

МІНІМІЗАЦІЯ РИЗИКУ ДЕФЛЯЦІЙНИХ ЯВИЩ НА ПОВЕРХНІ ХВОСТОСХОВИЩ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВА

На підставі багаторічних досліджень, проведених нами на шламосховищі Миколаївського глиноземного заводу, представлено розроблені технології мінімізації ризику дефляційних явищ на поверхні хвостосховищ переробних підприємств. В результаті оцінки екологічного, економічного, соціального ефектів від їх впровадження показано їх місце в системі екологічного менеджменту підприємства.

Ключові слова: екологічний менеджмент на переробних підприємствах; мінімізація екологічного ризику; технології фіторе mediaції.

Як відомо, питання взаємовідносин підприємства з навколишнім природним середовищем складають основу екологічного менеджменту цього підприємства. Кінцевою метою екологічного менеджменту є мінімізація негативних впливів бізнес-діяльності на навколишнє природне середовище, досягнення високого рівня екологічної безпеки процесів виробництва та споживання продукції, що виробляється на підприємстві, і виконуваних послуг. Для металургійних, гірничо-переробних та видобувних підприємств їхні хвостосховища виступають джерелом потенційного еколого-техногенного ризику. Окремою проблемою хвостосховищ є вітрова ерозія (дефляція) поверхні, через яку на прилеглі території переноситься до 80 % екополлютантів хвостосховища. **Метою** досліджень, представлених у роботі, є пошук механізму мінімізації ризику виникнення дефляційних явищ на хвостосховищах переробних підприємств та розгляд місця цієї задачі в системі екологічного менеджменту таких підприємств. Робота виконувалась в рамках кафедральної НДР 0113U005721.

Матеріалами досліджень виступали результати досліджень, які проводилися на шламосховищі № 1 Миколаївського глиноземного заводу, виконаних нами у 2004–2015 рр. у складі науково-дослідної групи з науковців Миколаївського регіонального відділення УЕАН, Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Київського національного університету імені Тараса Шевченка [1; 2].

Результати та їх обговорення. Хвостосховище є фактично приземним джерелом неорганізованого надходження пилу та аерозолів у навколишнє середовище. Для умов Південного Степу України, де преважують сильні вітри та доволі частими є пилові бурі, таке хвостосховище може виступати джерелом створення екологічно-небезпечної ситуації через інтенсивну дефляцію пилу, лугів та інших токсикантів. Так, для території хвостосховищ Миколаївського глиноземного заводу (МГЗ), яке виступає сховищем червоних

шламів (компонента технологічного процесу), за результатами проведених нами досліджень у 2004–2010 рр. встановлено, що:

1) хвостосховища знаходяться в поясі сильно вираженої дефляції (кліматичний фактору – 0,4–2,7 влітку-взимку, індекс зволоженості – 0,793);

2) за гранулометричним складом червоний шлам (компонента технологічного процесу) шламосховищ МГЗ представляє собою суміш з трьох фракцій $\varnothing > 0,315$ мм (2 %), $0,064 < \varnothing < 0,315$ мм (14 %), $\varnothing < 0,064$ мм (84 %);

3) критична швидкість вітру (швидкість вітру, при якій відбувається підйом пилових частинок) для таких грануляцій шламу складає 3,8 м/с, при якій переміщується $2,5 \pm 0,2$ кг/(м·с) червоного шламу;

4) вітри зі швидкістю вище 3,8 м/с є достатньо частими для території Південного Степу України;

5) при максимальній (за період спостережень) швидкості вітру 10 м/с зі шламосховища № 1 МГЗ, в середньому, переміщується 136 ± 2 кг/(м·с) пилових частинок, що є показником утворення пилових бур, які неодноразово було зафіксовано на шламосховищах МГЗ;

6) величина гранично-допустимої концентрації пилу у повітрі населених пунктів ($0,5$ мг/м³) може досягатися вже при швидкості вітру 6 м/с.

