

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МАСИВІВ-ХВОСТОСХОВИЩ (на прикладі Миколаївського глиноземного заводу)

Розроблено та впроваджено комплексний спосіб пилопригнічення і закріплення поллютантів хвостосховищ промислових об'єктів на основі рослинної сировини, доведено ефективність його використання для підвищення екологічної безпеки шламосховища червоних шламів Миколаївського глиноземного заводу.

Ключові слова: Миколаївський глиноземний завод, дефляція, пилопригнічення, коефіцієнт пилопригнічення, очеретяні мати, дернина, червоний шлам, навколишнє середовище.

Разработан и внедрен комплексный способ пылеподавления и закрепления поллютантов хвостохранилищ промышленных объектов на основе растительного сырья, доказана эффективность его использования для повышения экологической безопасности шламоохранилища красных шламов Николаевского глиноземного завода.

Ключевые слова: Николаевский глиноземный завод, дефляция, пылеподавление, показатель пылеподавления, камышовые маты, дернина, красный шлам, окружающая среда.

Developed and implemented a comprehensive method of dust suppression and retention of pollutants from industrial sites tailings based on vegetable raw materials, we have proved the effectiveness of its use to improve the environmental safety of red mud sludge Nikolaev Alumina Plant.

Key words: Nikolaev Alumina Plant, deflation, dust control, dust control measure, reed matting, sod, red mud and the environment.

Вступ

Збереження екосистем навколишнього середовища від руйнівного впливу промислових технологій являється найважливішою проблемою екологів і, зокрема, радіоекологів. В Україні існують потужні підприємства кольорової металургії, в яких відходи з видобутку та переробки сировини становлять 1,5 млн м³/рік, а загальна кількість вироблених – 20 млн тонн [1; 6]. Це: Запорізький алюмінієвий комбінат, Дніпродзержинський хімзавод з відходами уранового виробництва, Дніпровський алюмінієвий завод, Миколаївський глиноземний завод.

Надзвичайну небезпеку становлять хвостосховища цих підприємств, які несуть загрозу виникнення техногенної катастрофи, аналогічної аварії на металургійному підприємстві з виготовлення алюмінію Ajkai Timfoldgyar Zrt (Угорщина), жовтень 2010. Модернізація даних підприємств не проводилась вже багато років, а відходи від їх виробництв (зокрема, червоні шлами Миколаївського глиноземного заводу 1,2 млн. тон/рік) накопичуються і складаються в шламосховищах (відношення сухих відходів підприємства до рідких 50 % на 50 %) [2].

Найбільший внесок у забруднення прилеглої до шламосховищ території здійснює вітрова діяльність і

дефляція пилоутворюючих поверхонь (80 %) з пляжів і відкосів, що призводить до перенесення екополлютантів (за добу з 1 га – від 2 до 5 т пилу) [6; 7]. З роками внутрішні греблі хвостосховищ нарощуються, що впливає на дальність розповсюдження поширення пилу з їх поверхні. Це призводить до: необхідності збільшення розмірів санітарно-захисної зони шламосховища; можливості погіршення санітарно-гігієнічної обстановки; можливості виникнення екологічно-небезпечної ситуації не лише в місці розташування шламосховища, а через підвищенні рівні вмісту важких металів в рослинності – до міграції екополлютантів за біологічними ланцюгами, а також – до пригнічення життєдіяльності більшості рослин і тварин [2, 3].

Сучасні засоби пилопригнічення масивів-хвостосховищ можуть забезпечувати зниження концентрації пилу на 60-70 % [6]. Найбільш перспективним і актуальним рішенням проблеми зниження пилопригнічення на навколишнє середовище на різних підприємствах являється вдосконалення способів закріплення пилових поверхонь техногенних масивів та запропонування нових методів, таких як задерновування та покриття території шламосховища очеретяними матами.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводились на експериментальній ділянці шламосховища № 1 Миколаївського глиноземного заводу. Для проведення природних досліджень методів пилопригнічення (метод задерновування, покриття рослинною сировиною (очеретяними матами)) розроблена спеціальна методика. При розробці методики був використаний досвід з пилопригнічення шкідливих полютантів, отриманий в роботах по дезактивації в 30-км зоні Чорнобильської АЕС [3].

