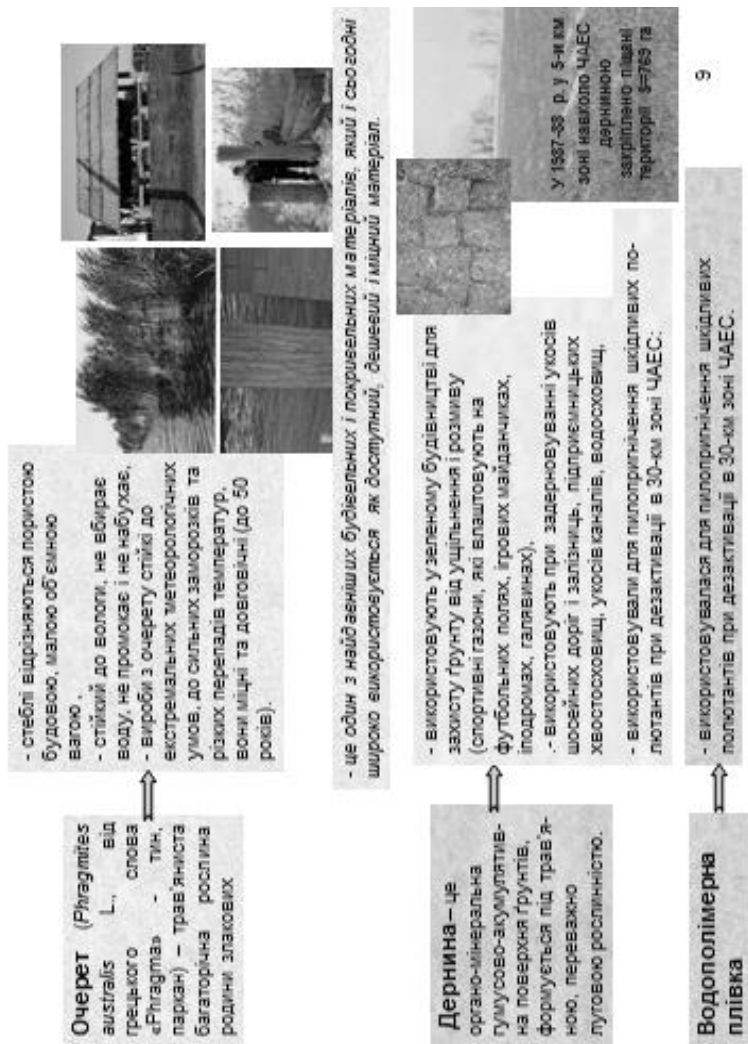


Рис. 3.1.1. Обґрунтування вибору засобів пілопрігнічення для експерименту

3.1.1. Постановка експерименту у лабораторних умовах

У лабораторних умовах використовувались кювети розміром $0,2 \times 0,2 \text{ дм}^2$, в яких розміщували червоний шлам відібраний на шламосховищі МГЗ (рН води складала 11-12). Глибина зразків ґрунту/шламу складала 5 см. У подальшому, згідно з схемою експерименту, досліджуваний технологічний матеріал розділяли на групи: в одних кюветах розміщували покриття дерниною (рис. 3.1.1.1.) на інших – покриття рослинними очеретяними матами (рис. 3.1.1.2.) та водополімерними плівками АК-511, а також – контрольна група (К) зразків, яка не піддавалась шкідливому впливу хвостосховища.

Кювети з покриттями знаходились у високо лужному середовищі (воду брали зі шламосховища МГЗ (рН = 11–12) протягом 6 тижнів.

Досліди з використання рослинної сировини були сплановані таким чином, що вони включали 6 варіантів, кожному з яких відповідав певний метод пілопригнічення. Усього за час досліджень було проведено та проаналізовано



Рис. 3.1.1.1. Розміщення покриття з дернини у лабораторних умовах



Рис. 3.1.1.2. Розміщення очеретяних матів
у лабораторних дослідженнях

1080 проб пилу, що підіймався з кювет покритих дерниною, водополімерною плівкою та очеретяними матами. Вимірювання кількості пилу в повітрі над експериментальним матеріалом проводилось один раз на добу протягом шести тижнів.

Суть методу покриття водополімерним матеріалом полягала в нанесенні на поверхню шламів водорозчинних полімерів АК-511 на основі силану, за допомогою пневматичного або безповітряного розпилення. Дослід з використанням водополімерних плівок включав 6 варіантів, у кожному варіанті досліду використовували по чотири ємності в кожній. У подальшому, згідно схеми експерименту, кювети розділяли на групи, одні з яких розміщували на відкритому майданчику і піддавались впливу метеорологічних умов, інші – контрольна група (К) кювет. Одну з кювет постійно протягом 6-тижнів поливали шламовою водою (рН = 11,9).

Захисний водополімерний склад готувався з концентрованої емульсії полімеру і води. Концентрація складу залежала від місця покриття, агресивності середовища, пори року, температури повітря, вологості та способу нанесення. Оптимальна температура від +5 до +30 °С, відносна вологість повітря не більше 70 %. Залежно від температури і вологості повітря змінюється час полімеризації. За оптимальних умов повна полімеризація здійснюється за 24 годин. Для створення умов полі-

меризації кювети протягом однієї доби відстоювали в сухому приміщенні. Для отримання міцної емульсії використовувати високі концентрації полімеру (співвідношення вода:полімер – 1:1 і 2:1).

Запиленість повітря над дослідними ділянками хвостосховища № 1 та в лабораторних умовах (кювети) визначали ваговим методом шляхом пропускання повітря через фільтри типів АФА-10, АФА-18.

Система відбору проб для аналізу пилових частинок у повітрі складалася з повітропроводу, обладнаного нагрівальним пристроєм з терморегулятором, розподільного гребінця для підключення поглинальних приладів та двох електроаспіраторів. Система відбору проб повітря для дослідження пилу утворюється з трубки (відводилась від кювети в сторону), яка обладнана фільтрами, та гнучким шлангом, котрий підключають до повітропроводу (рис. 3.1.1.3). Це дозволяло, при включенні пилососу, активно відбирати пил над кюветами і практично не захоплювати пил з прилеглих ділянок приміщення. Повітря через фільтри проходить вільно, а пил з частинками більше 1мм затримуються.

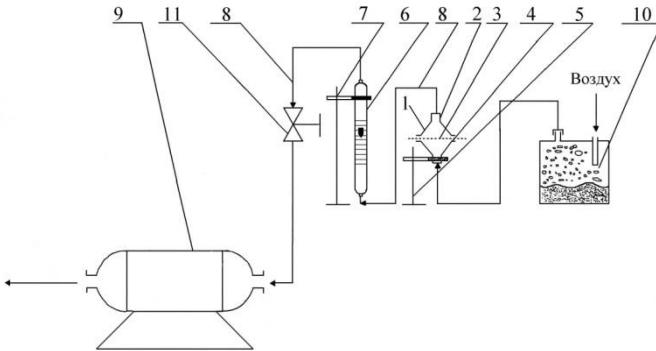


Рис. 3.1.1.3. Схема лабораторної експериментальної установки для визначення запиленості повітря: 1 – фільтр; 2 – верхня кришка фільтра; 3 – фільтруючий елемент; 4 – нижня частина фільтру; 5 – штатив; 6 – ротаметр; 7 – штатив; 8 – з'єднувальна трубка; 9 – пилосос; 10 – пилова камера; 11 – гвинтовий зажим

Коефіцієнт пилопригнічувальної здатності використаних засобів розраховували за співвідношенням:

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

$$N = 1 - \frac{M_n^o}{M_n^k}, \quad (3.1.1.1)$$

де N – коефіцієнт пилопригнічення, M_n^k – маса пилу в контрольному варіанті, а M_n^d – маса пилу у варіанті з покриттям d (d_a – покриття з дернини, d_{oc} – покриття з очеретяних матів, $d_{e.n.}$ – покриття з водополімерної плівки).

Показник пилопригнічення визначено як відношення маси пилу в контрольному варіанті до варіанту з покриттям.

Для визначення показника стійкості Z покриття d до дії метеорологічних факторів середовища та агресивних факторів хвостосховищ спочатку визначали коефіцієнт стійкості покриття над кожною кюветою i – Z_i :

$$Z_i = \frac{S_t}{S_0} \quad (3.1.1.2)$$

де S_0 – площа кювети i , яка вкрита покриттям d до початку експозиції, дм^2 ; S_t – площа кювети i , яка вкрита покриттям d після закінчення часу експозиції t ($t = 1$ –6 тижнів або 1–12 місяців) дм^2 .

Коефіцієнти Z_i визначали за кожний тиждень (місяць) як середньарифметичне значення \bar{Z}_i зі стандартним відхиленням σ_{z_i} :

$$Z_i = \bar{Z}_i \pm \sigma_Z.$$

За результатами визначення коефіцієнтів стійкості покриття за кожною кюветою визначали коефіцієнт B , як середньозважену суму коефіцієнтів B_i :

$$Z = Z_{c.s.} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \bar{Z}_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad \text{де } w_i = \frac{1}{\sigma_{Z_i}} \quad (3.1.1.3.)$$

Середньоквадратичне відхилення для середньозваженого коефіцієнту C визначали, як:

$$\sigma_Z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{Z_i}^2}{n-1}}$$

Показник пилопригнічення N також визначали як середньозважену суму коефіцієнтів N_i , визначених для кожної кювети.

Роботу системи контролю ефективності пилопригнічення встановлювали в такому режимі, щоб отримати достовірні показники між вагою капронових фільтрів, задіяних над кюветами з пилопригнічувальним матеріалом (дернина, очеретяні мати, водополімерна плівка) і над кюветами без пилопригнічуючих матеріалів.

3.1.2. Постановка експерименту на дослідній ділянці

Для проведення експерименту з визначення пилопригнічувальної здатності різних засобів пилопригнічення та закріплення небезпечних екополютантів було обрано три види поверхні: дороги (внутрішні) та внутрішньо дамбові – високе розташування поверхні доріг, і вплив на них транспорту і техніки, що використовується для реконструкції шламосховища, створюють умови для помітного вітрового підйому і пилоутворення; відкоси всередині дамби шламосховища – забруднення відкосів лугами та домішками важких металів, становить внесок у забруднення атмосферного повітря та навколишнього середовища; пляжі – при поступовому знятті з експлуатації шламосховища МГЗ, оголюються площі пляжів.

Для зняття дернини заздалегідь обрана ділянка та ділянка для розташування рослинної сировини на території хвостосховища МГЗ. На сформованій експериментальній ділянці шламосховища виділено ділянки під певний вид покриття: дерниною – площею 100 м², очеретяними матами – площею 300 м², водополімерною плівкою – площею 100 м², та контрольний варіант (без будь-якого покриття) – 150 м², схематичне зображення наведено на рис. 4.1.2.1.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

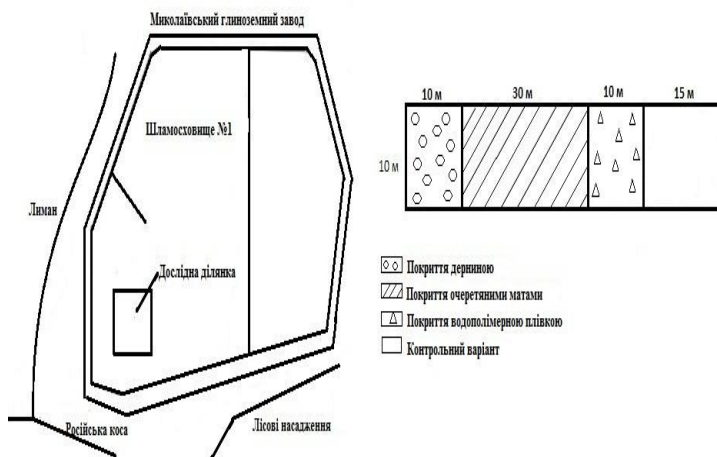


Рис. 3.1.2.1. Схематичне зображення експериментальної ділянки на шламосховищі № 1 МГЗ

Дослідження проводились протягом 12 місяців. Згідно з схемою експерименту дослідна ділянка була розділена на фрагменти, одні з яких – для покриття дерниною, інші – покриття очеретяними матами, а також контрольні варіанти (без будь-якого покриття). При покритті експериментальної ділянки шламосховища полімерними плівками випробували мінімальні концентрації полімеру в співвідношенні вода: полімер – 3:1.

До початку досліджень обрані фрагменти з біологічними матеріалами були очищені від пилу, що на них знаходився. День проведення досліджень обирався таким чином, щоб сила вітру була мінімальною (1,3 м/с), а відносна вологість повітря в межах 60–70%.

Для розлуження дослідної ділянки використовували метод дощування. Здійснювали так, щоб поливна вода не розмивала поверхневі шари, бо інакше поверхневі шари ґрунту після дощування почнуть висихати і розпилитися з більшою інтенсивністю, ніж це було до поливу. При пилопригніченні методом дощування враховували результати досліджень [132], за якими витрата дощувальної води не повинна перевищувати 10 т/га шламосховища. Було передбачено нейтралізацію сильно лужної реакції шламів. Основним робочим розчином методу нейтралізації виступав розчин соляної (HCl) або сірчаної кислот

(H_2SO_4). На одну тону води додавали 5 кг технічної сірчаної кислоти. Витрата води складала приблизно 1 т води на 0,1 га шламосховища.

Запиленість повітря над дослідними ділянками хвостосховища № 1 та в лабораторних умовах (кювети) визначали ваговим методом шляхом пропускання повітря через фільтри типів АФА-10, АФА-18 на основі тканини Петрянова (рис. 3.1.2.2).

Система пиловловлення розташовувалась на обраній ділянці таким чином: в центрі встановлювався штатив з фільтром на висоті 0,7–1,0 м, на краю – вентиляційна установка з регулятором швидкості. Швидкість потоку повітря вимірювали за допомогою електронного анемометра ТТМ-2. Фільтротриймачі приєднували гумовими шлангами до аспіраційного приладу, підключеного до джерела зі струмом (портативний електричний генератор).

Відбір проб пилу відбувався при швидкості руху потоку повітря від 1,5 до 12 м/с, тривалість відбору в лабораторних умовах – 3 години щоденно, в природних – один раз на тиждень протягом 3-х годин. Після закінчення взяття проби фільтри виймають з фільтротриймачів, кількість пилу оцінювали за різницею ваги пилу в дослідних і контрольних варіантах.

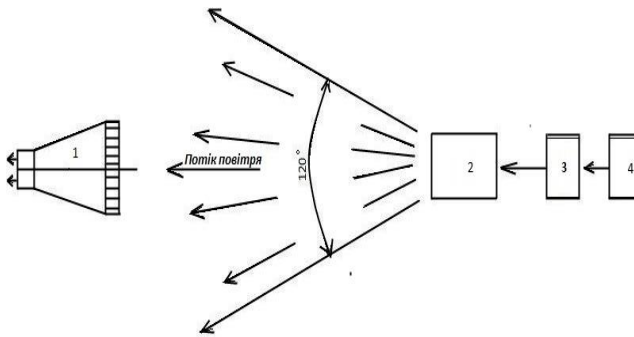


Рис. 3.1.2.2. Схема експерименту на ділянці шламосховища № 1 МГЗ: 1 – аспіраційна установка, 2 – вентилятор, 3 – регулятор обертів, 4 – електричний генератор

Вимірювання кількості пилу відбувалось один раз на тиждень протягом дванадцяти місяців в природних умовах та на протязі шести тижнів - в лабораторних умовах. Всього за час досліджень було проведено та проаналізовано 250 проб пилу над дослідними ділянками.

Коефіцієнти пилопригнічувальної здатності N та стійкості C досліджених засобів (дернина, очеретяні мати та водополімерна плівка) в природних умовах визначали аналогічним чином за формулами (3.1.1.1), (3.1.1.2).

3.1.3. Математично-статистична обробка результатів досліджень

При обробці результатів усіх експериментальних досліджень: реакції моноекосистеми на вплив полютантів, що містяться в пилових частинках шламосховища МГЗ (вимірювання залишкової радіоактивності за допомогою сцинтиляційного гамма-лічильника СЕГ-05, вимірювання довжини кореневої системи) та пилопригнічувальної здатності біологічних засобів (вимірювання кількості пилу аспіраційним методом) використані відомі методи статистичної обробки даних (оцінка вірогідності статистичних показників, використання t -критерію Стьюдента).

Усереднення результатів досліджень проводилося через визначення середніх значень з середньоквадратичними відхиленнями з 95 % вірогідністю. Порівняння середніх значень проводилося з врахуванням інтервалу розкиду даних (2σ). Перевірка значущості різниці між окремими показниками проводилася за допомогою тесту χ^2 .

Для визначення середнього значення кожна вибірка результатів перевірялась на підпорядкування нормальному закону розподілу даних. Для цього визначалися характеристики групування (середнє арифметичне, середнє модальне та середнє медіанне значення) і розсіювання даних (стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, квантілі, коефіцієнт асиметрії). Після первинної статистичної обробки впорядковані результати досліджень представлялися у вигляді $\bar{X} \pm S\bar{X}$, де \bar{X} – середнє арифметичне значення, $S\bar{X}$ – середньоквадратичне відхилення, яке визначене з 95 % ймовірністю.

Середнє арифметичне значення обраховувалось при дослідженні екополютантів, що надходять зі шламосховища МГЗ: усереднення отриманих даних залишкової активності для хлориду кадмію, сульфату цинку та свинцю сцинтиляційним методом [13], вимірювання довжини головного кореня експериментальних рослин. При дослідженні ефективності методів пилопригнічення (покриття дерниною та очеретяними матами) шламосховища МГЗ проводилось усереднення даних,

що отримані в лабораторних та природних умовах – це кількість пилу, яка накопичувалась на фільтрах протягом експерименту (12 місяців).

Достовірність різниці середніх арифметичних (t) розраховується за критерієм Стьюдента-Фішера:

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}},$$

де x_1 – середнє арифметичне значення показника в контролі, x_2 – середнє арифметичне значення показника у варіанті, m_1^2 – помилка середнього арифметичного в контролі, m_2^2 – помилка середнього арифметичного у варіанті.

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

де σ – дисперсія, n – кількість результатів.

Достовірність отриманих даних в експериментах складала 95 %, похибка експерименту – 5 %.

3.2. Пилопригнічуюча і пилозахисна здатність водополімерних плівок

Для оцінки стійкості та довговічності водополімерного покриття проведено лабораторні та натурні дослідження на шламосховищі № 1 МГЗ.

Схема експерименту у лабораторних умовах передбачала розміщення шламу у дослідних кюветках (всього 6 кювет), у 5 з яких шлам вкривали водополімерною плівкою (АК-511), а одну вважали контрольною. Усі кюветки розміщували на відкритому майданчику і піддавали впливу метеорологічних умов. Одну з кювет, протягом 6 тижнів, зрошували висококолужною водою (рН = 11,9) зі шламосховища МГЗ. Так, у листопаді 2004 р. зразки шламу помістили у пластмасові кюветки і покрили його водополімерною плівкою за допомогою розпилювача. Для створення умов полімеризації кюветки добу відстоювалися в сухому приміщенні. У лабораторному досліді, виходячи з досвіду польових досліджень, було вирішено використовувати високі концентрації полімеру (співвідношення вода: полімер 1:1 і 2:1). Це дозволило отримати досить міцну плівку. При цьому відбувалося повне пилопригнічення. Одну з кювет постійно протягом 6-тижнів зрошували шламовою во-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

дою ($pH = 11,9$), що, як свідчили результати, не вплинуло на механічні властивості водополімерного покриття.

Одну з кювет зі шламом, вкритою плівкою, розмістили на відкритому просторі, тобто без захисту від впливу атмосферних факторів (дощу, снігу, низьких температур). Спочатку тритижневе перебування вкритого плівкою шламу на відкритому майданчику в умовах слабких заморозків ні призвело до істотного пошкодження і розм'якшенню покриття. Це вказувало на відносно високу стійкість цього покриття до метеоумов.

Частина дослідів з випробування плівкового покриття була проведена в польових умовах. У жовтні 2004 р. невелику горизонтальну ділянку і ділянку на схилі шламосховища було покрито плівкою. Для економії витрат матеріалів у цій технології для покриття застосували меншу концентрацію полімеру, у співвідношенні вода:полімер – 3:1. Випробування цього варіанту покриття свідчили, що процес полімеризації відбувається нормально, проте він не був завершений через те, що наступного дня пішов рясний дощ. Втім, очевидно, що таке покриття навіть при мінімімальних витратах на полімери, є досить ефективним за умови дотримання вимог до його застосування. При цьому покриття має високу стійкість до лужного середовища, а при підкисленні середовища повинно привести до помітного збільшення довговічності плівкового покриття.

Продовження лабораторних випробувань водополімерних покриттів протягом січня – лютий 2005 р. свідчило, що його міцність не змінюється. Покриття зберігає високу механічну міцність і цілісність. Кювета з водополімерним покриттям, яка була виставлена на відкрите повітря, вкрилася водою, яка згодом замерзла. При змінах погоди і чередування танення і замерзань, цілісне водополімерне покриття розпалося на досить великі фрагменти, які все ще зберігали пилепригнічуючі властивості.

Визначення пилопригнічуючої і пилозахисної здатності водополімерних плівок здійснювалось за показниками: пилопригнічуюча здатність (коефіцієнт пилопригнічення M) за формулою (4.1.1.1), цілісність (стійкість) покриття (коефіцієнт стійкості B) за формулою (4.1.1.2). Статистично оброблені результати лабораторного експерименту з визначення площі покриття S_i^t і коефіцієнту стійкості водополімерної плівки АК-511, визначення маси пилу $M_n^{e.n.}$ над експериментальними

кюветами та визначення коефіцієнту пилопригнічення, через 1–6 тижнів експерименту, наведено у таблицях 4.2.1, 4.2.2.

Як видно з таблиці 4.2.1., для всіх характеристик наявний широкий інтервал розкиду даних. Для всіх тижнів досліджень стійкості покриття наявна близькість величин середньоарифметичного і модального значень, що свідчило про високу ймовірність середньоарифметичного значення покриття S_i^t водополімерною плівкою АК-511. В період з 1 по 3 тижні спостережень отримано близькість усіх середніх характеристик площі та коефіцієнту стійкості покриття, що свідчило про добре групування результатів досліджень.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 3.2.1

**Статистична обробка результатів лабораторних досліджень з
визначення площі покриття S_i^t експериментальних кювет,
вкритих водополімерною плівкою АК-511**

Час експерименту t , тиждень	Площа покриття кювети i після завершення експозиції S_i^t , дм^2					Коефіцієнт стійкості Z_i покриття над кюветою i				
	Середнє арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	0,04	0,039	0,031	0,05	0,001	1,0	0,98	0,87	1,27	0,03
2	0,04	0,039	0,031	0,05	0,001	1,0	0,98	0,87	1,27	0,03
3	0,039	0,034	0,028	0,043	0,002	0,97	0,95	0,82	1,29	0,04
4	0,039	0,036	0,021	0,041	0,002	0,97	0,83	0,73	1,37	0,02
5	0,036	0,035	0,022	0,039	0,008	0,94	0,87	0,7	1,26	0,05
6	0,037	0,029	0,02	0,044	0,007	0,93	0,79	0,62	1,24	0,02
Контроль (К)	0,04	0,038	0,035	0,052	0,0018	1,0	0,96	0,88	1,8	0,03

Примітка: площа покриття кювети i до початку експозиції S_i^0 дорівнювала $0,04 \text{ дм}^2$

У таблиці 3.2.2. наведено статистично-оброблені результати дослідження коефіцієнту пилопригнічення водополімерної плівки АК-511. Майже для всіх тижнів спостережень характерним був широкий інтервал розкиду даних та близькість величин середньоарифметичного і модального значень коефіцієнту пило пригнічення та близькість усіх середніх характеристик, що свідчило про згрупованість результатів досліджень.

Узагальнені результати лабораторного експерименту з визначення пилопригнічуючої і пилозахисної здатності водополімерної плівки АК-511 та її стійкості (цілісності) наведено у таблиці 3.1.3. У цій таблиці наведено середньозважені коефіцієнти пилопригнічення N та стійкості Z з відповідними середньоквадратичними відхиленнями.

Таблиця 3.2.2

Статистична обробка результатів лабораторних досліджень з визначення маси пилу $M_n^{в.п.}$ над експериментальними кюветами, закритих водополімерною плівкою АК-511

Час експерименту t	Маса пилу над кюветою i , г/м ³					Коефіцієнт пилопригнічення N_i для кювети i				
	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	0,8	0,73	0,56	1,2	0,07	80	82	76	93	4
2	1,2	0,98	0,73	1,6	0,22	87	84	64	93	3
3	1,4	1,0	0,62	2,0	0,3	119	121	97	134	2
4	1,46	0,99	0,41	1,89	0,37	128	127	101	141	3
5	2,7	2,4	1,21	4,2	0,47	131	135	99	156	2
6	2,9	2,11	1,34	5,0	0,45	136	142	121	162	2
K	64	65	60	65	3	40	38	21	63	3

Примітка: маса пилу над контрольною кюветою M_n^k дорівнювала 64 г/м³.

Таблиця 3.2.3

Узагальнені результати лабораторного експерименту з визначення коефіцієнтів пилопригнічення і стійкості водополімерної плівки АК-511

$\bar{X} \pm S\bar{x}$

Час експозиції експерименту t , місяців	Коефіцієнт стійкості (цілісності) Z	Коефіцієнт пилопригнічення N
1	1,0±0,03	80±4
2	1,0±0,03	87±3
3	0,97±0,04	119±2
4	0,97±0,02	128±3
5	0,94±0,05	131±2

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

6

$0,93 \pm 0,02$

136 ± 2

Як видно з таблиці 3.2.3, коефіцієнт цілісності Z водополімерної плівки АК-511 протягом усіх 6 тижнів експерименту не зазнавав значних змін, значення залишалися високими та стабільними.

Коефіцієнт пилопригнічення N для покриття водополімерною плівкою АК-511 становив 136 одиниць (рис. 3.2.1). Найменше значення N отримано за перші два тижні досліджень.

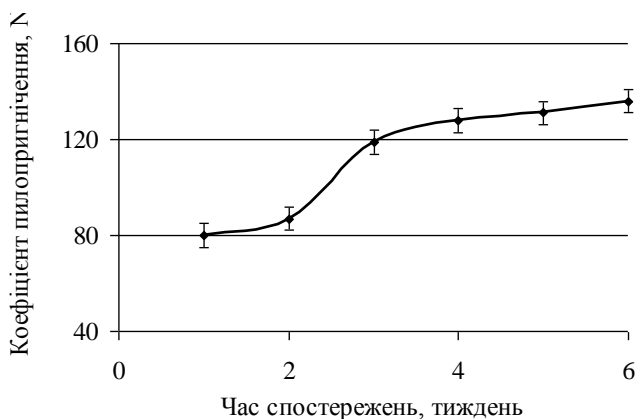


Рис. 3.2.1. Показник пилопригнічення покриття поверхні водополімерними плівками А-511

Таким чином, спостереження показали, що міцність покриття на кюветах в лабораторних умовах з часом не змінюється. Покриття зберігало високу механічну міцність і цілісність.

Експеримент у природних умовах шламосховища №1 МГЗ передбачав покриття водополімерною плівкою АК-511 ділянки шламосховища площею 10 м^2 . Тривалість експерименту складала 12 місяців. Так, у жовтні 2004 р. було покрито невелику ділянку шламосховища на його гладкій ділянці і на схилі. Для економії витрат за цією технологією, в польовому експерименті для покриття випробували мінімальні концентрації полімеру у співвідношеннях вода: полімер – 3:1. Перевірка цих варіантів співвідношень на твердій поверхні показала, що полімеризація відбувається і закріплення здійснюється нормально.

