

Оригинальная статья / Original article

УДК 574:502.5 (571.17)

DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-11



Почвенно-экологическая оценка техногенно нарушенного ландшафта в районе отвала угольного разреза

Ирина В. Тимошук, Людмила К. Асякина, Алена К. Горелкина, Мария А. Осинцева, Юлия В. Голубцова, Ирина С. Миленьева

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Контактное лицо

Алена К. Горелкина, доктор технических наук, профессор, кафедра техносферной безопасности, Кемеровский государственный университет; 650000 Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

Тел. +79133079935

Email alengora@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3782-2521>

Формат цитирования

Тимошук И.В., Асякина Л.К., Горелкина А.К., Осинцева М.А., Голубцова Ю.В., Миленьева И.С. Почвенно-экологическая оценка техногенно нарушенного ландшафта в районе отвала угольного разреза // Юг России: экология, развитие. 2024. Т.19, N 1. С. 105-113. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-11

Получена 19 мая 2022 г.

Прошла рецензирование 14 июня 2023 г.

Принята 25 сентября 2023 г.

Резюме

Цель – изучить почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Кузбасса на примере отвалов угольных разрезов.

Образцы почв, отобранные в местах с нарушенным ландшафтом, вследствие действия угольной промышленности, а именно внешний отвал участка угольный разрез в районе с. Заринское Беловского района Кемеровской области на юго-востоке Западной Сибири. Определение показателей проводили в соответствии с ГОСТами.

Проведена диагностика поверхности отвалов угольного разреза. Определены основные физические и химические показатели, по которым оценена возможность почвообразования и биологической рекультивации. Анализируя химический состав, определяли следующие показатели: водный pH, гидролитическая кислотность, общая щелочность, сухой остаток, зольность, содержание гумуса, содержание ионов: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^2 , Mg^{2+} , Al^{3+} , также исследованы физические показатели степени пригодности грунтов для рекультивации, такие как гигроскопическая влажность, влажность завядания, плотность почвы, пористость почвы.

Полученные результаты позволяют охарактеризовать техногенно нарушенные участки, как ограниченно благоприятные для роста растений по физическим и химическим свойствам, которые могут быть использованы для биологической рекультивации после агротехнических мероприятий.

Ключевые слова

Техногенный ландшафт, агрофизические, агрохимические и микробиологические показатели.

Soil and ecological assessment of the technogenically disturbed landscape in the area of a coal mine dump

Irina V. Timoshchuk, Ludmila K. Asyakina, Alena K. Gorelkina, Maria A. Osintseva,

Julia V. Golubtsova and Irina S. Milentyeva

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Principal contact

Alena K. Gorelkina, Ph.D. (Engineering Science),
Professor, Department of Technosphere Safety,
Kemerovo State University; 6 Krasnaya St,
Kemerovo, Russia 650000.

Tel. +79133079935

Email alengora@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3782-2521>

How to cite this article

Timoshchuk I.V., Asyakina L.K., Gorelkina A.K.,
Osintseva M.A., Golubtsova Ju.V., Milentyeva I.S.
Soil and ecological assessment of the
technogenically disturbed landscape in the area of
a coal mine dump. *South of Russia: ecology,
development*. 2024; 19(1):105-113. (In Russ.) DOI:
10.18470/1992-1098-2024-1-11

Received 19 May 2023

Revised 14 June 2023

Accepted 25 September 2023

Abstract

Study of the soil-ecological state of technogenic landscapes of Kuzbass through the example of coal mine dumps.

Soil samples were taken in places with disturbed landscapes due to the action of the coal industry, namely the external dump on the site of the coal mine in the area of the village of Zarinskoye, Belovsky district, Kemerovo region in the south-east of Western Siberia. The indicators were determined in accordance with GOST standards.

Diagnostics of the surface of the coal mine dump were carried out. The main physical and chemical indicators were determined, according to which the possibility of soil formation and biological reclamation was assessed. In analyzing chemical composition, the following indicators were determined: aqueous pH, hydrolytic acidity, total alkalinity, dry residue, ash content, humus content and ion content (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^2 , Mg^{2+} , Al^{3+}). Physical indicators of the degree of suitability of soils for reclamation, such as hygroscopic moisture, soil moisture, soil density and soil porosity, were also studied.

The results obtained allow us to characterise the technogenically disturbed areas in terms of physical and chemical properties as being limitedly favourable for plant growth, which can be used for biological reclamation following agrotechnical activity.

Key Words

Technogenic landscape, agrophysical, agrochemical and microbiological indicators.

