

УДК 622.85:622.271.45(574):550.814 © М.А. Осинцева✉,
Е.А. Дюкова, Н.В. Булова, А.М. Осинцев, 2024

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: k1marial@inbox.ru

UDC 622.85:622.271.45(574):550.814 © M.A. Osintseva✉,
E.A. Dyukova, N.V. Burova, A.M. Osintsev, 2024

Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: k1marial@inbox.ru

Влияние особенностей рельефа и эрозионных процессов на эффективность биологической рекультивации техногенно нарушенных земель угледобывающих предприятий*

Influence of relief features and erosion processes on efficiency of biological reclamation of lands technologically changed by coal mining enterprises

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-7-100-105>

ОСИНЦЕВА М.А.

Канд. техн. наук, начальник управления проектной деятельности ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: k1marial@inbox.ru

ДЮКОВА Е.А.

Специалист управления проектной деятельности ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: jeniadulova@mail.ru

Одной из проблем создания нового растительного покрова на отвалах угольных разрезов является сложный рельеф с большим количеством значительных перепадов высот, возникающих в результате технического террасирования. С наличием большого количества существенных склонов и откосов связана еще одна проблема – эрозионные явления, вызванные потоками грунтовых и атмосферных вод и ведущие к вымыванию семян и слабо укрепившихся в почве растений. Для анализа влияния особенностей рельефа и эрозионных процессов на эффективность биологической рекультивации на научно-техническом полигоне, расположенном на отвале угольного разреза в районе села Большая Талда Прокопьевского района Кеме-

* Работа ведется в рамках Распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 № 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 финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2022-1200 от 28.09.2022).



**НОЦ
КУЗБАСС**

Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

ровской области – Кузбасса, были созданы участки с различными перепадами высот и вариантами формирования корнеобитаемого слоя. На основе анализа результатов рекультивации экспериментальных участков, полученных в течение четырех месяцев 2023 г., установлены условия, влияющие на интенсивность эрозионных явлений и тип наиболее пригодных для противодействия эрозии почв. Сделан вывод о целесообразности планирования дренажных систем на технологическом этапе рекультивации техногенно нарушенных земель угледобывающих предприятий для увеличения эффективности ее биологического этапа.

Ключевые слова: открытая добыча угля, техногенный ландшафт, биологическая рекультивация, особенности рельефа, эрозионные процессы.

Для цитирования: Влияние особенностей рельефа и эрозионных процессов на эффективность биологической рекультивации техногенно нарушенных земель угледобывающих предприятий / М.А. Осинцева, Е.А. Дюкова, Н.В. Бузова и др. // Уголь. 2024;(7):100-105. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-100-105.

Abstract

One of the problems in creating new vegetation cover on coal mine dumps is the complex terrain with a large number of significant elevation changes resulting from technical terracing. Another problem is erosion phenomena associated with the presence of a large number of significant slopes caused by flows of ground and atmospheric waters and leading to the washing out of seeds and plants that are weakly established in soil. Sectors with different elevation differences and options for the formation of the root layer were created at the scientific and technical site located on the dump of a coal mine near the village of Bolshaya Talda, Prokopyevsky district of the Kemerovo region – Kuzbass, to analyze the influence of relief features and erosion processes on the efficiency of biological reclamation. Based on the analysis of the results of the reclamation of experimental sectors obtained during four months of 2023, the conditions affecting the intensity of erosion phenomena and the type of soil most suitable for counteracting erosion were established. A conclusion is made about the feasibility of planning drainage systems at the technological stage of reclamation of technogenically disturbed lands in order to increase the efficiency of its biological stage.

Keywords

Open-pit coal mining, technogenic landscape, biological reclamation, relief features, erosion processes.

For citation

Osintseva M.A., Dyukova E.A., Burova N.V., Osintsev A.M. Influence of relief features and erosion processes on efficiency of biological reclamation of lands technologically changed by coal mining enterprises. *Ugol'*. 2024;(7):100-105. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-100-105.

Acknowledgements

The research is carried out within the framework of Order No. 1144p of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022 as part of the 'Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life' Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle ("Clean Coal – Green Kuzbass") Activity 3.1 "Eco testing area of world-class reclamation and remediation technologies" with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 075-15-2022-1200 as of 28.09.2022).

ВВЕДЕНИЕ

Кемеровская область является лидером угольной промышленности, обеспечивая около половины российской угледобычи. При этом около одной трети угля в Кузбассе добывается открытым способом [1].

Открытый способ добычи угля является одним из наиболее экономически выгодных и безопасных, но создает дополнительные экологические риски [2, 3]. После завершения разработки угольных разрезов на их месте остается огром-

БУРОВА Н.В.

Руководитель центра ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: centr1@mail.ru

ОСИНЦЕВ А.М.

Профессор кафедры теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, Россия e-mail: olex1@mail.ru

ная площадь с технологически измененным рельефом, практически лишенная растительности. Процесс биологической рекультивации техногенно нарушенных земель угледобывающих предприятий требует решения сложной многофакторной задачи [4, 5, 6, 7, 8].