Суть методу задерновування полягає у знятті дернини на добре залужених територіях та її розміщенням на поверхні шламосховища. Створення полігонів для отримання дернини з метою покриття поверхні шламосховища проводилось на спеціально відведених земельних територіях. Найбільш придатними для цієї мети стали земельні відводи санітарної зони навколо шламосховища Миколаївського глиноземного заводу. Зняття дернини проводили за допомогою спеціальної машини TURF CUTTER, яка здатна підрізати дернини необхідної товщини та довжини. На ділянці було знято пласт дернини товщиною 3-5 см, загальною площею 5 м².

В якості одного із варіантів біологічних методів пилопригнічення та закріплення полютантів на шламосховищі запропоновано використання матів з рослинної сировини – очеретяні мати. Очерет для матів зв'язували між собою і формували мати розміром 2×3 м², товщиною 3-5 см, загальною кількістю 25 штук. Спостереження на полігоні проводили при силі вітру 1,3 м/с та відносній вологості повітря в межах 60-70 %.

Оцінку пилопригнічуючої здатності засобів пилопригнічення проводили за допомогою стаціонарної аспіраційної установки (лабораторія типу «ПОСТ-1»).

Показник пригнічуючої здатності використаних засобів розраховували за співвідношенням:

$$N = \left(\frac{M_n^k}{M_n^d} \right),$$

Для червоного шламу шламосховища № 1 Миколаївського глиноземного заводу, 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 [4-6]:

$$v_{едд\delta} = 0,249d_e + 3,79,$$

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 N – коефіцієнт пилопригнічення, M_n^k – маса пилу в контрольному варіанті, а M_n^d – маса пилу у варіанті з покриттям d (d_o – покриття з дернини, $d_{оч}$ – з очеретяних матів).

Для визначення показника стійкості C покриття d до дії метеорологічних факторів середовища та агресивних факторів шламосховища спочатку визначали коефіцієнт стійкості покриття над кожною кюветою C_i :

$$C_i = \frac{S_i^t}{S_i^0},$$

де S_i^o – площа кювети i , яка вкрита покриттям d до початку експозиції, дм²; S_i – площа кювети i , яка вкрита покриттям d після закінчення часу експозиції t ($t = 1 - 6$ тижнів) дм².

Коефіцієнти C_i визначали за кожний тиждень як середньоарифметичне значення \bar{C}_i зі стандартним відхиленням σ_{C_i} .

Залежність дефляції на шламосховищі від гранулометричного складу визначали за моделлю До-глевича М. І. та Чемпіла У. [4].

$$Q = C \cdot \frac{P}{g} \cdot v^3,$$

де C – коефіцієнт гранулометричного складу червоного шламу Миколаївського глиноземного заводу, P – щільність повітря, g – сила гравітації, v – швидкість вітру.

Дефляція червоного шламу на шламосховищі № 1 Миколаївського глиноземного заводу.

Більшість матеріалу (до 90 %) переноситься в приземному шарі повітря на висоті до 5-10 см. Значимим фактором підйому частинок пилу є діаметр частинки (d , мм) та її питома маса (m , г/кг). Визначення цих показників для червоного шламу здійснено гранулометричним методом [4]. В результаті визначено, що червоний шлам можна представити як суміш трьох фракцій частинок за гранулометричним складом (табл. 1).

Таблиця 1

Гранулометричний склад червоного шламу

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

де $d_1, d_2 \dots$ – середній діаметр агрегатів, $P_1, P_2 \dots$ – питома кількість фракцій у червоному шламi шламосховища № 1 Миколаївського глиноземного заводу.