ВВЕДЕНИЕ

Ресурсориентированная экономика Кузбасса формирует ряд экологических проблем, одной из которых для угледобывающего региона является большое количество земель, нарушенных горными разработками, площади отвалов вскрышных и углевлечающих пород составляют несколько сотен гектаров. В результате разрастания техногенных ландшафтов (по оценке почвенно-экологической эффективности 70 % поверхности отвалов Кузбасса представляют собой техногенную пустыню [1; 2]) негативному влиянию подвергаются не только массивы хозяйственно значимых земель, но и нарушаются экосистемные процессы за счет влияния на функциональные связи компонентов экосистемы и здоровье населения прилегающих территорий. Токсичные компоненты вскрышных пород попадают в миграционные циклы [3].

Техногенные ландшафты коренным образом отличаются от естественных природных практически по всем составляющим – эдафическим, экологическим, биологическим, биохимическим и т.д. Минимизация отрицательных экологических последствий функционирования техногенных ландшафтов может быть достигнута при развитии почвообразовательных процессов на поверхности отвалов. Естественное восстановление ландшафтов, в первую очередь формирование почвенного и растительного покрова, происходит в течение длительного периода времени, а некоторые участки не могут поддерживать восстановительную сукцессию. Крайне низкие темпы естественных сукцессионных процессов определяют необходимость содействия восстановлению нарушенных посттехногенных ландшафтов [4].

Проведение рекультивационных мероприятий в значительной степени ускорит процесс включения посттехногенных территорий в окружающий биогеоценоз. В современной практике восстановления антропогенно нарушенных территорий применяются различные технологии рекультивации, выбор которых определяется, в том числе, направлением дальнейшего использования территории. Эффективность рекультивации сводится к формированию пригодного для растений корнеобитаемого слоя как начальный этап сукцессии [5; 6].

Согласно современным требованиям нормативных документов (СП 11-102-97), при выполнении инженерно-экологических изысканий на объектах, где формируются нарушенные земли (карьеры, отвалы, хвостохранилища и проч.), необходимо выполнять оценку потенциального плодородия грунтов, которые могут служить рекультивационным материалом.

Для оценки возможности освоения техноземов необходима информация о состоянии техногенно нарушенного участка, а именно такие важные физические характеристики как гигроскопическая влажность, влажность завядания, плотность почвы, пористость почвы [7; 8].

Пористость зависит от гранулометрического состава, структурности, содержания органических веществ. Показатели пористости колеблются в широких пределах – от 0,5–3 % (у скальных грунтов из магматических и метаморфических пород) до 90 % (у

торфа). От пористости в значительной степени зависит плодородие почвы.

Влажность субстрата является одним из важнейших факторов восстановления и функционирования техногенно нарушенных экосистем, одним из главных факторов, влияющих на скорость зарастания.

Основными химическими показателями степени пригодности грунтов для рекультивации являются: pH; сухой остаток, %; сумма токсичных солей, % в водной вытяжке; $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, % в солянокислой вытяжке; CaCO_3 , %; Al подвижный, мг/100 г; Na, % от емкости поглощения; гумус, % [2].

Реакция среды (pH) – определяет миграцию и аккумуляцию веществ, в том числе, токсичных, в почве, микробиологическую активность, воздействует на способность растений поглощать из почвы питательные вещества.

Сухой остаток позволяет оценить степень засоления грунта т. е. избыточное скопление в корнеобитаемом слое растворенных или поглощенных солей, которые угнетают или губят растения, снижая биологическую рекультивацию.

Содержание гумуса. Совокупность органических веществ, находящихся в виде гумуса, представляет комплекс сложных химических органических веществ биогенного происхождения и является биологическим показателем плодородия почвы. Органические вещества регулируют расход элементов питания, предотвращая непроизводительные потери от вымывания, образования газообразных продуктов и труднорастворимых минеральных соединений [9].

Необходимо определять также содержание фитотоксичных веществ в отвалах, так как их высокое содержание в почве не позволяет использовать ее для биологической рекультивации.

Анализ физических и химических показателей техногенно нарушенных ландшафтов позволяет оценить возможность биологической рекультивации [10].

Целью работы является изучение почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Кузбасса на примере отвалов угольных разрезов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования в настоящей работе были выбраны образцы почв, отобранные в местах с нарушенным ландшафтом, вследствие действия угольной промышленности, а именно внешний отвал участка угольного разреза в районе с. Заринское Беловского района Кемеровской области (координаты места отбора образцов: 53°51' северной широты, 87°21' восточной долготы). Для территории географического расположения объекта (юго-востока Западной Сибири) характерны чернозёмно-солонцеватые типы почв.

