

и минералы (например, киноварь), которые со временем подвергаются выветриванию с последующей миграцией химических элементов. К техногенным относятся различные объекты промышленности, которые являются источником загрязнения всех компонентов природной среды. На исследуемой территории промышленность представлена предприятиями стройиндустрии, машиностроения, а также предприятиями добывающей промышленности (добыча бурого угля) и энергетики. Техногенным источником загрязнения ртути, в первую очередь, может являться уголь, его добыча, дальнейшая переработка и использование в качестве топлива.

Целью исследования является определение содержания ртути и особенностей ее распределения в почвах локальных территорий Забайкалья.

Отбор и подготовка проб почв выполнялись согласно ГОСТ Р 58595-2019. Для исследования было отобрано 33 пробы почвы.

Анализ ртути в пробах почв исследуемой территории проведен в лабораториях ТПУ. Для определения содержания ртути в почвах был использован метод атомно-абсорбционной спектрометрии. Он основан на восстановлении связанной ртути в исследуемых пробах с помощью пиролиза и последующего переноса образовавшейся атомарной ртути из атомизатора в аналитическую кювету воздухом. Работа проводилась на анализаторе ртути «РА-915+» с приставкой «ПИРО-915+» (при консультации к.х.н., доцента ОГ ИШПР ТПУ Осиповой Н. А.). В качестве стандарта использовали стандартный образец почвы СДПС-3 с содержанием ртути 0,290 мг/г.

Для сравнения полученных значений использовали кларки, представленные в таблице.

Таблица

Кларки ртути в почвах мира и земной коре, мг/кг

Кларк по Н.А. Григорьеву	Кларк по А.П. Виноградову [1]	Кларк по А. Kabata-Pendias [5]	
В верхней части континентальной земной коры	В почве	В земной коре	В почве
0,065	0,05	0,07	0,07

Среднее содержание ртути в пробах почв на исследуемой территории составляет 0,085 мг/кг, что незначительно превышает приведенные в таблице значения (от 1,2 до 1,7 раз). Минимальное содержание ртути в почве среди всех проб составляет 0,012 мг/кг (проба 2241011). Это значение не превышает кларков ртути в почвах и земной коре. Максимальное содержание ртути в исследуемых пробах составило 1,24 мг/кг (проба 2223011). Это значение превышает кларк по Григорьеву в 19 раз, кларк в почве по Виноградову почти в 25 раз, а кларк ртути в земной коре и почвах мира почти в 18 раз. Данная проба была отобрана в пойме реки Большой Ильдиган. Некоторые исследователи отмечают зависимость содержания ртути в почвах от высоты над уровнем моря, типа ландшафта, типа почв. Ранее в почвах Алтая были также выявлены районы с максимальным содержанием ртути в грунтах и почвах в пойме реки Сумульты.

Среди всех проб в результате исследования в 8 случаях из 33 наблюдается незначительное превышение кларковых значений, а остальные находятся на уровне или ниже.

В ходе исследования определено содержание ртути в почвах Забайкалья и выявлено, что большинство значений находятся на уровне фона и не превышают кларковое содержание.

Работа выполнена по гранту РНФ № 20-64-47021

Литература

1. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах [Текст] / А. П. Виноградов. – М.: АН СССР, 1957. – 259 с.
2. Доронина В. Д. Содержание и особенности распространения ртути в почвах вблизи промышленных предприятий Октябрьского района города Томска [Текст] / Д.В. Доронина // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина. – Томск, 2017. – С. 730-732.
3. Жеребцова Ю.О. Ртуть в почвах особо охраняемых природных территорий Приморского края [Текст] / Ю.О. Жеребцова // Проблемы геологии и освоения недр: статья в сборнике трудов конференции. – Томск, 2022.
4. Селюкова С.В. Тяжелые металлы в агроценозах [Текст] / С.В. Селюкова // Достижения науки и техники АПК: научная статья в журнале. – Белгород, 2020. – Т. 34. – №8. – С. 85–93.
5. Kabata-Pendias A., Boca Raton F. L. Trace elements in soils and plants. 4th ed [Text] / A. Kabata-Pendias, F. L. Boca Raton. – USA: CRC Press, 2011. – 505 p.

ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ОТХОДОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ АЛТАЙСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОВСА AVENA SATIVA В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА

Быкова Е.М.