При використанні цих співвідношень водополімеру для покриття поверхонь шламів, наступного дня пішов рясний дощ, і повноцінної полімеризації не відбулося.

Продовження лабораторних досліджень з водополімерним покриттям, проведено протягом січня–лютого 2005 р., показало, що міцність водополімерного покриття змінилася. Це підтвердили і подальші дослідження восени і взимку 2005–2007 рр. При мінливих метеоумовах відбулась повна втрата водополімерного шару. Червоні шлами стали розсипчастими, і залишкові водополімерні плівки не могли забезпечити необхідне закріплення і пилопригнічення поверхні.

Вигляд покриття поверхні шламосховища водополімерною плівкою на експериментальній ділянці показано на рис. 3.2.2.



Рис. 3.2.2. Покриття поверхні шламосховища водополімерною плівкою

Результати натурних досліджень з визначення стійкості (цілісності) покриття Z_i водополімерною плівкою АК-511 через 1–12 місяців експерименту наведено у таблиці 3.2.4., а з визначення маси пилу $M_n^{с.п.}$ над експериментальною ділянкою шламосховища, вкритою водополімерною плівкою АК-511, через 1–12 місяців експерименту наведено у таблиці 3.2.5.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 3.2.4

**Статистична обробка результатів польових досліджень з
визначення стійкості покриття водополімерною плівкою
АК-511 на експериментальній ділянці шламосховища**

Час експерименту t	Площа покриття поверхні i після завершення експозиції S_i^t , дм^2					Коефіцієнт стійкості Z_i покриття на шламосховищі i				
	Середньо арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадрат. відхилення	Середньоарифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадрат. відхилення
1	0,32	0,39	0,21	0,57	0,03	0,88	0,98	0,87	0,98	0,03
2	0,26	0,21	0,18	0,42	0,03	0,88	0,84	0,71	1,01	0,02
3	0,28	0,24	0,12	0,43	0,02	0,88	0,95	0,82	1,29	0,04
4	0,2	0,18	0,15	0,43	0,02	0,73	0,83	0,61	1,0	0,01
5	0,2	0,16	0,1	0,41	0,05	0,73	0,83	0,61	1,0	0,01
6	0,15	0,12	0,08	0,22	0,03	0,7	0,64	0,51	1,12	0,03
7	0,15	0,21	0,08	0,39	0,03	0,62	0,87	0,41	0,88	0,05
8	0,1	0,17	0,02	0,32	0,01	0,62	0,38	0,22	0,56	0,02
9	0,1	0,09	0,03	0,24	0,02	0,6	0,54	0,23	0,73	0,03
10	0,1	0,17	0,02	0,32	0,01	0,6	0,32	0,41	0,8	0,02
11	0,06	0,01	0,02	0,4	0,02	0,6	0,58	0,41	0,75	0,03
12	0,06	0,01	0,02	0,4	0,03	0,6	0,79	0,44	0,55	0,02
Контроль	0,3	0,38	0,24	0,52	0,018	1,0	0,96	0,88	1,8	0,03

Примітка: площа покриття кювети i до початку експозиції для S_i^0 дорівнювала $0,3 \text{ дм}^2$.

Таблиця 3.2.5

Статистична обробка результатів з визначення маси пилу $M_n^{в.п.}$ над експериментальною ділянкою шламосховища, вкритою водополімерною плівкою АК-511

Час експерименту t , міс.	Маса пилу над поверхнею i , г/м ³					Коефіцієнт пилопригнічення N_i для ділянки шламосховища i				
	Середньо арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадрат. відхилення	Середньо арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадрат. відхилення
1	0,8	0,73	0,56	1,2	0,07	60	58	33	72	4
2	0,8	0,73	0,56	1,2	0,07	60	63	51	72	2
3	0,81	0,73	0,56	1,2	0,07	58	50	38	72	3
4	0,6	0,57	0,44	1,6	0,02	58	47	23	81	3
5	0,4	0,47	0,23	0,95	0,03	40	31	20	42	2
6	0,43	0,47	0,23	0,95	0,03	40	45	18	42	2
7	0,4	0,47	0,23	0,95	0,03	36	31	20	41	2
8	0,2	0,18	0,1	0,89	0,02	40	32	18	42	2
9	0,21	0,19	0,1	0,24	0,03	40	46	20	42	4
10	0,21	0,24	0,01	0,36	0,03	40	51	18	42	6
11	0,21	0,3	0,01	0,28	0,03	40	39	20	42	6
12	0,2	0,35	0,1	0,23	0,1	40	46	31	42	4
Контроль	140	137	126	185	5	40	51	031	44	3

Примітка: маса пилу над контрольною кюветою $M_n^{к.}$ 140 г/м³.

Узагальнені результати експерименту в природних умовах з визначення пилопригнічуючої і пилозахисної здатності водополімерної плівки АК-511 та її стійкості (цілісності) наведено у таблиці 3.2.6. У цій таблиці наведено середньозважені коефіцієнти пилопригнічення N та стійкості Z з відповідними середньоквадратичними відхиленнями.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 3.2.6

**Узагальнені результати лабораторного експерименту
з визначення коефіцієнтів пилопригнічення і стійкості
водополімерної плівки АК-511**

$\bar{X} \pm S\bar{x}$

Час експозиції експерименту t, місяців	Коефіцієнт стійкості (цілісності) Z	Коефіцієнт пилопригнічення N
1	0,88±0,03	60±4
2	0,88±0,02	60±2
3	0,88±0,04	58±3
4	0,73±0,01	58±3
5	0,73±0,01	40±2
6	0,7±0,03	40±2
7	0,62±0,05	36±2
8	0,62±0,02	40±2
9	0,6±0,03	40±4
10	0,6±0,02	40±6
11	0,6±0,03	40±4
12	0,6±0,02	40±3

Як видно з таблиць коефіцієнт цілісності Z водополімерної плівки АК-511 протягом 12-ти місяців експерименту був достатньо нестабільним та низьким – 0,6: найбільший показник спостерігався в період з першого по шостий місяці досліджень – 0,7–0,8.

Коефіцієнт пилопригнічення N для водополімерної плівки АК-511 протягом експерименту був досить не стабільним, зменшувався з кожним місяцем спостережень і наприкінці становив 40 одиниць (рис. 3.2.3).

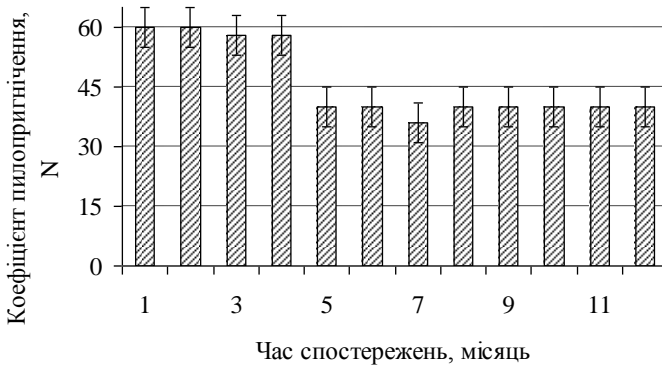


Рис. 3.2.3. Показник пилопригнічення покриття шламосховища водополімерними плівками А-511

Таким чином, до кінця цього експерименту відбулась повна втрата водополімерного шару. Тобто можна вважати, що або пропонується концентрація полімеру (3:1) є недостатньою для створення довговічного, стійкого до метеорологічних умов водополімерного покриття, або в цілому цей метод може виявитися не перспективним для закріплення і пилопригнічення червоних шламів на шламосховищі № 1 МГЗ.

3.2.1. Лабораторні дослідження

Схема експерименту в лабораторних умовах передбачала розміщення шламу в дослідних кюветах (всього 6 кювет), у 5 з яких шлам вкривали водополімерною плівкою (АК-511), а одну вважали контрольною. Усі кювети розміщували на відкритому майданчику і піддавали впливу метеорологічних умов. Одну з кювет, протягом 6 тижнів, зрошували високолужною водою ($\text{pH} = 11,9$) зі шламосховища МГЗ. Визначення пилопригнічувальної і пилозахисної здатності водополімерних плівок здійснювалось за показниками: пилопригнічувальна здатність (коефіцієнт пилопригнічення) за формулою (3.1.1.1), стійкість покриття (коефіцієнт стійкості Z) за формулою (3.1.1.2).

Результати лабораторного експерименту з визначення площі покриття S_i^t і коефіцієнту стійкості водополімерної плівки АК-511, ви-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

значення маси пилу $M_n^{e.n.}$ над експериментальними кюветами та ви-
значення коефіцієнту пилопригнічення, через 1–6 тижнів експеримен-
ту, наведено у таблицях 3.2.1.1, 3.2.1.2. Як видно з таблиці 3.2.1.1, для
досліджених характеристик наявний широкий інтервал розкиду даних.
Протягом усіх тижнів дослідження стійкості покриття наявна близь-
кість величин середньоарифметичного і модального значень, що свід-
чило про високу ймовірність середньоарифметичного значення пок-
риття S_i^t водополімерною плівкою АК-511. У період з 1 по 3 тижні
спостережень отримано близькість усіх середніх характеристик площі
та коефіцієнту стійкості покриття. У таблиці 3.2.1.2. наведено статис-
тично-оброблені результати дослідження коефіцієнту пилопригнічення
водополімерної плівки АК-511. Тут також характерним був широкий
інтервал розкиду даних.

Таблиця 3.2.1.1

**Статистична обробка результатів лабораторних досліджень з
визначення стійкості Z_i покриття експериментальних кювет
водополімерною плівкою АК-511**

Час експерименту t , тиждень	Площа покриття кювети i після завершення експозиції S_i^t , дм^2					Коефіцієнт стійкості Z_i пок- риття над кюветою i				
	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне зна- чення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	0,04	0,039	0,031	0,05	0,001	1,0	0,98	0,87	1,27	0,03
2	0,04	0,039	0,031	0,05	0,001	1,0	0,98	0,87	1,27	0,03
3	0,039	0,034	0,028	0,043	0,002	0,97	0,95	0,82	1,29	0,04
4	0,039	0,036	0,021	0,041	0,002	0,97	0,83	0,73	1,37	0,02
5	0,036	0,035	0,022	0,039	0,008	0,94	0,87	0,7	1,26	0,05
6	0,037	0,029	0,02	0,044	0,007	0,93	0,79	0,62	1,24	0,02
Контроль (К)	0,04	0,038	0,035	0,052	0,0018	1,0	0,96	0,88	1,8	0,03

Примітка: площа покриття кювети i до початку експозиції S_i^0 до-
рівнювала $0,04 \text{ дм}^2$.

Таблиця 3.2.1.2

**Статистична обробка результатів лабораторних досліджень
з визначення маси пилу $M_n^{e.n.}$ над експериментальними
кюветами та показник пилопригнічення покриття
водополімерною плівкою АК-511**

Час експерименту t	Маса пилу над кюветою i , г					Показник пилопригнічення для кювети i				
	Середнє арифм. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифм. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	0,8	0,73	0,56	1,2	0,07	80	82	76	93	4
2	1,2	0,98	0,73	1,6	0,22	87	84	64	93	3
3	1,4	1,0	0,62	2,0	0,3	119	121	97	134	2
4	1,46	0,99	0,41	1,89	0,37	128	127	101	141	3
5	2,7	2,4	1,21	4,2	0,47	131	135	99	156	2
6	2,9	2,11	1,34	5,0	0,45	136	142	121	162	2
К	64	65	60	65	3	40	38	21	63	3

Примітка: маса пилу над контрольною кюветою M_n^k дорівнювала 64 г.

Узагальнені результати лабораторного експерименту з визначення пилопригнічувальної і пилозахисної здатності водополімерної плівки АК-511 та її стійкості наведено у таблиці 3.2.1.3. У цій таблиці наведено середньозважені показники пилопригнічення та коефіцієнт стійкості C з відповідними середньоквадратичними відхиленнями.

Як видно з таблиці 3.2.1.3., коефіцієнт стійкості Z водополімерної плівки АК-511 протягом усіх 6 тижнів експерименту не зазнавав значних змін, значення залишалися високими та стабільними. Показник пилопригнічення для покриття водополімерною плівкою АК-511 становив 136 одиниць (рис. 3.2.1.1). Найменше значення отримано за перші два тижні досліджень.

Таблиця 3.2.1.3

**Узагальнені результати лабораторного експерименту
з визначення показника пилопригнічення і коефіцієнту стійко-
сті водополімерної плівки АК-511**

$$\bar{X} \pm S\bar{x}$$

Час експозиції експерименту t , місяців	Коефіцієнт стійкості Z	Показник пилопригнічення
1	1,0±0,03	80±4
2	1,0±0,03	87±3
3	0,97±0,04	119±2
4	0,97±0,02	128±3
5	0,94±0,05	131±2
6	0,93±0,02	136±2

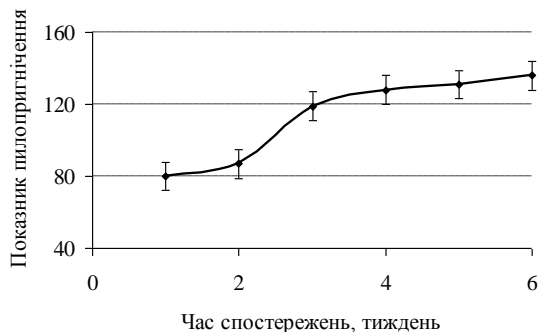


Рис. 3.2.1.1. Показник пилопригнічення покриття поверхні водополімерними плівками А-511

Таким чином, результати спостереження свідчили, що міцність покриття на кюветях в лабораторних умовах з часом не змінюється. Покриття зберігало високу механічну міцність і цілісність.

3.2.2. Польові дослідження

Експеримент у природних умовах шламосховища №1 МГЗ передбачав покриття водополімерною плівкою АК-511 ділянки шламосховища площею 100 м², яку було розділено на 5 сегментів площею по 15 м². Тривалість експерименту складала 12 місяців.

Результати польових досліджень із визначення стійкості покриття S_i^t водополімерною плівкою АК-511 експериментальної ділянки шламосховища через 1-12 місяців експерименту наведено у таблиці 3.2.2.1.

Результати польових досліджень з визначення маси пилу $M_n^{6.n.}$ над експериментальною ділянкою шламосховища, вкритою водополімерною плівкою АК-511, через 1–12 місяців експерименту наведено у таблиці 3.2.2.2.

Результати статистичної обробки даних визначення стійкості покриття водополімерною плівкою АК-511 у польових умовах свідчили про малий коефіцієнт розкиду даних. Для ділянок у період з 1 по 10 місяці спостережень наявна близькість середньоарифметичного і модального значень, подібна картина прослідковувалася при визначенні середньоарифметичного та модального значення коефіцієнту стійкості покриття. Для ділянок у 1–3 місяці спостережень отримано близькі значення коефіцієнту стійкості за усіма середніми характеристиками.

Дані таблиці 3.2.2.3. свідчили про малий інтервал розкиду даних та близькість середньоарифметичного і модального значень. Це вказує на високу ймовірність середньоарифметичного значення площі покриття поверхні як для кількості накопичення пилу в атмосферному повітрі, так і показника пилопригнічення для ділянки шламосховища, що вкрита водополімерними плівками АК-511.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 3.2.2.1

**Статистична обробка результатів польових досліджень
з визначення стійкості покриття експериментальної
ділянки шламосховища водополімерною плівкою АК-511**

Час експерименту t	Площа покриття поверхні i після завершення експозиції S_i^t , дм^2					Коефіцієнт стійкості Z_i покриття на шламосховищі i				
	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	13,2	13,3	11,0	15,4	4,1	0,88	0,98	0,87	0,98	0,03
2	13,2	13,0	10,2	15,7	3,5	0,88	0,84	0,71	1,01	0,02
3	13,2	13,0	11,3	15,7	3,2	0,88	0,95	0,82	1,29	0,04
4	10,95	9,56	7,6	12,3	4,2	0,73	0,83	0,61	1,0	0,01
5	10,95	9,52	7,6	12,8	5,0	0,73	0,83	0,61	1,0	0,01
6	10,9	11,3	8,6	13,0	2,6	0,7	0,64	0,51	1,12	0,03
7	9,3	8,9	7,3	10,6	3,4	0,62	0,87	0,41	0,88	0,05
8	9,32	8,5	7,2	11,2	4,2	0,62	0,38	0,22	0,56	0,02
9	9,3	8,6	7,3	11,3	2,1	0,6	0,54	0,23	0,73	0,03
10	9,32	10,3	7,3	11,2	4,3	0,6	0,32	0,41	0,8	0,02
11	9,29	10,0	7,3	11,2	3,7	0,6	0,58	0,41	0,75	0,03
12	9,2	10,2	7,5	11,2	2,1	0,6	0,79	0,44	0,55	0,02
Контроль	15	18	9	24	4	1,0	0,96	0,88	1,8	0,03

Примітка: площа покриття кювету i до початку експозиції для S_i^0 дорівнювала 15 м^2 .

Таблиця 3.2.2.2

**Статистична обробка результатів досліджень з визначення
маси пилу $M_n^{6.n.}$ над експериментальною ділянкою
шламосховища, вкритою водополімерною плівкою АК-511**

Час експерименту t	Маса пилу над поверхнею i , г					Показник пилопригнічення для ділянки шламосховища i				
	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	2,3	2,1	1,87	2,6	0,3	60	58	33	72	4
2	2,3	2,1	1,87	2,6	0,5	60	63	51	72	2
3	43	40	38	52	4	3,2	3,1	2,1	3,8	0,5
4	44	43	36	56	5	2,9	3,0	1,9	3,6	0,4
5	38	44	32	59	3	3,6	3,4	2,6	4,2	0,4
6	38	42	30	60	6	3,4	3,2	2,2	3,8	0,3
7	46	46	34	63	4	3,0	2,8	1,5	3,6	0,3
8	46	47	30	57	3	2,7	3,2	1,6	3,8	0,5
9	44	40	30	52	3	3,1	2,7	2,6	3,4	0,6
10	44	43	36	61	4	2,8	3,0	1,6	3,8	0,5
11	40	39	34	57	6	3,5	3,7	2,2	4,2	0,6
12	40	40	32	52	4	3,5	3,8	2,2	4,2	0,6
Контроль	140	137	126	185	5	1	1	1	1	1

Примітка: маса пилу над контрольною кюветою M_n^k : 140 г.

Узагальнені результати експерименту в польових умовах з визначення пилопригнічувальної і пилозахисної здатності водополімерної плівки АК-511 та її стійкості наведено у таблиці 3.2.2.3. У цій таблиці наведено середньозважені показники пилопригнічення та коефіцієнт стійкості Z з відповідними середньоквадратичними відхиленнями.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 3.2.2.3.

**Узагальнені результати польового експерименту
з визначення показника пилопригнічення і коефіцієнту
стійкості водополімерної плівки АК-511**

$$\bar{X} \pm S\bar{x}$$

Час експози- ції експерименту <i>t</i>, місяців	Коефіцієнт стійкості <i>Z</i>	Показник пилопригнічення
1	0,88±0,03	60±4
2	0,88±0,02	60±2
3	0,88±0,04	3,2±0,5
4	0,73±0,01	2,9±0,4
5	0,73±0,01	3,6±0,4
6	0,7±0,03	3,4±0,3
7	0,62±0,05	3,0±0,3
8	0,62±0,02	2,7±0,5
9	0,6±0,03	3,1±0,6
10	0,6±0,02	2,8±0,5
11	0,6±0,03	3,5±0,6
12	0,6±0,02	3,5±0,6

Як видно з таблиці 3.2.2.3. коефіцієнт стійкості *Z* водополімерної плівки АК-511 протягом 12-ти місяців експерименту був достатньо нестабільним та низьким – 0,6, найбільший показник спостерігався в період з першого по шостий місяці досліджень 0,88 – 0,7.

Результати експерименту з визначення маси пилу $M_n^{6.n.}$ над експериментальною ділянкою з покриттям водополімерною плівкою АК-511 через 1 та 12 місяців з початку експерименту у вигляді частотного розподілу даних представлено на рис. 3.2.2.1.

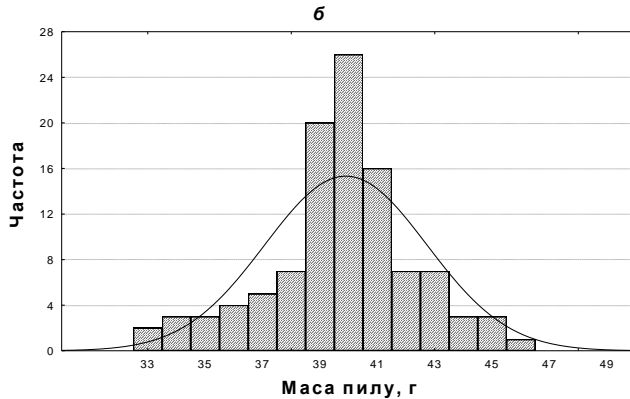
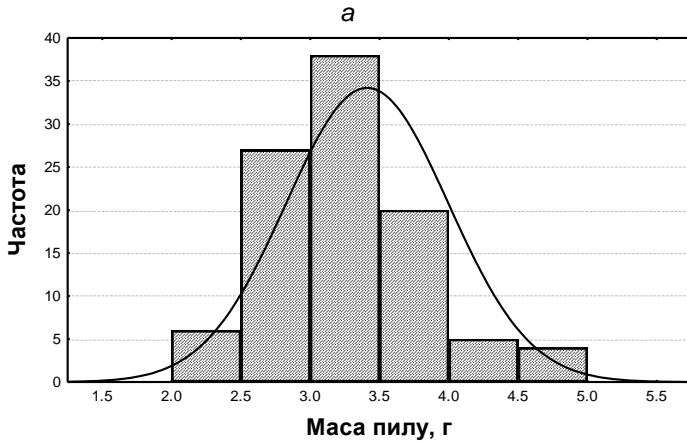


Рис. 3.2.2.1. Частотний розподіл результатів досліджень з визначення маси пилу $M_n^{e.n.}$ над експериментальною ділянкою, вкриту водополімерною плівкою АК-511 (маса пилу $M_n^{к.}$ над контрольною ділянкою дорівнювала 140 ± 5 г): *а* – через 1 місяць після початку експерименту, *б* – через 12 місяців з початку експерименту

Результати свідчили, що якщо після місяця з початку експерименту маса пилу над експериментальною ділянкою, вкриту водополімерною плівкою АК-511, становила $3,3 \pm 0,6$ г (рис. 3.2.2.1, *а*), то вже почи-

наючи з 3 місяця над окремими секторами дослідної ділянки спостерігали підвищення до $38,0 \pm 5$ г, а після 12 місяців експерименту маса пилу над експериментальною ділянкою становила $40,0 \pm 0,8$ г (рис. 3.2.2.1., б). Через це показник пилопригнічення для водополімерної плівки АК-511 протягом експерименту був досить не стабільним, зменшувався з кожним місяцем спостережень і наприкінці не перевищував 3,5 одиниць. До кінця експерименту відбулась повна втрата водополімерного шару. Червоні шлами стали розсіпчастими, і залишкові водополімерні плівки не могли забезпечити необхідне закріплення і пилопригнічення поверхні.

Таким чином можна вважати, що або пропонується концентрація полімеру (3:1) є недостатньою для створення довговічного, стійкого до метеорологічних умов водополімерного покриття, або в цілому цей засіб може виявитися не перспективним для закріплення і пилопригнічення червоних шламів на шламосховищі № 1 МГЗ.

3.3. Пилопригнічувальна здатність покриття з дернини

3.3.1. Лабораторні дослідження

У лабораторних дослідженнях з пилопригнічення та закріплення шкідливих полютантів методом задерновування змодельовані реальні умови шламосховища МГЗ. Спостереження проводились протягом 6 тижнів. Дослідним шляхом визначали параметри, які характеризують рівень пилопригнічення над контрольними та дослідними варіантами експерименту.

Результати лабораторних досліджень з визначення стійкості покриття лабораторної кювети дерниною протягом часу експерименту наведено у таблиці 3.3.1.1. Результати лабораторних досліджень з визначення маси пилу $M_n^{e.n.}$ над кюветою, вкритою дерниною та показника пилопригнічення, через 1-6 тижнів експерименту наведено у таблиці 3.3.1.2.

Таблиця 3.3.1.1

Статистична обробка результатів лабораторних досліджень з визначення стійкості покриття експериментальних кювет дерниною

Час експерименту t	Площа покриття кювету i після завершення експозиції S_i^t , дм^2					Коефіцієнт стійкості Z_i покриття над кюветою i				
	Середнє арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифмет. значення	Середнє Модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	0,04	0,039	0,031	0,05	0,001	0,99	0,91	0,73	1,5	0,04
2	0,039	0,034	0,028	0,063	0,002	0,98	1,02	0,85	2,04	0,03
3	0,039	0,036	0,021	0,041	0,002	0,97	0,89	0,65	1,2	0,05
4	0,036	0,035	0,022	0,049	0,004	1,0	0,98	0,74	1,19	0,03
5	0,037	0,028	0,02	0,047	0,002	1,0	0,87	0,74	1,35	0,05
6	0,037	0,029	0,02	0,054	0,003	1,0	0,9	0,81	1,36	0,02
Контроль	0,04	0,038	0,035	0,052	0,003	1,0	0,87	0,62	1,21	0,02

Примітка: площа покриття кювету i до початку експозиції для S_i^0 дорівнювала $0,04 \text{ дм}^2$

Таблиця 3.3.1.2

Статистична обробка результатів лабораторних досліджень з визначення маси пилу $M_n^{в.п.}$ над експериментальними кюветами, вкритими дерниною

Час експерименту t	Маса пилу над кюветою i , г					Показник пилопригнічення для кювету i				
	Середнє арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	2,6	1,48	1,32	3,71	0,3	24	22	18	32	3
2	2,9	1,44	1,26	3,53	0,4	22	19	17	32	3
3	0,81	0,75	0,52	1,94	0,03	76	74	64	96	4
4	0,8	0,86	0,62	1,3	0,03	80	82	71	104	2
5	0,5	1,03	0,35	0,9	0,04	126	124	116	147	3

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

6	0,53	1,0	0,33	1,0	0,05	127	124	116	150	2
Контроль	64	60	53	72	5	20	16	18	32	4

Примітка: маса пилу над контрольною кюветою M_n^k дорівнювала 64 г

Як видно з таблиці 3.3.1.1., для всіх кювет отримано малий коефіцієнт розкиду даних. Для площі покриття кювет у період першого та другого тижнів досліджень наявна близькість величин середньоарифметичного і модального значень. Аналогічна близькість результатів спостерігалася для коефіцієнту стійкості покриття протягом шести тижнів.

У таблиці 3.3.1.2 наведено результати визначення маси пилу над кюветами та показник ефективності цього методу покриття поверхні. Як і в попередньому досліді отримано малий розкид даних. Середнє арифметичне, модальне значення величин маси пилу виявилися досить близькими, тобто навяне високе групування результатів досліджень навколо середньоарифметичного значення.

За узагальненими результатами лабораторного експерименту з визначення пилопригнічувальної і пилозахисної здатності дернини та її стійкості до агресивного середовища шламосховища побудовано діаграми зміни досліджуваних величин протягом чау експерименту: коефіцієнту стійкості покриття (рис. 3.3.1.1), маси пилу над дослідною кюветою (рис. 3.3.1.2) та показника пилопригнічення (рис. 3.3.1.3). Також враховано середньозважені значення показника пилопригнічення N та коефіцієнту стійкості Z з відповідними середньоквадратичними відхиленнями.