Отбор образцов почв на техногенно нарушенных территориях. Пробы почвы отобраны из поверхностного слоя отвала в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–2017, для этого на территории исследования выделяли 5 зон, в каждой зоне отбирали 4 пробы почв. Отбор пробы проводили по принципу «конверта»: отбирали пробы по «углам» территории и одну пробу из «центра» изучаемой территории. Глубина отбора пробы составляла 0–10 см, масса отбираемой пробы составляла 0,5–1 кг.

Определение гигроскопической влажности проводили весовым методом в соответствии с ГОСТ 28268-89, плотность твердой фазы – в соответствии с ГОСТ Р 53380-2009, контроль водородного показателя образцов грунта проводили потенциометрическим титрованием фильтрата согласно ГОСТ Р 58594-2019 и ГОСТ 26212-91. Для определения сухого остатка применяли весовой метод, кондуктометрический метод использовали при исследовании общей засоленности ГОСТ Р 59540-2021, идентификацию и полуколичественное определение минералов тонкодисперсной фракции грунта проводили посредством рентгенодифрактометрического анализа, фотоэлектроколориметрическим методом определяли содержание органических веществ по ГОСТ 26213-91, содержание ионов – по гостированными методиками: хлорид-ионов – по ГОСТ 17.5.4.02-84, сульфат-иона – по ГОСТ 26426-85, ионов карбоната и бикарбоната – по ГОСТ 26424-85, ионов кальция и магния – по ГОСТ 26428-85, подвижного алюминия – по ГОСТ 26485-85, цинка,

меди, никеля, марганца – по М-МВИ-80-2008, мышьяка – по ФР.131.2005.02119-МУ 31-11/05.

Статистическая обработка результатов анализа производили в соответствии с ГОСТ 20522-2012 «Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний».

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выполнены оценка характера почв и анализ пригодности почв для дальнейшего использования. Кодировка исследованных образцов почв представлена в таблице 1.

Определяемые показатели в параллельно отобранных анализируемых образцах одной зоны существенных различий не имели, что позволяет в дальнейшем приводить средние значения показателей для каждой зоны отбора.

На основе рентгенодифракционного анализа изучен минералогический состав грунта отвалов вскрышных пород (рис. 1, табл. 2).

Таблица 1. Кодировка исследуемых образцов почв

Table 1. Coding of soil samples studied

Характеристика места отбора Characteristics of the sampling location	Зоны отбора Sampling area	Сокращённое наименование Abbreviated name
Образцы почвы отобраны с поверхностного слоя отвала (М) Soil samples were taken from the surface layer of the dump (M)	a	Ma-1, Ma-2, Ma-3, Ma-4 (Ma-ср)
	b	Mb-1, Mb-2, Mb-3, Mb-4 (Mb-ср)
	c	Mc-1, Mc-2, Mc-3, Mc-4 (Mc-ср)
	d	Md-1, Md-2, Md-3, Md-4 (Md-ср)
	e	Me-1, Me-2, Me-3, Me-4 (Me-ср)

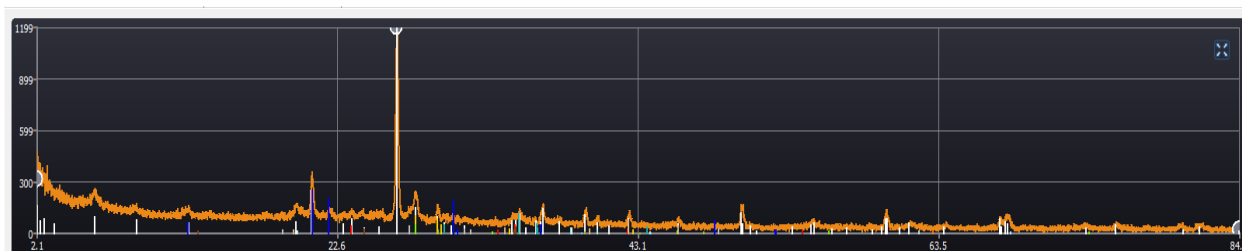


Рисунок 1. Дифрактограмма образцов почв отвала

Figure 1. Diffractogram of soil samples of the dump

Таблица 2. Химический состав образцов почв отвала (Зона отбора – Ма среднее)

Table 2. Chemical composition of soil samples of the dump (Sampling location Ma average)