Результати вказали, що критична швидкість вітру $v_{крит}$ для шламу складала 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. Кількість переміщуваного червоного шламу (Q) під дією вітру різних швидкостей протягом року представлено на рис. 1. З рисунку видно, що для фракцій червоного

шламу за варіантом 1 (рис. 1) 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 $7,0 - 9,0$ м/с.

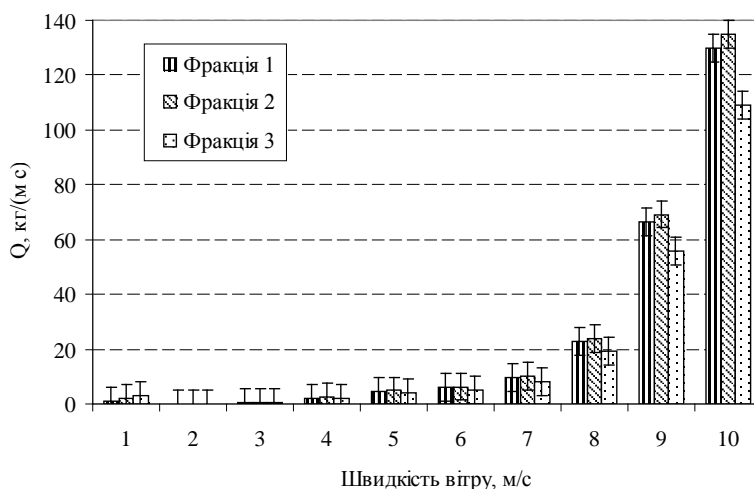


Рис. 1. Переміщення червоного шламу при дії вітрової ерозії (для різних фракцій гранулометричного складу шламу: варіантів 1-3)

Із гістограми для фракції 2 на рис. 1 – видно, що перенесення максимальної кількості пилу відбувалось з підвищенням швидкості вітру до $5,5-6,0$ м/с. Постійна дефляція спостерігалась при середній швидкості вітру $3,5-4,5$ м/с з винесенням пилу, в середньому, $7,6 \pm 0,2$ кг/(м·с).

Для крупних фракцій червоного шламу з $\varnothing > 315$ мм (фракція 3 на рис. 1) максимальне переміщення пилових частинок відбувалось при $v = 7-10$ м/с. Постійна дефляція спостерігалась при середній швидкості вітру $4-6$ м/с з винесенням пилу, в середньому – $82,5 \pm 0,3$ кг/(м·с).

Порівнюючи отримані результати (фракції 1, 2, 3 на рис. 1), можна констатувати, що для різних фракцій червоного шламу за гранулометричним складом мінімальна кількість переміщуваного 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 відбувалась при $v = 4$ м/с з переміщенням пилових частинок $5,4 \pm 0,03$ кг/(м·с).

Тривала повсякденна дефляція передують утворенню пилових бур [4]. При максимальній (за період спостережень) швидкості вітру 10 м/с зі шламосховища № 1, в середньому, переміщується 136 ± 2 кг/(м·с) пилових частинок. Отже, зі збільшенням швидкості вітру інтенсивність дефляції зростає надзвичайно швидко.

Кількість пилу, що підіймається на шламосховищі Миколаївського глиноземного заводу при різних швидкостях вітру, які характерні для Миколаївської області: мінімальна $1,5$ м/с, середня модальна $3,8$ м/с та максимальна $8,4$ м/с (для різних фракцій шламу – табл. 1) – зображено на рис. 2.

