ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ
PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE MANAGMENT. BIOTECHNOLOGIES

Научная статья
УДК 911.9:502
https://doi.org/10.25686/2306-2827.2025.1.86
EDN: OASHES

Геоэкологическая оценка перспектив применения отходов угледобывающих предприятий в качестве почвенного субстрата в условиях Арктики

В. В. Мазур
Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
Российская Федерация, 167001, Сыктывкар, Октябрьский просп., 55
vvmazur@list.ru

Аннотация. *Введение.* Техногенная трансформация и природный потенциал отходов угольной промышленности позволяет использовать их при рекультивации нарушенных земель. Техногенные грунты являются источниками химических веществ, которые включаются в естественные процессы и создают особый вид природно-технических систем. При этом, наиболее чувствительным индикатором стрессового воздействия антропогенных факторов в городской среде являются древесные растения. *Цель* исследования – изучить экологическое состояние техногенных грунтов и перспектив применения отходов углеобогащения в целях рекультивации земель в условиях Арктики. В *задачи* исследования входило установление валовых концентраций тяжёлых металлов в техногенных грунтах г. Воркуты, образованных угольным шламом, и оценка их влияния на рост и развитие древесной растительности. *Объект и методы*. В качестве объекта исследования были взяты техногенные почвы с клумб центральной части г. Воркуты. Для исследования валового содержания тяжёлых металлов в пробах использовали микрозондовый рентгеноспектральный анализ. Для оценки состояния саженцев деревьев проводили внешний визуальный осмотр состояния хвои (пожелтение и опадение) и измеряли размер молодых побегов. *Результаты.* Все исследуемые почвы характеризуются высоким содержанием валового железа. Содержание цинка в пробах грунта из клумб по ул. Гагарина и возле администрации города превышает ОДК (110 мг/кг). В грунте клумбы возле мэрии обнаружено повышенное содержание меди и кадмия по сравнению с ОДК, которое составляет 66 и 1,0 мг/кг соответственно. Содержание свинца в исследуемых почвенных пробах не превышает ОДК (65 мг/кг). Исследование состояния саженцев крупномеров показало, что наиболее хорошее состояние саженцев крупномеров ели обыкновенной без побурения и опадения хвои наблюдается на клумбе по ул. Гагарина и возле администрации. Значительные повреждения хвои обнаружены на участках напротив «Олимпа» и перед зданием АО «Воркутауголь». *Выводы.* В результате исследования выявлена возможность применения отходов угледобычи в качестве почвенного субстрата для клумб города. Изучены валовые концентрации тяжёлых металлов в техногенных почвах клумб, расположенных в центральной части г. Воркуты. Исследование воздействия техногенных грунтов, сформированных отходами угледобычи, на состояние хвойных крупномеров ели обыкновенной не выявило однозначных закономерностей.

Ключевые слова: техногенный грунт; тяжёлые металлы; ель обыкновенная; г. Воркута; коэффициент корреляции

© Мазур В. В., 2025

Финансирование: автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Для цитирования: Мазур В. В. Геоэкологическая оценка перспектив применения отходов угледобывающих предприятий в качестве почвенного субстрата в условиях Арктики // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование. 2025. № 1(65). С. 86–94. https://doi.org/10.25686/2306-2827.2025.1.86; EDN: OASHES

Введение

На территориях, где проводится добыча угля, формируются природно-технические системы, для которых характерны значительные техногенные преобразования природной среды. Особенности техногенных трансформаций определяются свойствами образующихся отходов, их объёмом, а также ландшафтами и климатическими особенностями местности. Включаясь в естественные процессы, отходы угледобычи становятся источниками токсичных химических веществ, в том числе тяжёлых металлов, и могут создавать опасность как для человека, так и в целом для функционирования экосистем [1].

В настоящее время активно проводятся работы, связанные с восстановлением нарушенных земель на Урале, Кузбассе и Дальнем Востоке. Выбор метода рекультивации зависит от цели дальнейшего использования восстановленных территорий, вида отходов, а также учитывает региональные климатические условия. Для восстановления нарушенных земель из материалов углеобогащения создаются насыпные почвенные горизонты, на которых со временем формируется устойчивый растительный покров и в дальнейшем происходит полное восстановление плодородия почв [2]. Также известно, что техногенные грунты обладают некоторыми функциями обычных почв [3].