Химическое соединение / Chemical compound	Массовая доля, % / Mass fraction, %
Cr ₂ O ₇ P ₂	32,01±1,24
Al ₂ S ₃	13,37±0,64
ZrSi	11,28±0,62
CeMnNi ₄	10,04±0,23
FeGa ₃	9,06±0,45
Na _{0,5} S ₂ Ti	7,60±0,52
Mg ₁₇ Ce ₂	5,78±0,01
DyB ₂ C ₂	3,79±0,05
CaCO ₃	3,09±0,04
LaNbO ₄	2,29±0,03
CaAu ₅	1,01±0,06
CePd ₃ As ₂	0,67±0,01

Примечание: *н/о – не определено

Note: n/a – not defined

В соответствии с данными, приведёнными в таблице 2, в состав образцов почв входили минералы, интерметаллиды и неорганические соли (пирофосфат хрома ($\text{Cr}_2\text{O}_7\text{P}_2$), сульфид алюминия (Al_2S_3), силицид циркония (ZrSi), карбид дибордиспрозия (DyB_2C_2), карбонат кальция (CaCO_3), ниобат лантана (LaNbO_4), тетраникельцериймарганец (CeMnNi_4), тригаллийжелезо (FeGa_3), сульфид титаннатрия ($\text{Na}_0,5\text{S}_2\text{Ti}$), гептадекамагнийдицерий ($\text{Mg}_{17}\text{Ce}_2$), аурид кальция (CaAu_5), арсенид церийтрипалладия (CePd_3As_2). По результатам исследования во всех образцах почв обнаружен пирофосфат хрома ($\text{Cr}_2\text{O}_7\text{P}_2$) в максимальном количестве. В зонах отбора Mb–1 и Mc–3 не обнаружен карбонат кальция (CaCO_3).

Оценка рекультивационного потенциала проводится с учётом физических и химических характеристик. Результаты исследований физических характеристик образцов почв приведены в таблицах 3, 4. Высокая гигроскопичность образцов (среднее значение составило 4,33 %), влажность завядания (среднее значение составило 6,50 %), характерны для глинистых почв, что подтверждается также значением влагоёмкости (для всех проб значение отличалось незначительно и в среднем составило 31,13 %) (ГОСТ 25100-2020).

Плотность твёрдой фазы, плотность почвы и пористость имеют значения, характерные для минеральных суглинистых и глинистых горизонтов почв [11–13].

В ходе исследования были проанализированы некоторые химические показатели степени пригодности грунтов для рекультивации, результаты анализа представлены в таблице 5.

Анализируя полученные данные, можно предположить, что все образцы грунта, отобранные с поверхностного слоя отвала угольного разреза относятся к щелочным почвам ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ до 8,5). Емкость катионного обмена для образцов составила $94,46 \pm 8,50$ мг-экв. на 100 г почвы, что позволяет предположить большую концентрацию катионов, которые могут быть вытеснены из почвы в почвенный раствор, при этом значение общей щелочности позволяет отнести исследуемый грунт к солонцеватым почвам ($2,3204$ мг-экв. на 100 г), и показывает содержание в почве ионов натрия, излишнее содержание которых оказывает негативное влияние на развитие растений и микроорганизмов.

Содержание растворимых в воде органических и минеральных соединений в пробах достаточно высокое – среднее значение сухого остатка составило 0,95 %.

Минеральную часть почвенного раствора исследовали по анионной и катионной составляющим. Примерный состав обменных катионов и анионов варьируется в зависимости от типа почвы и может значительно отличаться, перечень определяемых катионов и анионов представлен в таблице 5.

Результаты исследований показали высокое содержание бикарбонатов, являющихся одним из компонентов выщелачивания, что также согласуется с данными общей щелочности. Преобладание сульфат-анионов во всех образцах по отношению к хлоридам, а также высокое содержание бикарбонатов позволяет предположить сульфатно-содовый тип засоления (ГОСТ 25100-2020).

Карбонаты не были обнаружены ни в одном из образцов.

Таблица 3. Результаты определения показателей гигроскопичности и влажности завядания в образцах почв отвала
Table 3. Results of determination of hygroscopicity and moisture in soil samples of the dump

Зона отбора Selection area	Гигроскопическая влажность, % Hygroscopic humidity, %	Коэффициент гигроскопической влажности Hygroscopic humidity coefficient	Максимальная гигроскопичность, % Maximum hygroscopicity, %	Влажность завядания, % Soil moisture, %
Mb–cp	2,65±0,23	1,0272±0,0923	4,36±0,39	4,36±0,39
Mc–cp	2,44±0,22	1,0254±0,0925	4,43±0,39	4,43±0,39
Md–cp	3,18±0,28	1,0336±0,0933	4,28±0,38	4,28±0,38
Me–cp	1,86±0,16	1,0193±0,0922	4,35±0,38	4,33±0,38
Среднее значение Average value	2,58±0,23	1,0274±0,0922	4,33±0,39	6,50±0,58

