

СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА МЕТОДОМ БИОПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТЕХНОГЕННЫХ МАССИВОВ С АГРЕССИВНЫМИ СРЕДАМИ

За результатами лабораторних досліджень і досвіду впровадження на підприємстві Миколаївського глиноземного заводу зроблено обґрунтування методу запобігання вітрової ерозії шляхом створення захисного шару дернини, а також розміщення очеретяних матів. Створення біологічного покриття припиняє вітрову ерозію хвостосховищ, що знаходяться в експлуатації, і дозволяє вторинне використання відходів.

Ключові слова: хвостосховище, техногенна територія, вітрова ерозія, дернина, очеретяні мати, біоматеріали.

По результатам лабораторных исследований и опыта внедрения на предприятии Николаевского глиноземного завода сделано обоснование метода предотвращения ветровой эрозии путем создания защитного слоя дернины, а также размещением камышовых матов. Создание биологического покрытия прекращает ветровую эрозию хвостохранилищ, находящихся в эксплуатации и позволяет вторичное использование отходов.

Ключевые слова: хвостохранилище, техногенные территории, ветровая эрозия, дернина, тростниковые маты, биоматериалы.

On results laboratory researches and experience of introduction on the enterprise of the Mykolaiv aluminous plant the ground of method of prevention of wind erosion is done by creation of protective layer of mattae, and also placing of the made of cane mates. Creation of biological coverage stops wind erosion of tailing dump being in exploitation and allows secondary utilization of wastes.

Key words: tailing dump, man-made mineral raw materials, wind erosion, polymeric covering, conservation, sown phytocenosis, herbage, bioefficiency, grass sod.

Введение. По оценкам специалистов мировое потребление минерального сырья достигло 12 млрд тонн в год, а добыча полезных ископаемых и металлов ежегодно составляет 100 млрд тонн. Экологические проблемы современности вызывают опасность существования человека на всех уровнях: от региона к государству и мира в целом.

Анализ современного состояния показал, что для Украины эти проблемы стоят особенно остро, поскольку имеет место значительная концентрация опасных производств, существенная трансформация ландшафтов, неэффективное использование природных ресурсов (в том числе невозпроизводимых их уничтожение).

В Украине существуют предприятия, в которых отходы добычи и переработки сырья составляют 1 млрд т/год, из которых только 10-15 % используется в качестве вторичных ресурсов. Под складирование отходов отведено 160 тыс. га, а их общий объем превышает 25 млрд тонн. В результате этого возникают хвостохранилища в виде пепла, шлаков, шламов [1; 2]. Это Восточный горно-обогатительный комбинат (г. Желтые Воды, Кировоградская область),

Николаевский глиноземный завод (НГЗ), Приднепровский химический завод, Днепродзержинское хвостохранилище уранового производства и другие [4].

Анализ минерального и химического составов отходов одного из крупнейших предприятий в Европе по производству цветных металлов (Николаевский глиноземный завод) показывает, что они содержат металлы (Cr, Pb, Cd, Cu, Mn), их оксиды (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO, MgO, SO_3) и большое количество щелочей, обуславливающих высокую щелочность ($pH = 10-12$) шлама. Также, значительное количество полезных компонентов, доступных для извлечения: железо (40 %), кальций, кремний, титан, цирконий, галлий, скандий, иттрий [3]. Это представляет серьезную угрозу загрязнения искусственных и естественных экосистем не только южного региона Украины, но и всей страны.

Особое место среди техногенных территорий занимают шламохранилища и хвостохранилища со складированным на них мелкодисперсным материалом, что обуславливает подверженность таких техногенных массивов ветровой и водной эрозии. Кроме того, хвостохранилища занимают большие площади, и в

результате ветровой эрозии загрязнению подвержены территории, многократно превышающие площади земельного отвода предприятий, что оказывает существенное влияние на состояние природной среды.

Самозарастание шламохранилищ и хвостохранилищ практически не происходит в результате ветровой и водной эрозии, обусловленной бесструктурностью и низкой водоудерживающей способностью субстрата.

Мировой опыт показывает, что наилучшим способом прекращения эрозийных процессов на отвалах отходов рудообогатения является создание дернины. Биологическая рекультивация, в ее традиционном понимании, предполагает нанесение на минеральный субстрат плодородного слоя (землевание) с последующим посевом многолетних трав. Однако, помимо того, что затраты на рекультивацию составляют до 15 % стоимости реализации минерального сырья (в мире – 4,5 % реализации минерального сырья), изъятие плодородного слоя с других территорий переводит их в категорию нарушенных [8].

Так как хвостохранилища занимают большие площади, создание дернины является наиболее экологически целесообразным и экономически приемлемым решением для сохранения техногенных территорий.