Известно, что эффективность депонирования углерода на рекультивированных территориях повышается при использовании для фитомелиорации древесных видов растений [4]. При этом, древесные растения являются наиболее чувствительными биоиндикаторами стрессового воздействия антропогенных факторов. В городской среде у древесных растений наблюдается заметное изменение водного режима из-за переуплотнения почв, загрязнения и высокой плотности коммунальных сооружений, расположенных в корнеобитаемом слое [5].

Однако исследование восстановления нарушенных земель и растительного покрова на промышленных территориях изучалось в основном в условиях средней полосы. При том, что в условиях Крайнего Севера также формируются техногенные зоны и процесс рекультивации в суровых климатических условиях идёт значительно медленнее из-за низких среднегодовых температур и короткого вегетационного периода.

Основные методы рекультивации почв прописаны в ГОСТ 17.5.3.04-83, ГОСТ 17.5.3.05-84, ГОСТ 17.5.3.06-85 и др., однако, в перечисленных стандартах не учитывается способность почв к самовосстановлению. Это обусловливает актуальность изучения особенностей трансформации техногенных грунтов при их использовании на городских территориях в условиях Крайнего Севера.

Цель работы – исследовать экологическое состояние техногенных грунтов и перспектив применения отходов углеобогащения в целях рекультивации земель в условиях Арктики.

Решаемые **задачи:**

1) изучить местные техногенные грунты г. Воркуты, образованные угольным шламом и оценить их влияние на рост и развитие древесной растительности;

2) исследовать валовые концентрации тяжёлых металлов в техногенных почвах из клумб, расположенных в центральной части г. Воркуты;

3) сопоставить результаты исследования техногенных почв с результатами

оценки состояния крупномеров ели обыкновенной (2,0–3,0 м), высаженных в 2023 году на исследуемых участках.

Объекты и методы

Исследования проводились в центральной части г. Воркуты, расположенного в восточной части Большеземельской тундры, характеризующейся распространением массивно-островной многолетней мерзлоты. Прилегающая к городу территория представлена пологоувалистой равниной, покрытой чехлом покровных пылеватых суглинков. Геологическое расположение г. Воркуты совпадает с центром мульды. Для данного района типичны обширные зоны тектонических нарушений и напряжений. Недра в окрестностях г. Воркуты богаты содержанием таких элементов, как никель, кобальт, ванадий, молибден, цинк, хром, стронций, барий, марганец, радон, что ведёт к их миграции в почву и воду.

В качестве объекта исследования выбраны техногенные грунты с клумб центральной части г. Воркуты. Уникальной особенностью городских почв Воркуты является то, что именно здесь для создания клумб и зелёных зон используется угольный шлам, который специально привозят из мест добычи и переработки угля [6]. Помимо угольного шлама на клумбах используется торфоподобный субстрат, который добывается в окрестностях г. Воркуты на значительной глубине над залежами угля. Городские почвы не только являются техногенными, но ещё и создаются искусственно уже на протяжении нескольких десятилетий.

Места отбора проб выбраны на основании предварительных обследований территорий. В августе 2023 года на исследуемых участках были высажены крупномеры ели обыкновенной высотой 2,0–3,0 м. Посадочный материал был доставлен из подзоны северной тайги Пермского края. Использованы саженцы с закрытой корневой системой, которые упакованы в жёсткую тару, кроны растений при перевозке были связаны и укрыты от высушивания. Кроме того, после посадки деревья были закреплены растяжками для сохранения вертикального положения.

В 2023 году в результате полевых исследований были отобраны почвенные образцы с глубин 0–5 см на клумбах центральной части г. Воркуты, образованных техногенными почвогрунтами. Глубина отбора проб определялась тем, что плодородный почвенный слой в условиях вечномерзлотных почв минимален. Кроме того, отбирать пробы на глубину залегания корневой системы исследуемых крупномеров не было необходимости, поскольку почвенные горизонты в клумбах были представлены насыпными техногенными отвалами на всю глубину посадочной ямы крупномеров. С каждой точки отобрано не менее пяти образцов.