Таблица 4. Результаты определения плотности и пористости в образцах почв отвала
Table 4. Results of determination of density and porosity in soil samples of the dump

Зона отбора Sampling area	Плотность твёрдой фазы, г/см ³ Density of solid phase, g/cm ³	Плотность почвы, г/см ³ Soil density, g/cm ³	Пористость почвы, % Soil porosity, %
Mb–cp	2,747±0,247	1,526±0,137	44,44±4,00
Mc–cp	2,648±0,238	1,434±0,129	45,84±4,12
Md–cp	2,638±0,237	1,421±0,128	46,13±4,15
Me–cp	2,668±0,240	1,442±0,130	45,95±4,13
Среднее значение Average value	2,663±0,240	1,456±0,131	45,29±4,07

Таблица 5. Минимальные и максимальные значения химических показателей потенциального плодородия образцов почв отвала**Table 5.** Minimum and maximum values of chemical indicators of potential fertility of soil samples of the dump

	Наименование грунта	Минеральный суглинистый и глинистый
	Soil components	Mineral loamy and clayey
Показатели химического состава Chemical composition indicators	Водный pH Water pH	8,20–8,56
	Гидролитическая кислотность, мг-экв. на 100 г Hydrolytic acidity, mg-eq./ 100g	0,0425–0,0573
	Общая щелочность, мг-экв. на 100 г Total alkalinity, mg-eq./ 100 g	2,1368–2,4952
	Сухой остаток, % Dry residue, %	0,96–0,93
	Зольность, % Ash content, %	82,94–83,87
	Содержание гумуса, % Humus content, %	1,531–1,705
	Содержание Cl⁻, мг-экв. на 100 г почвы Content Cl ⁻ , mg-eq. / 100 g soils	0,0051–0,0062
	Содержание SO₄²⁻, мг-экв. на 100 г почвы Content , SO ₄ ²⁻ mg-eq. / 100 g soils	66,4787–64,1681
	Содержание HCO₃⁻, ммоль в 100 г почвы Content HCO ₃ ⁻ , mmol /100 g soils	2559,17–2560,84
	Содержание Ca²⁺, мг-экв. на 100 г почвы Content, Ca ²⁺ mg-eq. / 100 g soils	0,0143–0,0167
	Содержание Mg²⁺, мг-экв. на 100 г почвы Content, Mg ²⁺ mg-eq. / 100 g soils	0,0103–0,0115
	Обменный (подвижный) Al³⁺, ммоль на 100 г почвы Exchangeable (mobile) Al ³⁺ mmol /100g soils	0,0130–0,0572

Исследуя содержание катионов кальция и магния в почве (среднее значение ионов кальция составило 0,0150 мг-экв. на 100 г почвы; среднее значение ионов магния составило 0,0109 мг-экв. на 100 г почвы) нужно отметить, что оно характерно для засоленных почв.

Обменный алюминий в пробах изучается как физиологически токсичный катион, для исследуемых образцов содержание его в пробах не значительное.

Необходимыми элементами, определяющими потенциал почвообразования является:

- азот, а именно его аммонийная и нитратная формы, азот может также повышать токсичность почвы при содержании азота выше ПДК. Исследуемые образцы по содержанию аммонийного азота не превышают 5 мг/кг, а нитратный азот ($\leq 2,8$ мг/100г) значительно ниже нормы установленной СанПиН 1.2.3685-21 (13мг/100г) [14];

- фосфор, участвует в метаболических процессах, таких как фотосинтез, передача энергии, синтез и расщепление углеводов, но при содержании, превышающем норматив, избыток фосфора приводит к образованию избыточного количества солей из-за чего

происходит насыщение грунта солями. Растения в таких условиях утрачивают возможность нормально проводить обмен веществ, к примеру, из химических реакций полностью выпадает железо. Исследуемые образцы по содержанию фосфора значительно превышали норматив (≤ 130 мг/кг) СанПиН 1.2.3685-21 (≤ 27 мг/кг).

Вскрышные породы как вид промышленных отходов, являются источником токсичных элементов, что обуславливает общую загрязненность почвы, оценить которую можно по валовому содержанию тяжелых металлов, исследование их содержания во всех представленных образцах приведено в таблице 6. Согласно Федеральному закону РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (№ 52-ФЗ от 30 марта 1999 г) наблюдается превышение содержания в почве цинка и меди (ПДК цинка = 23,00 мг/кг; ПДК меди = 3,00 мг/кг), выявлено превышение содержания никеля (ПДК = 4,00 мг/кг), а содержание марганца (ПДК = 1500,00 мг/кг) в образцах не превышено [15; 16].