Відмінною рисою хвостосховищ глиноземних заводів, при цьому, є висока лужність червоних шламів та присутність в них великої кількості токсичних поллютантів, що підвищує ризик виникнення еколого-небезпечної ситуації: так, червоний шлам МГЗ містить оксиди Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , Cr_2O_3 , SO_3 , Na_2O , K_2O , TiO_2 , мікроелементи Mn, Ni, V, Cr, Mo, Cu, Pb, Ga, Zr та інші компоненти, рН шламів МГЗ – від 8 до 12, тобто червоний шлам характеризується високолужним середовищем з солями. Токсичними солями, що впливають на рослини, є NaCl, $CaCl_2$, CaF_2 , Na_2SO_4 , $NaHCO_3$, Na_2CO_3 , а нетоксичними – $Ca(HCO_3)_2$, $CaSO_4$, $CaCO_3$. При вмісті токсичних

солей 0,8–1,5 % та при рН більше 9 і вище рослини гинуть.

Вищенаведене свідчить про наявність високої ймовірності формування небезпечної ситуації у районі прилеглих до хвостосховищ населених пунктів через дефляцію їх поверхні, що, в свою чергу, є джерелом потрапляння до людей надмірної кількості пилу з хвостосховища як інгаляційним, так і пероральним шляхами, внаслідок осідання пилу на поверхні сільськогосподарських угідь і подальшого переміщення за трофічним ланцюгом. Поряд з цим відомі способи пилопригнічення: зрошення поверхні хвостосховища водою з добавками різних хімічних речовин, закріплення бітумною емульсією, латексом, озеленення неробочих площ, гідропосів трав'яної суміші та інші не завжди характеризуються високою стійкістю до специфічних метеорологічних умов (сильно виражена дефляція, різкі зміни температури, чимала швидкість вітру, обледеніння) і агресивних умов середовища хвостосховища (рН = 10 ÷ 12). При повній біологічній рекультиватії ускладнюється необхідність вибіркового розкриття поверхні шламосховищ глиноземного виробництва, для реалізації відходів: червоні шлами містять багато цінних компонентів (заліза до 60 %, алюмінію до 16 %, а також кальцій, титан, цирконій, галій, золото).

Тому наша робота була спрямована на створення технології запобігання дефляційним явищам на хвос-

тосховищах видобувних і переробних підприємств засобами фіторемедіації, з використанням екологічно безпечних матеріалів, стійких до метеоумов та агресивних умов середовища хвостосховища, котрі також дозволяють, при необхідності, виймати шлами на реалізацію, не порушуючи загальний режим пилопригнічення. В результаті створено:

- технологію фіторемедіації поверхонь хвостосховищ з використанням з'ємних біологічних засобів,
- технологію фіторемедіації поверхні хвостосховищ з використанням нез'ємних біологічних засобів.

Вибір рослинної сировини ґрунтувався на принципах, яким повинні задовольняти з'ємні засоби фіторемедіації поверхонь хвостосховищ:

- екологічна безпечність та відсутність токсичної і екоотоксичної дії;
- стійкість до специфічних метеорологічних умов (сильно виражена дефляція, чимала швидкість вітрів, обледеніння) і агресивних умов середовища шламосховищ (рН = 10 ÷ 12);
- відносна простота і дешевизна впровадження;
- можливість вторинного використання після розкриття.

В результаті для проведення експерименту було обрано: дернина та очерет. Обґрунтування обраних засобів схематично наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Обґрунтування вибору засобів фіторемедіації для експерименту

Назва біологічної сировини	Властивості біологічної сировини
Очерет (<i>Phragmites australis</i> L., від грецького слова «Phragma» – тин, паркан) – трав'яниста багаторічна рослина родини злакових	– 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 заморозків та різких перепадів температур, міцні та довговічні (до 50 років).
Дернина – це органомінеральна гумусово-аккумулятивна поверхня ґрунтів, формується під трав'яною, переважно луговою рослинністю.	– використовують у зеленому будівництві для захисту ґрунту від ущільнення і розмиву; – використовують при задерновуванні укосів доріг і залізниць, укосів каналів, водосховищ; – використовували для пилопригнічення шкідливих поллютантів при дезактивації в 30 – км зоні ЧАЕС.