После отбора пробы помещали в предварительно подготовленные полиэтиленовые контейнеры и доставляли в лабораторию. В связи с тем, что исследование почвенных проб в используемой методике проводилось в вакууме, объекты исследования готовились способом, исключающим содержание влаги. Образцы сушили, измельчали путём перетирания в керамической ступке и далее досушивали уже гомогенизированную смесь до постоянной массы. Сушка проводилась при комнатной температуре. Для исследования валовых концентраций тяжёлых металлов в пробах грунта использовался микрозондовый рентгеноспектральный анализ с применением электронного комплекса TESCAN СГУ им. Питирима Сорокина. Относительная ошибка анализов лежит в пределах 0,1–3,0 %. Достижимые пределы обнаружения для количественного анализа – 0,00001 вес.%. Исследования каждой пробы проводились не менее чем в пяти повторностях. Каждая повторность представляла собой среднее значение в результате наложения не менее пяти спектров.

Оценку состояния саженцев ели обыкновенной проводили спустя один год после пересадки (в июле 2024 года) на основании внешнего визуального осмотра

состояния хвои (пожелтение и опадение) и прироста (измеряли размер побегов). Всего исследовано 100 деревьев.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ SPSS и Statistica.

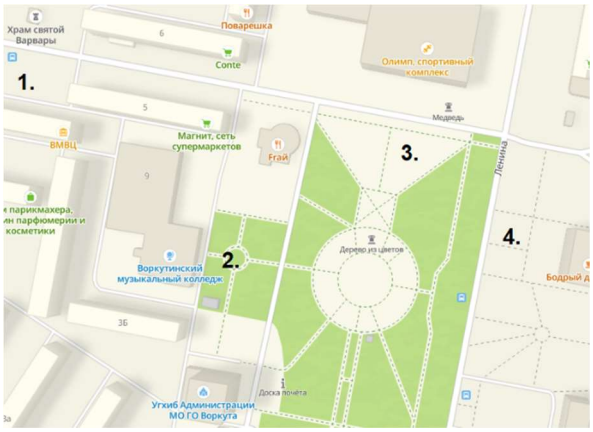

Рис. 1. Расположение мест отбора проб в центральной части г. Воркуты: 1 – клумба по ул. Гагарина; 2 – клумба возле Администрации; 3 – клумбы напротив «Олимпа»; 4 – клумба перед зданием АО «Воркутауголь»

Fig. 1. Location of sampling sites in the central part of Vorkuta:1 – flowerbed on Gagarina St.; 2 – flowerbed near the City Administration building; 3 – flowerbeds opposite the 'Olympus'; 4 – flowerbed in front of the 'Vorkutaugol' JSC building

Результаты и их обсуждение

Обломки пород в отвалах шахт г. Воркуты представлены аргиллитами, алевролитами, песчаником, углём и углисто-глинистой мелочью. В минеральном составе преобладают каолиниты, монтмориллонит (минералы-примеси: кварц, кальцит, пирит, полевые шпаты). В пробах отвала шахты «Воргашорская», которая расположена вблизи г. Воркуты, отмечается аномальное содержание комплекса элементов [7] (табл. 1).

Таблица 1. **Содержание некоторых элементов в породах отвала шахты Воргашорская (г/т) [7]**
Table 1. Content of some elements in the rocks of the Vorgashorskaya mine dump (g/t) [7]

Характеристика породы	Медь	Цинк	Свинец
Не горелая порода	70	300	30
Горелая порода	1500	1000	70
Прослой	7000	15000	500

Описание грунтов в точках отбора проб приведено в табл. 2. На всех исследуемых участках отмечены разные виды грунтов. Так, в клумбе напротив «Олимпа» использовался свежий угольный шлам, получаемый после обжига отработанной породы. В точках 2 и 4 использован торфоподобный субстрат, который в отличие от угольного шлама не подвергался высокотемпературному обжигу.

Сравнение содержания тяжёлых металлов в исследуемых участках приведено на рис. 2.

Таблица 2. **Характеристика грунтов в местах отбора проб и характера местности**
Table 2. Characteristics of soils in the sampling locations and the terrain features

Наименование места исследования грунта	Описание грунта	Описание характера местности
Клумба по ул. Гагарина	Подзол с примесью остатков угольного шлама	Открытая со всех сторон площадка, в зимний период снег убирают по краю клумбы (деревья растут далеко от края), при этом деревья засыпают снегом
Клумба возле Администрации	Подзол с торфоподобным субстратом	Открытая со всех сторон площадка, в зимний период снег убирают по краю клумбы, при этом деревья засыпают снегом
Клумбы напротив «Олимпа»	Свежий угольный шлам	Площадка открыта с северо-восточной стороны, в зимний период снег убирают по краю клумбы, ёлки украшают гирляндами, по краю клумбы проходит пешеходная тропинка
Клумба перед зданием АО «Воркутауголь»	Отлежавшийся торфоподобный субстрат	Открытая со всех сторон площадка, в зимний период снег убирают по периметру клумбы, ёлки украшают гирляндами