Таблица 6. Результаты определения валового содержания некоторых тяжёлых металлов в образцах**Table 6.** Results of determination of gross content of certain heavy metals in samples

Металл Metal	Цинк Zinc	Медь Copper	Никель Nickel	Марганец Manganese	Мышьяк Arsenic	Ртуть Mercury
Содержание, мг/кг Content, mg/kg	47,58±3,81	18,41±1,47	24,20±2,10	671,53±53,72	2,33±0,21	0,018±0,002

Допустимая концентрация мышьяка (≤ 2 мкг/кг), по результатам исследования, превышена, а содержание ртути значительно ниже ПДК ($\leq 2,100$ мкг/кг).

Оценка загрязнения почвы по санитарно-эпидемиологическим показателям проведена в соответствии с показателями СанПиН 1.2.3685-21. По степени

микробиологического состояния почвы классифицируются по индексу бактерий группы кишечной палочки (БГКП): 1–9 КОЕ/г – допустимая, 10–99 – умеренно-опасная, более 100 – опасная. Согласно полученным данным исследуемые образцы можно отнести к умеренно-опасной категории с индексом БГКП 70,73 КОЕ/г. По остальным показателям (Индекс энтерококков, Патогенные энтеробактерии родов *Salmonella* и *Shigella*) все исследуемые образцы не имеют отклонений от СанПиН.

Ни в одном из исследуемых образцов не обнаружены яйца, личинки гельминтов, цисты кишечных патогенных простейших, а также личинки и куколки синантропных мух (СанПиН 2.1.3684-21).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почву, отобранную на территории угольного разреза, можно отнести к глинистым почвам. Щелочная реакция водной вытяжки (рН 8,33) будет препятствовать произрастанию культур, используемых на биологическом этапе рекультивации, как и низкое содержание органических веществ (1,62 %), которое снижает выживаемость культур, используемых на этом этапе.

Отмечается превышение содержания некоторых фитотоксичных элементов, устойчивых к деградации, и в значительной степени снижающих эффективность биологической рекультивации. Содержание подвижной формы фосфора превышало ПДК в 4,84 раза; цинка в 2,06 раза; меди в 6,13 раз; никеля в 6,06 раз; мышьяка в 1,17 раз. Остальные показатели либо не нормируются, либо не превышали ПДК.

Полученные результаты позволяют охарактеризовать исследуемые образцы почв, отобранные на внешнем отвале участка угольного разреза как ограниченно благоприятные для роста растений (ГОСТ Р 59070-2020. «Национальный стандарт Российской Федерации. Охрана окружающей среды. Рекультивация нарушенных и нефтезагрязненных земель. Термины и определения») по физическим и химическим свойствам, при этом участок может быть использован для рекультивации после агротехнических мероприятий [18–20].

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа ведется в рамках Распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. №1144-р, комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» («Чистый уголь – зеленый Кузбасс»), мероприятие 3.1 «Экополигон мирового уровня технологий рекультивации и ремедиации» при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2022-1200 от 28.09.2022 г.)

ACKNOWLEDGMENT

The work is carried out within the framework of the Decree of the Government of the Russian Federation dated 11.05.2022 No. 1144-r, a comprehensive scientific and technical programme of the complete innovation cycle

"Development and implementation of a complex of technologies in areas of exploration and extraction of solid minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing from coal raw materials with a consistent reduction of the environmental impact and risks to the population" ("Clean Coal – Green Kuzbass"), event 3.1 "Eco-park of world-class technologies of reclamation and remediation" with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (agreement No. 075-15-2022-1200 dated 28.09.2022).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шипилова А.М., Семина И.С. Особенности физических свойств почв техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса // Известия УГГУ. 2016. N 3(43). С. 25–28. DOI: 10.21440/2307-2091-2016-3-25-28
2. Семина И.С., Беланов И.П., Шипилова А.М. и др. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 396 с.
3. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. N 3. С. 255–261.
4. Соколов Д.А., Кулижский С.П., Лойко С.В., Доможакова Е.А. Использование сканирующей электронной микроскопии для диагностики процессов почвообразования на поверхности отвалов каменноугольных разрезов Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. N 3(27). С. 36–52.
5. Андроханов В.А. Некоторые аспекты проблемы рекультивации нарушенных земель // Материалы международной научной конференции «Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование», Новосибирск, 2013. С. 53–55.
6. Манжина С.А. К вопросу выявления химизма и степени засоления почв: российские и зарубежные практики // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. N 3. С. 163–181.
7. Пендюрин Е., Рыбина С., Смоленская Л., Латыпова М. Исследование некоторых физико-химических показателей искусственно созданных почвосмесей // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. N 9. С. 27–31. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-9-27-31
8. Krasnova T.A., Timoschuk I.V., Gorelkina A.K., Dugarjav J. The choice of sorbent for adsorption extraction of chloroform from drinking water // Foods and Raw materials. 2017. V. 5. N 2. P. 189–196. DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-189-196
9. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 415 с.
10. Dyshlyuk L., Asyakina L., Prosekov A. Reclamation of Post-Technological Landscapes: International Experience // Food Processing: Techniques and Technology. 2021. V. 51. N 4. P. 805–818. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-805-818
11. Котович А.А., Гуман О.М. Оценка потенциального плодородия делювиальных суглинков Уральского региона для рекультивации нарушенных земель // Известия УГГУ. 2014. Т. 34. N 2. С. 19–24.
12. Беланов И.П., Семина И.С., Шипилова А.М. Почвенно-экологическое состояние естественных ландшафтов в районе интенсивной добычи каменного угля // ГИАБ. 2013. N 10. С. 308–313.