Сложный рельеф участков, оставшихся после разработки угольных разрезов, с большим количеством склонов и откосов вызывает повышенную эрозию поверхностного слоя грунта, препятствуя закреплению в нем растений. С другой стороны, создание устойчивого растительного покрова в результате биологической рекультивации техногенно нарушенных земель является основным способом борьбы с эрозионными процессами [9, 10]. На начальном этапе биологической рекультивации потоки грунтовых и атмосферных вод ведут к вымыванию семян и слабо укрепившихся в почве растений. Кроме того, эрозионные явления будут проявляться в вымывании высаженных растений и в следующие периоды вегетации.

Влияние эрозионных процессов на эффективность создания устойчивого растительного покрова определяется не только гидрологической обстановкой, погодными условиями и рельефом местности, но также и структурой поверхностного слоя рекультивируемых участков [11].

Целью данного исследования являются изучение влияния эрозионных процессов, вызванных особенностями рельефа, на эффективность биологической рекультивации отвала угольного разреза, а также определение типов поверхностных слоев, созданных на этапе технологической рекультивации, наиболее пригодных для противодействия вымыванию высаженных растений.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Научно-технический полигон для проведения исследований расположен на отвале угольного разреза в районе села Большая Талда Прокопьевского района Кемеровской области – Кузбасса. На территории полигона в результате предварительной планировки был создан ряд экспериментальных участков.

На участке 1 осуществлялось послойное нанесение потенциально плодородных пород (технозем литогенный, суглинок) мощностью до одного метра и плодородного слоя почвы (техноземом гумусогенный) мощностью до 0,5 м. Участок 2 отсыпан слоем потенциально плодородных пород мощностью до 1 м. Участок 3 сформирован на поверхности спланированного отвала, почвообразующий субстрат представлен смесью вскрышных и вмещающих пород, слагающих тело отвала (эмбриозем инициальный). Участок 4 представляет собой часть исходного неотсыпанного склона отвала, возникшего в результате его террасирования. Дополнительный участок 5 создан для высадки оставшегося биологического материала и отсыпан аналогично участку 2.

Для обеспечения сходимости результатов аэрофотосъемок, а также контроля точности получаемых в ходе камеральной обработки геопространственных материалов были выполнены геодезические измерения, которые проводи-

лись с использованием спутниковых мультисистемных двухчастотных геодезических приемников PrinCE i90 [12, 13]. На основе аэрофотоснимков выполнялось построение цифровых ортофотопланов, карт высот, цифровых моделей местности (рельефа) в виде плотных облаков точек. По результатам фотограмметрической обработки данных аэросъемок были получены цифровые ортофотопланы с пространственным разрешением 2,6 см/пиксель.

Анализ морфологических характеристик экспериментальных участков позволил разбить их на 42 сектора, отличающихся формами рельефа и различными вариантами формирования корнеобитаемого слоя (рис. 1).

В качестве критериев для предварительной оценки проведенных на экспериментальных участках работ по биологической рекультивации в зависимости от задач и условий каждого эксперимента использовали приживаемость растений, прирост биомассы и проективное покрытие участков. Вегетация посаженного материала оценивалась как визуально, так и посредством определения нормализованного относительного вегетационного индекса (NDVI) [14, 15] с использованием мультиспектральной околосредней аэрофотосъемки. По результатам фотограмметрической обработки данных аэросъемок были получены карты NDVI с пространственным разрешением 4,8 см/пиксель.

Здоровые растения поглощают свет в красной области видимого спектра и отражают электромагнитное излучение в ближней инфракрасной области спектра. Плотность и качество растительного покрова определяются разностью интенсивностей отраженного света в красной (Red) и ближней инфракрасной (NIR) областях спектра. Возможные значения нормированного индекса лежат в диапазоне от -1 до +1:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

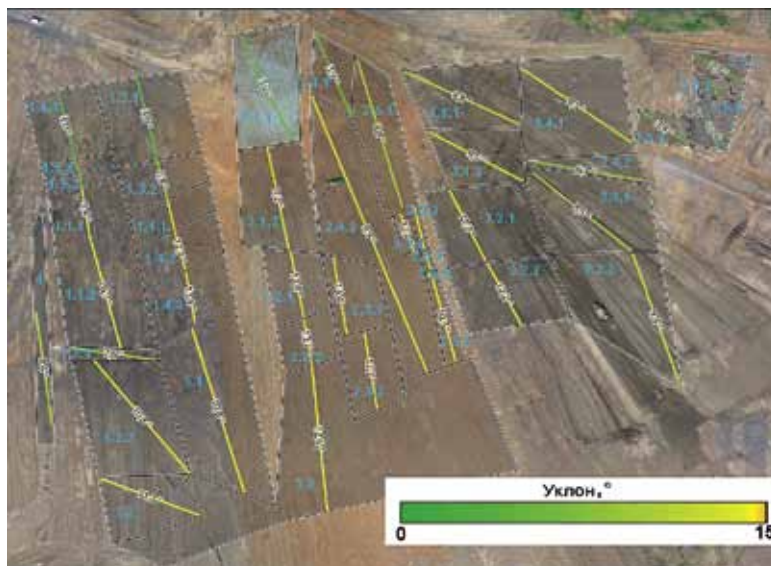


Рис. 1. Ортофотоплан экспериментальных секторов после планировки с картой средних уклонов