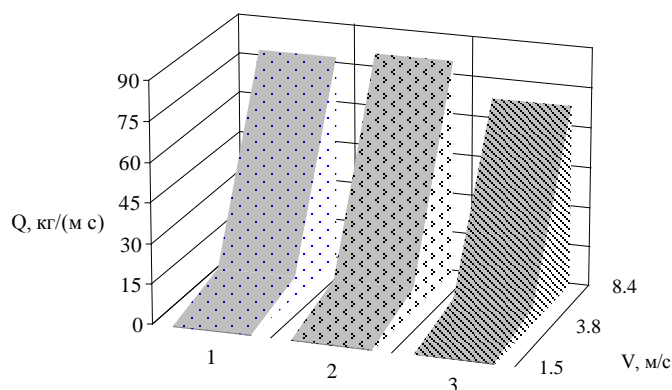


Рис. 2. Кількість піднятого пилу з поверхні шламосховища при різних швидкостях вітру (для різних фракцій шламу)

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 шламосховища (рис. 2). Зі збільшенням v до $3,8$ м/с (середня модальна швидкість вітру протягом року) та більше відбува-

лось значне підняття пилових частинок у повітря: так для фракції 1 – 71 ± 3 кг/(м·с), для фракції 2 – 82 ± 2 кг/(м·с), для фракції 3 – 60 ± 2 кг/(м·с).

Максимальна кількість пилових частинок на шламосховищі підіймається при так званих пилових бурях [4-6], коли швидкість вітру досягає 8,4 м/с та більше – від 677 ± 12 до 800 ± 13 кг/(м·с).

За цими результатами визначення Q для різних фракцій червоного шламу та відносним вмістом кількості першої фракції у шламі визначено інтегральний показник інтенсивності дефляції червоного шламу $Q_{ч.ш.}$ (за усіма фракціями):

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

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).

На рис. 3 зображено кількість переміщення червоного шламу $Q_{ч.ш.}$ на шламосховищі № 1 Миколаївського глиноземного заводу.

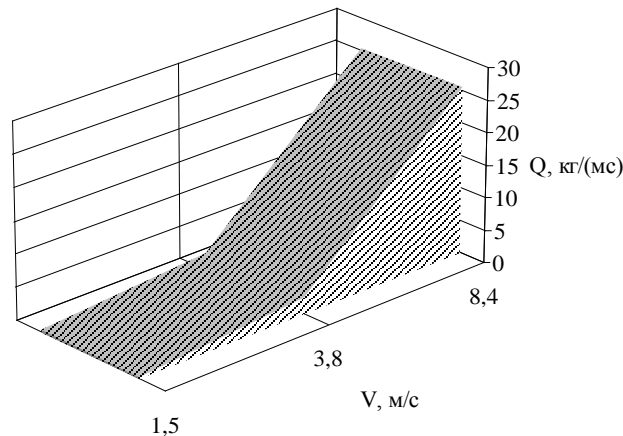


Рис. 3. Кількість переміщеного червоного шламу $Q_{ч.ш.}$ з поверхні шламосховища

Як видно з рис. 3, червоний шлам починає підійматись в повітря при швидкості вітру 2,2 м/с підіймаючи при цьому $1,5 \pm 0,2$ кг/(м·с) пилових частинок з поверхні шламосховища. Максимальна кількість шламу переміщується при $v = 5-8,4$ м/с з виносом до 25 ± 5 кг/(м·с) пилу.

Слід зазначити, що на шламосховищі Миколаївського глиноземного заводу 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 переміщення пилових частинок (полютантів) на прилеглі території. Наслідком цього є руйнування поверхні шламосховища,

розповсюдження полютантів, на великі території, погіршення стану навколишнього середовища та здоров'я населення прилеглих територій.

Стійкість та ефективність методу задерновування при дії агресивних факторів шламосховища № 1 Миколаївського глиноземного заводу.

Дослідним шляхом визначено параметри, які характеризують рівень пилопригнічення над контрольними та дослідними варіантами експерименту. За узагальненими результатами експерименту з визначення пилопригнічуючої і пилозахисної здатності дернини та її стійкості (цілісності) до агресивного середовища шламосховища побудовано графік коефіцієнту стійкості покриття (рис. 4).