За цими результатами аналізу коефіцієнт стійкості Z дернини протягом 6 тижнів був високим та стабільним, дернина залишалась стійкою до дії агресивного середовища (рН – 11,9) та фітотоксичності екополютантів. Найменшу стійкість покриття спостерігали на третій тиждень спостережень.

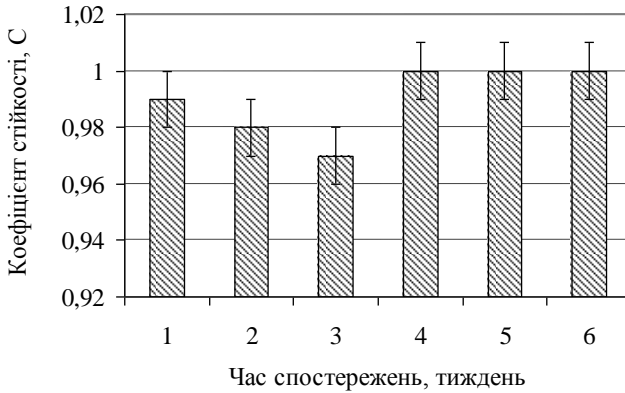


Рис. 3.3.1.1. Результати дослідження стійкості покриття лабораторної кювети дерниною

З рис. 3.3.1.2 видно, що за перші два тижні досліджень кількість пилу складала 4,5 %, але вже до кінця спостережень кількість пилових частинок у повітрі зменшилась до 2 %. Це свідчить про те, що покриття дерниною призводить майже до повного пилопригнічення.



Рис. 3.3.1.2. Кількість пилу (%) над дослідною кюветою при застосуванні методу задерновування (відносно контролю)

За час спостережень показник пилопригнічення для покриття дерниною склав 120–130 одиниць (рис. 3.3.1.3).

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



Рис. 3.3.1.3. Показник пилопригнічення при покритті дослідної кювети дерниною

Екстраполяція отриманих результатів дослідження на весь рік складає за показником ефективності до 1200–1500 одиниць. Коефіцієнт пилопригнічення для покриття дерниною склав 0,98.

3.3.2. Польові дослідження

Цей експеримент дозволив перевірити пилопригнічувальні властивості покриття дернини та її стійкість до дії агресивних факторів шламосховища (луки, компоненти червоного шламу) у польових умовах.

Створення полігонів для отримання дернини з метою покриття поверхні хвостосховища проводилось на спеціально відведених земельних територіях. Найбільш придатними для цієї мети є земельні відводи гігієнічно-санітарної зони навколо шламосховища № 1 МГЗ, саме тому було обрано ділянку луки поблизу «Руської коси» (рис. 3.3.2.1).



Рис. 3.3.2.1. Загальний вигляд луки для зняття дернини

Запропоновані для створення дернини трави є представниками лучних екосистем цієї місцевості, вони не впливають на флору прилеглих до полігону територій. На цій ділянці переважають багаторічні трави сімейства злакових, які найбільш розповсюджені на півдні України, вони є посухо- та жаростійкими, до їх складу входять: вівсянниця червона (*Festuca rubra* L), вісянниця лугова (*Festuca pratensis* Huds), мятлик луговий (*Poa pratensis*), польовиця звичайна (*Agróstis*), райграс пасовищний та багатоквітковий (*Lolium perenne*), житняк (*Agropyron*), пирій (*Elytrigia*), тимофіївка лугова (*Phleum subulatum*) – нараховується до 100 видів рослин.

Територія, з якої знімалась дернина фіторекультивована, за рахунок насіння, яке потрапило до неї, так і спеціальним підсівом нової кількості насіння.

Для реалізації цього методу використана спеціальна багатомодульна машина TURF CUTTER (рис. 3.3.2.2.), за допомогою якої зрізали дернину потрібної довжини та товщини. За допомогою машини TURF CUTTER дернина зрізалась смужками необхідної товщини та ширини (рис. 3.3.2.3).

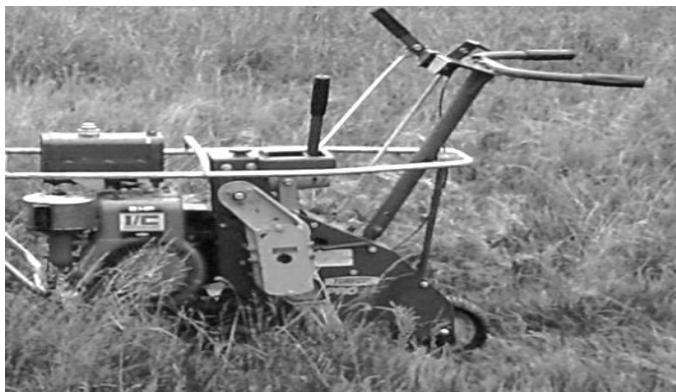


Рис. 3.3.2.2. Машина для зняття дернини TURF CUTTER

На ділянці було знято пласт дернини товщиною 3–5 см, загальною площею 5 м² і розміщено на горизонтальній частині шламосховища двома способами. На одній ділянці (2,5 м²) дернину розмістили безпосередньо на поверхні шламу, на другій - попередньо поклали поліетиленову плівку для захисту дернини від можливої дії агресивного (високо лужного) середовища шламосховища. Спостереження проводилось протягом 12 місяців.



Рис. 3.3.2.3. Дернина для покриття поверхні хвостосховища

Для захисту дернини від дії фітотоксичних речовин використовували підкислення поверхні шламу, покриття плівкою та дощування поверхні задернованих ділянок. Дернина має необхідний запас поживних речовин і насіння достатній для тривалого експонування на поверхні шламосховища з метою пілопригнічення.

Статистично оброблені результати експерименту в природних умовах з визначення площі S_i^t покриття дерниною експериментальної ділянки та коефіцієнту стійкості способу задерновування, через 1-12 місяців, наведено у таблиці 3.3.2.1. У таблиці 3.3.2.2. наведені результати досліджень з визначення маси пилу $M_n^{e.n.}$ над експериментальними ділянками, вкритими дерниною, та коефіцієнт пилопригнічення, через 1–12 місяців експерименту. Як видно з таблиці 3.3.2.1 результати вимірювання площі покриття S_i^t дерниною експериментальної ділянки свідчили про малий розкид даних. Для ділянок у період з 1 по 10 місяці спостережень наявна близькість середньоарифметичного і модального значень, подібна картина прослідковується при визначенні середньоарифметичного та модального коефіцієнту стійкості покриття. Для ділянок у 1–2 та 7–12 місяці спостережень коефіцієнт стійкості близький в усіх трьох середніх характеристик. У табл. 3.3.2.2. наведено результати визначення маси пилу над кюветами та показник ефективності цього методу покриття поверхні. Як і в попередньому досліді, отримано малий коефіцієнт розкиду даних. Середнє арифметичне, модальне значення величин маси пилу та коефіцієнта накопичення виявилися досить близькими.

За узагальненими результатами польового експерименту з визначення пилопригнічувальної і пилозахисної здатності дернини та її стійкості до агресивного середовища шламосховища побудовано графік зміни коефіцієнту стійкості покриття (рис. 3.3.2.4), маси пилу над дослідною кюветою (рис. 3.3.2.5), також враховано середньозважені показник пилопригнічення та коефіцієнт стійкості Z з відповідними середньоквадратичними відхиленнями.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 3.3.2.1

**Статистична обробка результатів польових досліджень
з визначення площі S_i^t покриття експериментальної
ділянки дерниною**

Час експерименту t	Площа покриття ділянки i після завершення експозиції S_i^t , м ²					Коефіцієнт стійкості Z_i покриття на ділянці i				
	Середнє арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	13,5	14,0	11,0	15,3	2,1	0,9	0,91	0,73	1,5	0,09
2	13,6	13,8	9,0	16,0	3,2	0,97	0,99	0,85	1,68	0,03
3	14,7	13,8	12,3	18,4	2,0	0,97	0,89	0,65	1,29	0,05
4	14,5	14,7	11,0	18,3	4,0	0,97	0,76	0,53	1,03	0,03
5	14,2	14,7	8,7	16,2	3,2	0,98	0,83	0,71	1,23	0,02
6	13,9	13,4	10,3	20,0	5,0	0,98	0,89	0,75	1,18	0,01
7	14,6	13,87	11,2	18,9	4,2	0,98	1,02	0,71	1,41	0,03
8	14,2	13,86	10,2	21,3	3,4	0,99	1,02	0,72	1,67	0,04
9	14,6	14,9	12,3	21,6	2,1	0,98	0,85	0,72	1,7	0,02
10	15	15,3	9,9	21,7	2,0	1,0	0,98	0,74	1,82	0,05
11	14,9	15,1	9,78	20,8	3,0	1,0	0,9	0,74	1,63	0,05
12	15	15	10,3	20,8	5,3	1,0	0,9	0,74	1,78	0,03
Контроль	15	18	9	24	3	0,93	0,87	0,62	1,21	0,03

Примітка: площа покриття ділянки i до початку експозиції для S_i^0 дорівнювала 15 м²

Таблиця 3.3.2.2

Статистична обробка результатів польових досліджень
з визначення маси пилу $M_n^{6.n.}$ над експериментальною
ділянкою, вкритою дерниною

Час експерименту t	Маса пилу над ділянкою i , г					Показник пилопригнічення для ділянки i				
	Середнє арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквад-ратичне відхилення	Середнє арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквад-ратичне відхилення
1	7	6	3	12	0,3	20	22	18	32	3
2	9	12	2	18	0,2	27	31	17	49	2
3	6	4	2	20	0,2	27	31	17	53	2
4	1,8	2,3	1,23	2,3	0,4	76	74	64	96	4
5	1,78	2,1	1,5	2,3	0,3	76	74	64	96	2
6	1,6	1,4	1,3	1,8	0,2	84	82	71	109	3
7	1,6	1,48	1,12	1,86	0,2	84	82	71	109	2
8	1,2	0,99	0,8	1,6	0,2	127	124	116	187	3
9	1,07	0,8	0,75	1,8	0,2	130	136	119	154	2
10	1,05	0,81	0,8	1,8	0,4	130	121	119	152	3
11	1,0	0,9	0,7	2,0	0,2	140	147	123	165	2
12	1,0	0,9	0,7	2,0	0,3	140	133	119	153	2
Контроль	140	137	126	185	5	15	11	4	24	3

Примітка: маса пилу над контрольною ділянкою M_n^k дорівнювала 140.

Коефіцієнт стійкості Z дернини протягом експерименту був високим та стабільним (рис. 4.3.2.4.).



Рис. 3.3.2.4. Стійкість покриття дерниною поверхні шламосховища

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

За дев'ять місяців спостережень коефіцієнт стійкості покриття шламосховища дерниною становив 0,9–0,98, збільшення коефіцієнту до 1,0 свідчило про пристосованість дернини до агресивних умов шламосховища МГЗ.

На рис. 3.3.2.5 представлено динаміку кількості пилу над експериментальною ділянкою, вкритою дерниною. Видно, що з часом відбувалось зниження кількості пилу над експериментальною ділянкою: від 28 % на початку експерименту – до 5 % через 10–12 місяців після початку експерименту. Це свідчило, що покриття дерниною характеризується непоганими здатностями щодо пилопригнічення.



Рис. 3.3.2.5. Кількість пилу (%) у повітрі при задерновуванні поверхні техногенного масиву (експеримент у польових умовах)

Коефіцієнт пилопригнічення N для задерновування становив 0,98 (рис. 3.3.2.6.).

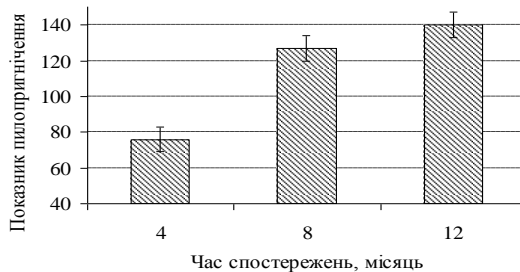


Рис. 3.3.2.6. Показник пилопригнічення покриття поверхні хвостосховища дерниною

Довготривале регулярне спостереження за ділянками показало, що під час перших 2-х місяців дернина не втратила своїх морфологічних та фізіологічних властивостей (рис. 3.3.2.7.).



Рис. 3.3.2.7. Ділянка шламосховища під покриттям дерниною

Вона зберегла здатність рости, не відбувалось змін у кольорі, що свідчило б про порушення систем фотосинтезу рослин. При цьому ділянка дернини на плівці і без захисту плівки практично не відрізнялись одна від одної. Відмічено вторинне забруднення поверхні випадінням луку, що не призвело до пошкодження дернини в цілому. Для дослідження стійкості засобу з дернини при довготривалому впливі лужного середовища шламосховища та фітотоксичної дії важких металів було обрано ділянку на пляжах шламосховища (рис. 3.3.2.8).



Рис. 3.3.2.8. Вигляд експериментальної ділянки, вкритої засобами з рослинної сировини (дернина та очеретяні мати)

Регулярні спостереження свідчили, що дернина міцно трималась і видимих порушень не мала. Кореневище дернини щільно впліталось у шлам, що, певним чином, сприяло запобіганню вітровій ерозії. Таким чином, результати свідчили, що розміщення дернини може виступати надійним і довготривалим способом пилопригнічення екополютантів на шламосховищі МГЗ.

Проведені дослідження свідчать, що за 30 діб рівень пилопригнічення досягає 5760 одиниць. Протягом року ефективність задернування на шламосховищі червоних шламів МГЗ склала 98 %, що дозволяє суттєво зменшити негативний вплив екополютантів на персонал, населення та навколишнє середовище в цілому.

3.4. Пилопригнічувальна здатність покриття з очерету

В якості одного із варіантів біологічного методу пилопригнічення та закріплення екополютантів на шламосховищі червоних шламів МГЗ запропоновано використання матів з рослинної сировини – очеретяні мати.

Очерет стійкий до вологи, не вбирає воду, не промокає і не набухає. Вироби з очерету стійкі до екстремальних метеорологічних умов, їм не страшні заморозки та різкі перепади температур, вони міцні та довговічні (до 50 років). Використовують очерет як паливо для отримання спирту, паперу, дубильних речовин, молочної кислоти та гліцерину. Для виготовлення дахів, матів, килимів використовується спеціально вирощений водяний очерет осінньо-зимової рубки. Очеретяний дах будинків виготовляється зі стебел довжиною 1.5–2.5 м, товщина даху від 25 до 35 см. Вологість в очеретяний дах не проникає глибше, ніж на 3–5 см, дощ і сніг скочуються по стеблах очерету вниз.

3.4.1. Лабораторні дослідження

Лабораторні дослідження оцінки ефективності пилопригнічення шляхом покриття очеретяними матами були проведені методом аналогічним при дослідженні покриття кювет дерниною.

Результати експерименту в лабораторних умовах з визначення площі покриття S_i^t очеретяними матами експериментальних кювет та коефіцієнту стійкості покриття, через 1–6 тижнів експерименту наве-

дено у таблиці 3.4.1.1. У таблиці 3.4.1.2. наведено статистично оброблені результати лабораторного експерименту з визначення маси пилю $M_n^{в.п.}$ над експериментальними кюветами, вкритих очеретяними матами та коефіцієнту пилопригнічення, через 1–6 тижнів експерименту.

Таблиця 3.4.1.1

Статистична обробка результатів досліджень лабораторних досліджень з визначення площі покриття S_i^t очеретяними матами експериментальних кювет

Час експерименту t	Площа покриття кювети i після завершення експозиції S_i^t , дм^2					Коефіцієнт стійкості Z_i покриття над кюветою i				
	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	0,04	0,039	0,031	0,05	0,002	0,95	0,91	0,73	1,5	0,04
2	0,04	0,034	0,028	0,063	0,002	0,95	0,99	0,85	1,58	0,03
3	0,039	0,036	0,011	0,041	0,002	0,96	0,89	0,65	1,21	0,05
4	0,037	0,036	0,022	0,049	0,004	0,98	0,98	0,64	1,39	0,02
5	0,037	0,028	0,02	0,047	0,003	1,0	0,9	0,75	1,45	0,03
6	0,037	0,029	0,02	0,054	0,003	1,0	0,9	0,74	1,36	0,02
Контроль	0,04	0,038	0,035	0,052	0,004	0,93	0,87	0,62	1,21	0,03

Примітка: площа покриття кювети i до початку експозиції для S_i^0 дорівнювала $0,04 \text{ дм}^2$

Як видно з таблиці 3.4.1.1., сумарний розкид даних є значним, але розсіювання навколо середньоарифметичного достатньо невеликі. Для площі покриття ділянки за 1, 3, 4 тижні значення середньоарифметичного та модального достатньо близькі, що говорить про високу ймовірність отриманих результатів. Аналогічну поведінку спостерігали при розрахунку коефіцієнту стійкості покриття, протягом досліду (1–6 тижнів) результати середньоарифметичного та модального значень були близькими, відповідно вірогідність отриманих результатів є високою.

Узагальнені результати експерименту з визначення пилопригнічучої і пилозахисної здатності засобів з очеретяних матів та їх стійкості в лабораторних умовах зображено на рис. 3.4.1.1., 3.4.1.2. Наведено

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

середньозважені коефіцієнти стійкості Z та пилопригнічення N з відповідними середньоквадратичними відхиленнями.

Коефіцієнт цілісності Z очеретяних малів протягом експерименту був стабільним і сягав значень 0,95–1,0.

Таблиця 3.4.1.2

**Статистична обробка результатів лабораторних досліджень
з визначення маси пилу $M_n^{e.n.}$ над експериментальними
кюветами, вкритими очеретяними матами**

Час експерименту t	Маса пилу над кюветою i , г/м ³					Коефіцієнт пилопригнічення N_i для кювети i				
	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення	Середнє арифметичне значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадратичне відхилення
1	0,78	0,68	0,32	0,91	0,03	10	12	5	32	3
2	0,8	0,82	0,26	1,12	0,02	15	19	10	32	3
3	1,2	1,05	0,52	1,36	0,03	34	28	21	96	4
4	1,6	1,51	0,62	1,96	0,05	40	36	21	64	2
5	1,87	1,43	0,95	2,05	0,03	68	72	43	87	3
6	2,4	2,2	0,93	2,56	0,04	74	72	51	87	2
Контроль	140	137	126	185	5	15	11	4	24	3

Примітка: маса пилу над контрольною кюветою M_n^k дорівнювала 140 г/м³.

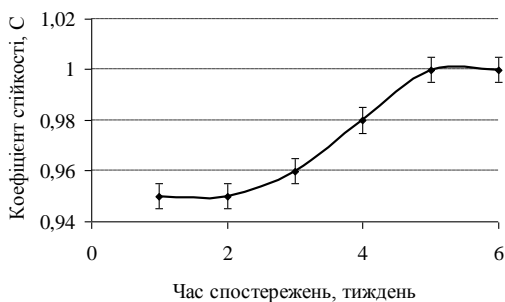


Рис. 3.4.1.1. Стійкість покриття поверхні очеретяними матами до дії фітотоксичного середовища

Мінімальну кількість пилу у повітрі над лабораторними кюветами спостерігали вже на шостий тиждень досліджень (рис. 3.4.1.2.).



Рис. 3.4.1.2. Кількість пилу (%) над лабораторними кюветами при застосуванні покриття з очеретяних матів (відносно контролю)

З рис. 3.4.1.2 видно, що за перший тиждень спостережень кількість пилу складала 7–8 %, в подальшому – зменшилась до 3–4 %.

Протягом експерименту коефіцієнт пилопригнічення досягав 70–80 одиниць (рис. 3.4.1.3).

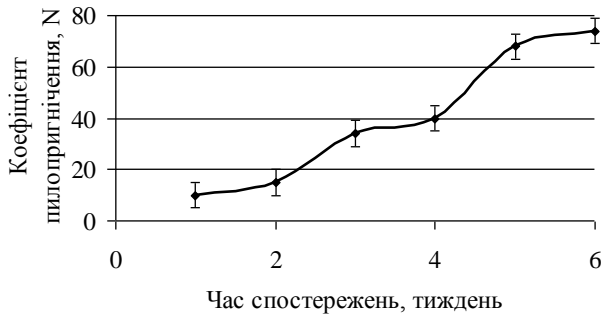


Рис. 3.4.1.3. Коефіцієнт пилопригнічення при покритті лабораторних кювет очеретяними матами

Коефіцієнт пилопригнічення N для очеретяних матів становив 60–80 %. Екстраполяція цих даних на весь рік за показником пилопригнічення склала 700–900 одиниць.

3.4.2. Польові дослідження

Для реалізації методу пилопригнічення та закріплення шламосховища рослинною сировиною використовували заготовлені очеретяні мати. Для виготовлення рослинних матів використовували очерет, який знаходився в прилеглих до шламосховища МГЗ районах. Очерет зрізався в осінній або зимовий період року, що не завдавало шкоди представникам фауни, які мешкають в листі тростини. Зрізання тростини відбувалось на рівні поверхні води, що не мало негативних наслідків на дану водну екосистему, також зрізання здійснювалось без порушення кореневої системи, що не перешкождало проростанню очерету в наступному році.

Очерет для матів зв'язували між собою і формували мати розміром $2 \times 3 \text{ м}^2$, товщиною 3–5 см, загальною кількістю 25 штук. По-перше, такий розмір зручний для виготовлення матів. У природних умовах зарослі очерету досягають висоти 3,5–4 м. Після видалення верхніх тонких частин рослин, залишався щільний міцний стовбур триметрової довжини. При товщині 3–5 см, шириною 2 м і довжиною 3 м мати зручні для транспортування, розташуванні на поверхні експериментальних ділянок шламосховища, переміщеннях під час розкриття і закриття ділянок шламосховища для вторинного використання червоних шламів. Вага матів цього розміру забезпечувала достатню здатність зберігати своє положення на пляжах шламосховища при вітровому впливі.

Для запобігання руйнування цілісності покриття при вітровому впливі та негативних метеорологічних умовах, мати закріплювались дерев'яними кілками. Відповідно до схеми експерименту, мати розділяли на групи, одні з яких закріплювали поблизу внутрішньої поверхні дамби, інші - на відкосі внутрішньої дамби шламосховища.

Таким чином, використання очеретяних матів для пилопригнічення і закріплення поверхні шламосховища МГЗ не вносило додаткового антропогенного навантаження на персонал, прилеглу територію до шламосховища, біоту та екосистему в цілому.

Спостереження на полігоні проводилось протягом 12-ти місяців. Під час експерименту мати знаходились у високо лужному середовищі

(рН = 11,9), піддавались негативному впливу шкідливих поллютантів, які входять до складу червоних шламів.

Для ефективного використання матів необхідно виключити їх заливання розчином шламів (пульпою). Для цього утворено захисну дамбу навколо експериментального полігону, в яку було припинено скидання пульпи шламу. Для досягнення максимальної ефективності біологічних методів пілопригнічення очеретяні мати викладались між сектором задерновування, і захисною дамбою (рис. 3.4.2.1.).



Рис. 3.4.2.1. Захисна дамба навколо експериментальної ділянки

Статистично оброблені результати досліджень у природних умовах з визначення площі покриття S_i^t експериментальної ділянки, вкритої очеретяними матами та коефіцієнту стійкості покриття, через 12 місяців експерименту наведено у таблиці 4.4.2.1. У таблиці 4.4.2.2. наведено результати польових досліджень з визначення маси пилу $M_n^{6.n.}$ над експериментальними ділянками, вкритих очеретяними матами, та коефіцієнту пілопригнічення покриття протягом 12 місяців досліджу.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 3.4.2.1

**Статистична обробка результатів досліджень з визначення
площі покриття S_i^t експериментальної ділянки, що вкрита
очеретяними матами**

Час експерименту t , міс.	Площа покриття ділянки i після завершення експозиції S_i^t , дм^2					Коефіцієнт стійкості Z_i покриття над ділянкою i				
	Середньо арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквад-рат. відхилення	Середньо арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквад-рат. відхилення
1	0,04	0,039	0,031	0,05	0,001	0,96	0,91	0,73	1,5	0,02
2	0,04	0,034	0,028	0,063	0,003	0,97	0,99	0,85	1,58	0,03
3	0,04	0,035	0,028	0,071	0,002	0,97	0,88	0,65	1,21	0,02
4	0,038	0,036	0,011	0,061	0,002	0,98	0,88	0,61	1,18	0,04
5	0,037	0,036	0,022	0,059	0,004	0,98	0,88	0,63	1,21	0,02
6	0,037	0,031	0,022	0,041	0,004	0,99	0,87	0,62	1,19	0,02
7	0,037	0,027	0,022	0,048	0,002	1,0	1,09	0,94	1,59	0,04
8	0,037	0,026	0,022	0,053	0,002	1,0	1,09	0,94	1,59	0,03
9	0,037	0,023	0,022	0,056	0,003	1,0	1,09	0,94	1,59	0,03
10	0,037	0,028	0,022	0,042	0,002	1,0	1,09	0,94	1,59	0,03
11	0,037	0,028	0,022	0,047	0,002	1,0	1,58	0,75	1,89	0,05
12	0,037	0,029	0,02	0,054	0,003	1,0	1,57	0,74	1,8	0,03
Контроль	0,04	0,038	0,035	0,052	0,004	0,93	0,87	0,62	1,21	0,02

Примітка: площа покриття кювету i до початку експозиції для S_i^0 дорівнювала $0,3 \text{ дм}^2$.

Таблиця 3.4.2.2

Статистична обробка результатів досліджень з визначення маси пилу $M_n^{в.п.}$ над експериментальною ділянкою, вкритою очеретяними матами

Час експерименту t	Маса пилу над ділянкою i , г/м ³					Коефіцієнт пилопригнічення N_i для ділянки i				
	Середньо арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадрат. відхилення	Середньо арифмет. значення	Середнє модальне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середньоквадрат. відхилення
1	0,79	0,68	0,32	0,91	0,03	30	32	18	67	3
2	0,8	0,78	0,36	1,12	0,03	30	32	21	54	4
3	0,8	0,73	0,36	1,12	0,02	37	32	25	67	2
4	0,8	0,86	0,36	1,12	0,02	40	39	22	76	2
5	0,8	0,78	0,36	1,12	0,04	40	39	29	64	3
6	1,2	1,1	0,52	1,36	0,05	45	46	36	73	2
7	1,2	1,102	0,52	1,36	0,03	60	54	54	82	4
8	1,21	1,1	0,52	1,36	0,03	63	57	44	73	3
9	1,67	1,62	0,62	1,96	0,05	63	58	51	82	2
10	1,8	1,83	0,94	2,04	0,03	82	82	51	97	4
11	1,88	1,77	0,94	2,04	0,04	80	72	47	87	2
12	2,8	2,4	0,83	3,2	0,04	80	82	51	97	2
Контроль	140	137	126	185	5	15	11	4	24	3

Примітка: маса пилу над контрольною кюветою M_n^k дорівнювала 140 г/м³.

З отриманих даних в таблицях видно, що за 1-6 місяців значення середньоарифметичного та модального виявилися достатньо близькими, а сумарний розкид даних незначний.