13. Wojcik J. Kształtowanie się wybranych właściwości fizycznych inicjalnych gleb na zwałowisku zewnętrznym KWB «Adamow» // *Inżynieria Środowiska. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie*. 2003. V. 8. N 2. pp. 217–227.
14. Меньшикова Е.А., Караваева Т.И., Хайрулина Е.А., Митракова Н.В. Особенности грунтов и потенциал восстановления природно-технической системы "Хвостохранилище ЕВРАЗ КГОК" // *Известия ТПУ*. 2021. N 9. С. 54–66.
15. Федотова А.С. Содержание тяжелых металлов в отвалах, образованных вскрышными породами на угольных разрезах // *ГИАБ*. 2006. N 1. С. 200–205.
16. Грошев И.В., Григорьева О.В., Шахматова Т.Н. Экологическая роль тяжелых металлов в формировании биоресурсного потенциала степных экосистем // *Известия ОГАУ*. 2007. N 15-1. С. 29–31.
17. Киреева Н.А., Григориади А.С., Багаутдинов Ф.Я. Фиторемедиация как способ очищения почв, загрязнённых тяжёлыми металлами // *Теоретическая и прикладная экология*. 2011. N 3. С. 4–9.
18. Наджафова С.И., Багирова Ч.З. Пути повышения биогенности, ассимиляционного потенциала и плодородия почвенного покрова городских ландшафтов города Сумгаита // *Юг России: экология, развитие*. 2021. Т. 16. N 3. С. 88–94. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-88-94
19. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Шумаков А.В., Ильин Б.С. Содержание микроэлементов в почве в зависимости от способа основной обработки чернозема типичного // *Юг России: экология, развитие*. 2021. Т. 16. N 3. С. 102–107. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-102-107
20. Неведров Н.П. Профильное распределение и миграция тяжелых металлов в почвах Курской агломерации (модельные опыты) // *Юг России: экология, развитие*. 2020. Т. 15. N 1. С. 60–68. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-60-68
- REFERENCES**
1. Shipilova A.M., Semina I.S. Features of physical properties of soils of technogenic landscapes of the forest-steppe zone of Kuzbass. *News of USGU*, 2016, no. 3(43), pp. 25–28. (In Russian) DOI: 10.21440/2307-2091-2016-3-25-28
2. Semina I.S., Belanov I.P., Shipilova A.M., et al. *Prirodno-tekhnogennye komplekсы Kuzbassa: svoystva i rezhimy funktsionirovaniya* [Natural and man-made complexes of Kuzbass: properties and modes of operation]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2013, 396 p. (In Russian)
3. Kurachev V.M., Androkhonov V.A. Classification of soils of technogenic landscapes. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Siberian Ecological Journal]. 2002, no. 3, pp. 255–261. (In Russian)
4. Sokolov D.A., Kulizhskii S.P., Loiko S.V., Domozhakova E.A. The use of scanning electron microscopy for the diagnosis of soil formation processes on the surface of dumps of coal sections of Siberia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Bulletin of Tomsk State University. Biology]. 2014, no. 3(27), pp. 36–52. (In Russian)
5. Androkhonov V.A. Nekotorye aspekty problemy rekul'tivatsii narushennykh zemel' [Some aspects of the problem of recultivation of disturbed lands]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Prirodno-tekhnogennye komplekсы: rekul'tivatsiya i ustoychivoe funktsionirovaniye», Novosibirsk, 2013* [Materials of the International Scientific Conference "Natural-technogenic complexes: recultivation and sustainable functioning: collection", Novosibirsk, 2013]. Novosibirsk, 2013, pp. 53–55. (In Russian)
6. Manzhina S.A. On the issue of identifying chemistry and the degree of soil salinity: Russian and foreign practices. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land reclamation and hydraulic engineering]. 2021, vol. 11, no. 3, pp. 163–181. (In Russian)
7. Pendyurin E., Rybina S., Smolenskaya L., Latypova M. Investigation of some physico-chemical parameters of artificially created soil mixtures. *Ecology and industry of Russia*, 2020, vol. 24, no. 9, pp. 27–31. (In Russian) DOI: 10.18412/1816-0395-2020-9-27-31
8. Krasnova T.A., Timoshik I.V., Gorelkina A.K., Dugarjav J. The choice of sorbent for adsorption extraction of chloroform from drinking water. *Foods and Raw materials*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 189–196 (In Russian) DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-189-196
9. Vadyunina A.F., Korzhagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods of investigation of physical properties of soils]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 415 p. (In Russian)
10. Dyshlyuk L., Asyakina L., Prosekov A. Reclamation of Post-Technological Landscapes: International Experience. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2021, vol. 51, no. 4, pp. 805–818. (In Russian) DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-805-818
11. Kotovich A.A., Guman O.M. Assessment of the potential fertility of deluvial loams of the Ural region for recultivation of disturbed lands. *Izvestiya UGGU* [News of USGU]. 2014, vol. 34, no. 2, pp. 19–24. (In Russian)
12. Belanov I.P., Semina I.S., Shipilova A.M. Soil-ecological condition of natural landscapes in the area of intensive extraction of coal. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining information and analytical bulletin]. 2013, no. 10, pp. 308–313. (In Russian)
13. Wojcik J. Kształtowanie się wybranych właściwości fizycznych inicjalnych gleb na zwałowisku zewnętrznym KWB "Adamow" [Inżynieria Środowiska. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie]. 2003, vol. 8, no. 2, pp. 217–227.
14. Menshikova E.A., Karavaeva T.I., Khairulina E.A., Mitrakova N.V. Features of soils and the potential for restoration of the natural-technical system "EVRAZ Kachkanar Mining and Processing Plant tailings storage". *Izvestiya TPU* [Izvestia TPU]. 2021, no. 9, pp. 54–66. (In Russian)
15. Fedotova A.S. The content of heavy metals in dumps formed by overburden rocks on coal mines. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining information and analytical bulletin]. 2006, no. 1, pp. 200–205. (In Russian)
16. Groshev I.V., Grigorieva O.V., Shakhmatova T.N. Ecological role of heavy metals in the formation of bioresource potential of steppe ecosystems. *Izvestiya OGAU* [Izvestia OSAU]. 2007, no. 15–1, pp. 29–31. (In Russian)
17. Kireeva N.A., Grigoriadi A.S., Bagautdinov F.Ya. Phytoremediation as a method of purification of soils contaminated with heavy metals. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and applied ecology]. 2011, no. 3, pp. 4–9. (In Russian)
18. Nadzhafova S.I., Bagirova Ch.Z. Ways to improve biogeneity, assimilation potential and fertility of soil cover

