

Аннотация

диссертационной работы диссертанта Ахмет Айнагуль на тему «**Технология биовыщелачивания ценных компонентов из фосфорсодержащих отходов Южного Казахстана**» на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070100 – Биотехнология

Общая характеристика работы. Диссертационная работа направлена на разработку технологии биовыщелачивания ценных компонентов из фосфорсодержащих отходов Южного Казахстана посредством уточнения их основных физико-химических и биологических характеристик, с последующим составлением трех композиций из выделенных активных штаммов микроорганизмов, используемых при вариативе условий переработки отходов для извлечения комплекса ценных металлов.

Актуальность исследования. Одной из серьезных экологических проблем Казахстана является наличие значительных объемов промышленных и техногенных отходов. В настоящее время на территории государства складировано порядка 31,6 млрд т промышленных отходов, в т.ч. в Южном Казахстане более 150,8 млн т полиметаллических, 2,8 млн т свинцово-цинковых и более 500 000 т фосфорсодержащих отходов. Активные процессы урбанизации привели к тому, что места складирования техногенных отходов постепенно оказались в черте города. В результате водно-ветровых эрозионных процессов, техногенные отходы превратились в источники опасности для окружающей среды и здоровья населения. Так, в медицинских исследованиях установлено, что в результате влияния фосфорсодержащих отходов г.Шымкент, в организме людей, проживающих вблизи от зоны складирования токсикантов повышены показатели ретикулоцитоза и гипохромной анемии.

Известно множество технологий утилизации промышленных техногенных отходов, среди них наиболее перспективны биотехнологические методы. В настоящее время наиболее широкое применение в переработке техногенных отходов приобрела технология биовыщелачивания, которая используется в горнодобывающей промышленности Китая, Франции, Пакистане, Южной Америке, России, Испании и в Казахстане. Биовыщелачивание фосфорсодержащих отходов, расположенных на территории г.Шымкент в Южном Казахстане, не только предотвратит экологическое воздействие на окружающую среду, но и позволит доизвлечь из них дополнительные ценные компоненты.

Цель исследования: Разработка технологии биовыщелачивания ценных компонентов из фосфорсодержащих отходов Южного Казахстана.

Задачи исследования:

- Изучение физико-химических, минералогических и биологических свойств фосфорсодержащих отходов г. Шымкент;
- Изучение особенностей распространения микроорганизмов в фосфорсодержащих отходах, расположенных в г. Шымкент;

- Выделение и селекция новых штаммов микроорганизмов, перспективных для биовыщелачивания ценных компонентов из фосфорсодержащих отходов;
- Разработка технологии биовыщелачивания ценных компонентов из фосфорсодержащих отходов в г. Шымкент.

Объект исследования: в качестве объекта исследования были выбраны фосфорсодержащие техногенные отходы, складированные на территории г. Шымкент в Южном Казахстане.

Научная новизна работы:

- Установлено, что минералогический состав фосфорсодержащих шлака и шлама, складированных на территории г. Шымкента, представлен псевдоволластонитом, куспидином, мелилитом, акерманитом, ранкинитом, фторапатитом, флюоритом, силикокарнитом, кальцитом, кварцем, феррофосфором. Выявлено, что содержание $1,0 \pm 0,1\%$ шлака в субстрате оказывает стимулирующее действие на тест-объекты, а концентрация $10,0 \pm 0,9\%$ является летальной для всех организмов. Установлены чувствительные виды гидробионтов *Scenedesmus quadricauda*, *S. protuberans*, *Synedra ulna*, *Rotatoria sallicina*, *Aeolosoma sp.*, *Nematoda sp.*, *Gammarus lacustris*, *Daphnia magna*, которые могут быть использованы в биоиндикационных целях.