Узагальнені результати експерименту у польових умовах з визначення пилопригнічуючої і пилозахисної здатності методу покриття поверхні очеретяними матами та їх стійкості наведено у таблиці 3.4.2.3. У цій таблиці наведено середньозважені коефіцієнти пилопригнічення N та стійкості Z з відповідними середньоквадратичними відхиленнями.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Таблиця 3.4.2.3

**Узагальнені результати природного експерименту з
визначення коефіцієнтів пилопригнічення
і стійкості очеретяних матів**

Час експозиції експерименту t, місяців	Коефіцієнт стійкості (цілісності) Z	Коефіцієнт пилопригнічення N
1	0,96±0,02	30±3
2	0,97±0,03	30±4
3	0,97±0,02	37±2
4	0,98±0,04	40±2
5	0,98±0,02	40±3
6	0,99±0,02	45±2
7	0,99±0,02	60±4
8	0,99±0,02	63±3
9	0,99±0,02	63±2
10	0,99±0,02	82±4
11	0,99±0,02	80±2
12	0,99±0,02	80±2

Як видно з таблиці 3.4.2.3., коефіцієнт цілісності Z очеретяних матів протягом усіх 12 місяців експерименту залишався достатньо високим та стабільним. Показник пилопригнічення N для очеретяних матів становив 94–96 %.

За місяць перебування очеретяних матів на експериментальній ділянці кількість сухого луку між стеблами очерету збільшилась. Це вказує на те, що мати затримували луговий пил з відкритих територій шламосховища. Виходячи з цього можна зробити висновки, що при виготовленні очеретяних матів потрібно ущільнювати прилягання стебел один до одного.

Регулярне спостереження (протягом 12 місяців) за ділянками з очеретяними матами показало, що мати не втратили своїх фізіологічних властивостей та пружності. Довготривалий вплив лужного середовища не розкладав біомасу висушеного очерету, який використовували для плетіння матів. (рис. 3.4.2.2., 3.4.2.3.).

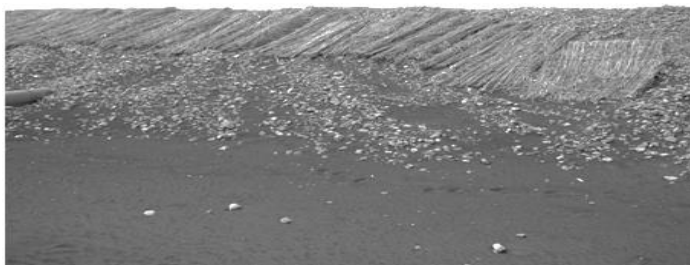


Рис. 3.4.2.2. Розміщення очеретяних матів на шламосховищі



Рис. 3.4.2.3. Розміщення очеретяних матів на відкосі дамби

Полімерна мотузка, яка зв'язувала мати, не була пошкоджена лугами та токсичними складовими червоних шламів. Дерев'яні стержні, вбиті в шлам міцно утримували очеретяні мати на плоскій ділянці і на відкосі (рис. 3.4.2.4.).

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



Рис. 3.4.2.4. Розташування очеретяних матів на гладкій ділянці шламосховища

Проведені дослідження свідчили, що показник пилопригнічення для цих засобів пилопригнічення складав 94–96 %. Тобто даний метод покриття шламосховища очеретяними матами є досить ефективним для пилопригнічення техногенних масивів, запобігає вітровому перенесенню пилових частинок і екополютантів на прилеглі території, що в свою чергу сприяє запобіганню негативного впливу на прилеглі території.

Доцільно порівняти коефіцієнти пилопригнічення для обох біологічних засобів пилопригнічення поверхні хвостосховища – для задержування та покриття очеретяними матами. Результати відображено на рис. 3.4.2.5. З рисунку видно, що більший ефект методу задержування в порівнянні з покриттям ділянки очеретяними матами. Коефіцієнт пилопригнічення для задержування зростає з кожним тижнем експерименту і складає більше 120 одиниць, тоді як для покриття поверхні матами за перший тиждень досліджень досягнув 18–20 одиниць, а наприкінці експерименту показник пилопригнічення очеретяними матами складає 70–80 %.

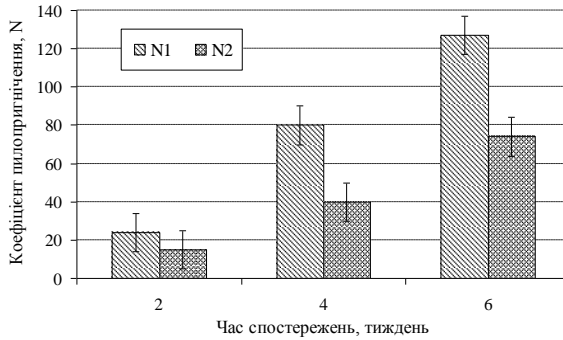


Рис. 3.4.2.5. Порівняльна оцінка коефіцієнтів пилопригнічення для різних біологічних засобів покриття шламосховища МГЗ (N1 – метод задерновування, N2 – метод покриття очеретяними матами)

Різниця між показниками пилопригнічення для різних біологічних засобів пилопригнічення становила 30–40 %. Це пояснюється тим, що мати не є суцільними і непроникними для пилових частинок та шкідливих екополютантів, які надходять зі шламосховища МГЗ.

У той же час, як показали дослідження, покриття очеретяними матами з метою пилопригнічення є досить ефективними при використанні на відкосах, нерівностях пляжів шламосховища і, особливо, при їх використанні на поверхні так званого «місячного ландшафту». Для досягнення максимально позитивного ефекту та збільшення ефективності запропонованих методів пилопригнічення та закріплення шкідливих екополютантів, зменшення дефляції червоного шламу пропонується комбінувати покриття масивів-хвостосховищ дерниною та очеретяними матами.

3.5. Вплив кліматично-метеорологічної та гідротехнічної обстановки на шламосховищі на стан засобів пилопригнічення

3.5.1. Характеристика метеорологічних і гідротехнічних умов

Кліматичні та метеорологічні умови є одним з найважливіших чинників, які можуть негативно впливати на стабільність, довговічність запропонованих методів пилопригнічення (метод задержування, метод покриття очеретяними матами) та закріплення хвостосховища МГЗ.

Важливо було дослідити, чи збережуть свої фізіологічні та морфологічні властивості очеретяні мати та дернина під час метеорологічних умов (шквальний вітер, весняні паводки, морози, дощ). Як відомо, очерет при низькій температурі, вмерзає в лід і практично до весни зберігає свої властивості. Саме ця стійкість до різних кліматичних умов і визначає широке використання очерету у зеленому будівництві. Для дослідження збереження фізіологічних властивостей засобів з дернини і очерету було проведено ряд експериментів протягом зимово-весняного періоду.

На початку січня температура повітря складала -3 ± 2 °С вночі, вдень $+6$ °С, вітер північно-західний 5–10 м/с. Хмарно з проясненням, туман, періодами - слабкий сніг, з дощем. Під дією метеокліматичних умов кількість води на шламосховищі збільшилась і піднялась до рівня дослідної ділянки, а потім затопила її третю частину. Проте по більшій частині ділянки ще можна було ходити, не загрузаючи в шлам (рис. 3.5.1).



Рис. 3.5.1.1 Затоплення дослідної ділянки протягом січня

У середині місяця температура повітря знизилась до -6°C , вітер змінився на південно-східний, хмарно, випадіння снігу. Після зниження температури повітря на затопленій частині ділянки утворилась «крижана кірка», яка в кінці місяця, через підвищення температури і частих опадів (в основному у вигляді дощу) розтанула. В останніх числах місяця спостерігались опади у вигляді дощу, при температурі повітря $-3\div+6^{\circ}\text{C}$, вітер північно-західний $15\text{--}20\text{ м/с}$.

Протягом першої декади місяця зберігалась морозна погода (до -15°C), без опадів. При цих кліматичних умовах затоплена частина дослідної ділянки покрилася льодом, дана ситуація збереглася до середини місяця, було відзначено спад води в районі дослідної ділянки (рис. 3.5.2).



Рис. 3.5.1.2. Крижана кірка на поверхні дослідної ділянки шламосховища МГЗ

З 22–23 лютого спостерігали підвищення температури до $+4\div+8^{\circ}\text{C}$, вітер південно-східний до $15\text{--}20\text{ м/с}$, мокрий сніг, дощ. 27–28 лютого температура повітря складала $-3\div+5^{\circ}\text{C}$, опади у вигляді снігу, вітер північно-західний до 20 м/с . За даними спостережень рівень води піднявся і дійшов до основи насипної дамби. Із-за сильних дощів і мокро-го снігу в середині і, особливо, наприкінці місяця на схилі насипної дамби відзначені промоїни і змиви шламів, а також у декількох місцях дамби відзначені вимивання (рис. 3.5.3).

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



Рис. 3.5.1.3. Хвильові вимивини на схилі насипної дамби

Тривалі опади, а також північно-західні вітри до 5–12 м/с сприяли утриманню високого рівня води по території шламосховища. Вся дослідна ділянка була вкрита водою. Цьому також сприяло перенесення, в другій половині місяця, скидання шламів поблизу дослідної ділянки. Скидання шламової пульпи продовжувалося протягом 15 діб (рис. 3.5.4).



Рис. 3.5.1.4. Скидання шламової пульпи поблизу дослідної ділянки

Збільшення води на шламосховищі та сильні північно-західні вітри призвели до значного руйнування в цьому районі сховища прибережної частини насипної дамби та переносу шламової маси на дослідну ділянку. Підвищення рівня води в шламосховищі призвело, в районі дослідної ділянки, до значного збільшення території між насипною і основною дамбами, що була вкрита водою.

3.5.2. Стан дернини та очеретяних матів в різних метеогідротехнічних умовах

У період спостережень спостерігали різні погодні умови і умови гідротехнічного режиму на шламосховищі. Наприкінці другої декади січня вода стала потрапляти на територію дослідної ділянки та покрила зразки пилопригнічуючих матеріалів: очеретяні мати, дернина. Через 7–10 діб дернина повністю покрилась водою (на 20–25 см), а очеретяні мати відірвались від поверхні шламосховища (чотири дерев'яні стержні, довжиною 30 см, якими кріпились мати не змогли їх втримати) та сплили. Як видно з рис. 5.4.5 очеретяні мати та дернина, які розташовано на схилі насипної дамби і на пляжах, не втратили своєї структури та біологічних властивостей. Дернина міцно трималась на поверхні та виконувала функції пилопригнічення та закріплення шкідливих екополютантів шламосховища. Довготривале перебування очерету під водою не порушило його властивостей.



Рис. 3.5.2.1. Дернина та очеретяні мати вкриті водою

Чергування морозної погоди з відлигами, проте без сильних вітрів, істотно не змінило розміщення зразків пилопригнічуючих матеріалів на ділянці. Дернина знаходилась на встановлених місцях, але була вкрита шаром червоного шламу (3–5 см), мати не були вкриті водою; один мат хвилиною змістило на 0,2–0,3 м, інший – на 2–3 м.

Сильні північно-західні вітри призвели до появи хвиль на водній поверхні шламосховища, що стало причиною переміщення «плаваючих» очеретяних матів. Один з двох матів, встановлених на поверхні пляжу, було знесено до насипної греблі на відстань 70–80 м. Другий –

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

забруднено червоним шламом і віднесено на відстань 5–6 м від місця установки. У період морозної погоди мати вмерзали в поверхню шламмосховища і залишались на місці до кінця відлиги. Протягом наступних 10–15 днів спостережень, стан рослинних покриттів суттєво змінився. Мат, який перебував на березі, біля насипної греблі, було частково покрито шламовими змивами з дамби, а мат, який вмерзнув на майданчику дослідної ділянки, покриття водою і, через значне покриття (затоплення) червоним шламом, не сплив на поверхню при черговій відлизі (рис. 3.5.2.2.). Надходження шламу в сховище, особливо в другій половині місяця, відбувалось в безпосередній близькості від дослідної ділянки. У зв'язку з цим зразки дернини були повністю покриті водою зі шламовою суспензією.



Рис. 3.5.2.2. Очеретяний мат покрито шламовими змивами з дамби

У наступні 10–15 днів спостережень, очеретяні мати, які розміщено на схилі дамби, як і в попередній період спостережень, залишались на місцях установки. На поверхні матів, особливо на маті, що зміщений ближче до води, відмічено присутність змитого з дамби шламу. Навіть при вимитій хвилиною нижньої частини дамби мати зберігали задану лінію розташування при їх установці, вони зберігали свої фізіологічні та морфологічні властивості (рис. 3.5.2.3.).

У другій декаді березня метеорологічні умови змінились, температура повітря складала $0 \pm +6$ °С. Скидання шламової пульпи в шламмосховище продовжувалось, а повернення (відбір води) не збільшувався.



Рис. 3.5.2.3. Змиті хвилиєю очеретяні мати на схилі дамби

Очеретяний мат, який було затоплено шламовою суспензією, залишався під водою, а «прибитий» до дамби – частково зруйнований хвилями і потоками пульпи, що скидалась (рис. 3.5.2.4).



Рис. 3.5.2.4. Частково зруйновані очеретяні мати

Мати, що було розміщено на схилі насипної дамби, залишались на встановленому місці і зберегли свою пружність та колір. Необхідно відмітити, що фізично-хімічні параметри очерету, з якого були виготовлені всі мати для експерименту, суттєво не змінились: збереглась пружність, міцність, морозостійкість, колір (рис. 3.5.2.5.).

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



Рис. 3.5.2.5. Вплив метеорологічних умов на покриття шламосховища очеретяними матами

Слід відмітити, що при складних гідрометеорологічних умовах пилопригнічуючі матеріали (дернина та очеретяні мати) не втрачають своїх фізіологічних властивостей, залишаються стійкими до різкого коливання температурного режиму, запобігали вітрової ерозії. Також, довготривале перебування матів та дернини під водою та шламовою суспензією не порушувало їх стану, що робить запропоновані нами матеріали ефективними для пилопригнічення шламосховища МГЗ. Узагальнені дані стійкості покриття з дернини і очерету наведено в таблиці 3.5.2.1.

Таблиця 3.5.2.1

Стійкість засобів з дернини та очерету до дії агресивного середовища та метеорологічних умов шламосховища

№	Фактори впливу на засоби пилопригнічення	Очеретяні мати	Дернина
1	Коливання температури від -11°C до $+8^{\circ}\text{C}$	Збереження пружності, міцності, морозостійкості, кольору.	Збереження пружності, міцності, морозостійкості, втрата кольору.
2	Кількість опадів, мм	Не втрачають своєї структури та біологічних властивостей. Часткове переміщення матів від початкового місця розташування.	Міцно тримається на поверхні хвостосховища та виконує функції пилопригнічення та закріплення червоного шламу.
3	Відносна вологість повітря, %	Збереження пружності, міцності, кольору.	Збереження пружності, міцності, кольору.

4	Швидкість вітру 3–10 м/с	Часткове переміщення очеретяних матів на 5–6 м від місця установки. Вкриваються шламом при швидкості вітру 7–10 м/с.	Міцно тримається на поверхні хвостосховища, не втрачає своїх біологічних властивостей.
5	Скидання шламової пульпи	Покриття шламовою суспензією, що призводить до часткового руйнування очеретяних матів.	Покриття шламовою суспензією, стійкість до дії агресивного середовища хвостосховища, збереження міцності та кольору.
6	pH (10–12)	Стійкі до дії лугів, не втрачають своїх властивостей, міцності та пружності.	Стійкі до дії лугів, не втрачають своїх властивостей, міцності та пружності.

Слід відзначити, що при складних гідрометеорологічних умовах пилопригнічуючі матеріали (дернина та очеретяні мати) не втрачають своїх фізіологічних властивостей, залишаються стійкими до різкого коливання температурного режиму, запобігають вітровій ерозії. Також, довготривале перебування матів, дернини під водою та шламовою суспензією не порушувало їх стану, що робить запропоновані нами матеріали ефективними для пилопригнічення масивів-хвостосховищ переробних підприємств.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

За результатами лабораторних та польових досліджень високі коефіцієнти пилопригнічення екополютантів хвостосховища мають усі досліджувані матеріали (покриття з дернини, з очеретяних матів та водополімерні плівки), а стійкими до дії метеорологічних умов та агресивного середовища хвостосховища є тільки покриття з дернини та з очеретяних матів:

– коефіцієнт пилопригнічення поверхні хвостосховищ екологічно безпечним комплексним методом пилопригнічення: для покриття з дернини складав 0,96, для покриття очеретяними матами – 0,92; для покриття водополімерною плівкою в лабораторних умовах 0,95, але в природних відбулась повна втрата водополімерного шару;

– коефіцієнт стійкості пилопригнічення та закріплення поверхні хвостосховища комплексним методом пилопригнічення: для покриття з дернини складав 0,98, для покриття очеретяними матами 1,0, для покриття водополімерними плівками 0,6.

Запропоновані покриття мають достатню стійкість до дії лугів (рН 10–12) та метеорологічних умов (t^0 : від -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$, сніг, дощ, вітер) і не спричиняють додаткового навантаження на навколишнє середовище та людину. При цьому покриття поверхні хвостосховища спеціально підготовленими очеретяними матами та дерниною вирішує завдання повторного розкриття хвостосховища для виймання шламів (при необхідності) з подальшим відновленням покриття.

Для досягнення максимально позитивного ефекту та збільшення ефективності пилопригнічення та закріплення шкідливих екополютантів та запобігання дефляції поверхні пропонується комбінувати покриття масивів-хвостосховищ дерниною та очеретяними матами.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ПОВЕРХОНЬ ТЕХНОГЕННИХ МАСИВІВ

Як відомо, фітотехнології – це використання рослин для відновлення, стабілізації, контролю за забрудненими субстратами. Фіторе-медіація є складовою фітотехнологій, що направлена на видалення чи розкладання політантів. Фітотехнології використовують через вивчення природних фізіологічних властивостей зелених рослин з метою відновлення ґрунтів, які забруднені важкими металами і/або органічними сполуками. Це дешеві й екологічно привабливі технології для вилучення, деградації та фіксації забруднювачів.

На сьогодні в світовій практиці охорони навколишнього природно-го середовища активно розвиваються економічно ефективні та екологічно безпечні технології очищення ґрунтів, які базуються на фізіологічній здатності рослин знижувати вміст ксенобіотиків шляхом їх акумуляції та деструкції - фіторе-медіаційні технології.

Фіторе-медіація, за визначенням агентства з охорони навколишнього природного середовища США – це набір технологій, які ґрунтуються на природних фізіологічних властивостях рослин деконтамінувати ґрунти, які є забрудненими металами та (або) органічними сполуками. Маджеті Нарасімха Вара Прасад (M.N.V. Prasad) – вчений з університету Хайдерабада, Індія, підрахував, що вартість очищення ґрунту, забрудненого важкими металами, радіонуклідами, нафтою чи пестицидами за допомогою рослин, що використовують лише енергію сонця, становить лише 5 % від витрат на інші способи відновлення. Тому фіторе-медіація є більш екологічно доцільним і дешевим методом відновлення ґрунтів порівняно з фізико-хімічними і технічними способами, навіть з урахуванням обмеженості часових ресурсів для досягнення кінцевої мети. Процеси фіторе-медіації базуються на здатності рослин акумуляувати, деградувати, стабілізувати, трансформувати і

випаровувати забруднювачі з великої кількості природних матриць, зокрема, ґрунту та води.

У нашому випадку ми пропонуємо спосіб фіторе mediaції запилених поверхонь техногенних масивів, причому поверхні, яка є дуже агресивною за своїм складом (високолужною). Цей спосіб містить в собі дві технології на підставі експериментально апробованих нами виробів з рослинної сировини (розділ 3):

- з використанням зйомних засобів фіторе mediaції,
- з використанням незйомних засобів фіторе mediaції.

4.1. Технологія впровадження комбінованого способу пилопригнічення і закріплення червоних шламів на шламосховищі червоних шламів МГЗ зйомними засобами фіторе mediaції

За результатами проведених лабораторних та польових досліджень встановлено, що в якості засобів пилопригнічення і закріплення полютантів шламосховища червоних шламів можуть виступати покриття з дернини і з очерету.

Для покриття з дернини показано, що:

1. Дернина на поверхні шламосховища МГЗ витримує довготривале, багаторазове коливання температури повітря, пориві вітру до 25 м/с, замерзання пульпи шламосховища, затоплення шламосховища під час дощів та танення снігу.

2. Підтоплення дослідної ділянки не призводило до змиву та зміщення дернини на гладких ділянках участку та на його схилах. Це свідчило про високу механічну міцність покриття. Для підвищення надійності розміщення дернини потрібно передбачати закріплення фрагментів дернини спеціальними кілками, забиваючи їх у ґрунт шламосховища.

3. Ділянки дернини на гладкій поверхні міждамбового простору шламосховища були вкриті водою в результаті сильних дощів та танення снігу, у зв'язку з цим, частина суспензії червоних шламів осіла на трав'яному покриві. Після спаду води дернина зберігала свої морфологічні та фізіологічні властивості. Також дернина поливалась підкисленою водою, з метою змиття суспензії червоних шламів і оголення поверхні трав'яного покриву для забезпечення її повноцінного зростання, закріплення на поверхні і успішного пилопригнічення.

Для покриття з очерету показано, що:

1. Довготривале перебування очеретяних матів у лужному середовищі шламосховища вказує на їх надійність та довговічність, як пилопригнічуючого та закріплюючого матеріалу для промислових об'єктів хвостосховищ.

2. Очеретяні мати показали високу ефективність та збереження своїх морфологічних та фізіологічних властивостей в різних кліматичних умовах (коливання температури, вітер, замерзання пульпи шламосховища, затоплення шламосховище під час дощів та танення снігу).

3. Під час сильних дощів, танення снігу, вітру очеретяні мати ставали рухомими, що призводило до їх переміщення. Для запобігання такої ситуації обрано варіант закріплення дерев'яними стержнями, які забивались у поверхню шламосховища червоних шламів, а мати прив'язувались рухомими петлями. Коли вода сходила, очеретяні мати опускались на первинне місце розташування та продовжували виконувати свої пилопригнічуючі та пилозахисні функції.

4. Очеретяні мати, які розміщувалися на гладкій частині шламосховища, помітно покривались осадом суспензій червоних шламів. Це відбувалось, в основному, за рахунок скидання пульпи з поблизу розташованого пульпопроводу. При подальшому перебуванні очеретяних матів у воді, цей осад частково змивався. Після сходу води, при планованому поливі матів водою для розкислення, цей осад повністю змивався, і підвищував ефективність пилопригнічення.

5. Очеретяні мати, розміщені на схилах рамки хвостосховища, залишались на своїх місцях. Для більш міцної фіксації вони були закріплені дерев'яними стержнями, при цьому було враховано розташування під нахилом очеретяних матів на схилах міждамбового простору.

У попередньому розділі показано, що через меншу щільність покриття з очеретяних матів можуть давати більш низькі (на 10 %), порівнянно з покриття дерниною, коефіцієнти пилопригнічення. Водночас, як показали дослідження, покриття очеретяними матами є досить зручним при використанні на відкосах, нерівностях пляжів шламосховища і, особливо, при їх використанні на поверхні так званого «місячного ландшафту». При цьому використання покриття з дернини в таких випадках не буде таким зручним, бо дернина має властивість до сповзання з крутих схилів, і її важко там закріпити.

Враховуючи це для досягнення максимально позитивного ефекту та підвищення ефективності запропонованих методів пилопригнічення та закріплення шкідливих екополютантів шламосховища пропонується, при впровадженні цих засобів на хвостосховищах, здійснювати комбінацію покриття з дернини та очеретяних матів.

4.1.1. Технологія виготовлення покриття з очеретяних матів і укладання на поверхні хвостосховища

Виходячи з вимог до експлуатації системи пило пригнічення і можливості вторинного використання відходів очеретяні мати використовуються розміром $2 \times 3 \text{ м}^2$, щільність матеріалу 132 кг/м^3 . Це, по-перше, обумовлено зручністю для виготовлення матів. По-друге, у природних умовах хащі очерету досягають висоти 3,5–4,0 метрів. Після видалення верхніх тонких частин рослин залишається щільний міцний стовбур триметрової довжини. При товщині 3–5 см, ширині 2 м і довжині 3 м мати зручні при транспортуванні, укладанні на поверхню шламосховища, переміщеннях їх під час розкриття і закриття ділянок хвостосховища. Вага матів (до 36 кг) такого розміру забезпечує достатню їх здатність зберігати своє положення на пляжах сховища при вітровій ерозії.

Для підвищення стійкості і міцності укриття поверхні сховища очеретяні мати скріплюються між собою в окремі секції («доріжки»), що дозволяє при необхідності, скочувати їх в рулони. З'єднання окремих матів в секції рекомендується виробляти з використанням синтетичних міцних шпагатів. Стійкість пилепригнічуваного покриття до дії сильних вітрів, дощів, снігопадів підвищиться, якщо секції-«доріжки» в окремих місцях скріпляти між собою і прив'язувати до кілочків (рис. 4.1.1.1).



Рис. 4.1.1.1. Укладання очеретяних матів на пляжах

Особливо потрібно підкреслити доцільність використання очеретяних матів для пилопригнічення поверхонь схилів, загальна площа яких на території шламосховища складає 6 га.

Будь-яке покриття схилів, у порівнянні з очеретяним, буде нестійким і недовговічним, оскільки під дією дощів, талих вод, вітрів руйнуватиметься шар шламу під покриттям і, як наслідок, виникатимуть осипи шламу, які своєю вагою руйнуватимуть покриття або створюватимуть додаткові умови для руйнівної дії вітру і дощу. Укласти очеретяні мати на схили слід в два ряди, верхівками стебел донизу. Для утримання матів на схилі, їх слід укріплювати кілочками. У разі, коли ширина схилу не досягає довжини двох матів (6 м), мати притискаються до поверхні на рівні лінії переходу схилу в горизонтальну поверхню пляжу (рис. 4.1.1.2.).

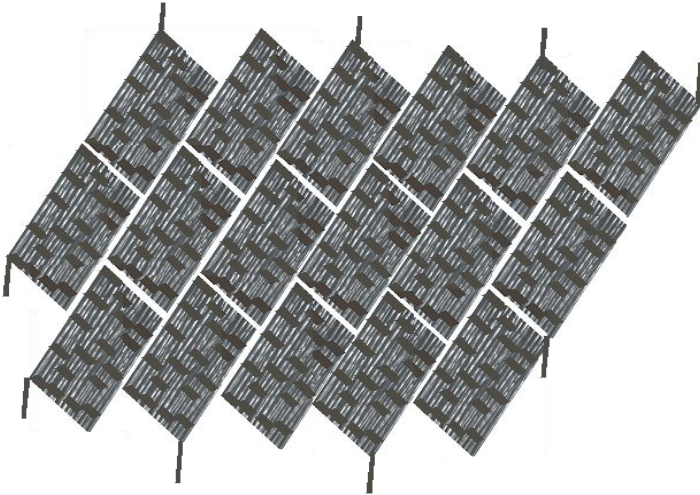


Рис. 4.1.1.2. Укладання матів на схилах

Пилопригнічуюче покриття, яке сформовано з очеретяних матів має ряд переваг і з позицій зручності проведення ремонту. Пошкоджені мати просто вилачуються і замінюються новими. Утилізація пошкоджених матів не є проблемою – їх спалюють, і зола, що має природний мінеральний склад, не містить в собі джерел екологічної небезпеки.

Утилізація. При різкому скороченні площі хвостосховищ, що потребують пилопригнічення, мати, які вивільнилися при цьому, можна легко утилізувати: зібрати і спалити поза територією шламосховища.

