**ОПЫТ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ОТХОДОВ
ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА
ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМОМОЛИБДЕНОВОГО
КОМБИНАТА**

Бардамова И.В.¹, Дорошкевич С.Г.²

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Оценена эффективность использования смеси газонных трав для фиторемедиации хранилищ отходов горно-обогатительного производства Джидинского вольфрамомолибденового комбината.

Ключевые слова: фиторемедиация, вегетационный опыт, отходы горно-обогатительного производства, тест-культура

**EXPERIENCE IN PHYTOREMEDIATION OF WASTE FROM THE
MINING AND PROCESSING PLANT OF THE DZHIDINSKY
TUNGSTEN-MOLYBDENUM COMBINE**

Bardamova I.V., Doroshkevich S.G.

Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Vegetation experiments were conducted to study phytoremediation of waste from mining and processing production. Testing was carried out on a mixture of lawn grasses. The technology of phytoremediation using humus and limestone is proposed.

Keywords: phytoremediation, vegetation experience, wastes of tailings, test plant

Введение

Загрязнение почв и окружающих ландшафтов опасными токсичными компонентами является одной из актуальных экологических проблем в мире. Интенсивное развитие промышленного производства и транспорта приводит к значительному росту содержания тяжелых ме-

¹ Бардамова Ирина Владимировна – вед. инженер ГИН СО РАН; тел. +79243943380; e-mail: irina-bardamova@yandex.ru;

Bardamova Irina Vladimirovna - Lead engineer of Geological Institute of SB RAS

² Дорошкевич Светлана Геннадьевна – с.н.с. ГИН СО РАН; Тел. + 79834347760; e-mail: sv-dorosh@mail.ru;

Doroshkevich Svetlana Gennadievna - senior researcher of Geological Institute of SB RAS

таллов (ТМ) в атмосферном воздухе, водных объектах и почвах. В соответствии с Федеральным законом "Об охране окружающей среды" [1] объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, в зависимости от уровня такого воздействия подразделяются на четыре категории. Горнодобывающее производство относится к объектам I категории – объектам, оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду, интенсивно загрязняющим почву и прилегающие ландшафты.

Отходы горно-обогатительного производства Джидинского вольфрамомолибденового комбината, расположенные в хвостохранилище урочища Барун-Нарын (Закаменский район, Бурятия), содержат химические элементы с высокими концентрациями, г/т: Cu (130-380), Zn (390-1331), Pb (849-1400), Co (6-40), As (15-22), Cd (4-17), Mo (18-49), W (1076-1544) [2]. В соответствии с СанПиНом 2.1.7.1287-03, такие отходы являются чрезвычайно опасными и соответствуют II-му классу токсичности. Отмечено накопление токсичных доз ТМ на различных уровнях пищевой цепи и негативное влияние на здоровье местного населения, выражающееся в увеличении уровня общей заболеваемости, заболеваний органов дыхания и костно-мышечной системы [3]. Первоочередной задачей, которую следует учитывать в стратегии развития Закаменского района и Республики Бурятия, в целом, является нейтрализация опасных загрязнителей.

Современные технологии очистки почв, загрязненных ТМ, по принципу действия делятся на три типа: механические, физико-химические и биологические. Механическая очистка заключается в удалении и дальнейшей утилизации верхнего загрязненного слоя почвы/грунта. Физико-химическую очистку осуществляют при помощи электрического тока за счет разности потенциалов, при помощи термической обработки или промывкой почвы различными нейтрализующими растворами. Наиболее перспективными, экологически чистыми и менее энергозатратными являются биологические методы очистки почв от ТМ с использованием микроорганизмов и растений.

Фиторемедиация – один из биологических методов очистки. На загрязненных почвах/грунтах выращивают специально подобранные виды растений для извлечения ТМ корневой системой и накопления в наземной биомассе, с последующей их утилизацией. Данная технология активно развивается за рубежом, но применимость в природно-климатических условиях России остается недостаточно изученной [4].

Цель наших исследований - оценить эффективность использования смеси газонных трав для фиторемедиации хранилищ отходов горно-обогатительного производства Джидинского вольфрамомолибденового комбината.

Объекты и методы исследований

Экспериментальные исследования проводили в условиях вегетационного опыта, схема представлена в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта

№ варианта	Испытуемые субстраты	Условные обозначения
I	отходы горно-обогатительного производства Джидинского вольфрамомолибденового комбината	О
II	отходы горно-обогатительного производства с поверхностным внесением перегноя в дозе 20 т/га	ОП
III	отходы горно-обогатительного производства с равномерным перемешиванием известняка в дозе 2,5 т/га	ОИ
IV	отходы горно-обогатительного производства с равномерным перемешиванием известняка и поверхностным внесением перегноя в дозах 2,5 и 20 т/га, соответственно	ОИП

В качестве тест-культур использовали смесь газонных трав, составленную из районированных к местным климатическим условиям растений - овсяницы красной, райграса пастбищного, мятлика лугового, клевера белого. Повторность по опытам – 6-кратная. Продолжительность периода вегетации – 86 сут.