Проведено експеримент з оцінки пилопригнічувальної здатності з'ємних засобів фіторемедіації поверхонь хвостосховищ. Експеримент був проведений у лабораторних і польових умовах.

В лабораторних умовах використовували кювети розміром 0,2x0,2 дм², в яких розміщували червоний шлам, відібраний на шламосховищі МГЗ (рН рідини складала 11–12). Вимірювання кількості пилу в повітрі над експериментальними ділянками проводилось один раз на добу. У природних умовах на шламосховищі МГЗ було обрано три види поверхні: дороги (внутрішньодамбові), відкоси всередині дамби та на пляжі. На експериментальній ділянці шламосховища площею 650 м² розміщувався певний вид покриття: дернина – площею 100 м², очеретяні мати – площею 300 м² та контрольний варіант (без будь-якого покриття) – площею 150 м².

Дослідження проводились протягом від 1 до 12 місяців. Використовували періодичне зрошення дернини та матів підкисленою водою (рН = 7 – 8) для змиття суспензії червоних шламів, оголення та забез-

печення повноцінного зростання поверхні трав'яного покриву. Запиленість повітря над дослідними ділянками хвостосховища та над лабораторними кюветами визначали ваговим методом шляхом пропускання через фільтри типів АФА – 10, АФА – 18. Тривалість відбору в лабораторних умовах – 3 години щодня, в природних – один раз на тиждень протягом 3-х годин. Для оцінки пилопригнічувальної здатності обраних засобів визначали коефіцієнт пилопригнічення K та показник пилопригнічення P :

$$K = 1 - \frac{M_n^d}{M_n^k}; P = \frac{M_n^k}{M_n^d},$$

де M_n^k – маса пилу в контрольному варіанті, г;

M_n^d – маса пилу в дослідному варіанті з покриттям, г. Стійкість покриття до агресивного середовища шламосховища та специфічних метеорологічних умов визначали за коефіцієнтом стійкості S покриття d :

$$C = \frac{S(t)}{S(0)},$$

де $S(0)$ – площа ділянки (кювети, дм^2), яка вкрита покриттям d до початку експозиції, м^2 ; $S(t)$ – площа ділянки (кювети, дм^2), яка вкрита покриттям d після закінчення часу експозиції t ($t = 1\text{--}12$ місяців), м^2 .

Результати за 6 та 12 місяців експерименту наведено на рис. 9.

З результатів експерименту:

1. Для покриття з дернини:

– показник пригнічення пилоутворювання за місяць експерименту досягав 120–130 одиниць, за рік сягнув 1200–1500 одиниць; коефіцієнт пилопригнічення

N склав 0,96–0,99, коефіцієнт стійкості C був високим та стабільним: навіть після 9 місяців становив 0,94–0,98;

– не втрачає своїх морфологічних і фізіологічних властивостей (зберігається здатність росту, відсутність змін в кольорі);

– витримує довготривале, багаторазове коливання температури повітря, пориви вітру до 25 м/с, замерзання пульпи шламосьовища, затоплення шламосьовища під час дощів та танення снігу, вторинне залуження;

– має високу механічну міцність (підтоплення не призводило до змиву та зміщення дернини на гладких ділянках та на схилах).