Жодних забруднень після їх експлуатації на території хвостосховища не залишиться. При проведенні рекультивативної шламосховища або його частини, очеретяні мати та дернина можуть бути використані як міцна пориста органічна підстилка для ґрунту і трав'янистих рослин, на якій осідатимуть і затримуватимуться насіння дикорослих трав, а також дощова та снігова вода.

Економічна ефективність від впровадженого методу. На сьогодні виробництво покриттів з очерету набуває нових обертів, оскільки цей матеріал є досить довготривалим (до 50 років) та стійким до метеорологічних умов. Зокрема, на півдні України відомо декілька підприємств: у с. Ковалівка (Миколаївський район Миколаївської області), Белозерський завод у Херсонській області та ТОВ «Український очерет» (Одеська область). Оптова вартість 1 м^2 – від 25 до 30 гривень. Розрахунок затрат на впровадження включає: оптову вартість очеретяних матів, перевезення покриття до шламосховища № 1, укладання матів на поверхню, заробітня платня працівникам та ПДВ. Враховуючи вищезазначене загальна кількість витрат на впровадження покриття з очеретяних матів складає 20000 грн./га.

4.1.2. Особливості виготовлення покриття з дернини і укладання на поверхні хвостосховищ

Запропонований екологічно безпечний комплексний метод пілопигментування за допомогою покриття поверхні хвостосховищ дерниною повинен включати наступні етапи:

1. Підкислення поверхні хвостосховищ для захисту від токсичної дії лугів;
2. Підбір територій в межах або поблизу санітарно-гігієнічної зони з міцною дерниною, придатною для її зняття і перенесення на пляжі і укоси хвостосховища;
3. Зняття дернини на луговій території за допомогою спеціальної машини (TURF CUTTER), яка здатна нарізувати дернину вузькими (шириною 40-50 см) смугами товщиною 1–5 см. Ця машина використовувалась при дезактивації в 10-км зоні ЧАЕС. Чим потужніше дернина, тим більше тонкими можуть бути смуги з дернини, зі збереженням міцності такого покриття. Реально використовувати дернину завтовшки 3 см. Дослідження в зоні Чорнобильської аварії показали, що луг після дернини відновлюється за 1,5–2 місяці вегетації. На місці

зняття дернини швидко проростали насіння диких трав і відбувалося швидке відновлення поверхні.

4. Підрізана Turf Cutter дернина у вигляді смуг довжиною до 3–5 м легко скочується в рулони і за допомогою стрічкового транспортера завантажуються на вантажний автомобіль для доставки на шламосховище.

5. Після розкочування і закріплення рулонів дернини на пляжах і схилах – регулярне (1 раз на тиждень) дощування протягом 1–2 місяців (природно проводити ці роботи в літньо-осінній період, коли на луках є міцна дернина і добрий травостій).

6. Перед поверненням дернини на місце у випадку підняття дернини для виїмки шламу – обов'язкове локальне підкислення поверхні.

Ці роботи слід проводити в літньо-осінній період, коли на луках є міцна дернина і добрий травостій. Після цього здійснюють закріплення дернини на пляжах і укосах, що забезпечує, за результатами досліджень у 10-км зоні ЧАЕС, зниження вітрової і водної ерозії в 600-800 і більше разів.

Оскільки шари шламу, що лежать під покриттям, є достатньо токсичними для рослин, це не дозволить рослинам дернини (наприклад, пирій повзучий) прорости у шламі і жорстко закріпитися дернині. Лабораторні і польові дослідження показали, що цього не відбувається. Це означає, що не буде проблем, якщо знадобитися скачати дернину і видалити або підсипати додатково шлам.

Після цього етапу потрібно буде знову виробити локальне підкислення поверхні, а потім повернути дернину на місце. Дослідження на територіях, що постраждали від аварії на ЧАЕС, показали, що навіть при не суцільному покритті поверхонь, метод забезпечує високе зниження вітрового підйому (не менше 200 разів), навіть при шаховому розміщенні дернини або при чергуванні смуг дернини і відкритих шламів.

4.1.3. Практичні рекомендації щодо застосування комплексного методу пилопригнічення

Максимальне пилопригнічення при запропонованій технології можливо лише при 100 % покритті поверхні хвостосховищ переробних і видобувних підприємств (включаючи пляжі, придамбову територію тощо). У випадках неповного покриття поверхні хвостосховища пило-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

пригнічувальними матеріалами ефективність методу сильно знижується і, навіть, може наблизитись до нуля.

Для досягнення максимального ефекту пілопригнічення полютантів хвостосховища технологія впровадження запропонованого комплексного методу пілопригнічення на хвостосховищі повинна передбачати:

1. Комплексність використання засобів пілопригнічення: рівні, гладкі поверхні дамб покривати дерниною; відкоси, нерівності пляжів – матами з рослинної сировини. Наприклад, для території шламосховища №1 Миколаївського глиноземного заводу площі покриття цими засобами складають: 136 га – для покриття дерниною, 6 га – для покриття очеретяними матами. Схему впровадження комбінованого способу пілопригнічення на хвостосховищі наведено на рис. 4.1.3.1.

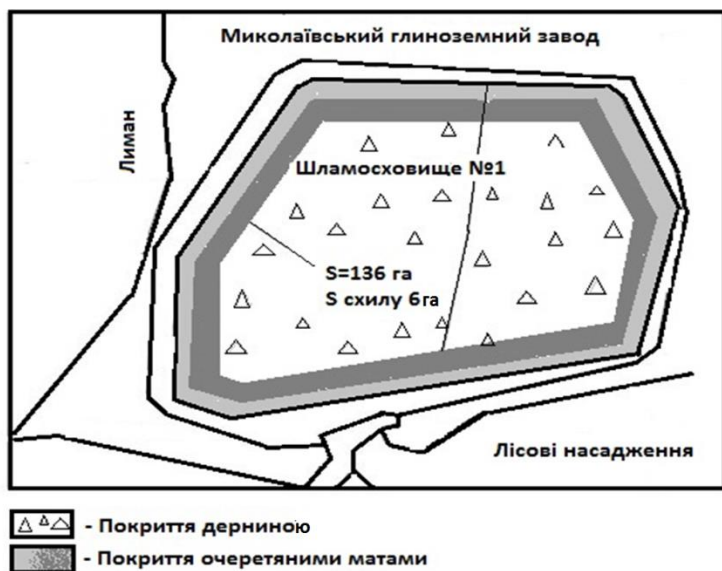


Рис. 4.1.3.1. Схема впровадження комбінованого методу пілопригнічення на хвостосховищі (на прикладі МГЗ)

2. Періодичне зрошування дернини підкисленою водою (рН = 7–8) для забезпечення повноцінного її зростання, змиття суспензії червоних шламів і оголення поверхні трав'яного покриву

3. Закріплення очеретяних матів спеціальними кілками (дерев'яними, металевими) для запобігання зміщенню зі схил дамби під час сильних дощів, танення снігу, вітру.

4. 100 % закріплення поверхні шламосховища (включаючи пляжі, придамбову територію тощо) пилопригнічуючими засобами. пилопригнічуючими засобами: навіть при надмалих невикритих залишкових поверхніх шламосховища ($\ll 1\%$) ефективність пилопригнічення може знизитися до нуля.

При запропонованій технології пилопригнічення екополютантів хвостосховищ зберігається можливість повторного розкриття поверхні хвостосховищ і можливість вторинного використання відходів видобувних та переробних підприємств.

4.2. Фітотехнологія вирощування дернини на поверхні хвостосховища з агресивним середовищем

У цьому методі нами було використано процедуру рекультивації поверхні хвостосховища червоних шламів на МГЗ. Для цього було виконано наступні етапи роботи:

1. Поверхня шламів була промита, для зменшення рН поверхні до значень 8–9.

2. Потім на поверхню шламу технічними засобами наносилося шари глини для захисту рослин від дії токсикантів та лугу.

3. На шари глини було нанесено мули з міських відстійників, як ґрунт для вирощування рослин.

4. Було зібрано заготовлено насіння диких трав на суміжних до хвостосховища територіях. Разом з тим було використано придбане насіння трави придатної для рекультивації. Це насамперед овсяниця лугова та райграс у вигляді суміші насіння 3: 1.

5. На створених поверхнях з допомогою борони було проведено розрихлення ґрунту з послідуєчим висівом насіння.

6. Поверхні, які були засіяні, обробили з допомогою легкої катки, для захисту від вітрового здування та від відання насіння птицею.

7. Проведено зрошення посівів, яке виконувалося регулярно один раз на тиждень.

Таким чином було рекультивовано біля 6 га поверхні хвостосховища червоних шламів МГЗ.



Рис. 4.2.1. Нанесення шару глини на поверхню хвостосховища червоних шламів на МГЗ



Рис. 4.2.2. Нанесення шарів мулу (грунту) на поверхню хвостосховища червоних шламів на МГЗ



Рис. 4.2.3. Частина поверхні хвостосховища червоних шламів на МГЗ після реалізації рекультивації (2 місяці поспіль)

При рекультивації насінням диких трав було використано наступні види : пирій повзучий (*Agropyrum repens*), куколиця біла (*Melandrium album*), берізка польова (*Convolvulus arvensis*), бекманія лучна (*Beckmania eruciformis*), китник лучний (*Alopecurus pratensis*), тонконіг лучний (*Poa pratensis*), пожитниця багаторічна (*Lolium perenne*), костриця лужна (*Festuca pratensis* L. var. *Arundinacea*), лядвинець звичайний (*Lotus corniculatus*), буркун білий (*Melilotus albus*) або види, що відносяться до перерахованих вище родів.

При рекультивації було також використано суміш насіння: овсяниці лугова та райграс у співвідношенні 3:1. Ці два підходи для рекультивації було нами використано на хвостосховищі червоних шламів МГЗ.

Таким чином розроблений нами спільно із співробітниками МГЗ метод рекультивації був реалізований на площі в 6 га. Цей вид покриття також може бути ефективно використаний на МГЗ та інших небезпечних щодо пилоперенесення об'єктах. Слід відмітити, що цей метод рекультивації може бути реалізований на великих площах, а у разі оптимального вибору рослин – буде виступати досить стійким до токсичної складової шламосховища.

РОЗДІЛ 5. КОМПЛЕКСНЕ ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ У РАЙОНІ ДВОХ ПОТЕНЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Особливість сучасного розвитку країн світу полягає у посиленні конкурентної боротьби не за темпи економічного зростання, а за якість життя населення, яке пов'язано з усіма сферами життя та діяльності людини.

Зокрема у розвинених європейських країнах люди вже давно усвідомлюють, що запорука здоров'я і сприятливого середовища життєдіяльності – це чисте довкілля. Тому там процес екологізації виробництва продукції спричинений саме вимогами Споживачів продукції: Покупець намагається сприяти поліпшенню свого місця існування через вибір продукції, виробництво якої завдає мінімального збитку довкіллю, а виробник продукції прагне до підвищення рівня екологічної безпеки свого виробництва.

Виробник і Споживач продукції буцім-то говорять на одній мові. Саме Споживач все більше звертає увагу на натуральність, склад, екологічність продукції, яку споживає, тим самим підказуючи виробникові шляхи вдосконалення продукції, що випускається, та підвищення її конкурентоспроможності.

У нашій державі поки що це не так: екологізація виробництва за міжнародними стандартами серії ISO 14000 ще не настільки поширена. Причин цьому багато, одна з яких полягає у відсутності технологій переведення виробництва тієї чи іншої продукції на екологічні рельси. Відсутність таких технологій, зокрема, стосується питання утилізації

відходів, як кінцевої стадії технологічного процесу виробництва продукції.

Ми своєю розробкою намагаємося сприяти вирішенню двох проблем:

1. Екотоксикологічно безпечне замикання циклу виробництва глинозему на МГЗ (екотоксикологічна небезпека, як нами показано вище, пов'язана з дефляцією поверхні шламосховища);

2. Захоронення забруднених радіоцезієм донних мулів маловодної річки Арбузинки (притоки р. Південний Буг).

5.1. Невирішене питання утилізації радіаційно забрудненого донного мулу маловодної річки Арбузинки

З 1985 до 1994 рр. каналізаційні скиди Южно-Української (ЮУ) АЕС надходили до притоки річки Південного Бугу – р. Арбузинки. Надмірне перевищення об'ємів каналізаційних вод (11 млн м³/рік) над річковим стоком (6 млн м³/рік) приводило до того, що каналізаційні скиди АЕС відігравали головну роль у формуванні стоку р. Арбузинки на цій ділянці річки.

Ми проводили дослідження з вивчення розмірів та особливостей депонування радіонуклідів донними відкладеннями р. Арбузинки та складання радіоекологічного прогнозу у цій річковій екосистемі¹. Як показали результати досліджень, основний внесок у сумарну радіоактивність скидних вод протягом усього періоду вносив ¹³⁷Cs, а такі радіонукліди, як ⁵⁴Mn, ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr реєструвалися в кількості 0,05–0,10 Бк/л лише у початковий період роботи станції (1987–1989). У 1985–1987 рр. концентрація ¹³⁷Cs у скидних водах знаходилась у межах 0,07–0,18 Бк/л, що у 5–10 разів вище за його концентрацію у воді поверхневих водоймищ цього регіону. У 1988 р. радіаційна ситуація у р.Арбузинці ускладнилась: протягом усього року розмах коливань вмісту радіонуклідів у воді був у межах від 0,10 до 0,53 Бк/л, а середнє значення концентрації ¹³⁷Cs за рік склало 0,25±0,12 Бк/л. Таке підвищення вмісту ¹³⁷Cs у воді спричинило значному накопиченні його донними відкладеннями. Графічне зображення динаміки змін вмісту радіоцезію у воді у місці скиду зі ставка-відстійника подано на рис. 5.1.1. Після 1988р. концентрація ¹³⁷Cs у воді знизилась до 0,09±0,03 Бк/л і потім, до

¹ Більш детально про це у [45]

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

1994р., зберігалась на постійному рівні (0,02–0,03 Бк/л). Однак радіаційне забруднення донних відкладень залишається досить значним і досі.

У період з 1986 по 1988 рр. накопичення ^{137}Cs донними відкладеннями р. Арбузинки у районі с. Новоселівки зростало. Вміст радіонуклідів у них збільшився у 4 рази: з 66 до 102 Бк/кг. Пізніше, з 1988 по 1992 р., відбувалося вимивання ^{137}Cs , і кількість його у донних відкладеннях знизилась до 89 Бк/кг, щоб до середини наступного року знову зрости до рівня 220 Бк/кг, а до кінця року зменшитись до 137 Бк/кг.

Графік динаміки вмісту ^{137}Cs у донних відкладеннях з урахуванням середньоквадратичного розкиду даних (рис. 5.1.2.) дозволяє оцінити різницю між окремими ділянками кривої, що характеризують підвищення та спад значень. З рисунку видно, що ділянки збільшення вмісту (1985–1988, 1992–1993) характеризувались стабільним 30 % розкидом величин, тоді як для ділянки зниження (1989–1992) характерним був інтервал розкиду 55–60 %. Відрізнялись також і кути нахилу цих ділянок, криві підняття були крутішими, а крива зниження – більш пологою. Наведені показники відображують різницю у процесах підвищення та спаду радіоактивності донних відкладень, накопичування і вимивання радіонуклідів, процесів сорбції та десорбції.

Аналіз наведених кривих свідчив, що протягом усього періоду роботи Південноукраїнської АЕС у р. Арбузинці відбувалися два процеси: накопичування радіонуклідів донними відкладеннями та зворотнє їхнє вимивання водою. Рівень накопичення радіонуклідів змінювався у залежності від кількості та періодичності їх надходження до річки, а також від об'ємів «чистих» річкових вод. Внаслідок переважання того чи іншого процесу формувалась і величина радіоактивного забруднення окремих ділянок русла річки, що у районі с. Новоселівки характеризувалася двома піками (рис. 5.2.1.): у 1988 і 1993 рр.

Процес накопичення ^{137}Cs донними відкладеннями проходив динамічніше, ніж процес вимивання. Якщо для збільшення активності донних відкладень у 4 рази знадобилося 1–2 роки, то для наступного вимивання цієї кількості радіонуклідів – 4 роки. Різниця у розкиді середніх величин, яка свідчить про перевагу процесів сорбції над процесами десорбції, зумовлює вид наведених графіків. Так, поле кривої вимивання (рис. 5.1.2) набуває більш розмитого вигляду, порівняно з ділянкою, яка описує процес накопичення радіонуклідів.

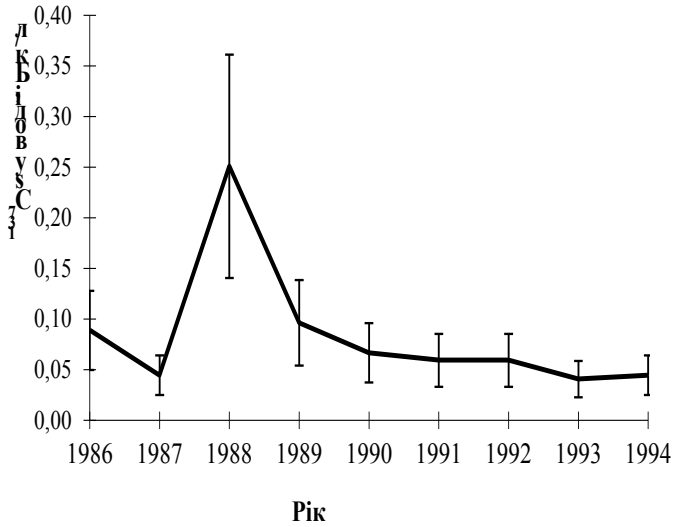


Рис. 5.1.1. Динаміка вмісту ^{137}Cs у воді у місці скидання каналізаційних вод ПУ АЕС до р.Арбузинки з ставків-відстійників ГФК ЮУ АЕС

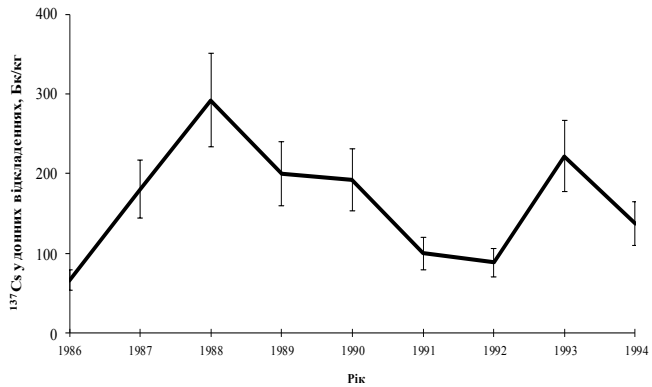


Рис. 5.1.2. Динаміка вмісту ^{137}Cs у донних відкладеннях р. Арбузинки у місці надходження вод з ставків-відстійників ЮУ АЕС

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

У період зниження активності (в 1989–1990), при середньому вмісті ^{137}Cs у донних відкладеннях 109 Бк/кг, максимальні величини у полі розкиду сягали 280 та 292 Бк/кг, мінімальні – 40 та 85 Бк/кг. Отже, розкид даних складав 50 % та більше, тоді як крива підйому, наприклад у 1988р., характеризувалася середнім значенням 96 Бк/кг і лише 10 % розкидом величин. Таке міркування підтверджується також графічним зображенням динамки зміни вмісту ^{137}Cs у воді (рис. 5.1.1). Наведені результати показують, що для накопичення ^{137}Cs донними відкладеннями досить короткочасного надходження радіонукліда з водою, тоді як наступне вимивання його потребує досить тривалого часу.

Для оцінки масштабності забруднення ^{137}Cs р. Арбузинки проведено моделювання зміни вмісту ^{137}Cs у донних відкладеннях р. Арбузинки залежно від відстані r (км) від місця надходження скидних вод АЕС. Часто приймають, що рівень радіаційного забруднення донних

відкладень змінюється з відстанню r , як $1/\sqrt{r}$. Апроксимація даних спектрометричних досліджень активності у 1992р. рівнів забруднення ^{137}Cs донних відкладень р. Арбузинки в 1992 р., залежно від відстані з місця надходження забруднених вод, вказала на експоненційний вигляд (коефіцієнт детермінації 0,95) цієї залежності (рис. 5.1.3.):

$$C_{\text{дон}} = (C''_{\text{дон}} - C'_{\text{дон}}) \cdot e^{-0,51r}, \quad (5.1.1.)$$

де $C_{\text{дон}}$ – активність ^{137}Cs у мулі р. Арбузинка на відстані r від місця надходження забруднених вод (Бк/м³),

$C''_{\text{дон}}$ – активність ^{137}Cs у мулі у місці надходження забруднених вод в р. Арбузинку (Бк/м³),

$C'_{\text{дон}}$ – активність ^{137}Cs у мулі р. Арбузинка вище місця надходження вод ГФК ПУ АЕС (Бк/м³),

r – відстань від місця надходження забруднених вод, (км)

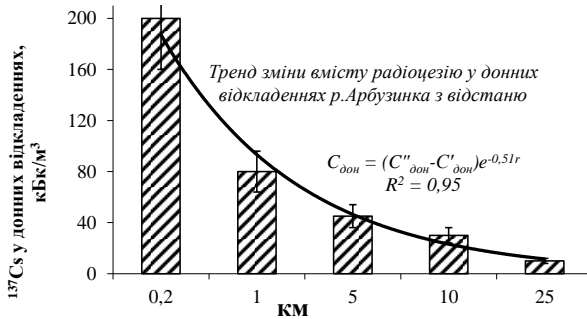


Рис. 5.1.3. Динаміка активності ^{137}Cs у донних відкладеннях р. Арбузинки при збільшенні відстані від місця скиду (за даними досліджень у 1992)

За цією моделлю можна вважати, що після надходження ^{137}Cs в р. Арбузинку зі скидними водами ГФК АЕС, основний об'єм його активності розподілився в донних відкладеннях річки протяжністю 10 км від місця скиду забруднених вод (при $r=10$: $e^{-0,51r} < 1\%$). Це було нами враховано при проведенні розрахунку обсягів ^{137}Cs , скинутого та депонованого мулами р. Арбузинки.

Скидання ^{137}Cs з рідкими стоками ПУ АЕС у р. Арбузинку через очисні споруди ГФК за 10 років обчислювали за формулою:

$$A_{вод} = \sum_{i=1}^n (C''_i - C'_i) V_i \quad (5.1.2.)$$

де $A_{вод}$ – загальна активність ^{137}Cs , скинутого у р. Арбузинку протягом 10 років, Бк; C''_i, C'_i – середня за рік i ($i=1, \dots, 10$) концентрація ^{137}Cs у скидній воді та у воді р. Арбузинки вище скиду відповідно, Бк/л; V – об'єм скинутої води за рік i , л.

Кількість накопиченого донним ґрунтом ^{137}Cs визначали за моделлю, де використано встановлену регресійну залежність розповсюдження ^{137}Cs у донних відкладеннях р. Арбузинки з відстанню від місця скиду (5.1.3.):

$$A_{дон} = V \int_{r=0}^{10} (C''_{дон} - C'_{дон}) e^{-0,51r} dr, \quad (5.1.3.)$$

де $A_{дон}$ – загальна активність ^{137}Cs , сорбованого донними відкладеннями р.Арбузинки, Бк; $C''_{дон}, C'_{дон}$ – об'ємна активність ^{137}Cs у

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

донних відкладеннях р. Арбузинки до і після скиду, B_k/m^3 ; V – загальний об'єм забруднених донних відкладень р. Арбузинки (m^3); r – відстань від місця скиду вод ГФК ПУ АЕС в р. Арбузинку, км.

Враховуючи, що середня ширина річки на цій ділянці складала біля 25 м, протяжність ділянки 10 км, товщина шару річкового мулу 0,1 м, то загальний об'єм донних відкладень склав $25 \cdot 10^3 m^3$.

Якщо за 10 років в р. Арбузинку скинуто 10 млн m^3 каналізаційних скидів, то за цей час з рідкими скидами ПУ АЕС до р. Арбузинки надійшло 8,5 ГБк ^{137}Cs , а сумарна активність ^{137}Cs , яка була депонована донними відкладеннями р. Арбузинки на ділянці між селами Новоселівка та Агрономія (близько 10 км), склала 7,4 ГБк [45].

Дослідження радіоактивності мулу з різних ділянок р. Арбузинки у наступні роки показали, що наприкінці 90-х років відбулися суттєві зміни у забрудненні ^{137}Cs донних відкладень річки, які проявилися у перерозподілі активності ^{137}Cs на різних ділянках р. Арбузинки. Якщо на початку 90-х років максимум активності ^{137}Cs спостерігався в районі с. Новоселівка, то у 1993–1994рр. цей максимум змістився до с. В. Роздол. За даними 1998р. питома активність ^{137}Cs у донних відкладеннях р. Арбузинки поблизу с. В. Роздол знов зменшилася, тобто відбулося подальше вимивання та пересування радіоактивності донизу за течією річки. Це підтверджує отриманий нами раніше висновок щодо того, що після сорбції ^{137}Cs мулами річки постійно відбувався процес його десорбції і переносу донизу за течією на дальні відстані від місця скиду радіоактивності у річку.

Отже, при надходженні «цезієвого» забруднення з р. Арбузинки у руслове Трикратське водоймище поведінка радіонукліду в останньому підпорядковується двом процесам: по-перше, це осадження ^{137}Cs на дні водоймища через сорбцію мулами, по-друге, це частковий перехід ^{137}Cs у воду у завислому вигляді.

Це є джерелом «цезієвого» навантаження на водну екосистему р. Арбузинки та на водосховища, вода з яких використовується Білоусівською зрошувальною системою (Трикратське водоймище). Зроблено прогнозування рівня цього навантаження за наступними варіантами:

1. до Трикратського водоймища надійшла та була розповсюджена, з врахуванням осадження у донних відкладеннях, уся кількість ^{137}Cs , що була депонована донними відкладеннями р. Арбузинки (7,4 ГБк),

2. питома вага мулу у суміші, яка подається на зрошувані угіддя, складає від 1 % до 10 %.

Розрахунок вмісту ^{137}Cs у воді Трикратського водоймища проведений за формулою:

$$C_{вод.} = f \frac{1}{\lambda V + r} Q \quad (5.1.4.)$$

де $C_{вод.}$ – вміст ^{137}Cs у воді водоймища (Бк/л), f – коефіцієнт зниження вмісту радіоактивної речовини за рахунок осадження у донних відкладеннях, V – об'єм водойми, м^3 , r – сумарні втрати забрудненої води за різними шляхами, Q – об'єм ^{137}Cs , що може надійти у водоймище з р. Арбузинки (Бк).

Коефіцієнт зниження вмісту ^{137}Cs за рахунок осадження у донних відкладеннях f був розрахований за наступною формулою:

$$f = \frac{1}{1 + K_d \frac{V_b}{V}} = \frac{1}{1 + K_d \frac{Sh}{V}} \quad (5.1.5.)$$

де V_b – об'єм обмінного шару донних відкладень (м^3); S – площа дзеркала водойми (м^2); h – «ефективний» шар ґрунтів дна водойми (м) прийнятий 0,1 м; K_d – рівноважний коефіцієнт розподілу радіонукліду у системі «вода-донні відкладення» (прийнята мінімальна за [162] величина $K_d=50$).

За проведеними розрахунками вміст ^{137}Cs у воді Трикратського водоймища (об'єм $V=16$ млн м^3 , площа дзеркала $S=4 \cdot 10^6 \text{м}^2$) при надходженні 7,4 ГБк ^{137}Cs з р. Арбузинки буде дорівнювати 0,46 Бк/л.