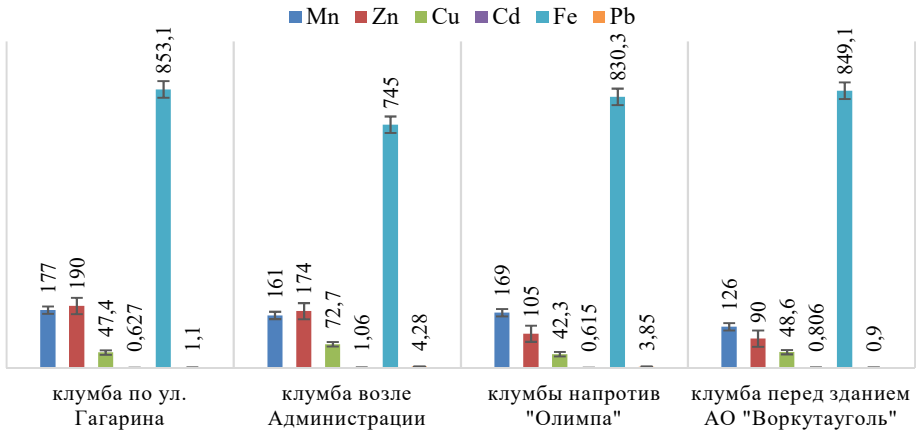

Рис. 2. Содержание тяжёлых металлов в техногенных почвах клумб, расположенных в центральной части г. Воркуты (мг/кг)

Fig. 2. Heavy metal content in the technogenic soils from the flowerbeds located in the central part of Vorkuta (mg/kg)

Все исследуемые почвы характеризуются высоким содержанием валового железа, содержание которого не превышает кларковые значения (38 000 мг/кг). Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) для железа в почве не установлены[1].

При этом, содержание марганца в образцах не превышает ОДК (1500 мг/кг).

Использование в качестве почвообразующего субстрата угольного шлама приводит к тому, что содержание цинка в пробах грунта из клумб по ул. Гагарина и возле администрации города превышает ОДК (110 мг/кг) в 1,7 и 1,6 раза соответственно. Кроме того, в грунте клумбы возле мэрии обнаружено превышение ОДК (1,0 мг/кг) в 1,1 раза по содержанию кадмия. Поскольку грунт клумбы возле городской администрации сформирован подзолом с местным торфом, можно сделать вывод, что используемый торфоподобный субстрат по содержанию некоторых металлов «хуже» угольного шлама.

Известно, что под влиянием факторов почвообразования происходит не только регенерация растительного покрова, но и идёт генерация новых почвенных горизонтов, естественное зарастание участков и зарождение биоты. Перечисленные процессы указывают на начало естественного восстановления биосистемы нарушенных территорий, причём полная рекультивация почв фиксируется на протяжении 45 и более лет [8].

Клумбы напротив «Олимпа» сформированы полностью из угольного шлама, однако, содержание тяжёлых металлов в указанном грунте соответствует установленным нормам ОДК.

Следует отметить, что содержание в исследуемых пробах свинца не превышает ОДК (65 мг/кг), несмотря на то, что в шламе угольных отвалов содержание свинца может достигать 500 г/т.

Результаты исследования состояния саженцев крупномеров показаны в табл. 3. Наиболее хорошее состояние саженцев крупномеров ели обыкновенной без побурения и опадения хвои наблюдается на клумбе по ул. Гагарина и возле администрации. Значительные повреждения хвои обнаружены на участках напротив «Олимпа» и перед зданием АО «Воркутауголь». Можно предположить, что на состояние хвои влияет украшение деревьев гирляндами, а также уборка снега вблизи посадок в зимний период. Известно, что в Воркуте суровый климат с затяжной зимой, аномально низкими температурами и буранами, поэтому слой снега служит защитой для неокрепших саженцев.

[1] Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 10 с.