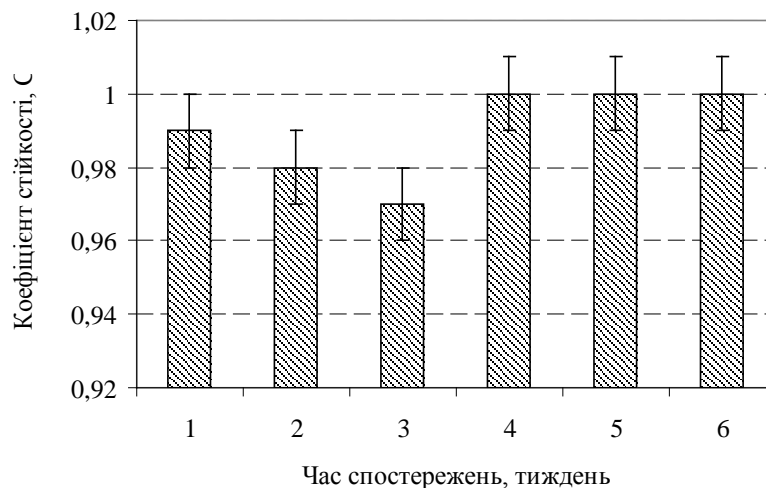


Рис. 4. Стійкість (цілісність) покриття дерниною кювети

Коефіцієнт цілісності C дернини протягом 6 тижнів був високим та стабільним, дернина залишалась стійкою до дії агресивного середовища ($pH = 11,9$) та фітотоксичності поллютантів. Найменшу стійкість покриття спостерігали на третій тижень досліджень.

З рис. 5 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 та зменшення накопичення пилових частинок у повітрі.

За час спостережень коефіцієнт пилопригнічення для покриття дерниною склав 120-130 одиниць (рис. 6).

Екстраполяція отриманих результатів дослідження на весь рік складає за показником ефективності до 1200-1500 одиниць. Показник пилопригнічення для методу задержування склав 98 %.

Запропонований метод дозволяє значно знизити рівень підйому пилу на шламосховищі № 1 Миколаївського глиноземного заводу, дефляцію поллютантів на прилеглі території, відповідно, за рахунок цього зменшується антропогенне навантаження на екосистему в цілому.

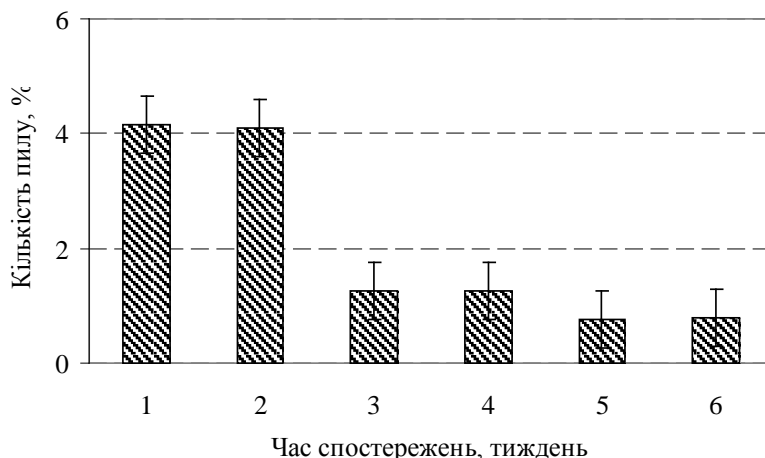


Рис. 5. Кількість пилу (%) у повітрі при застосуванні методу задержування (відносно контролю)