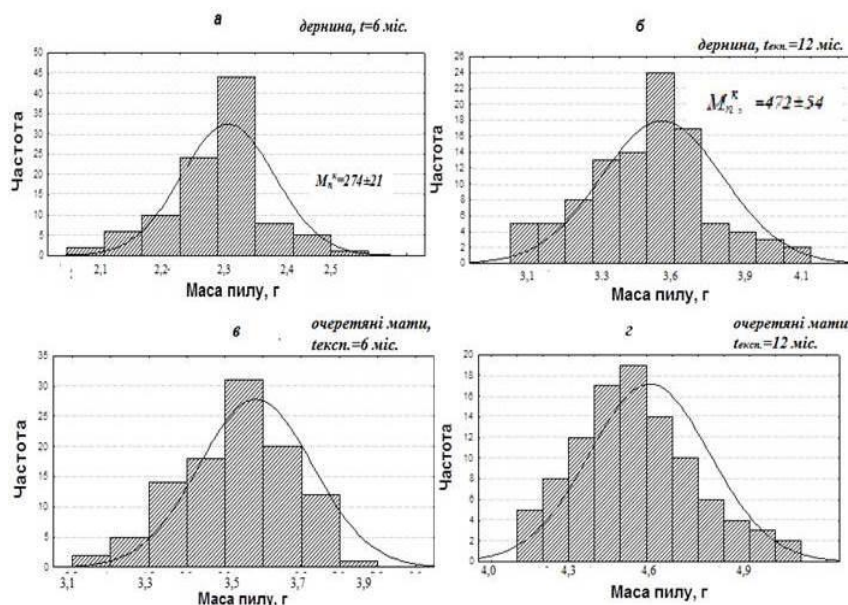


Рис. 1. Розподіл результатів визначення маси пилу в експерименті з покриттям з біосировини (а, б – дернина, в, г – очеретяні мати) для строків експерименту $t_{\text{експ}} = 6$ місяців, $t_{\text{експ}} = 12$ місяців

2. Для покриття з очерету:

– показник пригнічення пилоутворювання за місяць експерименту досягав 70–90 одиниць, за рік сягнув 700–900 одиниць; коефіцієнт пилопригнічення N склав 0,92–0,94; коефіцієнт стійкості C дернини протягом експерименту (12 місяців) був достатньо високим (близько 1,0) та стабільним, що свідчило про пристосованість очеретяних матів до агресивних умов хвостосьовища;

– висока ефективність та збереження своїх морфологічних та фізіологічних властивостей в різних кліматичних, метеорологічних умовах (коливання тем-

ператури, вітер, замерзання пульпи шламосьовища, затоплення шламосьовища під час дощів та танення снігу), при тривалому перебуванні у лужному середовищі.

На підставі отриманих результатів розроблено технологію фіторе mediaції поверхні хвостосьовищ з використанням з'ємних біологічних засобів на підставі комплексності використання засобів пилопригнічення: гладкі поверхні дамб вкривають дерниною; відкоси, нерівності пляжів – матами з рослинної сировини. Приклад застосування для території шламосьовища № 1 МГЗ наведено на рис. 2.



Рис. 2. Схематичний приклад застосування на шламосьовища № 1 МГЗ

У 2010–2014 рр. технологія покриття пляжів шламосховища біоматеріалами була відкоректована: дернину не вирощували окремо на прилеглий до шламосховища МГЗ прирічковій низині, а вирощували суміш лужностійких та засухо – й морозостійких трав'яних рослин (здатних до утворення міцної дернини) безпосередньо на ділянках шламосховища, на які перед посівом насіння рослин накладали три шари захисного матеріалу: глина (20 см), пісок (30 см), чорнозем (30 см). В результаті розроблено **технологію фіторе-медіації поверхонь хвостосхощ з використанням нез'ємних (стаціонарних) біологічних засобів**. У

цьому процесі нами було використано процедуру біологічної рекультивації і створення штучних луків на поверхні хвостосховища червоних шламів МГЗ. При рекультивації використовували насіння таких видів диких трав: 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*) (рис. 3).



Рис. 3. Засіяння підбіраною сумішшю лужностійких трав ділянки шламосховища МГЗ

Перевагами перед іншими технологіями виступають наступні:

- 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.

Перспективність результатів практичного застосування цих технологій полягає у досягненні суттєвого екологічного та економічного ефектів (табл. 3).