- Установлено, что микробная популяция фосфорсодержащих отходов, расположенных в г. Шымкент, состоит из гетеротрофных, азотфиксирующих, денитрифицирующих, сероокисляющих, нитрифицирующих бактерий, микромицетов и актиномицетов, с превалированием доли микромицетов. Выявлено, что наибольшее количество микроорганизмов 10^7 - 10^8 кл/г сосредоточено на глубине 10-30 см, что объяснимо наличием оптимальных параметров газо-воздушного режима, влажности и биогенных элементов.

- В результате селекционных и скрининговых работ из фосфорсодержащих отходов выделены новые штаммы микроорганизмов, перспективные для использования в биовыщелачивании и таксономически определенные как *Aspergillus niger* ASIA, *A.tubingensis* ASPN, *A. terreus* JOM, *A. flavus* AsZ, *A. flavus* AsF, *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* ST, *Galionella capsiferriformans* TS, *Pseudomonas stutzeri* NJA, *Methyloversatilis thermotolerans* MSO, *Ralstonia pickettii* ASA, *R. pickettii* TS2, *Zoogloea resiniphila* NS1; *Acinetobacter sp.* NAO.

- На основе новых штаммов микроорганизмов разработаны микробные консорциумы, способные селективно извлекать ценные компоненты из отходов: консорциум TIAI из штаммов железоокисляющих бактерий *Acidithiobacillus ferrooxidans* ThIO1, *A. ferrooxidans* ThIO2 извлекает Zn, Al, Mn, Rb; консорциум ANAT состоящий из штаммов микромицетов *Aspergillus niger* ASIA и *A.tubingensis* ASPN извлекает Cu, Ag, V, Ru, Mo, Ba, Zr, консорциум NEMfos из нитрификаторов *Nitrosomonas europaea* Nit1 и *M. thermotolerans* MSO извлекает Ce и La.

- Разработана трехстадийная технология биовыщелачивания фосфорсодержащих отходов, расположенных в г. Шымкент, с использованием микробных консорциумов TIAI, ANAT и NEMfos, которые

могут быть использованы сепаратно или последовательно, в зависимости от исходных физико-химических характеристик отходов, с извлечением из отходов до $85,2 \pm 7,8\%$ ценных металлов.

Степень обоснованности и достоверности диссертационной работы.

Достоверность и точность научных результатов определены с использованием апробированных методик для оценки физико-химических и биологических характеристик отходов и с использованием большого объема выборки. Результаты полученных данных доказаны на основании сравнительной оценки с результатами аналогичных исследований. Представленные в диссертационной работе результаты получены в течение многолетних исследований, проведенных не менее, чем в трехкратной повторности и статистически обработаны с применением статистических методов обработки - дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов, где был определен уровень точности проведения экспериментов при значительной вероятности исследуемой выборки и достоверности полученных результатов. Кроме того, результаты исследований обрабатывались с помощью компьютерной программы Excel для оформления их в виде графических данных. В целях выполнения запланированных исследовательских работ и биотехнологических практик применены специальные сертифицированные методы, стандарты МЕСТ и РК. Оборудование и материалы, использованные в ходе исследования, соответствуют требованиям нормативно-технических документов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Уточненный минералогический состав фосфорсодержащих отходов представлен псевдоволластонитом, куспидином, мелилитом, акерманитом, ранкинитом, фторапатитом, флюоритом, силикокарнотитом, кальцитом.

- $1,0 \pm 0,1\%$ содержание фосфорсодержащих отходов в субстрате оказывает стимулирующее действие на тест-растения с увеличением морфометрических показателей на $23,1 \pm 2,0\%$, повышение концентрации отходов до $10,0 \pm 0,9\%$ оказывает летальное действие на все организмы, при этом фосфорсодержащий шлам более токсичный, чем шлак.

- Микрофлора фосфорсодержащих отходов состоит на $46,7\%$ из микромицетов, на $40,8\%$ из бактерий, включающих гетеротрофные, азотфиксирующие, нитрифицирующие, денитрифицирующие, сероокисляющие бактерии, и $8,8\%$ актиномицетов.