В течение всего периода исследований проводили фенологические наблюдения за состоянием растений, при которых учитывали общее состояние растений, их внешний вид, высоту растений, процент проективного покрытия поверхности, продолжительность периода вегетации. Урожайные данные были получены при трехразовом скашивании надземной массы газонной травы через 1/2, 2/3 и по окончании вегетационного периода.

Определение содержания химических элементов в сухой наземной массе растений проводили в Хабаровском инновационно-аналитическом центре методом “кислотного разложения” на ICP-MS Elan 9000 Perkin Elmer.

Результаты и их обсуждение

Наблюдения за ростом и развитием газонной травы показали, что в варианте I (О) с субстратом из отходов горно-обогатительного производства всходы были редкие. Урожайность составила 2 ц/га (рис. 1).

Рисунок 1. Внешний вид и урожайность зеленой массы газонной травы

В этом варианте отмечен низкий процент проективного покрытия, небольшая скорость роста, угнетение и гибель ростков на 43 день от появления всходов (табл. 2).

Таблица 2. Характеристики роста травосмеси по вариантам опыта

Характеристики	О	ОП	ОИ	ОИП
Средняя скорость роста, мм/день (по данным на 43 день)	1,63	6,04	4,88	5,35
Средняя высота растений, мм (по данным на 43 день)	70	260	210	230
Проективное покрытие, %	20	97	93	100
Продолжительность периода вегетации, сут.	43	86	86	86

В вариантах с внесением извести, перегноя и их смеси отмечено интенсивное развитие растений с высокой степенью проективного покрытия (см. табл. 2). Совокупный урожай зеленой массы газонной травы в варианте с использованием перегноя и в варианте с известью был примерно на одном уровне и составил 83 и 71 ц/га, соответственно. Максимальная урожайность (119 ц/га) отмечена при совместном использовании перегноя и извести (см. рис. 1).

Эффективность использования смеси газонных трав для фиторемедиации хранилищ отходов горно-обогатительного производства Джидинского вольфрамомolibденового комбината оценивали по вариантам с добавками (ОП, ОИ и ОИП). Установлено, что, несмотря на существенное различие в урожае фитомассы - до 1,7 раз между разными вариантами опыта, суммарный вынос химических элементов растениями в них находится практически на одном уровне (рис. 2).

Рисунок 2. Эффективность использования смеси газонных трав для фиторемедиации хранилищ отходов горно-обогатительного производства Джидинского вольфрамомolibденового комбината

Прогноз вероятного очищения отходов горно-обогатительного производства произведен расчетом количества лет до достижения фоновое уровня содержания определенного химического элемента (табл. 3).

Таблица 3. Количество лет для достижения фоновый уровень валового содержания химического элемента в почвах при ежегодном скашивании газонной травы

Вариант опыта	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	W	Pb
ОП	212	1	1	63	91	94	309	95	58890	5213
ОИ	726	1	1	64	98	96	168	96	30597	3068
ОИП	401	1	1	86	87	64	133	73	36511	2794

Заключение

Для целей фиторемедиации отходов горно-обогатительного производства предложена к использованию технология, основанная на посеве газонных трав с применением известняка (перемешивание с отходами горно-обогатительного производства) и перегной (поверхностное внесение) в агротехнических дозах 2,5 и 20 т/га, соответственно.

Благодарность

Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту IX.137.1.4. Взаимодействия в системе вода-порода-органическое вещество в природных и техногенных обстановках Байкальского региона № АААА-А17-117021310076-3

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 31.07.2020) "Об охране окружающей среды" [Электронный ресурс] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/a646b4197509ac4f8583b190e3b018fc27f3ae35/ (Дата обращения 08.09.2020)
2. Дорошкевич С.Г., Бардамова И.В. Фитотоксичность лежалых отходов обогащения сульфидно-вольфрамовых руд Джидинского месторождения (Западное Забайкалье) // Геозкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2016. № 3. С. 241-251
3. Прусаков В.М., Прусакова А.В., Басараба И.Н., Англистер М.В., Ходанович П.Ю., Смирнова О.К., Яценко Р.И. Оценка риска здоровью детского населения от воздействия техногенных песков вольфрамомолибденового ГОКа // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2005. №8(46). С. 55-60
4. Неведров Н.П. Селективная фиторемедиация черноземных и серых почв / Н.П. Неведров, Е.П. Проценко. - Saarbrücken Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 131 с.