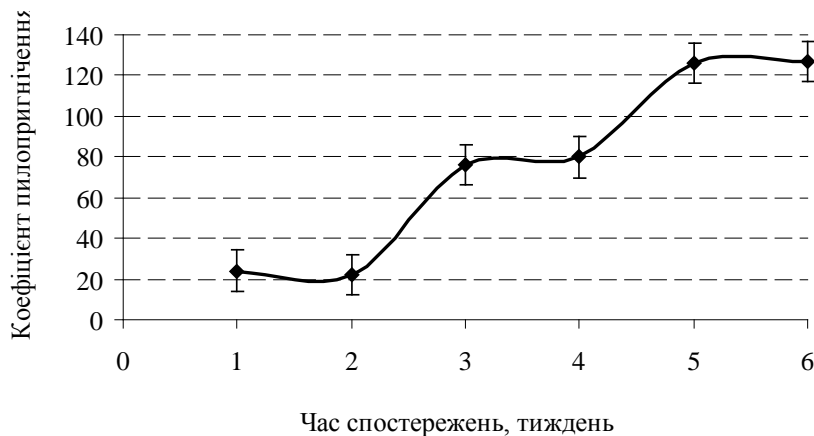


Рис. 6. Показник пилопригнічення для методу задержування

Пилопригнічення та закріплення екополлютантів методом покриття очеретяними матами шламосховища Миколаївського глиноземного заводу. Узагальнені результати експерименту з визначення пилопригнічуючої і пилозахисної здатності методу покриття поверхні очеретяними матами та її стійкості (цілісності) зображено на рис. 7. Наведено середньозважені коефіцієнти стійкості C та пилопригнічення N з відповідними середньоквадратичними відхиленнями.

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

Інтенсивне накопичення (рис. 8) пилових частинок в повітрі при покритті поверхні очеретяними матами спостерігалось за перші два тижні спостережень, мінімальна кількість пилу в повітрі над кюветами спостерігали на шостий тижень досліджень.

З рис. 5 видно, – за перший тижень спостережень кількість пилу склав 7-8 %, в подальшому кількість пилу в повітрі зменшувалась до 3-4 %. Отже, покриваючи дослідну поверхню очеретяними матами пилу потрапляє у фільтри менше.

Протягом експерименту коефіцієнт пилопригнічення досягає 70-80 одиниць (рис. 6).

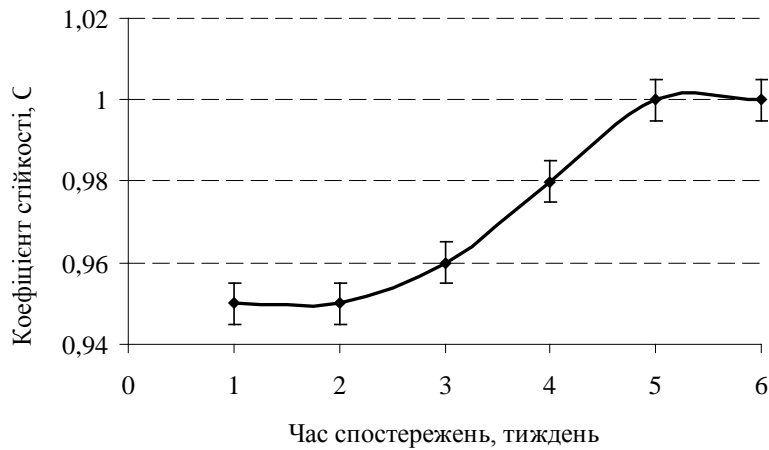


Рис. 7. Стійкість покриття поверхні очеретяними матами до дії фітотоксичного середовища