of the urban landscapes of Sumgait city. *South of Russia: ecology, development*, 2021, vol. 16, no. 3, pp. 88–94. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-88-94
19. Dubovik D.V., Dubovik E.V., Shumakov A.V., Ilyin B.S. Content of trace elements in the soil of typical chernozem depending on methods of primary tillage. *South of Russia:*

ecology, development, 2021, vol. 16, no. 3, pp. 102–107. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-102-107
20. Nevedrov N.P. Profile distribution and migration of heavy metals in the soils of the Kursk agglomeration (model experiments). *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 1, pp. 60–68. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-60-68

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени участвовали в сборе материала, анализе данных, в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors are equally participated in the collection of material and data analysis, in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Ирина В. Тимощук / Irina V. Timoshchuk <http://orcid.org/0000-0002-1349-2812>
Людмила К. Асякина / Ludmila K. Asyakina <http://orcid.org/0000-0003-4988-8197>
Алена К. Горелкина / Alena K. Gorelkina <http://orcid.org/0000-0002-3782-2521>
Мария А. Осинцева / Maria A. Osintseva <http://orcid.org/0000-0002-4045-8054>
Юлия В. Голубцова / Julia V. Golubtsova <http://orcid.org/0000-0002-2958-4172>
Ирина С. Миленьева / Irina S. Milentyeva <http://orcid.org/0000-0002-3536-562X>