Изучение проблемы сохранения техногенных территорий и опыт, накопленный нами, определили дифференцированный подход к ее решению:

- создание дернины с нанесением плодородного слоя для закрепления пылящих поверхностей хвостохранилищ, находящихся в эксплуатации;

- метод задернения для прекращения ветровой эрозии отработанных хвостохранилищ, а также откосов и бERM ограждающих дамб действующих хвостохранилищ;

- создание покрытия поверхности хвостохранилища камышовыми матами для закрепления пылящих техногенных территорий.

Для разработки данной технологии с целью сохранения техногенного сырья и предупреждения

ветровой эрозии на хвостохранилищах предприятия Николаевского глиноземного завода заложены опытные полигоны, площадью от 5 до 10 га.

На территории НГЗ расположены два хвостохранилища. Хвостохранилище № 1 построен по проекту ГПИ «Укрводоканалпроект» и введен в эксплуатацию 1980 года, общая площадь составляет 142 га, рассчитано на 20 млн м³ красного шлама. Хвостохранилище № 2 с технологией «сухого» складирования красного шлама введен в эксплуатацию в 2004 году, имеет мощность 1,5 млн м³/год, занимает территорию площадью 150 га [5]. Количество влаги в шламовых отходах, складываемых на хвостохранилище № 1, составляет 40-60 %, на хвостохранилище № 2 – 24-26 %.

Однако эти хвостохранилища имеют и общие черты (мелкодисперсность, бесструктурность, низкую водоудерживающую способность субстратов), которые являются основными причинами проявления эрозийных процессов.

Методы и результаты исследования. При разработке технологии создания дернины без нанесения и с нанесением плодородного слоя был использован опыт пылеподавления поллютантов, полученный в работах по дезактивации в 30-километровой зоне Чернобыльской АЭС [6].

Суть метода задернения заключается в снятии дернины на хорошо залуженных территориях и ее размещением на поверхности хвостохранилищ. Создание полигонов для получения дернины с целью покрытия поверхности хвостохранилищ НГЗ проводилось на специально отведенных земельных территориях. Наиболее подходящими для этой цели стали земельные отводы санитарной зоны вокруг хвостохранилищ НГЗ (рис. 1). Предложенные для создания дернины травы являются представителями луговых экосистем юга Украины, которые являются жаростойкими, также не влияют на флору прилегающих к полигону выращиванию травостоев для дернины.



Рис. 1. Полигон для получения дернины

Территория, с которой снимались дернина, была рекультивирована за счет как попавших в нее семян трав при снятии дернины, так и специальным подсевом нового количества семян. Снятие дернины

проводили с помощью специальной машины TURF CUTTER, которая способна подрезать дернину необходимой толщины и длины (3-5 см) (рис. 2).



Рис. 2. Машина для снятия дернины TURF CUTTER

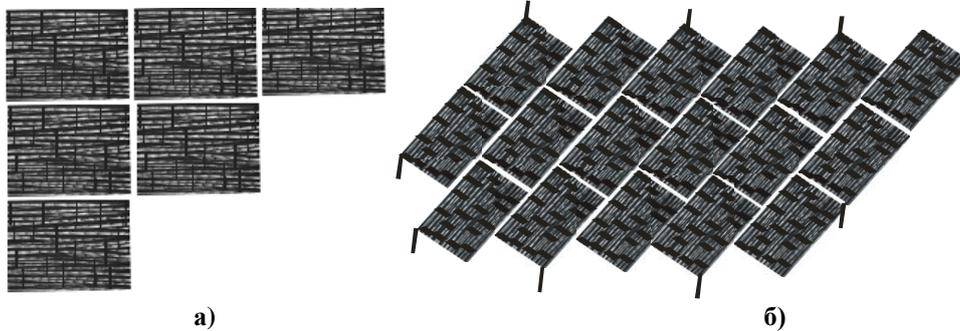
При создании дернины с нанесением плодородного слоя для закрепления пылящих поверхностей хвостохранилищ, находящихся в эксплуатации использовали смесь песка и глины (10 см), затем 10 см чернозема. Для устойчивости к щелочной среде, стойкости к атмосферным осадкам и температурным колебаниям была экспериментально выведена травосмесь: овсяница тростниковая – *Festuca arundinacea* (*Festuca orientalis*) и райграс пастбищный – *Loifium peteme* (3:1). Расход семян: 150 кг/га овсянницы и 50 кг/га райграса.

Для реализации покрытия поверхности хвостохранилища камышовыми матами для закрепления пылящих техногенных территорий использовали заготовленные камышовые маты. Для изготовления растительных матов использовали тростник, который находился в прилегающих к хвостохранилища НГЗ районах. Камыш срезался в осенний или зимний период года, что не наносило ущерба представителям фауны, которые живут в тростнике. Срезания

тростника происходило на уровне поверхности воды и не имело негативных последствий на эту водную экосистему, также срезание осуществлялось без нарушения корневой системы, не препятствовало прорастанию тростника в следующем году.