Таблица 3. **Результаты визуального осмотра состояния хвои и прироста**
Table 3. Results of the visual inspection of the condition of needles and shoots

Наименование	Количество саженцев, имеющих указанные признаки, %			Итоговое количество нарушений
	побурение хвои	опавшая хвоя	прирост новых побегов менее 0,5 см	
Клумба по ул. Гагарина	7,1±1,1	35,7±3,4	92,9±8,9	142,9±10,9
Клумба возле Администрации	36,4±3,9	18,2±2,2	90,9±8,7	145,5±12,8
Клумбы напротив «Олимпа»	26,7±3,0	46,7±4,4	86,7±8,2	160,1±15,5
Клумба перед зданием АО «Воркутауголь»	16,7±2,1	100,0±9,8	83,3±7,9	200,0±17,2

Для сопоставления результатов исследования тяжёлых металлов в грунте и состояния саженцев, произрастающих на этих же участках, был проведён расчёт коэффициента корреляции.

Предварительно проведена оценка суммарного коэффициента превышения ОДК тяжёлых металлов для исследуемых почвенных образцов по формуле: $\sum К_{ОДК}=\sum C_i/ОДК$, где С – концентрация тяжёлого металла в пробе грунта, ОДК – ориентировочно допустимая концентрация соответствующего металла[1]. Расчёт $К_{ОДК}$ не производился для железа, поскольку для данного металла не установлены нормативы ОДК. Результаты расчёта коэффициента превышения ОДК представлены в табл. 4.

Согласно расчёту коэффициента превышения ОДК (3,2), можно сделать вывод, что на клумбах по ул. Гагарина и возле администрации наблюдается наибольшее превышение ОДК.

Далее был произведён расчёт коэффициента корреляции итогового количества нарушений саженцев (табл. 3) и $\sum К_{ОДК}$ (табл. 4). Коэффициент корреляции Пирсона составил 0,724, а коэффициент ранговой корреляции Спирмена – 0,738, что доказывает сильную обратную корреляцию. Следовательно, чем больше концентрация тяжёлых металлов в грунте превышает установленные нормативы ОДК, тем лучше состояние саженцев. Однако коэффициент корреляции Пирсона прироста хвои (столбец 4, табл. 3) от $\sum К_{ОДК}$ составляет 0,893, что доказывает влияние повышенных валовых концентраций тяжёлых металлов на рост молодых побегов.

Таким образом, нельзя сделать однозначных выводов о влиянии тяжёлых металлов на состояние саженцев.

Таблица 4. **Результаты расчёта коэффициента превышения ОДК**
Table 4. Results of the calculation of the APC exceedance coefficient

Наименование	$К_{ОДК}$ Mn	$К_{ОДК}$ Zn	$К_{ОДК}$ Cu	$К_{ОДК}$ Cd	$К_{ОДК}$ Pb	$\sum К_{ОДК}$
Клумба по ул. Гагарина	0,1	1,7	0,7	0,6	0,0	**3,2**
Клумба возле Администрации	0,1	1,6	0,4	1,1	0,1	**3,2**
Клумбы напротив «Олимпа»	0,1	1,0	0,6	0,6	0,1	**2,4**
Клумба перед зданием АО «Воркутауголь»	0,1	0,8	0,7	0,8	0,0	**2,5**

Выводы

Исследование техногенных грунтов г. Воркуты показало, что почвы в клумбах города представлены преимущественно подзолом с примесью угольного шлама или торфоподобным субстратом.

Изучение валовых концентраций тяжёлых металлов в техногенных почвах клумб, расположенных в центральной части г. Воркуты, выявило следующие особенности: исследуемые грунты характеризуются наличием железа, марганца, меди и свинца, концентрации которых не превышают установленные нормативы ОДК; содержание цинка в пробах грунта из клумб по ул. Гагарина и возле администрации города превышает ОДК в 1,7 и 1,6 раза соответственно; в грунте клумбы возле администрации также обнаружено повышенное содержание кадмия (в 1,1 раза по сравнению с ОДК).