- Выделено 12 новых штаммов микроорганизмов, перспективных для целей биогеотехнологии, таксономическая принадлежность которых определена методом ПЦР-анализа.

- На основе новых штаммов микроорганизмов разработаны консорциумы TIAI, ANAT, NEMfos, способные при оптимальных условиях культивирования селективно выщелачивать ценные компоненты из фосфорсодержащих отходов.

- Применение разработанной трехстадийной технологии биовыщелачивания фосфорсодержащих отходов с использованием микробных консорциумов отдельно или в совокупности, в зависимости от

вариатива физико-химических характеристик отходов, способствует извлечению из них до $85,2 \pm 7,8\%$ ценных металлов.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования.

Теоретическая значимость результатов исследований заключается в данных по реакции тест-растений и организмов-гидробионтов на фосфорсодержащие токсиканты; об особенностях распространения микроорганизмов в местах складирования отходов; выявленной структуре микробной популяции фосфорсодержащих шлаков и шламов; выделенных и описанных новых штаммах микроорганизмов и их таксономических характеристиках, выявленных с помощью ПЦР-анализа.

Практическая значимость результатов исследования заключается в новых штаммах микроорганизмов, перспективных для биогeотехнологии; разработанные микробные консорциумы TIAI, ANAT, NEMfos, которые сепаратно или вкуче могут использоваться для получения концентратов ценных компонентов из различного техногенного или минерального сырья; трехстадийная технология биовыщелачивания может быть рекомендована для использования в целях переработки различных фосфорсодержащих отходов на территории Казахстана. Эффективность разработанной технологии трехстадийного биовыщелачивания подтверждена актом испытания на производственном предприятии ТОО «Кайнар» (Приложение А).

Апробация результатов диссертация. Основные результаты исследовательской работы были обсуждены на следующих международных конференциях: «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации» (Мат. XXIII международной научно-практической конференций, г. Пенза, 2019 г.), «Ауэзовские чтения-17: новые импульсы науки и духовности в мировом пространстве» (Труды международной научно-практической конференций, г. Шымкент, 2019 г.), «Актуальные проблемы биоразнообразия и биотехнологии» (материалы международной научно-практической конференций, г.Нур-Султан, 2019 г.), «Научное сообщество студентов. Междисциплинарные исследования»: ХСІХ студенческая научно-практическая международная конференция (Новосибирск қ., 2020ж.),

Публикации по теме исследования. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 9 на международных и республиканских научно-практических конференциях, 1 статьи в международном журнале импакт – фактором, цитируемом в Scopus, 3 статьи в журналах, рекомендованных ККСОН МНВО Республики Казахстан.

Личный вклад диссертанта. Автор выполнил поиск и анализ литературных данных, провел лабораторные исследования и укрупненные испытания в промышленных условиях, статистически обработал полученные первичные экспериментальные данные, подготовил публикации по теме диссертации, подготовил и оформил диссертационную работу.

Связь с планом основных научных работ. Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки Республики Казахстан, направленной на развитие сектора переработки отходов с получением продукции из вторичного сырья. Диссертационные исследования по биовыщелачиванию редко-земельных элементов из фосфорсодержащих отходов проводились в рамках реализации гранта МОН РК № 1969/ГФ4 "Разработка способа биологического выщелачивания лантана, церия и неодима из полиметаллических, фосфорсодержащих и свинцово-цинковых отходов юга Казахстана" (2015-2018гг.) и инициативной темы НИР НИИ экологии и биотехнологии ЮКУ им.М.Ауэзова: «Рациональные ресурсосберегающие технологии».

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения; аналитического обзора; главы, описывающей объекты и методы исследования; главы с анализом результатов исследования; заключения; 5 приложений; списка использованной литературы, представленной 212 наименованиями. Диссертация состоит из 147 страниц, содержит 60 рисунков и 13 таблиц.