При разработке технологии покрытия поверхности хвостохранилищ тростниковыми матами были учтены климатические условия данного региона (юг Украины), токсичность отходов и возможность вторичного использования отходов добывающих и перерабатывающих предприятий.

Научно обоснованными рекомендациями по применению покрытия из тростниковых матов является: использование на поверхности склонов хвостохранилищ, размер матов должен составлять $2 \times 3 \text{ м}^2$, плотность покрытия 132 кг/м^2 . Скрепления матов между собой в отдельные секции («дорожки»), что позволяет, при необходимости, скатывать их в рулоны (рис. 3).



а)

б)



Рис. 3. Схема укладки камышовых матов на пляжах (а) и склонах (б) поверхности хвостохранилищ

Лабораторные и полевые исследования показали, что дернина характеризуется высокой противозерозионной стойкостью во времени, хорошей воздухо- и водопроницаемостью, устойчивостью к атмосферным осадкам и температурным колебаниям,

экологической чистотой, способностью с течением времени к биоразложению (Месяц, Мельников, 1997). Покрытие поверхностей хвостохранилищ нанесением смесей почв для посева травосмеси, сразу же прекращает ветровую эрозии (рис. 4).



Рис. 4. Создание плодородного слоя предотвращает ветровую эрозию (хвостохранилище № 1 Николаевского глиноземного завода)

Оценка эксплуатационных свойств покрытия проводилась с точки зрения целесообразности его применения, как для закрепления пылящих поверхностей, так и для создания дернины с нанесения плодородного слоя в рамках предложенного метода.

Так, плодородный слой, помимо того, что сразу же прекращает ветровую эрозию, обеспечивает лучший прогрев, повышает водоудерживающую способность для прорастания семян. Уплотнение верхнего слоя при посеве приводит к уменьшению пористости поверхности хвостохранилища. В сухой летний период не наблюдается пересыхания и выветривания поверхности хвостохранилищ, в то же время дернина хорошо переносит весенние и осенние заморозки.

Улучшение экологического фона за счет прекращения ветровой, стойкость к атмосферным осадкам и колебаниям температуры создают благоприятные условия для роста и развития растений, способствуют образованию мощной корневой системы, стабильно высокую биопродуктивность сеяного фитоценоза и его воспроизводство.

Биопродуктивность сеяного фитоценоза является определяющим фактором для создания дернины на хвостохранилищах. Растительные остатки, обеспечивая поступление органического материала в субстрат, при разложении пополняют запасы минерального питания растений, определяют реакцию среды и биохимическую активность, ответственную за накопление органического вещества, а также интенсивность всех обменных процессов [7].

Таким образом, чем больше в системе представлен биокомпонент, тем энергичнее происходят процессы разложения поступающих растительных остатков, многообразнее связи, определяющие интенсивность процессов биологической организации техногенного минерального субстрата.

По результатам наблюдения установлено, что уже на начальном этапе существования сеяного фитоценоза наблюдается аккумуляция органического вещества в субстрате в результате поступления в первый год большого количества растительных остатков покровной культуры (рис. 5).



а)

б)

Рис. 5. Общий вид хвостохранилища:

а) до проведения работ по закреплению; б) в первый год существования дернины

Полевые исследования на опытных участках показали, что маты не потеряли своих свойств и упругости. Долговременное влияние щелочной среды на биомассу высушенного камыша и дернины не привело к разложению материалов.

Покрытие поверхности хвостохранилища НГЗ специально подготовленными биологическими материалами, как метод предотвращения ветровой эрозии, обеспечивает их устойчивость и долговечность (до 5 лет), также решает задачи повторного раскрытия хвостохранилища для извлечения шламов (при необходимости) с последующим восстановлением покрытия.

Проведенные исследования свидетельствуют, что в течение года данные покрытия позволяют снизить дефляцию красных шламов на 90 %. Данные методы покрытия хвостохранилища дерном и тростниковыми матами являются достаточно эффективным для предотвращения ветровой эрозии техногенных массивов, что в свою очередь предотвращает негативное воздействие на население и экосистему.

Полученные результаты исследований относительной эффективности различных методов предотвращения ветровой эрозии хвостохранилищ в естественных условиях НГЗ вполне соизмеримы с аналогичными лабораторными исследованиями.

Как показали результаты мониторинга при создании биологических покрытий на хвостохранилищах ООО «Николаевский глиноземный завод» (входит в состав РУСАЛа), выбранном в качестве тестового объекта, где систематические наблюдения ведутся 10 лет, прекращение эрозионных процессов, стабильно высокая продуктивность травостоя.