Таблиця 3

**Економічний, екологічний та соціальний ефекти
(із розрахунку пилопригнічення за важкими металами)**

Еколого-економічний ефект	
1. Величина відвернутої середньорічної індивідуальної дози $D_{\text{інд}}$ від екополутантів шламосховища (від Cd) для населення, г	$1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-3}$
2. Величина відвернутої середньорічної колективної дози $D_{\text{кол}}$ від екополутантів шламосховища для населення, люд.-г	1–100
4. Величина відвернутої дози від екополутантів шламосховища для біоти екосистеми прилеглих територій, г/га	1–100
6. Економічний ефект: окупність застосування комплексної системи пилопригнічення (без врахування відвернутої дози для біоти прилеглих територій)	
6.1. Окупність за кількістю річних відвернутих доз $D_{\text{кол}}$ від Cd , років за середніми показниками	5–8
6.2. Окупність за кількістю річних відвернутих колективних доз від усіх полутантів, років	≤ 1
Екологічний ефект	
ОЧИЩЕННЯ водойм від очерету, га	45
ОЧИЩЕННЯ каналізаційних вод міськводоканалу від органічного залишку	–
Соціальний ефект	
Створення додаткових робочих місць	35
ДОДАТКОВЕ надходження податків від виробництва покриття, \$	~ 35 тис.

Отримані результати можуть бути використані в системі екологічного менеджменту підприємства. Зокрема, результати впровадження цих біотехнологій вписуються в концепцію екологічного менеджменту підприємства, яка передбачає комплекс ключових по-

ложень, що визначають організацію природоохоронної діяльності на підприємстві відповідно до міжнародних стандартів ISO 14000. Незважаючи на добровільність стандартів, за словами голови ISO/TC 207 (технічної комісії, що розробляє ISO) Джима Діксона, через 10

років від 90 до 100 відсотків великих компаній, включаючи транснаціональні компанії, будуть сертифіковані відповідно до ISO 14000, тобто одержать свідчення «третьої сторони» про те, що ті чи інші аспекти їхньої діяльності відповідають цим стандартам. Українські підприємства можуть захотіти одержати сертифікацію з ISO 14000 у першу чергу тому, що така сертифікація буде однією з неодмінних умов маркетингу продукції на міжнародних ринках (наприклад, нещодавно ЄС оголосило про свій намір допускати на ринок країн Співдружності тільки ISO-сертифіковані компанії).

Висновки. Розроблені нами технології фітореMediaції поверхонь хвостосховищ з використанням з'ємних біологічних засобів та з використанням нез'ємних (стаціонарних) біологічних засобів дозволяють мінімізувати ризик додаткового токсичного навантаження на прилеглі до хвостосховищ екосистеми та населення з прилеглих територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. Розробка та впровадження системи мінімізації впливів на довкілля небезпечних виробництв та підприємств ядерного циклу України // Заключний звіт по НТП / МРВ УЕАН, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, тема № П (2–10). – К., 2010. – 65 с.

Л. И. Григорьева,
ЧНУ им. Петра Могилы, г. Николаев, Украина

МИНИМИЗАЦИЯ РИСКА ДЕФЛЯЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ

На основании многолетних исследований, проводимых нами на шламохранилище Николаевского глиноземного завода, представлено разработанные технологии минимизации риска дефляционных явлений на поверхности хвостохранилищ перерабатывающих предприятий. В результате оценки экологического, экономического, социального эффектов от их внедрения показано их место в системе экологического менеджмента предприятия.

Ключевые слова: экологический менеджмент на перерабатывающих предприятиях; минимизация экологического риска; технологии фитореMediaции.

L. I. Grigorieva,
Petro Mohyla Black Sea National University, Nikolaev, Ukraine

MINIMIZING THE RISK OF DEFLATIONARY PHENOMENA ON THE SURFACE OF THE TAILINGS IN THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF THE ENTERPRISE

Based on years of research carried out by us on the sludge storage Nikolaev alumina refinery, presented the technology designed to minimize the risk of deflationary phenomena on the surface of the tailings processing enterprises. As a result of the assessment of environmental, economic and social effects of their implementation shows their place in the system of environmental management of the enterprise.

Key words: environmental management at the processing enterprises; the minimization of environmental risk; phytoreMediaction technology.