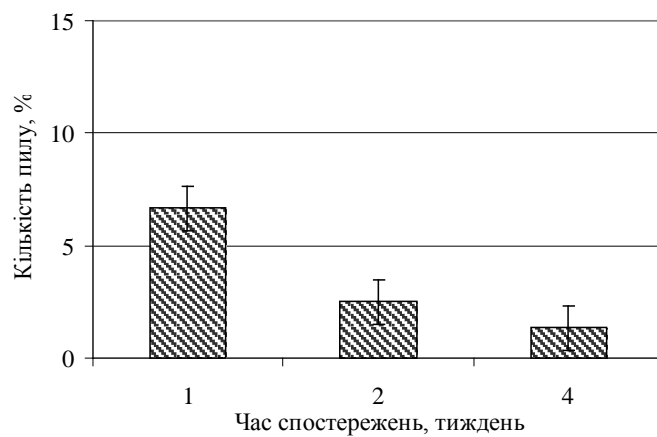


Рис. 8. Кількість пилу (%) у повітрі при застосуванні методу покриття очеретяними матами (відносно контролю)

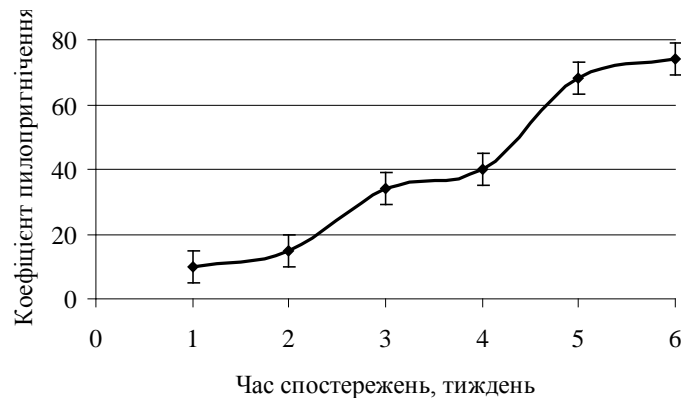


Рис. 9. Коефіцієнт пилопригнічення методу покриття кювет очеретяними матами

Коефіцієнт пилопригнічення N для очеретяних матів становив 60-80, тобто ефективність методу складає 96 %. Екстраполяція цих даних на весь рік складає за показником пилопригнічення до 700-900 одиниць. Є всі підстави запропонувати даний метод пилопригнічення, як один з основних для використання на шламосховищі червоних шламів Миколаївського глиноземного заводу.

Доцільно порівняти методи пилопригнічення поверхні хвостосховища – метод задержування та покриття очеретяними матами. За результатами досліджень отримали наступний рисунок (рис. 10).

Тут слід виділити позитивний ефект методу задержування в порівнянні з покриттям ділянки очеретяними матами. Коефіцієнт пилопригнічення методу задержування зростає з кожним тижнем експерименту і складає більше 120 одиниць, тоді як покриття поверхні матами за перший тиждень досліджень досягав 18-20 одиниць, наприкінці експерименту показник пилопригнічення очеретяними матами складає 70-80 %. Різниця показника пилопригнічення використання біологічних методів пилопригнічення становив 30-40 %.

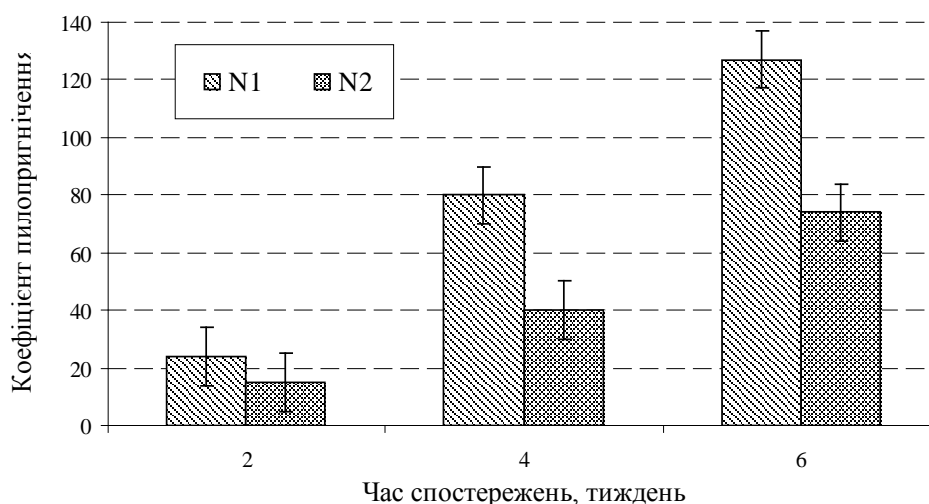


Рис. 10. Порівняльна оцінка коефіцієнту пилопригнічення методів покриття шламосховища Миколаївського глиноземного заводу (N1 – метод задерновування, N2 – метод покриття очеретяними матами)