В результате создания биологического покрытия образуется травостой, характеризующийся быстрым ростом и стабильно высокой продуктивностью, своевременным прохождением всех фенофаз роста и развития растений, включая репродуктивную в условиях короткого вегетационного периода, ежегодным самовозобновлением растительного покрова.

Следует отметить, что при сложных гидрометеорологических условиях противозерозивные материалы (дернина и тростниковые маты) не теряют своих физиологических свойств, остаются устойчивыми к резкому колебанию температурного режима, предотвращают ветровую эрозию. Также, длительное пребывание матов, дернины под водой и шламовой суспензией не нарушило их состояния, что делает предлагаемые нами материалы эффективными для предотвращения ветровой эрозии техногенных территорий.

Использование камышовых матов для закрепления поверхности хвостохранилищ не вносит дополнительной антропогенной нагрузки на персонал, прилегающую территорию, биоту и экосистему в целом.

Выводы. На основании практического опыта по восстановлению нарушенных земель разработан технологический метод к решению проблемы сохранения техногенных месторождений, заключающийся

в создании дернины без и с нанесением плодородного слоя, а также покрытие из камышовых матов.

Как показали исследования, успешность реализации такого метода в рамках разработанной концепции обеспечивается созданием биопокрытия, которое решает комплекс задач по улучшению экологического фона, обеспечивает стабильно высокую продуктивность травостоя и образование устойчивой дернины на техногенной среде.

Предлагаемое решение сохранения техногенных месторождений созданием дернины и покрытие из тростниковых матов является:

1) универсальным (высокая способность к снижению уровня дефляции на хвостохранилищах при различных метеорологических условиях и устойчивость к токсической среде);

2) технологичным (обеспечивает быструю реализацию технологии с вторичным использованием отходов без нарушения покрытия);

3) высокопроизводительным (обеспечивает закрепление больших площадей в короткие сроки);

4) экономически выгодным (исключает дорогостоящие и трудоемкие операции по нанесению химических реагентов на отработанных хвостохранилищах, а также откосах и бермах ограждающих дамб действующих хвостохранилищ);

5) технически надежным (необратимость достижений заданных характеристик на весь период эксплуатации);

б) экологически целесообразным (создание дернины и тростниковых матов на хвостохранилищах перерабатывающих предприятий улучшает состояние окружающей природной среды, обеспечивает восстановление экологических функций территории).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бересневич П. В. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ / П. В. Бересневич, П. К. Кузменко, Н. Г. Неженцева. – М.: Недра, 1993. – 123 с.
2. Галецкий Л. С. Техногенні відходи – потенційні джерела для утворення техногенних родовищ / Л. С. Галецький, Ф. Р. Польської, Л. О. Петрова, А. Д. Пилипчук // Наукові праці ДНТУ. – Вип. 81. Серія: Гірничо-геологічна. – Донецьк: ДонНТУ, 2004. – С. 110–113.
3. Губіна В. Г. Червоні шлами Миколаївського глиноземного заводу – цінна технічна сировина / В. Г. Губіна, В. М. Кадошніков // Геолого-мінералогічний вісник. – 2005. – № 2. – С. 122–126.
4. Іщук С. І. Промислові комплекси України / С. І. Іщук. – Київ, 2003. – 157 с.
5. Разработка методов и средств закрепления пляжей шламоохранилища Николаевского глиноземного завода: Отчет о НТР (заключительный) / КНУ им. Т. Шевченко. № 268-П от 28.08.2004. – К., 2004. – 74 с.
6. Гродзинський Д. М. Методи управління радіємністю екосистем / Д. М. Гродзинський, Ю. О. Кутлахмедов, О. М. Михеев; під редакцією акад. Д. М. Гродзинського. – Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 172 с.
7. Месяц С. П. Обоснование способов хранения техногенного минерального сырья / С. П. Месяц, Ю. В. Волкова // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12. № 4. – С. 735–741.
8. Counting the cost of environmental management // Mining Journal. – 1994. – V. 322. № 8272. – P. 287.

Рецензенти: Кутлахмедов Ю. О., д. б. н., професор;
Петрук В. Г., д. т. н., професор.

© Огородник А. Н., Григорьева Л. И.,
Томилини Ю. А., 2014

Дата надходження статті до редколегії 16.04.2014 р.

ОГОРОДНИК Анна Миколаївна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри біології та екологічної безпеки Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: пошук методів зменшення тиску на довкілля від екологічних поллютантів.

ГРИГОР'ЄВА Людмила Іванівна – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології та екологічної безпеки Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: радіаційна гігієна та дозиметрія, оцінка еколого-техногенного та радіаційного ризику, біологічні методи очищення екосистем.

ТОМІЛІН Юрій Андрійович – доктор біологічних наук, професор, директор Інституту радіаційної та екологічної безпеки Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: екологічна та радіаційна безпека техногенно-навантажених територій, біологічні методи очищення екосистем, автоматизовані системи радіаційного контролю.