Научный руководитель доцент С.В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Отходы, образующиеся в результате деятельности горно-обогатительных комбинатов, могут занимать огромные по площади территории. Хвостохранилища представляют собой объекты размещения отходов обогащения полезных ископаемых. Они оказывают негативное воздействие на компоненты окружающей среды. В настоящее время используют

различные экспериментальные методы для установления класса опасности отходов. Одним из таких методов является фитотестирование, которое применяется для оценки качества почв (в городской среде, в зоне размещения промышленных и сельскохозяйственных предприятий) и других компонентов природной среды. Фитотест является обязательным этапом при проведении экспериментальной оценки опасности отхода согласно СП 2.1.7.1386-03 [2].

Цель работы: оценить фитотоксичность пробы отходов Алтайского горно-обогатительного комбината с применением овса *Avēna sativa* в качестве тест-объекта.

Методика исследования: МР 2.1.7.2297-07 Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности.

В период функционирования Алтайского горно-обогатительного комбината (АГОКа) были сформированы два хвостохранилища, расположенные на северо-западе г. Горняк. Проба, исследуемая в работе, была отобрана методом прикопок на глубину до 15 см со старого хвостохранилища, эксплуатация которого продолжалась до 1968 года. Деятельность комбината была направлена на переработку полиметаллических руд и получение концентратов цветных металлов.

Хвостохранилища служат длительным источником поступления загрязняющих веществ в почву, подземные воды и атмосферу. Открытая поверхность хвостохранилищ сложена мелкодисперсным материалом, который содержит такие тяжелые металлы, как Cu, Pb, Zn, Ba и др. Дефляционные процессы, развитые в степной зоне, способствуют переносу и осаждению на прилегающих территориях элементов, содержащихся в отходах обогащения руд. Загрязнение объектов природной среды тяжелыми металлами происходит как аэрогенным путем, так и вследствие проникновения фильтратов отстойников в грунтовые воды [1].

Метод биотестирования основан на ответной реакции живых организмов на негативное воздействие фактора среды. Он способен оценить индивидуальное и комбинированное действие веществ, которое может быть сильнее (суммарное, или синергетическое действие) или, наоборот, слабее действия отдельных компонентов (нивелирование токсичности). Методы аналитической химии не способны выявить такие эффекты. Методы биотестирования также являются малозатратными и способны дать результат за небольшой промежуток времени [3].

В эксперименте в качестве тест-объекта взяты неповрежденные семена овса *Avēna sativa* сорта Тогурачанин. Тест-параметры – длина корней проростков, всхожесть семян (%). С помощью фитотестирования оценивался эффект водной вытяжки отхода на прорастание семян и дальнейший рост проростков. Тест-объект был помещен в чашки Петри с бумагой для фильтрования, куда были внесены разведения водного экстракта отхода.

Фитоэффект определяется по формуле

$$Et = \frac{L_k - L_{оп}}{L_k} \cdot 100\%$$

где L_k – средняя длина корней контрольных семян, $L_{оп}$ – средняя длина корней опытных семян [2].

Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

Результаты эксперимента по определению фитотоксичности отхода

Разведение экстракта отхода	1:1	1:2	1:5	1:10	1:50
Фитотоксический эффект, %	14,5	12,69	-7,89	-25,83	-8,25

Фитотоксическое действие является доказанным, если фитоэффект (он же эффект торможения) составляет 20 % и более. Угнетение роста зафиксировано в разведении 1:1 (22,45 %). Остальные же разведения не оказывают фитотоксического эффекта, большинство из них, наоборот, стимулирует рост растения, о чем свидетельствуют отрицательные значения фитоэффекта (1:5 – 7,89; 1:10 – 22,79; 1:50 – 7,84). Угнетения всхожести семян также не наблюдается.

Вывод: в состав отходов хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината входят различные биогенные элементы, которые в определенной концентрации оказывают стимулирующее действие на рост корневой системы овса. Таким образом, отход пригоден для рекультивации нарушенных земель.

Литература

1. Азарова С.В. [и др.] Воздействие отходов хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината на почвенный покров // Горный журнал. – 2019. – № 7. – С. 100–104.
2. Коннова Ю.А. Оценка фитотоксичности отходов горнодобывающих и нефтедобывающих предприятий // Проблемы геологии и освоения недр: Сборник научных трудов XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева и профессора К.В. Радугина. – Томск, 2019. – С. 586–588
3. Тишин А. С., Тишина Ю. Р. Методы и способы фитотестирования почв: обзор // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 11-2 (113). – С. 93–98.