Розрахунок питомої активності ^{137}Cs у донних відкладеннях Трикратського водоймища проведений за формулою:

$$C_{д.в.} = K_d \cdot C_{вод.} \quad (5.1.6.)$$

де $C_{д.в.}$ – питома активність ^{137}Cs у донних відкладеннях Трикратського водоймища (Бк/кг).

За проведеними розрахунками величина питомої активності ^{137}Cs у донних відкладеннях Трикратського водоймища буде дорівнювати 23 Бк/кг.

Для врахування різних умов надходження ^{137}Cs у зрошувальну воду розглянуто різні варіанти:

I. Суміш, яка подається на зрошувані ділянки, вміщує ^{137}Cs , який присутній лише у воді водоймища,

II. Суміш, яка подається на зрошувані ділянки, вміщує ^{137}Cs , який, крім води, присутній також у донних відкладеннях водойми питомою вагою останніх у суміші 1 %,

III. Суміш, яка подається на зрошувані ділянки, вміщує ^{137}Cs , який присутній також у донних відкладеннях водойми питомою вагою останніх у суміші 10 %.

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Додаткова активність ^{137}Cs у зрошувальній воді за рахунок надходження ^{137}Cs з донних відкладень водоймища була виражена наступним чином:

$$C_{3.C.} = C_1 + C_2 \quad (5.1.7.)$$

де $C_{3.C.}$ – вміст ^{137}Cs у суміші, що надходить на зрошувані ділянки (Бк/л),

C_1 – вміст ^{137}Cs в частці загальної суміші, що приходить на донні відкладення (1% чи 10%) (Бк/л):

$$C_1 = C_{d.v.} \cdot \eta \quad (5.2.8.)$$

де η – частка донних відкладень у зрошувальній суміші, що займають від 1 до 10 % об'єму суміші, (кг/л): при 1% $\eta=0,014$, при 10% $\eta=0,14$ (прийнято, що щільність донних відкладень складає $1,4 \text{ г/см}^3$)

C_2 – вміст ^{137}Cs у частині зрошувальної суміші, яка приходить на воду (від 99 до 90 %) (Бк/л).

Розрахунки показали, що вміст радіоцезію у воді, яка може потрапляти на зрошувані угіддя, за варіантом II становитиме 0,78 Бк/л, за варіантом III – 3,6 Бк/л, тобто підвищиться від 40 до 150 разів.

Таким чином, протягом усього періоду скиду вод ГФК Южно-Української АЕС у р. Арбузинку (1982–1994) відбувалися два процеси: накопичування радіонуклідів донними відкладеннями та зворотне їхнє вимивання водою. Рівень накопичення радіонуклідів змінювався залежно від кількості та періодичності їх надходження до річки, а також від об'ємів «чистих» річкових вод. За 10 років (1985–1994) до р. Арбузинки скинуто 10 млн м^3 каналізаційних вод, тобто за цей час з рідкими скидами ЮУ АЕС до р. Арбузинки надійшло 8,5 ГБк ^{137}Cs , а сумарна активність ^{137}Cs , яка була депонована донними відкладами р. Арбузинки на ділянці між селами Новоселівка та Агрономія (близько 10 км), склала 7,4 ГБк. Ця активність виступає постійним джерелом вторинного забруднення річкової і зрошувальної води, тому існує потреба в утилізації (захороненні) цих донних ґрунтів (рис. 5.1.1). Об'єм радіаційно забруднених (^{137}Cs) мулів р. Арбузинки – $(3\text{--}6) \cdot 10^4 \text{ м}^3$.



Рис. 5.1.1. Схематичне відображення радіоекологічної проблеми утилізації донних відкладень р. Арбузинки

5.2. Використання радіаційно забрудненого мулу в якості органічної підстилки при закріпленні поверхні шломосховища запропонованим методом фіторемедіації

Донні ґрунти і відклади – це мінеральні та органічні частинки, якими устелено днище і схили улоговин водойм (озер, ставків, водосховищ). Донні відклади можуть бути представлені пісками, пісками замуленими та мулами піщанистими, глинистими, торф'янистими. Під впливом гідродинамічних процесів відбувається перерозподіл частинок, тому на різних ділянках днища формуються відклади різних типів. Ареали залягання донних відкладів у великих водосховищах утворюються протягом 5–7 років.

Донні відклади служать тим екологічним середовищем, в якому живуть бентальні тварини та рослини. Їх порівнюють з ґрунтами на суходолі – також служать для бентальних організмів джерелом живлення, в них відбувається накопичення органічної речовини, вони утворюють поверхню, на якій поселяються донні організми. Донні відклади формуються з дрібних твердих мінеральних часток, які називають осадовим матеріалом. Важливу роль в поповненні осадового матеріалу відіграє процес відмирання річкових організмів, що мають скелети або покрови з кремнезему та вапна. Це є біогенним осадовим матеріалом.

Таким чином, донні відклади є середовищем, в якому міститься багато поживних речовин, а значить їх можна використовувати саме в таких цілях. Донні відкладення мілководної річки Арбузинки представлені муловими відкладами, тобто саме такими, які характеризуються високим вмістом O .

Тому, для покращення функціонування та більш доброго «приживання» біологічних засобів покриття, для покращення умов зростання лучних трав в умовах агресивного середовища шламосховища ($pH=10-12$), бажано створити органічну «підстилку», тобто прошарок, який буде насичений поживними для рослин речовинами. Цієї «підстилкою» можуть виступати саме забруднені радіоцезієм мулові донні відкладення р. Арбузинки (рис. 5.2.1.).

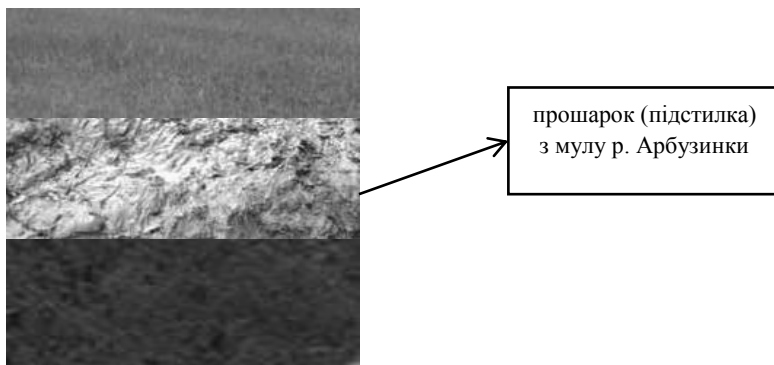


Рис. 5.2.1. Схема способу фітореMediaції з використанням органічної підстилки з донних відкладів р. Арбузинки

Об'єм радіаційно забруднених (^{137}Cs) мулів р. Арбузинки – $(5-9) \cdot 10^4 \text{ м}^3$. Органічна «підстилка» потребуватиме покриття поверхні агресивного середовища шламосховища шаром $h=0,05 \div 0,10 \text{ м}$. Площа поверхні шламосховища №1 МГЗ, яка може бути вкрита органічною «підстилкою» з радіаційно забруднених (^{137}Cs) мулів р. Арбузинки – $50 \div 180 \text{ га}$.

Зрозуміло, що це не спричинятиме радіаційного навантаження, бо буде використано в якості «підстилки» для рослин на технологічному масиві.

Застосування цієї технології дозволить:

- вирішити проблему безпечного захоронення радіаційно забруднених об'єктів довкілля, утворених при експлуатації ЮУАЕС;
- створити додаткові умови для ефективного впровадження технології фітореMediaції агресивної поверхні хвостосховищ з використанням з'ємних біологічних засобів (рис. 5.2.2.).

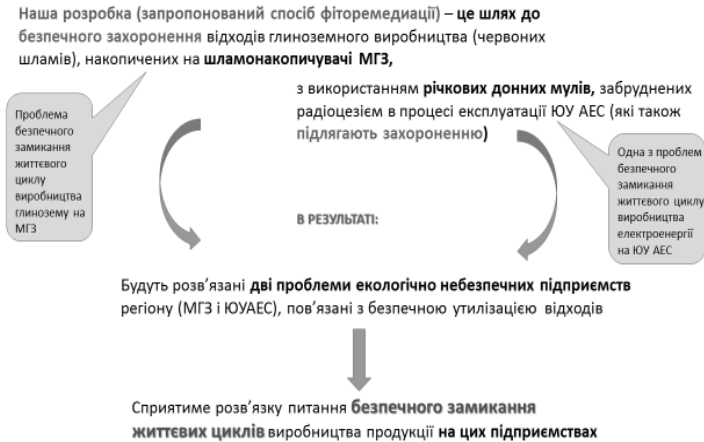


Рис. 5.2.2. Схематичне зображення результатів технології фітореMediaції з використанням органічної підстилки з донних відкладів р. Арбузинки

Як підсумок, можна константувати, що екологічні аспекти діяльності підприємств і, особливо, об'єктів, які віднесено до категорії потенційно-небезпечних, займають значне місце при загальній оцінці діяльності підприємства, а, значить, і в оцінці якості його продукції. Сьогодні вже можна з упевненістю казати, що якщо Виробник продукції зумів вловити «екологізацію» споживчих переваг, то найближчим часом стане сильним, конкурентноздатним учасником ринку.

РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ ТА СОЦІАЛЬНИЙ ЕФЕКТИ ПРИ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ПОВЕРХНІ ШЛАМОСХОВИЩА ЗАПРОПОНОВАНИМИ МЕТОДАМИ

6.1. Методика визначення та оцінки відношення «користь-школа» для заходів системи екологічного менеджменту підприємства

У світовій практиці при виборі контрзаходів у певних радіоекологічних та екоотоксикологічних ситуаціях прийнято оцінювати співвідношення користь-школа. Школа складається з економічних оцінок суми витрат на певний захід чи контрзахід і оцінки соціальної шкоди. Оцінка ефективності (користі) контрзаходу чи заходу ґрунтується на розрахунку очікуваного внаслідок його застосування зменшення (економії) колективної дози і вартості цієї економії [83].

Для визначення вартості економії колективної еквівалентної дози використовують вартість людино-зіверта (людино-бєра). Залежно від рівня розвитку країни ця ціна є різною, і чим вищий рівень розвитку технології, а відповідно і внесок кожної людини в національний дохід, тим вища вартість 1 люд.-зв (1 люд.-бєр). Наприклад, у розвинених країнах Європи і США мінімальна вартість 0,01 люд.-Зв (1 люд.-бєр) становить 8–100 дол. США. Для України в законі про радіаційну безпеку практично введено ціну за людино-зіверт у 4000 доларів США. Цей показник можна використовувати для попередніх оцінок та експертиз певних контрзаходів, засобів захисту, якості роботи певних ядерних підприємств, АЕС, захоронення радіоактивних відходів та в інших випадках. Вартість 1 люд.-Зв (1 люд.-бєр) може відрізнятися в 100 разів (тобто коливатися від 800 до 8000 дол.) залежно від рівня індиві-

дуальної дози для професіоналів. Якщо індивідуальна доза менша ніж 0,01 Зв/рік (1 бер/рік), то для населення України приймають вартість у 4000 дол. за людину-Зв, а при індивідуальних дозах у 0,03–0,05 Зв/рік (3–5 бер/рік) ціна 1 люд.-Зв (1 люд.-бер) в оцінках співвідношення користь-школа може досягати 8000 (80) дол.

Ефективність засобів захисту і контрзаходів та їхня вартість залежать від середньої еквівалентної дози випромінювання. На рисунку 6.1.1. показано, як експоненціально зростають ефективність засобів захисту і контрзаходів зі збільшенням цієї дози й вартість їх зі зменшенням середньої індивідуальної дози опромінення.

Місце перетину цих кривих відповідає оптимальній дозі – $H_{\text{еф}}$. Звідти при середніх індивідуальних еквівалентних дозах опромінення понад $H_{\text{еф}}$ доцільно використовувати засоби захисту і контрзаходи, а при дозах менших за $H_{\text{еф}}$ аналіз співвідношення користь-школа свідчить про безперспективність застосування засобів захисту і контрзаходів.



Рис. 6.1.1. Залежність ефективності захисту (1) і вартості (2) від рівня середньої індивідуальної еквівалентної дози випромінювання у розрахунку на одиницю дози опромінення (3 – сумарна крива) [83]

6.2. Розрахунок відхиленої індивідуальної та колективної токсичної дози для населення з територій, прилеглих до шламосховища МГЗ

У попередніх розділах представлено результати пошуку засобів пилопригнічення поверхні шламосховищ, котрі відповідали наступним характеристикам: екологічна безпечність, висока стійкість до агресив-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

ного середовища хвостосховища (наприклад, високої лужності, як для хвостосховища червоних шламів), висока стійкість до мінливих та екстремальних природних метеорологічних умов (шквальні вітри, різькі зміни температури, обледеніння), можливість повторного розкриття покриття для реалізації (переробки) захоронених відходів. Такими засобами виявилися покриття з дернини та з рослинної сировини – очерету (*Phragmites australis* L.).

По-перше, вони відповідають наведеним вище умовам і, по-друге, за результатами лабораторних та польових досліджень ці покриття мали високі коефіцієнти пилопригнічення та коефіцієнти стійкості до дії метеорологічних умов та агресивного середовища шламосховища.

Нами проведено розрахунки економічного та екологічного ефектів від запровадження комплексної системи пилопригнічення з використанням цих біологічних засобів. Шкоду для населення від вдихування з повітрям екополютантів шламосховища обчислювали виходячи з відомих даних доведеної експериментально біологічної еквівалентності між певними величинами токсичної дози і певними величинами поглинутої дози гамма-випромінювання і встановленого для України долларової ціни гамма-випромінювання, згідно з Законом України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 08.02.1995 № 39/95-ВР : 1 люд.-зв = 4000 \$ США.

На сьогодні відомі дані щодо біоеквалентності поглинутої дози гамма-випромінювання певних токсиметричних величин токсодози від кадмію: 1 мкмоль/л $Cd = 0,5$ Гр, тому оцінка шкоди від екополютантів шламосховища в цій роботі здійснена тільки для цього екополютанта.

В результаті отримано (табл. 6.2.1.), що величина середньорічної колективної дози $D_{кол.}$ від екополютантів шламосховища (від Cd) для населення з прилеглих територій може складати до 100 люд.-г. Вартість відшкодувань на медичні заходи по усуненню негативних біологічних ефектів серед населення прилеглих територій 10^4 - 10^7 \$/рік. Величина дози від екополютантів шламосховища для біоти екосистеми прилеглих територій може досягати 70-100 г/га. Загальні витрати на покриття дерниною та матами з рослинної сировини поверхні шламосховища №1 МГЗ S=142 га (або витрати на відвернену колективну токсичну дозу від екополютантів шламосховища) складають близько 250000 \$. Економічний ефект: окупність застосування комплексної системи пилопригнічення (без врахування відвернутої дози для біоти екосистеми прилеглих до шламосховища територій) – склав від 1 до 10 річних відвернутих доз $D_{кол.}$ від Cd .

До цього потрібно додати:

- екологічний ефект від очищення водойм від очерету,
- екологічний ефект від очищення каналізаційних вод міськводо-каналу від органічної складової,
- екологічний ефект від очищення русла річки Арбузинки від забрудненого ^{137}Cs мулу,
- соціальний ефект – від додаткового надходження податків від виробництва матів з рослинної сировини.

Таблиця 6.2.1

**Економічний, екологічний та соціальний ефекти при застосуванні комплексної системи пилопригнічення на шламосховищах МГЗ (із розрахунку пилопригнічення за важкими металами)
Для шламосховища № 1**

Показник	Значення показника
<i>Еколого-економічний ефект</i>	
I. Величина середньорічної індивідуальної дози $D_{\text{інд}}$ від екополотантів шламосховища (від Cd) для населення з прилеглих територій, г	
1.1. При оцінці перенесення токсикантів за середніми величинами, г	$1 \cdot 10^{-5}$
1.2. При оцінці перенесення токсикантів за максимальними величинами, г	$1 \cdot 10^{-3}$
II. Величина середньорічної колективної дози $D_{\text{кол}}$ від екополотантів шламосховища (від Cd) для населення з прилеглих територій, люд.-г	
2.1. При оцінці перенесення токсикантів за середніми величинами, люд.-г	1
2.2. При оцінці перенесення токсикантів за максимальними величинами, люд.-г	100
III. Вартість відшкодувань на медичні заходи по усуненню негативних біологічних ефектів серед населення прилеглих територій, \$/рік²	
3.1. При оцінці перенесення токсикантів за середніми величинами, \$/рік	10^4
3.2. При оцінці перенесення токсикантів за максимальними величинами, \$/рік	10^7
IV. Величина дози від екополотантів шламосховища для біоти екосистеми прилеглих територій, г/га	
4.1. При оцінці перенесення токсикантів за середніми величинами, г/га	1-5
4.2. При оцінці перенесення токсикантів за максимальними величинами, г/га	70-100
V. Віртість покриття, \$	
5.1. Загальні витрати на виготовлення і покриття 1 га поверхні	~ 2 000

² Виходячи з: - 1 мкмоль/л Cd = 0,5 Гр гамма-випромінювання - 1 люд.-Зв = 4000 \$ США за Законом України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 08.02.1995 № 39/95-ВР

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

шламосховища №1, \$	
5.2. Загальні витрати на покриття поверхні шламосховища S=142 га дерниною та матами з рослинної сировини, (тобто затрати на відвернену колективну токсичну дозу від екополютантів шламосховища), \$	~ 250 000
VI. Економічний ефект: окупність застосування комплексної системи пілопригнічення (без врахування відвернутої дози для біоти екосистеми прилеглих до шламосховища територій)	
6.1. Кількість річних відвернутих доз $D_{\text{кол}}$ від Cd: – за середніми показниками, – за максимальними показниками	- 5 – 10 , - ≤ 1
6.2. Кількість річних відвернутих колективних доз від полютантів червоних шламів	≤ 1
<i>Екологічний ефект</i>	
Очищення водойм від очерету, \$	Не підраховано
<i>Соціальний ефект</i>	
Додаткове надходження податків від виробництва матів з рослинної сировини, \$	Не підраховано

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Актуальною задачею забезпечення екологічної безпеки на підприємствах видобувної і переробної галузей є зменшення негативного впливу на довкілля і людину токсичних екополютантів хвостосховищ цих підприємств. Це визначає необхідність розробки нових методів закріплення пилових поверхонь, заснованих на використанні екологічно безпечних біологічних матеріалів, стійких до метеорологічних та агресивних умов середовища хвостосховищ, котрі дозволяють вторинне використання заборонених відходів.

На підставі проведених досліджень дефляційних процесів на шламосховищі 1 Миколаївського глиноземного заводу встановлено, що великі площі хвостосховищ є джерелом забруднення пилом атмосферного повітря та збільшує техногенне навантаження на регіон. Характерною особливістю шламів є їх висока лужність ($\text{pH}=10-12$), що під дією повітряних потоків несе загрозу залуженості прилеглої території при рознесенні поверхневих шарів шламу у вигляді пилу та аерозолів.

Встановлено, що за основними факторами, які визначають розвиток дефляції на хвостосховищі: індекс зволоженості поверхні – 0,793, кліматичний фактор території – 0,4–2,7 (максимум восени і взимку), територія хвостосховища знаходиться в поясі сильно вираженої дефляції. Червоний шлам починає підніматись з поверхні шламосховища при критичній швидкості вітру 3,8 м/с, піднімаючи при цьому $2,5 \pm 0,2$ кг/(м·с) пилових частинок.

Повсякденна дефляція на хвостосховищі виникає при швидкостях вітру 3,5–6,0 м/с. При цьому протікає вона непомітно, однак повільно і постійно руйнує поверхню шламосховища, що спричинює переміщення пилових частинок (екополютантів) на прилеглий території. Наслідком цього є руйнування поверхні шламосховища, розповсюдження екополютантів, зокрема важких металів, на великій території, погіршення стану навколишнього середовища.

Вперше встановлено параметри дефляції для різних фракцій червоного шламу та різних швидкостей вітру: для фракції $\text{Ø} < 0,064$ мм постійна дефляція спостерігається при середній швидкості вітру $4,0 \pm 0,5$ м/с з винесенням пилу 10 ± 3 кг/(м·с), для фракції $0,064 < \text{Ø} < 0,315$ мм постійна дефляція спостерігається при середній швидкості вітру $5,0 \pm 0,5$ м/с з винесенням пилу $7,6 \pm 0,2$ кг/(м·с), для фракції $\text{Ø} > 0,315$ мм при середній швидкості вітру $6,0 \pm 0,2$ м/с винесен-

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

ня пилу складає $16,5 \pm 0,3$ кг/(м·с). При максимальній (за час спостережень) швидкості вітру 10 м/с кількість піднятого пилу становила 136 ± 12 кг/(м·с).

Нами запропоновано апробовані математичні моделі залежності інтенсивності дефляції поверхні хвостосховищ від швидкості вітру для кліматично-метеорологічних умов півдня України, що дозволило спрогнозувати поширення пилового забруднення приземного шару атмосферного повітря на прилеглий території: при пиловій поверхні 10 % від площі поверхні хвостосховища, відстані – 5 км від хвостосховища об'ємна концентрація пилу склала $0,08\text{--}3,7$ мг/м³ залежно від швидкості вітру з діапазону 3,8–12 м/с, а рівень ГДК пилу у повітрі населених пунктів може досягатися вже при швидкості вітру 6 м/с.

При критичній швидкості вітру найбільше підіймання пилу спостерігалось з пляжів та відкосів, тому саме ці поверхні потребують пилопригнічення. Покриття хвостосховища водополімерними плівками не показало своєї міцності, довговічності у високо лужному середовищі та не витримало складних метеорологічних умов (коливання температури, дощ, сніг, вітер), тому подальші польові дослідження було вирішено проводити з матеріалами біологічного походження (дернина, очерет).

Для зняття дернини були створені полігони на прилеглий до хвостосховища території. На цих полігонах за допомогою машини TURF CUTTER дернина зрізалась смужками товщиною 3–5 см та переміщувалась на дослідну ділянку. Для захисту дернини від токсичних речовин її підкислювали на поверхні шламів. Дернина має необхідний запас поживних речовин, насіння, що є достатнім для тривалого витримування цього дерну на поверхні хвостосховищ. У силу токсичності відходів, коренева система не повинна виходити за межі дернини і тому, при необхідності, дернина може бути тимчасово знята для вилучення шламів і потім повернута на місце.

Одним з матеріалів біологічного походження для пилопригнічення поверхні хвостосховищ можливо використовувати очеретяні мати. Очерет є стійким до вологості, екстремальних метеорологічних умов, лужного середовища хвостосховищ, довготривалий (до 50 років).

За результатами лабораторних та польових досліджень усі досліджувані матеріали (покриття з дернини, очеретяні мати та водополімерні плівки) мають високі коефіцієнти пилопригнічення екополітантів шамосховища, а стійкими до дії метеорологічних умов та агресивного середовища хвостосховищ є лише покриття біологічного походження:

– коефіцієнт пилопригнічення поверхні хвостосховищ комплексним методом: для покриття з дернини складає 0,96, для покриття очеретяними матами – 0,92;

– коефіцієнт стійкості пилопригнічення поверхні хвостосховища покриттям з дернини складає 0,98, для покриття очеретяними матами 1,0, для покриття водополімерними плівками в лабораторних умовах складає 0,97, а в природних – 0,6.

Результати експериментальних досліджень дозволили розробити комплексний метод пилопригнічення на основі покриття пилових поверхонь дерниною та очеретяними матами, який пропонується застосовувати при рекультивациі кар'єрів, після розкривних робіт, хвостосховищ, териконів. Використання комплексного методу пилопригнічення виробничої поверхні хвостосховища забезпечує запобігання дефляції, стійкість покриття поверхні до дії агресивного середовища хвостосховища (рН 10–15) та метеорологічних умов (t^0 : від -20^0C до $+40^0\text{C}$, сніг, дощ, вітер), її довговічність (до 5 років), не вносять додаткового антропогенного навантаження на екосистему та населення. Вирішує завдання повторного розкриття хвостосховища для виймання шламів (при необхідності) з подальшим відновленням покриття.

Розроблено принципи застосування екологічно безпечного комплексного методу пилопригнічення хвостосховищ, де враховано вимоги щодо надійності її експлуатації та можливості вторинного використання відходів видобувних та переробних промисловостей.

Науково обґрунтованими рекомендаціями, щодо використання покриття з дернини є: підкислення поверхні червоного шламу для захисту від токсичної дії лугів; підбір територій поблизу санітарно-гігієнічної зони з міцною дерниною, придатною для її зняття і перенесення на пляжі і укуси хвостосховищ; перед поверненням дернини на місце у випадку її підняття для виймання відходів – обов'язкове локальне підкислення поверхні.

Науково обґрунтованими рекомендаціями, щодо застосування покриття з очеретяних матів є наступні: використання на поверхні схилів хвостосховищ, розмір матів повинен складати $2 \times 3 \text{ м}^2$, щільність покриття 132 кг/м^2 . Скріплення матів між собою в окремі секції («доріжки»), що дозволяє, при необхідності, скочувати їх в рулони.

Технологія застосування комплексного методу пилопригнічення на хвостосховищах підприємств повинна передбачати:

1. Комплексність використання засобів пилопригнічення: рівні, гладкі поверхні дамб покривати дерниною; відкоси, нерівності пляжів – матами з рослинної сировини. Наприклад, для території шламосхо-

УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

вища № 1 Миколаївського глиноземного заводу площі покриття цими засобами складають: 136 га – для покриття дерниною, 6 га – для покриття очеретяними матами.

2. Періодичне зрошування дернини підкисленою водою ($\text{pH} = 7\text{--}8$) для забезпечення повноцінного її зростання, змиття суспензії червоних шламів і оголення поверхні трав'яного покриву.

3. Закріплення очеретяних матів спеціальними кілками (дерев'яними, металевими) для запобігання зміщенню зі схил дамби під час сильних дощів, танення снігу, вітру.

4. 100% закріплення поверхні шламосховища (включаючи пляжі, придамбову територію тощо) пилопригнічувальними матеріалами: навіть при над малих некритих залишкових поверхнях шламосховища ($\ll 1\%$) ефективність пилопригнічення може знизитися до нуля.

При запропонованій технології пилопригнічення екополютантів хвостосховищ зберігається можливість вторинного використання відходів.

Таким чином, наукова новизна запропонованої технології фіторе-медіації полягає у тому, що вперше розроблено і впроваджено екологічно чисту та безвідходну технологію фіторе-медіації забруднених полютантами поверхонь з агресивним середовищем (висока залуженість) задля запобігання дефляційним явищам (коефіцієнт пилопригнічення в межах $0,92\text{--}0,96$, коефіцієнт стійкості до дії природних та техногенних явищ понад $0,98$), що дозволяє суттєво знизити дефляцію поверхонь хвостосховищ переробних та видобувних підприємств з одночасним зберіганням можливості виймання, переробки та реалізації відходів хвостосховища.

Переваги перед іншими технологіями:

- екологічна безпечність, безвідходність: очеретяні мати та дернина можуть бути використані як міцна пориста органічна підстилка для ґрунту і трав'янистих рослин, на якій осідатимуть і затримуватимуться насіння дикорослих трав, а також дощова та снігова вода,
- висока здатність зниження рівня дефляції при різних (екстремальних) метеоумовах;
- відносна простота і дешевизна впровадження;
- довготривалість, поточний ремонт засобів зможе зберігати не менше 95% їх функцій;
- можливість розкриття окремих ділянок хвостосховища для реалізації відходів і, в подальшому, – до відновлення пилопригнічувальної здатності покриття.