Сопоставление результатов исследования техногенных почв с результатами оценки состояния крупномеров ели обыкновенной на основании расчёта корреляционной зависимости итогового количества нарушений саженцев от суммарного коэффициента превышения ОДК тяжёлых металлов в исследуемых пробах не выявило однозначных закономерностей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Особенности грунтов и потенциал восстановления природно-технической системы «Хвостохранилище ЕВРАЗ КГОК» / Е. А. Меньшикова, Т. И. Караваева, Е. А. Хайрулина и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 9. С. 54–66. DOI: 10.18799/24131830/2021/9/3353; EDN: SAQOFD

2. *Семина И. С., Androханов В. А., Куляпина Е. Д.* Опыт использования отходов углеобогащения для рекультивации нарушенных участков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 9. С. 159–175. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-9-0-159-175; EDN: LDHZUB

3. *Брагина П. С., Герасимова М. И.* Почвообразовательные процессы на отвалах горнодобывающих предприятий (на примере юга Кемеровской области) // География и природные ресурсы. 2014. № 1. С. 45–51. EDN: RXNVKZ

4. *Кречетов П. П., Шарапова А. В., Касимова Д. А.* Рекультивированные отвалы как депонирующая среда актуального и отложенного углеродного следа // Почвы и окружающая среда: Всероссийская научная конференция с международным участием, посвящённая 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 02–06 октября 2023 года. Новосибирск: Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, 2023. С. 543–548. EDN: YZFUPM

5. *Клевцова М. А., Михеев А. А.* Оценка влияния стрессовых факторов урбанизированной среды на древесные растения // Проблемы и мониторинг природных экосистем: Сборник статей VII Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 19–20 октября 2020 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. С. 73–76. EDN: TQTVZL

6. Антропогенные и постантропогенные изменения почв Севера России / А. А. Дымов, Р. В. Десяткин, А. Р. Десяткин и др. // Почвы – стратегический ресурс России: Материалы пленарных докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв, Сыктывкар, 10–14 августа 2022 года. Часть 1 (расширенная и дополненная). Москва-Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2022. С. 26–31. EDN: RBYUFQ

7. *Шувалов Ю. В., Нифонтова Т. И., Экгардт В. И.* Переработка твёрдых отходов добычи и обогащения угля Печорского бассейна как мера защиты природной среды // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 7. С. 95–98. EDN: KXFGSR

8. Первичные процессы почвообразования в условиях естественного зарастания техногенно-нарушенных ландшафтов / Ф. Е. Козыбаева, Г. Б. Бейсеева, С. Утугельбаев и др. // Почвоведение и агрохимия. 2010. № 3. С. 13–25. EDN: KWKMMW

Статья поступила в редакцию 23.11.2024; одобрена после рецензирования 27.01.2025; принята к публикации 03.03.2025

Информция об авторе

МАЗУР Виктория Васильевна – кандидат географических наук, младший научный сотрудник Института естественных наук, СГУ им. Питирима Сорокина. Область научных интересов – геоэкология, мониторинг экосистем. Автор 49 научных публикаций. ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2648-4878; SPIN-код: 7239-1035; Researcher ID: E-4706-2014

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Scientific article
UDC 911.9:502
https://doi.org/10.25686/2306-2827.2025.1.86
EDN: OASHES

Geo-Ecological Assessment of the Prospects of Using Coal Mining Waste as a Soil Substrate in the Arctic Conditions

V. V. Mazur
Pitirim Sorokin Syktyvkar State University,
55, Oktyabrsky Prosp., Syktyvkar, 167001, Russian Federation
vvmazur@list.ru

Abstract. *Introduction.* The technogenic transformation and the natural potential of coal industry waste allow the latter to be used in the reclamation of disturbed lands. Technogenic soils are sources of chemical substances, which are included in natural processes and create a special kind of natural and technical systems. At the same time, the most sensitive indicator of the stress impact of anthropogenic factors in an urban environment are woody plants. *The aim* of the study was to investigate the ecological state of technogenic soils and the prospects of using coal washery rejects in land reclamation in the Arctic conditions. The *objectives* of the study were to determine the gross concentrations of heavy metals in Vorkuta technogenic soils formed by coal sludge, as well as to assess their impact on the growth and development of woody vegetation. *Object and methods.* The object of the study was technogenic soils from flowerbeds installed in the central part of the city of Vorkuta. Microprobe X-ray spectral analysis was used to determine the gross concentrations of heavy metals in the samples. To assess the condition of tree seedlings, a visual inspection of the needle foliage (yellowing and defoliation) was performed, and the young shoot lengths were measured. *Results.* All of the studied soils are characterized by high total iron content. The zinc content in the soil samples taken from the flowerbeds located along Gagarina St. and near the City Administration building exceeds the approximate permissible concentration, APC (110 mg/kg). The soil from flowerbeds near the City Administration building contains increased copper and cadmium contents as compared to APCs (66 and 1.0 mg/kg, respectively). The concentration of lead in the soil samples does not exceed APC (65 mg/kg). The study of large-sized seedling showed that the best condition of large-sized seedlings of Norway spruce (Picea abies) with no signs of browning or defoliation was observed in the flowerbeds on Gagarina St. and near the City Administration building. Significant damage to needles was found in the sites opposite the '*Olympus'* and in front of the '*Vorkutaugol' JSC* building. *Conclusion.* The study revealed the possibility of using coal mining waste as a soil substrate for flowerbeds of the city. The gross concentrations of heavy metals in the technogenic soils of the flowerbeds located in the central part of Vorkuta were studied. The research of the impact of technogenic soils formed by coal mining waste on the condition of large-sized Noprway spruce seedlings did not reveal any unambiguous patterns.