Це пояснюється тим, що мати не є суцільними і непроникними для пилових частинок та шкідливих екополлютантів, які надходять зі шламосховища. В той же час, як показали дослідження, покриття очеретяними матами з метою пилопригнічення досить ефективні, при їх 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 екополлютантів, зменшення дефляції червоного шламу пропонується комбінувати покриття масивів-хвостосховищ дерниною та очеретяними матами. Запропонований метод є перспективний для використання не лише на шламосховищі Миколаївського глиноземного заводу, а й на техногенно небезпечних поверхнях небезпечних виробництв.

Висновки

1. За результатами досліджень розроблено і обґрунтовано ефективність використання комплексного способу пилопригнічуючих засобів на основі дернини, матів з рослинної сировини задля підвищення екологічної безпеки шламосховища червоних шламів та інших техногенних хвостосховищ.

2. Встановлено залежність інтенсивності дефляції на шламосховищі червоних шламів від гранулометричного складу шламу та метеорологічних умов. Визначено, що червоний шлам починає підійматись в повітря при критичній швидкості вітру 2,2 м/с підіймаючи при цьому $1,5 \pm 0,2$ кг/(мс) пилових частинок з поверхні шламосховища.

3. Розраховано, що при максимальній (за період спостережень) швидкості вітру 10 м/с зі шламосховища № 1 в середньому переміщується 136 ± 2 кг/(мс) пилових частинок.

4. Розраховано показник пилопригнічення та закріплення шламових поверхонь засобами з рослинної сировини: за методом задерновування він складає 96 %, за методом покриття очеретяними матами – 92 %.

5. Покриття дерниною та матами з рослинної сировини мають достатню стійкість до дії лугів (рН 10-12) та метеорологічних умов (t^0 : від -20 °C до $+40$ °C, сніг, дощ, вітер) і не спричиняють додаткове навантаження на навколишнє середовище та людину.

6. Запропоновані засоби пилопригнічення вирішують завдання повторного розкриття шламосховища для виїмки шламів (за необхідності) з подальшим відновленням покриття.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бересневич П. В., Кузменко П. К., Неженцева Н. Г. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ. – М.: Недра, 1993. – 123 с.
2. Гальперин А. М., Ферстер В., Шеф Х. Ю. Техногенные массивы и охрана окружающей среды. Изд. 2-е. – М.: МГУ, 2001. – 534 с.
3. Гродзинский Д. М., Кутлахмедов Ю. О., Михеев О. М. Методы управления радиосмистью экосистем. – Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 172 с.
4. Мазур В. А., Горшар В. І., Коноплов О. В. Екологічні проблеми землеробства. – К.: Центр наукової літератури, 2010. – 456 с.
5. Нохрина О. И., Прошунин И. Е., Рожихина И. Д. Образование пыли, окарины, шлама и их утилизация на металлургических заводах Германии. // Stahl und Eisen, 2006. – № 9 – С. 25-32.
6. Пашкевич М. А. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. – СПб.: СПГИ, 2000. – 230 с.
7. Vlasova E., Yandyganov Ya, Nikulina N. Ecological and economic security in is 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.

Рецензенти: Кутлахмедов Ю. О., д.б.н., професор;
Григор'єва Л. І., д.б.н., професор

© Огородник А. М., 2011

Стаття надійшла до редколегії 23.07.2011 р.