Проведена оцінка економічного та екологічного ефектів від запровадження комплексної системи пилопригнічення з використанням біологічних засобів за прийнятою у світовій практиці оцінці співвідношення користь-школа. Шкоду для населення від вдихування з повітрям екополютантів шламосховища обчислювали виходячи з відомих даних доведеної експериментально біологічної еквівалентності між певними величинами токсичної дози і певними величинами поглинутої дози гамма-випромінювання і встановленого для України доларової ціни гамма-випромінювання: 1 люд.-зв = 4000 \$ США. На сьогодні відомі дані щодо біоеквівалентності поглинутої дози гамма-випромінювання певних токсикометричних величин токсодози від кадмію: 1 мкмоль/л $Cd = 0,5$ Гр, тому оцінка шкоди від екополютантів шламосховища в цій роботі здійснена тільки для цього полютанта. В результаті отримано, що величина середньорічної колективної дози $D_{кол.}$ від екополютантів шламосховища (від Cd) для населення з прилеглих територій може складати до 100 люд.-г. Вартість відшкодувань на медичні заходи по усуненню негативних біологічних ефектів серед населення прилеглих територій 10^4 – 10^7 \$/рік. Величина дози від екополютантів шламосховища для біоти екосистеми прилеглих територій може досягати 70–100 г/га. Загальні витрати на покриття дерниною та матами з рослинної сировини поверхні шламосховища №1 МГЗ S=142 га (або витрати на відвернену колективну токсичну дозу від екополютантів шламосховища) складають близько 250000 \$. Економічний ефект: окупність застосування комплексної системи пилопригнічення (без врахування відвернутої дози для біоти екосистеми прилеглих до шламосховища територій) – склав від 1 до 10 річних відвернутих доз $D_{кол.}$ від Cd .

До цього потрібно додати екологічний ефект від очищення водойм від очерету та очищення каналізаційних вод міськводоканалу від органічної складової, а також соціальний ефект – від додаткового надходження податків від виробництва матів з рослинної сировини.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ У РИСУНКАХ І СХЕМАХ

Джерела дефляції поллютантів у південно-східному регіоні

ІнРТЕБ та кафедра біології і екобезпеки ЧДУ ім. Петра Могили

Підприємства, в яких відходи з видобутку та переробки сировини становлять **1,5 млн. м³/рік**:

Дніпродзержинський хімічний завод (ДХЗ) з відходами уранового виробництва,
-Дніпровський алюмінієвий завод (ДАЗ),



- Східний гірничозбагачувальний комбінат (СХГЗК), м. Жовті Води
- Миколаївський глиноземний завод (МГЗ) інші

Основна **небезпека** – від **хвостосховищ** цих підприємств (червоні шлами МГЗ складають 1,2 млн. тон/рік)

які несуть загрозу виникнення **техногенної катастрофи**, аналогічної аварії на металургійному підприємстві з виготовлення алюмінію *Aikai Timfoldgyar Zrt (Угорщина)*, 2 жовтень 2010.

Хвостосховища червоних шламів МГЗ – джерело потенційного техногенно-екологічного ризику?

ІнРТЕБ та кафедра біології і екобезпеки ЧДУ ім. Петра Могили



Шламосховище №1
S=142 га,
V_{max}=20 млн. м³
червоного шламу

Шламосховище №2
S=150 га,
Потужність = 1,5
млн. м³/рік червоного шламу

Шламове поле на шламосховищі №1 МГЗ






**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**



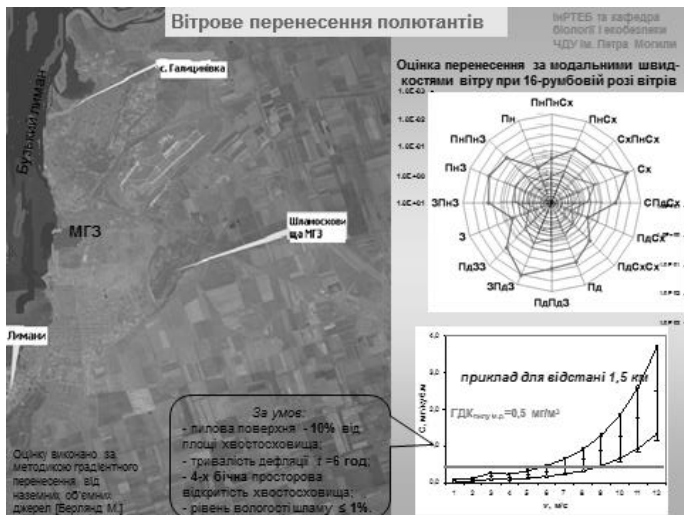
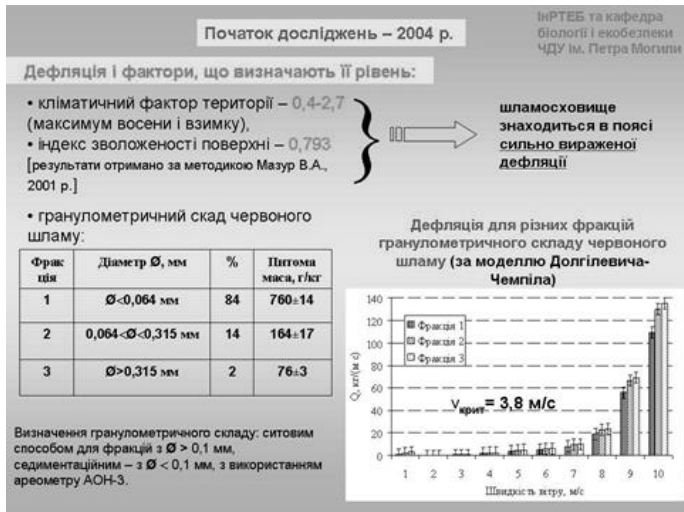
**Хімічний склад червоного шламу хвостосховищ
Миколаївського глиноземного заводу**

pH=10-12

Вміст оксидів, %									
Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO ₂	MgO	Cr ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
12-16	50-58	4,3-4,8	3,8-8,2	0,4-0,7	1,9-2,1	0,04-0,2	1,9-2,4	0,2-0,4	5,3-5,5

Вміст елементів, %									
Mn	Ni	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Ga	Zr	Cd
0,01	0,005	0,04	0,05	0,002	0,002	0,05	0,002	0,08	0,02

4



УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ



Обґрунтування вибору матеріалів для дослідження пілопригнічувальної здатності

ІнРТЕБ та кафедра біології і екобезпеки ЧДУ ім. Петра Могили

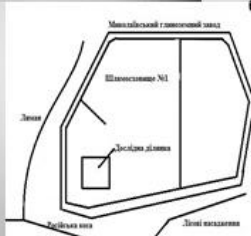
<p>Очерет (<i>Phragmites australis</i> L., від грецького слова «Phragma» - тин, паркан) – трав'яниста багаторічна рослина родини злакових</p>	<ul style="list-style-type: none"> - стеблі відрізняються пористою будовою, малою об'ємною вагою - стійкий до вологи, не вбирає воду, не промокає і не набухає, вироби з очерету стійкі до екстремальних метеорологічних умов, до сильних заморозків та різких перепадів температур, вони міцні та довговічні (до 50 років). 	
<p>- це один з найдавніших будівельних і покривельних матеріалів, який і сьогодні широко використовується як доступний, дешевий і міцний матеріал.</p>		
<p>Дернина – це органо-мінеральна гумусово-аккумулятивна поверхня ґрунтів, формується під трав'яною, переважно луговою рослинністю.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - використовують у зеленому будівництві для захисту ґрунту від ущільнення і розмиву (спортивні газони, які вшаровують на футбольних полях, ігрових майданчиках, іподромах, галв'яниках), - використовують при задренованні укосів шосейних доріг і залізниць, підприємницьких хвостосховищ, укосів каналів, водосховищ, - використовували для пілопригнічення шкідливих полютантів при дезактивації в 30-км зоні ЧАЕС; 	 <p style="font-size: small;">У 1987-88 р. у 5-км зоні навколо ЧАЕС деревною закріплено піщані території 3=769 га</p>
<p>Водополімерна плівка</p>	<ul style="list-style-type: none"> - використовувалася для пілопригнічення шкідливих полютантів при дезактивації в 30-км зоні ЧАЕС. 	9

Постановка експерименту у лабораторних (а) та польових (б) умовах

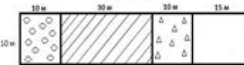
ІНРТЕБ та кафедра біології і екології ЧДУ ім. Петра Могили



а
- розмір лаборатор. кювет 0,02x0,02 м², - - рН шламового середовища 10-12, - глибина забору зразків шламу - 0,05 м



б
Схема експериментальної ділянки



- Покрытие древесиной
- Покрытие очеретяными матами
- Покрытие водополмерном пленкою
- Контрольный вариант

Загальна площа експериментальна ділянка S=650 м² з яких:
- для покриття деревиною - S=100 м²,
- для покриття очеретяними матами - S= 300 м²,
- для покриття водополмерною плівкою - S=100 м²,
- контрольний варіант (без будь-якого покриття) - S=150 м².

10 10

Натурний експеримент з очеретяними матами



Транспортування очеретяних матів



УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Натурний експеримент з очеретяними матами



Вигляд ділянки схилу шламосховища, вкритої очеретяними матами



Натурний експеримент з дерниною

Перевезення дернини



Перенесення дернини



проф. Томілін Ю.А.



Укладання дернини



Вигляд поверхні
шламосховища, покритого
дерниною



Натурний експеримент з
засіюванням багаторічними травами



Григор'єв К.В.

Натурний експеримент з
водополімерними плівками



Григор'єв К.В.



Загальний вигляд експериментальної ділянки під покриттям



УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Метод визначення пиллопригнічувальної здатності обраних матеріалів до впливу токсичних поліутантів хвостосховищ та метеорологічних факторів

$$N = 1 - \frac{M_n^d}{M_n^k}$$

N - коефіцієнт пиллопригнічення
 M_n^d – маса пилу в дослідному варіанті, г
 M_n^k – маса пилу в контрольному варіанті, г

$$P = \frac{M_n^k}{M_n^d}$$

P - показник пиллопригнічення

Метод визначення стійкості обраних матеріалів до впливу токсикантів хвостосховищ та метеорологічних факторів

$$C = \frac{S_t}{S_0}$$

C – коефіцієнт стійкості
 S_t – площа ділянки, м² (кувети, дм²), яка вкрита покриттям d після закінчення часу експозиції t ($t = 1-12$ місяців).
 S_0 – площа ділянки (м²) та кувети (дм²), яка вкрита покриттям d до початку експозиції

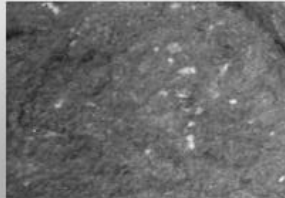
16

Частотний розподіл результатів польових досліджень з визначення маси M_n^{AK} пилу над експериментальною ділянкою, вкритою водополімерною плівкою АК-511



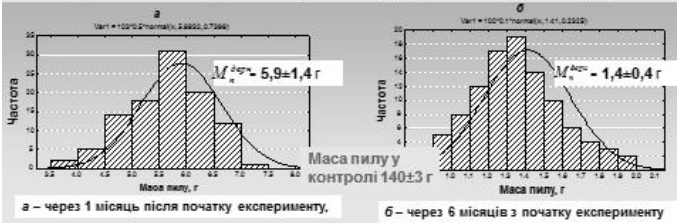
а – через 1 місяць після початку експерименту.

б – через 3 місяці з початку експерименту



17

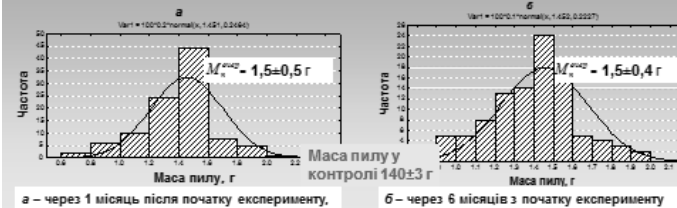
Результати досліджень з визначення маси $M_{\text{п}}^{\text{ЗСВ}}$ пилу над експериментальною ділянкою (куветою), вкритою покриттям з дернини



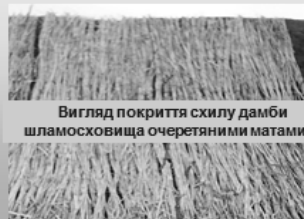
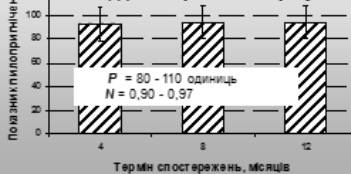
Пилопригнічувальна здатність (P, N) для покриття з дернини



Результати досліджень з визначення маси $M_{\text{п}}^{\text{ЗСВ}}$ пилу над експериментальною ділянкою (куветою), вкритою покриттям з очерету



Пилопригнічувальна здатність (P, N) для покриття з очерету



УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Стійкість покриття з дернини і очерету до впливу токсичних поліютантів хвостосховищ та метеорологічних факторів



до затоплення дослідної ділянки і "крижаної кірки"

Демонстрація стійкості:



до хвильових вимивань на схилі насипної дамби



до покриття шламовими зливами з дамби

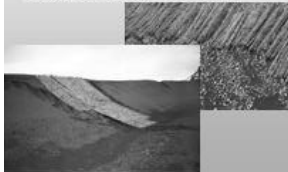
Комплексна система покриття

Технологія впровадження:

1. покриття дерниною пляжів, доріг та інших гладких поверхонь шламосховища - 136 га,



2. покриття очеретяними матами схилів, нерівних поверхонь - 6 га



3. періодичне зрошування дернини підкислою водою (рН < 7) для забезпечення повноцінного її зростання, змиття суспензії червоних шламів і оголення поверхні трав'яного покриття;
4. механічне закріплення очеретяних матів для запобігання зміщенню зі схил дамби під час сильних дощів, танення снігу, вітру;
5. 100% покриття поверхні хвостосховищ (включаючи пляжі та поверхню дамби) пілопригнічувальними матеріалами: навіть при надмалих невикритих залишкових поверхневих шламосховища (<1%) ефективність пілопригнічення → 0.

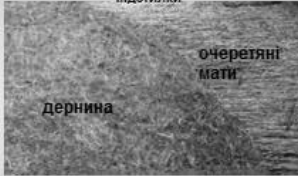
Комплексна система покриття

ІнРТЕБ та кафедра біології і екобезпеки ЧДУ ім. Петра Могили


Переваги перед іншими методами запобігання дефляції

- довготривалість, поточний ремонт засобів зможе **зберегати не менше 95 % їх функцій**;
- висока здатність **зниження рівня дефляції** при різних (екстремальних) метеороумах;
- покриття **не вносять додаткового негативного навантаження** на навколишнє середовище як при експлуатації, так і у випадку **утилізації**;
- очеретяні мати та дернина можуть бути використані як міцна пориста органічна підстилка для ґрунту і трав'янистих рослин, на якій осідатимуть і затримуватимуться насіння дикорослих трав, а також дощова та снігова вода,
- можливість **розкриття окремих ділянок хвостосховища** для реалізації відкоду І, в подальшому, - до відновлення пілопригнічувальної здатності покриття

Відсутність негативного впливу на довкілля як при експлуатації, так і при утилізації: можна просто спалити або використати в якості міцної підстилки



очеретяні мати
дернина

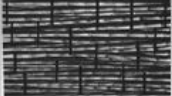
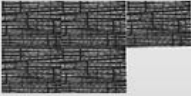
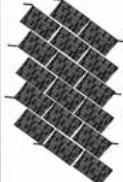


Можливість розкриття

Технологія виготовлення і укладання покриття з очерету

ІнРТЕБ та кафедра біології і екобезпеки ЧДУ ім. Петра Могили

1. **Розмір матів з очерету - 2х3 м², щільність матеріалу - 132 кг/м² (2-3 шари)**
Обґрунтовано:
 - природною висотою очерету 3,5-4,0 м,
 - зручністю при виготовленні і транспортуванні матів: після видалення верхніх тонких частин рослин залишається щільний міцний стовбур 3 метрової довжини,
 - достатню ваги матів (до 36 кг) для забезпечення здатності зберігати своє положення на пляжах сховища при вітровій ерозії.
2. **Скріплення матів в секції по 3-5 шт. з використанням синтетичних міцних шпегатів та їх закріплення за допомогою металевих кілків**
Обґрунтовано:
 - можливістю, при необхідності, скручування у рулони,
 - підвищенням стійкості до дії сильних вітрів, дощів, снігопадів
3. **Доцільність використання очеретяних матів для пілопригнічення поверхонь схилів, при цьому:**
 - укладання очеретяних матів на схилах в два ряди, верхівками стебел донизу,
 - укріплювати мати кілочками для міцного утримання.

УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Технологія підбору травостою для дернини і її укладання

1. Компоненти травостою для дернини потрібно відбирати з запропонованої групи для відповідності вимогам:
 1. Природні травостої
 2. Стійкі до солей
 3. Засухо- та морозостійкі
 4. Здатні до короткотривалого затоплення (навесні - за рахунок талих вод, влітку - під час злив)
 5. Здатні до комбінованого використання поживних речовин
 6. Здатні до утворення довготривалої дернини:
 - пирій повзучий (*Agropyrum repens*),
 - куколицю білу (*Melandrium album*),
 - беріску польову (*Convolvulus arvensis*),

ІНРТЕБ та кафедра біології і екології ЧДУ ім. Петра Могили

- бекманію лучну (*Beckmannia erucifomis*),
- китник лучний (*Alopecurus pratensis*),
- тонконіг лучний (*Poa pratensis*),
- пожитницю багаторічну (*Lolium perenne*),
- кострицю лучну (*Festuca pratensis* L. var. *Arundinacea*),





2. Після розкочування закріплення рулонів дернини на пляжах і схилах – регулярне (1 раз на тиждень) дощування протягом 1-2 місяців.
3. Перед поверненням дернини на місце у випадку підняття дернини для виїмки шламу – обов'язкове йод-кальєне підкислен-ня поверхні

Експерти на дослідній ділянці









Фітотехнологія вирощування дернини на поверхні шламосховища

ІнРТЕБ та кафедра біології і екобезпеки ЧДУ ім. Петра Могили

Розроблена спільно з Інститутом клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

Апробована на дослідному полігоні (близько 5 га) шламосховища №1 у 2010-11 рр.

Головні принципи:

- тришарове покриття захисного матеріалу: глина (20 см), пісок (30 см), чорнозем (30 см).
- використання природного захисного бар'єру для запобігання міграційних процесів і перенесення лугів зі шламу у кореневу систему рослин
- використання органічного залишку біологічної переробки каналізаційних вод очисних споруд міськводоканалу,
- використання лугоустійких трав

26

ПЕРЕЛІК робіт, які необхідно виконати перед втіленням комплексної системи покриття

Розробка комплексного плану, який би передбачав:

- розробка детального плану ландшафту шламосховища,
- дотримання постійних контурів водного дзеркала на шламосховищі,
- збереження оптимальної конфігурації поверхні шламосховища,
- визначення гідродинамічного режиму з врахуванням аварійних технологічних скидів та аномальних метеоумов,
- тимчасове покриття відкритих ділянок полімерними матеріалами,
- технологію захисту вже задернованих ділянок через їх покриття водошламовою сумішшю під час танення снігу або тривалих інтенсивних дощів чи занесення ділянок пилом з незадорнованих ділянок під час сильного вітру навесні і влітку, т.ін.



**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Економічний та еколого-соціальний ефекти при втіленні комплексної системи пиліопригнічення на шламосховищі №1 МГЗ <small>(обчислено на прикладі Сd)</small>	
ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ	
I. Величина середньорічної індивід. дози D_{ind} від експозиції шламосховища (він Сd) для населення, г	$1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-3}$
II. Величина середньорічної колектив. дози D_{col} від експозиції шламосховища для населення, згод.-г	1 - 100
III. Вартість відшкодувань на медичні заходи по усуненню негативних біологічних ефектів серед населення прилеглих територій, \$/рік ¹¹	$10^1 - 10^2$
IV. Величина дози від експозиції шламосховища для біоти екосистем прилеглих територій, г/га	1-100
V. Вартість покриття, \$	
5.1. Витрати на виготовлення покриття, \$/га: з очерету ⁺ з дерниши	~ 2 000 + ~500
5.2. Загальні витрати на покриття поверхні шламосховища металом з очерету ($\beta=6$ га) та дернишою ($\beta=136$ га) <small>(тобто витрати на відвертку колективну токсичну дозу від експозиції шламосховища), \$</small>	~ 80 - 100 тис.
VI. Економічний ефект: окупність застосування комплексної системи пиліопригнічення <small>(без врахування відверткової дози для біоти екосистем прилеглих до шламосховища територій)</small>	
6.1. Окупність за кількістю річних відверток доз D_{col} від Сd, років: - за середніми показниками, - за максимальними показниками	5 - 8 < 1
6.2. Окупність за кількістю річних відверток колективних доз від усіх полівотів, років	≤ 1
ЕКОЛОГІЧНИЙ ЕФЕКТ	
ОЧИЩЕННЯ водойм від очерету, га	45
ОЧИЩЕННЯ каналізаційних вод мськводоканалу від органічного залишку	не визначено
СОЦІАЛЬНИЙ ЕФЕКТ	
ДОДАТКОВЕ надходження податків від виробництва покриття, \$	~ 35 тис.
¹¹ Виходячи з: - 1 мкмоль/л Сd = 0,5 Гр гамма-випромінювання - 1 люд.-Зв = 4000 \$ США за Законом України "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку" від 08.02.1995 № 30	28

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Абрамова Ж. И. Кадмий и его соединения // Вредные вещества в промышленности / Ж. И. Абрамова. – М., 1965. – Т. 2. – С. 365–372.
2. Адаменко Я. О. Структура будови баз даних екологічної інформації // О. М. Адаменко, Г. І. Рудько. Екологічна геологія : [Підручник для ВНЗ]. – К. : Манускрипт. – 1998. – С. 237–249.
3. Алексеева А. А. Зорин Н. Г. Диффузия кадмия в почвах // А. А. Алексеева, Н. Г. Зорин / Почвоведение. – М., 1980. – № 31. – С. 66–73.
4. Алексеев В. С. Экология : [Учеб. пособие] / В. С. Алексеев. – М. : Издательство РИОР, 2005. – 160 с.
5. Альтергот В. Ф. Действие повышенной температуры на растения в эксперименте и природе / В. Ф. Альтергот. – М. : Наука, 1981. – 56 с.
6. Анненков Б. Н., Юдинцева Е. В. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. Н. Анненков, Е. В. Юдинцева. – М. : ВО «Агропромиздат», 1991. – 287 с.
7. Антомонов Ю. Г. Моделирование биологических систем / Ю. Г. Антомонов. – К. : Наук. думка, 1977. – 260 с.
8. Антомонов Ю. Г. Методы математической биологии / Ю. Г. Антомонов. – К. : Вища школа, 1983. – 148 с.
9. Арустамов Э. А. Природопользование : [учебник] / Э. А. Арустамов и др. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2007. – 296 с.
10. Бересневич П. В., Кузменко П. К., Неженцева Н. Г. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ / П. В. Бересневич, П. К. Кузменко, Н. Г. Неженцева. – М. : Недра, 1993. – 123 с.
11. Бересневич П. В., Сашенко В. Г., Эффективность способов и средств нормализации состава атмосферы при комплексной открыто-подземной разработке рудных месторождений // Безопасность жизнедеятельности / П. В. Бересневич, В. Г. Сашенко. – СПб. : Новые технологии, 2004. – № 7. – С. 10–14.
12. Беспаятов Г. П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г. П. Беспаятов, Ю. А. Кротов. – Л. : Химия, 1985. – 528 с.

13. Берлянд М. Е., Генихович Е. Н., Оникул Р. И. К нормированию выбросов от наземных источников // Труды ГГО / М. Е. Берлянд, Е. Н. Генихович, Р. И. Оникул. – Вып. 387. – Л. : 1997. – 78 с.
14. Биологическая рекультивация нарушенных земель // Материалы Международных совещаний. – Ек-г: Ботанический сад УрОРАН, 2003. – 615 с.
15. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных промышленностью земель : [хрестоматия] / [Лукина Н. В., Чибрик Т. С., Глазырина М. А., Филимонова Е. И.]. – Уральский государственный университет, 2008. – 256 с.
16. Битколов Н. Э., Медведев И. И. Аэрология карьеров. Учебник для вузов / Н. Э. Битколов, И. И. Медведев. – М. : Недра, 1992. – 263 с.
17. Бобович Б. Б., Девяткин В. В. Переработка отходов производства и потребления / Б. Б. Бобович, В. В. Девяткин. – М. : Интернет инжиниринг, 2000 – 496 с.
18. Богданов В. Л., Шмелева И. В. Ускоренное восстановление растительности на загрязненных нефтепродуктами дерново-подзолистых почвах (на примере Ленинградской области) // Региональная экология / В. Л. Богданов, И. В. Шмелева. – СПб, 2004, – № 3–4. – С. 23–28.
19. Бокрис О. М. Химия окружающей среды / О. М. Бокрис. – М. : Химия, 1982.
20. Боровков А. А. Математическая статистика / А. А. Боровков. – М. : Наука, 1984. – 472 с.
21. Величко О. М., Гало М., Дудич І. І. та ін. Основи екології та моніторинг довкілля. Навч. посіб. / О. М. Величко, М. Гало, І. І. Дудич. – Ужгород : Вид-во УжНУ, 2001. – 285 с.
22. Власова Е. Я. Инновационные технологии природопользования в решении экологических проблем урбанизированных территорий // Фундаментальные исследования / Е. Я. Власова. – Научно-теоретический журнал, 2007. – № 12. – Ч. 2. – С. 371–373.
23. Волошин В. С., Данилова Т. Г. О некоторых перспективах природоохранной деятельности на металлургических предприятиях // Вестник Приаз. гос. техн. ун-та : [Сб. науч. тр.] / В. С. Волошин, Т. Г. Данилова. – Мариуполь, 1997. – Вып. 3. – С. 229–233.
24. Воробьева С. А. Земледелие с основами почвоведения и агрохимии / С. А. Воробьева. – М. : Колос, 1981. – 207 с.
25. Воробьев А. Е. Человек и биосфера. Основные взаимодействия, эволюции и самоорганизации / А. Е. Воробьев. – М. : МГУ, 2000. – 216 с.