Keywords: technogenic soil; heavy metals; Norway spruce (Picea abies); Vorkuta; correlation coefficient

Funding: this study was not supported by any external sources of funding.

For citation: Mazur V. V. Geo-Ecological Assessment of the Prospects of Using Coal Mining Waste as a Soil Substrate in the Arctic Conditions. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2025;(1):86–94. (In Russ.). https://doi.org/10.25686/2306-2827.2025.1.86; EDN: OASHES

REFERENCES

1. Menshikova E. A., Karavaeva T. I., Khairulina E. A. et al. Specific features of soils and ecological state of natural technical system "EVRAZ KGOK Tailing Dump". *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering Engineering*. 2021; 332(9):54–66. DOI: 10.18799/24131830/2021/9/3353; EDN: SAQOFD (In Russ.).

2. Semina I. S., Androkhanov V. A., Kulyapina E. D. The experience of using coal washing rejects in reclamation of disturbed lands. *Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2020;(9):159–175. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-9-0-159-175; EDN: LDHZUB (In Russ.).

3. Bragina P. S., Gerasimova M. I. Pedogenic processes on mining dumps (a case study of Southern Kemerovo Oblast). *Geography and Natural Resources.* 2014;(1):45–51. EDN: RXNVKZ (In Russ.).

4. Krechetov P. P., Sharapova A. V., Kasimova D. A. et al. Recultivated dumps as the depositing medium of the actual and deposited carbon footprint. In: *Soils and*

environment. Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 55th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the RAS; Novosibirsk, October 02–06, 2023. Novosibirsk, ISSA SB RAS Publ.; 2023: 543–548. EDN: YZFUPM (In Russ.).

5. Klevtsova M. A., Mikheev A. A. Assessment of the impact of urban environment stress factors on woody plants. In: *Problems and monitoring of natural ecosystems*. Collection of articles of the 7th All-Russian Scientific and Practical Conference (Penza, October 19–20, 2020). Penza, Penza State Agrarian University; 2020: 73–76. EDN: TQTVZL (In Russ.).

6. Dymov A. A., Desyatkin R. V., Desyatkin A. R. et al. Anthropogenic and post-anthropogenic changes in soils of the North of Russia. In: *Soils – a strategic resource of Russia*. Proceedings of the plenary reports of the 8th Congress of the V. V. Dokuchaev Society of Soil Scientists and the School of Young Scientists on Morphology and Classification of Soils (Syktyvkar, August 10–14, 2022). Part 1. Moskva-Syktyvkar: IB Komi SC UB RAS Publ., 2022: 26–31. EDN: RBYUFQ (In Russ.).

7. Shuvalov Yu. V., Nifontova T. I., Ekgardt V. I. Processing solid wastes of coal mining and enrichment in Pechora basin as a step to protect environment. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2003;(7): 95–98. EDN: KXFGSR (In Russ.).

8. Kozybaeva F. E., Beiseeva G. B., Utugelbaev S. et al. Primary processes of soil formation under the conditions of natural overgrowth of technogenically disturbed terrains. *Soil Science and Agrochemistry*. 2010; (3):13–25. EDN: KWKMMW (In Russ.).

The article was submitted 23.11.2024; approved after reviewing 27.01.2025; accepted for publication 03.03.2025

Information about the author

Victoria V. Mazur – Candidate of Geographical Sciences, Junior Researcher, Institute of Natural Sciences, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University. Research interests – geoecology, monitoring of ecosystems. Author of 49 scientific publications. ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2648-4878; SPIN: 7239-1035, Researcher ID: E-4706-2014

Conflict of interests: the author declare no conflict of interest.
The author has read and approved the final manuscript.