26. Восстановление нарушенных земель (агроэкологический аспект) // Саратов : Изд-во СГАУ, 2001. – 236 с.
27. Гавриловская М. А. Оценка эффективности рекультивации нарушенных земель. Конкурентоспособность территорий и предприятий во взаимозависимом мире // Материалы VI Всероссийского форума молодых учёных и студентов / М. А. Гавриловская. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2004. – Ч 1. – С. 24–28.
28. Гавриловская М. А. Этапы рекультивации нарушенных земель // Современные промышленные технологии : [Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции] / М. А. Гавриловская. – Нижний Новгород : ННИМЦ «Диалог», 2006. – 176 с.
29. Гаджиев И. М., Курачев В. М. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / И. М. Гаджиев, В. М. Курачев. – Новосибирск : Наука, 1992. – 305 с.
30. Галецький Л. С., Польської Ф. Р., Петрова Л. О., Пилипчук А. Д. Техногенні відходи – потенційні джерела для утворення техногенних родовищ // Л. С. Галецький, Ф. Р. Польської, Л. О. Петрова, А. Д. Пилипчук / Наукові праці ДНТУ. Серія : Гірничо-геологічна. – Вип. 81. – Донецьк : ДонНТУ, 2004. – С. 110–113.
31. Гальперин А. М., Ферстер В., Шеф Х. Ю. Техногенные массивы и охрана окружающей среды : [Учебник для вузов] / А. М. Гальперин, В. Ферстер, Х. Ю. Шеф. – Изд. 2-е. – М. : МГУ, 2001. – 534 с.
32. Гандзюра В. П. Продуктивність біосистем за токсичного забруднення середовища важкими металами / В. П. Гандзюра. – К. : ВГЛ «Обрії», 2002. – 248 с.
33. Ганжа М. Л. Заліснення та інші види рекультивації спрацьованих гірничопромислових територій в деяких зарубіжних країнах // М. Л. Ганжа / Вісник с.-г. науки, 1965. – № 1. – С. 23–34.
34. Гихман И. И., Скороход А. В., Ядренко М. И. Теория вероятностей и математическая статистика / И. И. Гихман, А. В. Скороход, М. И. Ядренко. – Киев : Вища школа, 1979. – 408 с.
35. Головач О. М., Демків О. Т. Поглинання і розподіл іонів свинцю у органах рослин та реакція на токсичну дію іона // О. М. Головач, О. Т. Демків / Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького, 2005. – Т. 7. – № 2. – Ч. 6. – С. 33–38.
36. Головач О. М., Демків О. Т. Вплив іонів свинцю на проростання і ріст рослин кукурудзи // О. М. Головач, О. Т. Демків / Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького, 2005. – Т. 7. – № 4. – Ч. 1. – С. 24–29.

37. Головач О. М., Демків О. Т. Фіторемідація – ефективний метод очищення забруднення важкими металами ґрунтів // О. М. Головач, О. Т. Демків / Науковий вісник Львівської національної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького, 2003. – Т. 5. – № 4. – С. 21–27.
38. Гончаров А., Янченко Г. А., Дугарцыренов А. В. Осаждение твердых частиц в пылевом облаке при взрывных работах на карьерах, разрабатывающих железистые кварциты / А. Гончаров, Г. А. Янченко, А. В. Дугарцыренов. – ГИБ. – МГУ, 2001. – С. 58–62.
39. Горбачёв В. А., Соподухин А. А., Исаенко Г. Е. Разработка основ технологии утилизации конвертерных шламов // В. А. Горбачёв, А. А. Соподухин, Г. Е. Исаенко / Сталь, 2005. – № 2 – С. 30–32.
40. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Екологічна токсикологія та екоотоксикологічний контроль : [Навчальний посібник] / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили. – 2015. – 216 с.
41. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Оцінка стану навколишнього природного середовища до пуску в експлуатацію об'єктів екологічного аудиту / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили. – 2013 – 270 с.,
42. Григор'єва Л. І. Використання різних методів пілопригнічення для зменшення надходження шкідливих поллютантів у навколишнє середовище / А. М. Огородник, Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін, Ю. О. Кутлахмедов // Наукові праці. Серія : «Техногенна безпека». – 2010. – С. 26–32.
43. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : [Навчальний посібник] / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2005. – 174 с.
44. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Радіонукліди у водних екосистемах південного регіону України: міграція, розподіл, накопичення, дозове навантаження на людину і контрзаходи / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : Видавничий центр МДГУ ім. Петра Могили, 2008. – 270 с.
45. Гродзинский Д. М., Коломиец К. Д., Гудков И. Н., Кутлахмедов Ю. А. Формирование радиобиологических реакций растений / Д. М. Гродзинский, К. Д. Коломиец, И. Н. Гудков, Ю. А. Кутлахмедов. – Киев : Наук. думка, 1984. – 215 с.
46. Гродзинський Д. М., Кутлахмедов Ю. О., Михеев О. М. Методи управління радіоємністю екосистем / Під редакцією акад. Д. М. Гродзинського. – Київ : Фітосоціоцентр, 2006. – 172 с.

47. Гродзинський Д. М., Шиліна Ю. В., Михеев О. М. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи // Методичні рекомендації по оцінці допустимих рівнів радіонуклідного та хімічного забруднення за їх комбінованої дії. – Київ : Фітосоціоцентр, 2006. – 60 с.
48. Губіна В. Г., Кадошніков В. М. Червоні шлами Миколаївського глиноземного заводу – цінна технічна сировина // В. Г. Губіна, В. М. Кадошніков / Геолого-мінералогічний вісник, 2005. – № 2. – С. 122–126.
49. Гудков І. М. Протирадіаційний захист агроценозів як основний шлях забезпечення радіаційної безпеки населення на забруднених радіонуклідами територіях // Науково-методичний журнал. – Серія : «Техногенна безпека». – Т. 116, Вип. 103. – 2009 – С. 18–23.
50. Гудзь В. П., Примак І. Д., Будионний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство : [Підручник]. – К., 2009. – 247 с.
51. Гусев Н. Г., Беляев В. А. Радиоактивные выбросы в биосфере : [Справочник]. – М., 1991. – 366 с.
52. Данилова Т. Г., Волошин В. С. Управление экологическим риском при обращении с промышленными отходами // Вісник Призов. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр. – Маріуполь, 2003. – Вип. 13. – С. 288–291.
53. ДБН А.2.2-1-2003. Державні будівельні норми. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. – К. : Держбуд України, 2004. – 20 с.
54. Деев П. З. Безопасность труда в глиноземном производстве. – М. : Металлургия, 1972. – 241 с.
55. Дороненко Е. П. Рекультивация земель нарушенных открытыми разработками. – М. : Металлургия, 1995. – 167 с.
56. Ершов Ю. А., Плетенева Т. В. Механизмы токсического действия неорганических соединений. – М. : Медицина, 1989. – 268 с.
57. Закон України «Про охорону земель» від 19.06.2003 р. № 962-IV.
58. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.91 р. № 1264-XII.
59. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992р. № 2707-XII.
60. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення» від 24.02.1994р. № 4004-XII.
61. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л. : Гид. мет. изд-во, 1979. – 376 с.

62. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск : Наука, Сиб. отдел-е, 1991. – 151 с.
63. Ильина Т. Н. О закреплении пылящих поверхностей техногенных материалов / Т. Н. Ильина, С. Д. Михайлова // Вестн. БГТУ. – 2003. – № 6. – С. 39–42.
64. Ильченкова С. А. Защита от ветровой эрозии и повышение биопродуктивности насыпных отвалов и рекультивируемых площадей / С. А. Ильченкова, Н. А. Гаспарьян // Записки Горного института – СПб. : СПГИ, 2004, т. 159, часть 1-е. – С. 43–46.
65. Ишук И. Г., Поздняков Г. А. Средства комплексного обеспыливания горных предприятий. Справочник. – М. : Недра, 1991. – 253 с.
66. Ишук С. І. Промислові комплекси України. – Київ, 2003р. – 157с.
67. Щеглов А. М. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. – М. : Наука, 2000. – 268 с.
68. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
69. Кадмий: экологические аспекты. – Женева, 1994. – 160 с.
70. Каненко Г. М. и др. Технологии по подготовке и утилизации пылей и шламов металлургического предприятия // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції. – К. : Знання, 2000. – С. 111–116.
71. Капелькина Л. П. Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. – СПб.: Наука, ПРОПО, 1993. – 190 с.
72. Карасев К. И., Мязин В. П., Гальперин В. Г. Использование водорастворимых полимеров при добыче и переработке минерального сырья. Обзорная информация. – М. : ЦНИИцветмет экономики и информации, 1990. – Вып. 1. – 56 с.
73. Карпова Е. А., Потатуева Ю. А. Накопление тяжелых металлов растениями озимой ржи и овса при применении азотных, калийных и длительном последствии фосфорных удобрений на дерново-подзолистой почве // Агрехимия – 2005. – № 4. – С. 59–66.
74. Кауричева И. С. Почвоведение. – М. : Колос, 1992. – 241 с.
75. Коваленко А. И. и др. Прогнозная оценка воздействия пылевого фактора на окружающую среду // Горный журнал. – М., 1990. – № 5. – С. 58–60.
76. Коваленко И. Н., Филиппова А. А. Теория вероятностей и математическая статистика : [Учебное пособие для вузов]. – М. : Высшая школа, 1973. – 368 с.
77. Кіпніс Л. С. Екологічна оцінка стану довкілля в зоні аеропорту методами біотестування / Г. М. Франчук, Л. С. Кіпніс,

- С. М. Маджд, Я. В. Загоруй // Вісник НАУ. – 2006. – № 2. – С. 114–117.
78. Колодный М. Рекультивация земель в ГДР. // Земледелие, 1971. – № 1. – С. 21.
79. Коппа Ю. В., Іутинська Г. О., Степашко В. С. Моделивання динаміки чисельності мікроорганізмів у ґрунті, забрудненому важкими металами // Мікробіол. Журнал. – 2002. – Т. 64, № 3. – С. 59–67.
80. Косинского В. С. Основы земледелия и растениеводства. – М. : Колос, 1980. – 356 с.
81. Красавин А. П. Защита окружающей среды в угольной промышленности. – М. : Недра, 1991. – 221 с.
82. Кутлахмедов Ю. О., Корогодін В. І., Кольтовер В. К. Основы радиоекологии. – К. : Вища школа, 2003. – 319 с.
83. Кузубова Л. И. Токсиканты в пищевых продуктах: Аналит. обзор. – Новосибирск : СО АН СССР. Гос. публ. науч.-техн. б-ка., 1990. – 127 с.
84. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. – М. : Изд-во МГУ, 1993. – 200 с.
85. Липунов И. Н. Охрана окружающей природной среды : [Учебное пособие]. – Екатеринбург : Уральская государственная лесотехническая академия, 2001. – 538 с.
86. Ляшенко В. И., Карпенко Б. В. Природоохранные технологии управления состоянием хвостохранилищ // Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 11. – С. 69–76.
87. Мазель В. А. Производство глинозема. – М. : Metallurgizdat, 1985. – 504 с.
88. Мазницька О. В., Александрова Т. В., Орел І. В. Вплив пилового навантаження гірничо-збагачувальних підприємств на довкілля та можливі шляхи його усунення // Науковий вісник КУЕІТУ. Серія : «Екологічна безпека». – 2010. – № 3(29). – С. 153–157.
89. Мальцев В. С., Пономарев В. Д. Химия и технология глинозема. – Новосибирск : «Наука», 1971. – 376 с.
90. Мальц Н. С., Зайцев М. И. Повышение эффективности получения глинозема из бокситов. – М. : Metallургия, 1978. – 111 с.
91. Малышев Ю. Н., Айруни А. Т., Куликова Е. Ю. Физико-химические процессы при добыче полезных ископаемых и их влияние на состояние окружающей среды. – М. : Академия горных наук, 2002. – 270 с.
92. Мазур В. А., Горщар В. І., Конопльов О. В. Екологічні проблеми землеробства. – К. : Центр наукової літератури, 2010. – 456 с.

93. Методическое пособие по расчету неорганизованных источников в промышленности строительных материалов / ЗАО «НИПИОТ-СТРОМ». – Новороссийск, 2000. – 32 с.
94. Мельничук Ю. П., Лишко А. К. Влияние ионов кадмия на деление клеток меристемы корней кукурузы // Физиология и биохимия культурных растений, 1991. – Т. 23. – № 3. – С. 291–293.
95. Михайлов В. А., Бересневич П. В. Борьба с пылью в рудных карьерах. – М. : Недра, 1981. – 262 с.
96. Моисеева Н. И. Фактор времени в функциональной организации деятельности живых систем // Сб. науч. ст. – Л., 1980.
97. Монаков А. С. Разработка метода прогнозирования пылевых выбросов горно-обогатительными комбинатами в окружающую среду. // Автореф. диссер. кандидата техн. наук. – М. : Московский государственный горный университет, 2004 – 22 с.
98. Моторна Л. В., Овчиников В. А. Промышленность и рекультивация земель. – Екатеринбург, 2001. – 160 с.
99. Мочалов В. И., Мосин С. В. Анализ существующих способов и средств пылеподавления на хвостохранилищах железорудных горнообогатительных комбинатов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ, 2000. – № 5. – С. 181–183.
100. Набиванець Б. Й., Сухан В. В., Калабіна Л. В. Аналітична хімія природного середовища. – К. : Либідь, 1996. – 304 с.
101. Надточій П. П., Вольфач В. В., Гермащенко В. Г. Екологія ґрунту і його забруднення. – К. : Аграрна наука, 1997. – 265 с.
102. Нарциссов В. Т. Научные основы систем земледелия. – М. : Колос – 2-е изд., 1982. – 328 с.
103. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення екологічного стану земель, порушених гірничими роботами (створення техногенних ландшафтних показників, екологічних коридорів, відновлення екосистем) / [Шапар А. Г., Скрипник О. О., Копач П. І. та ін.]; за ред. А. Г. Шапара. – Дніпропетровськ : Моноліт, 2007. – 270 с.
104. Нестерова А. Н. Поступление свинца, кадмия и ртути в корни, локализация металлов и механизмы устойчивости растений // Биологические науки, 1989. – № 9. – С. 72–86.
105. Никаноров А. М., Хоружая Т. А. Глобальная экология : [Учебное пособие]. – М. : ЗАО «Книга сервис», 2003. – 288 с.
106. Николаев И. В. и др. Металлургия легких металлов. – М. : Металлургия, 1997 – 432 с.

107. Николин В. И., Матлака Е. С. Охрана окружающей среды в горной промышленности. – Донецк : Вища школа, 1987. – 192 с.
108. Нохрина О. И., Прошунин И. Е., Рожихина И. Д. Образование пыли, окалины, шлама и их утилизация на металлургических заводах Германии. // *Stahl und Eisen*, 2006. – № 9. – С. 25–32.
109. Ожогин В. В. Утилизация пылевидных отходов – важное звено в создании экологически чистых металлургических технологий // *Черная металлургия*, 2006. – № 7. – С. 67–70.
110. Одум Ю., Одум М. Экология. – М. : Мир, 1986 – Т. 1 – 376 с.
111. Основы аналитической химии. Практическое руководство / Под ред. Ю. А. Золотова. – М. : Высш. школа, 2001. – 321 с.
112. Пакшина С. М., Сквородникова Н. А. Особенности накопления радиоцезия в продукции растениеводства // *Аграрная наука*, 2004. – № 3. – С. 7–9.
113. Панас Р. Н. Агрэкономические основы рекультивации земель. – Львов, 1989 – 342 с.
114. Парахонский Э. В., Парахонский М. Э. Формирование принципов устойчивого развития региона в переходный период. – Вологда : ООО ПФ Полиграфист, 2001. – 431 с.
115. Пашкевич М. А. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. – СПб.: СПГГИ, 2000. – 230 с.
116. Пашкевич М.А., Мовчан И. Б., Петрова Т. А. Экологический мониторинг. – СПб., СПГГИ, 2009. – 350 с.
117. Перепелятников Г. П. Порівняльна оцінка ефективності контрзаходів, що застосовуються в сільськогосподарському виробництві на радіоактивно забруднених територіях // *Науковий вісник НАУ*. – 2001. – Вип. 45. – С. 13–20.
118. Петин В. Г., Комарова Л. Н. Синергизм комбинированных воздействий на клетку и проблема экологического нормирования // *Научно-методический журнал*. – Серия : «Техногенная безопасность», 2009. – Т. 116, Вип. 103. – С. 34–39.
119. Познина М. Б., Балабанович Я. К. Технология глинозема и щелочей – Изд. Северо-Западного политехнического института, 1979. – 97 с.
120. Потатуева Ю. А., Прищеп Е. Г., Сидоренкова Н. К., Виндекер Т. А. Влияние карбоната кадмия на урожай сельскохозяйственных культур, подвижность кадмия в почве и накопление растениями // *Агрохимия* – 2005. – № 8. – С. 50–57.
121. Путятин Ю. В., Серая Т. М., Добровольская И. А. Влияние калийных удобрений и кислотности дерново-подзолистой супесчаной

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА
ХВОСТОСХОВИЩАХ У СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

- почвы на урожайность и накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr зерновыми культурами // *Агрохимия*. – 2005. – № 7. – С. 59–65.
122. Разработка методов и средств закрепления пляжей шламохранилища Николаевского глиноземного завода: Отчет о НТР (заключительный) / КНУ им. Т. Шевченко. № 268-П от 28.08.2004. – К., 2004. – 74 с.
123. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила и гипотезы). – М.: «Россия молодая», 1994. – 367 с.
124. Розробка та впровадження системи мінімізації впливів на довкілля небезпечних виробництв та підприємств ядерного циклу України // *Заключний звіт по НТП / Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, тема № П-2-10 – К., 2010. – 65 с.*
125. Рудько Г. І., Шкіца Л. Є. Екологічна безпека та раціональне природокористування в межах гірничопромислових і нафтогазових комплексів. – Івано-Франківськ, 2001. – 528 с.
126. Савицький В. М., Хільчевський В. К., Чунар'ов О. В., Яцюк М. В. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води: [Навчальний посібник] / За ред. В. К. Хільчевського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2007. – 152 с.
127. Салій І. В. Перспективні способи боротьби з пилоутворенням як фактор покращення умов праці на підприємствах Кривбасу та стану довкілля // *Вісник КНЕУ*, 2009. – № 4(20). – С. 114–120.
128. Саутин С. Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – М., Наука, 1978. – 255 с.
129. Сидиков А. Г. Природоохранные технологии управления состоянием хвостохранилищ: Автореф. дис. канд. техн. наук. // Северо-Кавказского горно-металлургического института. – Владикавказ, 2004. – 24 с.
130. Сеница И. В. Разработка и исследование параметров способа закрепления пылящих поверхностей хвостохранилищ // Автореф. дисс. канд. техн. наук – Тула: Тульский государственный ун-т., 2009. – 23 с.
131. Сметана С. М. Підвищення екобезпеки зовнішніх відвалів при формуванні протипилового рельєфу та вторинних екосистем // *Екологія і природокористування: збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України*. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 15. – С. 79–88.

132. Соболев А. С., Мельничук Ю. П., Калинин Ф. Л. Влияние кадмия на интенсивность проростков гороха // Физиология и биохимия культ. растений, 1982. – Т. 14. – № 1. – С. 79–83.
133. Сытенков В. Н. Управление пылегазовым режимом глубоких карьеров. – М. : «Геоинформцентр», 2003. – 288 с.
134. Таланова В. В., Титов О. Ф., Боева Н. П. Вплив свинцю та кадмію на проростки ячменю // Физиология и биохимия культурных растений, 2001. – Т. 33. – № 1. – С. 33–37.
135. Терек К. В., Юркевич М. С., Рачевська Н. Я. Нагромадження кадмію проростками кукурудзи та їх реакція на токсичну дію металу// Физиология и биохимия культ. растений, 2000. – Т. 32. – № 6. – С. 506-511.
136. Тимофеева-Ресовская Е. А. Распределение радиоизотопов по основным компонентам пресноводных водоемов. // Труды ин-та биологии Уральского ф-ла АН СССР, Свердловск, 1963. – Т. 30. – С. 41–43.
137. Троицкий И. А. Производство глинозема из бокситов. – М. : Металлургия, 1972. – 175 с.
138. Ушаков В. В., Браунер Е. Н. Закрепление пылящих поверхностей хвостохранилищ горно-обогатительных предприятий Забайкалья // Материалы Международной научной конференции им. акад. М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск, 1998. – С. 72–73.
139. Федоров М. П., Романов М. Ф. Математические основы экологии. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. – 156 с.
140. Федосева Т. П. Рекультивация земель. – Москва : Колос, 1977. – 376 с.
141. Хоружая Т. А. Методы оценки экологической опасности. – М. : Экспертное бюро, 1998. – 224 с.
142. Чайкина Г. М., Обьедкова В. А., Гаранина И. А. Формирование искусственных экосистем техногенных месторождений // Безопасность жизнедеятельности. – СПб.: Новые технологии, 2004. – № 7. – С. 22–24.
143. Черных Н. А., Сика Ауа Эдмон Оценка содержания ТМ в почвах и сельскохозяйственных растениях республики Кот-д'Ивуар // Агрехимия, 2004. – № 10. – С. 78–85.
144. Щоденник погоди України. Режим доступу : <http://month.gismeteo.ua/forecast.php?town>

145. Шкіца Л. Є. Закономірності формування ареалу забруднень в процесі створення і експлуатації хвостосховищ // Наук. вісник нац. Гірничого університету. – 2003. – № 12. – С. 74–77.
146. Шмандий В. М. Управление техногенной безопасностью урбосистемы на стадии образования и поступления отходов в окружающую среду. – Бібліотека ІТЕ: Том 2. – Харків : КДПУ, 2001. – 152 с.
147. Шмандий В. М., Касимов А. М., Кучук А. Н. Современные методы контроля загрязнения атмосферного воздуха при управлении техногенной безопасностью на региональном уровне. – Бібліотека ІТЕ: Том 3. – Харків : КДПУ, 2001. – 136 с.
148. Шматков Г. Г., Аніщенко О. Л. Вплив хвостосховища радіоактивних відходів на радіаційну обстановку і забруднення ґрунтів важкими металами в зоні спостереження // Регіональні екологічні проблеми: Збірник наукових праць. – К. : Обрії, 2002. – С. 244–45.
149. Шувалов Ю. В. Снижение интенсивности пылеобразования и пылепереноса с поверхности техногенных массивов / Ю. В. Шувалов, А. П. Бульбашев, С. А. Ильченкова, Н. А. Гаспарьян, А. Н. Никулин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ, 2004. – № 3. – С. 189–192.
150. Щербакова Е. П., Хабарова Е. Н., Ярошук О. Н. Новые качества рекультивации // Безопасность жизнедеятельности, 2004. – Т. 1. – С. 33–37.
151. Экологические основы рекультивации земель. – М. : Наука, 1985. – 234 с.
152. Яндыганов Я. Я., Гавриловская М. А., Буланичев В. А. Рекультивация нарушенных земель (оценка эффективности). – Екатеринбург : Изд-во Чароид, 2006. – 179 с.
153. Amiro B. D. Radiological Dose Conversion Factors for generic Non-human biota. Used for screening potential Ecological impacts // Journal of Environmental Radioactivity, 1992. – V. 35. – № 1. – P. 37–51.
154. Ahmed Hassan and Jamal A. Mayouf Comparative Studies of the Determination of Divalent Cadmium, Lead and Copper in the Boiling Medicinal Herbs by Stripping Voltammetry and by Atomic Absorption Spectrometry // American Journal of Applied Sciences, 2009. – № 6(4). – P. 594–600.
155. Chaney R. L., White M. C., Tierhoven V. M. Interaction of Cd and Zn in phytotoxicity and uptake by soybean. – Agron. Abstr., 1976. – V. 68. – P. 21–26.

156. Curtis W. Noonan, S. M. Sarasua, D. Campagna at al. Effects of Exposure to Low Levels of Environmental Cadmium on Real Biomarkers // *Environmental Health Perspectives*, 2002. – V. 110. – N 2. – P. 151–155.
157. Degraeve N. Carcinogenetic, teratogenetic and mutagenetic effect of cadmium // *Mutat. Res.*, 1981. – V. 86. – P. 115–135.
158. Edwards C. A. The effects of contaminants on the structure and function of soil communities // *11 Int. Collog. Soil Zool.* – Jyvaskyla, 1992 – P. 136.
159. Efferth T., Volm M. Multidrag-resistenz von tumoren // *Biol. unserer Zeit.* – 1990. – № 3. – P. 149–153.
160. Ewart E., *The European Coal Industry : Hard Times for Hard Coal.* – Coal Age, Sep 1, 2001. – 173 p.
161. Lyon D. J. Wind Erosion and Its Control // *Neb Guide.* – 2010. – G. : 1537. – P. 4–12.
162. Flick D. F., Kraybil H. F. Toxic effects of cadmium // *Environ. Res.*, 1971. – № 4. – P. 71–85.
163. Fuma S., Ishii N., Takeda H., Polikarpov G.G. Ecological effects of various toxic agents on the aquatic microcosm with acute ionizing radiation // *Environ. Radioactivity*, 2003. – 67. – № 1. – P. 1–14.
164. Hahn G. W. *Hyperthermia and Cancer.* – N.-Y. : Plenum Press, 1982. – 142 p.
165. Holowacz A., Holowacz M., *Zastosowanie fitoremedjacji I hodowla koni huculskich w gospodarstwach ekologicznych // Gospodarowanie metodami ekologiczny na tle zrownowazonego rozwoju poluniowowschodniej Polski: Konferencja Naukowa. Rzeszow, 25 kwitnia, 2003.* – S. 40
166. Inaba J., Nakamura Y. Comparative evaluation of environmental toxicants, NIRS, Japan., 1998. – 315 p.
167. Kondoh M at al. Cadmium induces apoptosis partly via caspase-9 activation in HL-60 cells // *Toxicology*, 2002. – P. 111–117.
168. Martignoni K. D., Smith K. C. The synergetic action of ultraviolet and X-radiation on mutants of *Escherichia coli* K-12 // *Photochem. Photobiol*, 1973. – V. 18. – № 1. – P. 1–8.
169. Nageeb Rashed M. Biomarkers as indicators for water pollution with heavy metals in rivers, seas and oceans // *Intern.*, 2004. – P. 1–13.
170. Novick A., Szillard L. Experiments of light reactivation of ultraviolet inactivated bacteria. – *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.*, 1949. – 35. – № 10. – P. 591–600.

171. Ohlenschlaeger M., Gissel-Nielsen G., Nielsen S. Differences in the sensitivity of barley varieties to direct cesium contamination from the Chernobyl accident // *Health Physics.*, 1992. – V. 64. – № 5. – P. 535–537.
172. Pasqill F. Atmospheric diffusion. – Van. Nostr. – Co. LTD L. – 1982.
173. Rudko G., Shkitsa L. Ecological consequences of the activity of Western Ukraine mining complexes // *Rocznik AGH «Wiertnictwo Nafta Gaz».* – 2002. – Т. 19/2. – P. 415–418.
174. Shellabarger C. J., Stone J. P., Holtzman S. Effect of interval between neutron radiation and diethylstilbestrol on mammary carcinogenesis in female ACI rats // *Environ. Health Perspect.*, 1993. – V. 50. – P. 227–232.
175. Vlasova E., Yandyganov Y., Nikulina N. Ecological and economic security in aspect of interaction of contiguous territories (balance method of estimation) / *The international collected scientific work by economic securitys problem: society, state and region.* Valencia (Spain), Ekaterinburg (Russia), 2008. – S. 188–196.
176. Zaichkina S. I., Rozanova O. M., Aptikaeva G. F., Akhmadieva A. Kh., Zaichkin M. Ed. Effect of cadmium and lead on the radiation adaptive response value in rat bone marrow cells // *Микроэлементы в медицине.*, 2002. – № 2. – С. 17–25.

Наукове видання

Григор'єва Людмила Іванівна
Томілін Юрій Андрійович

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ДЕФЛЯЦІЙНИХ
ЯВИЩ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ У
СИСТЕМІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ
ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

МОНОГРАФІЯ

Редактор *Т. Базильська*.
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Л. Бернацька*.
Дизайн обкладинки *А. Іщенко*.
Друк, фальцювальню-палітурні роботи *С. Волинець*.

Підп. до друку 24.12.2016.
Формат 60x84¹/₁₆. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Умовн. друк. арк. 10,92. Обл.-вид. арк. 6,77.
Тираж 300 пр. Зам. № 5142.

Видавець і виготовлювач: ЧДУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50-03-32, 8 (0512) 76-55-81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3460 від 10.04.2009.