Fig. 1. Orthophotomap of experimental sectors after linear-slope planning with indicated average slopes

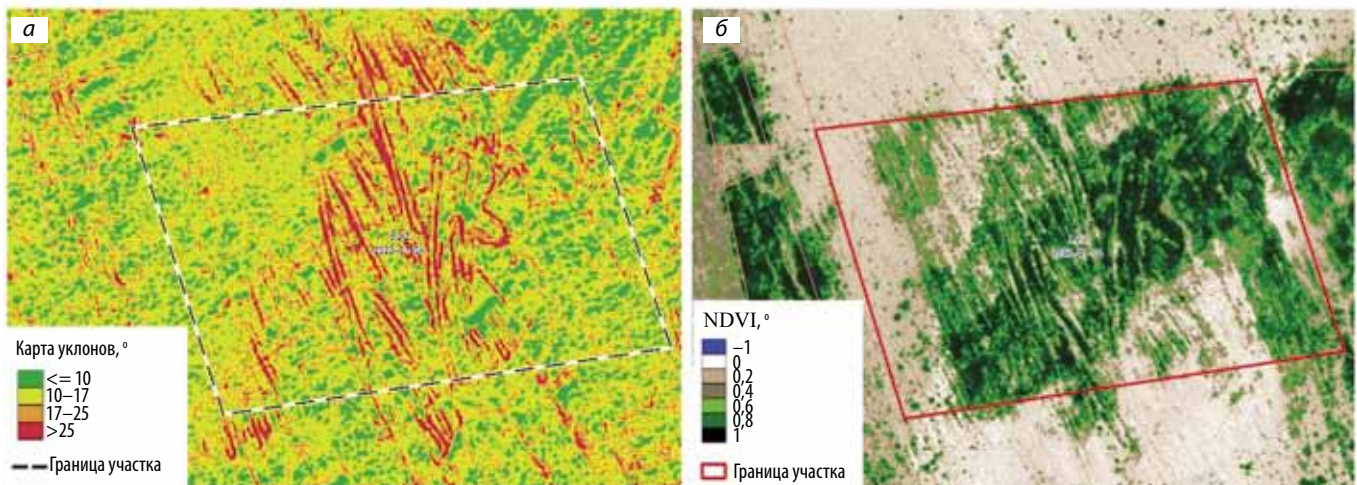


Рис. 2. Результаты фотограмметрической обработки данных аэросъемок для сектора 3.2.2. Карта внутривосходовых уклонов (а) и карта значений NDVI (б)

Fig. 2. Results of photogrammetric processing of aerial survey data for sector 3.2.2. Map of intra-field slopes (a) and map of NDVI values (b)

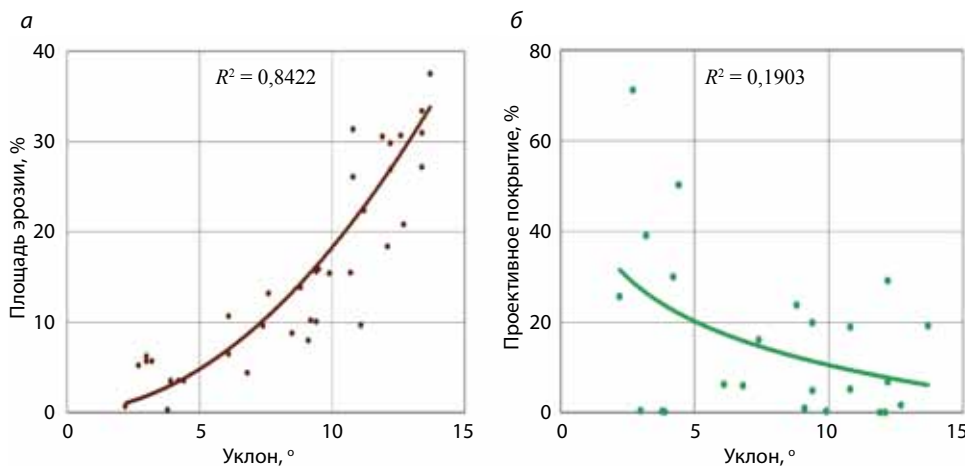


Рис. 3. Влияние угла уклона различных секторов на развитие эрозионных явлений (а) и формирование проективного покрытия (б)

Fig. 3. Effect of slope angle of different sectors on the distribution of surface erosion (a) and the formation of plant projective coverage (b)

Условно считается, что значения NDVI меньше 0 характеризуют объекты неживой природы; от 0 до 0,2 – открытую почву; от 0,2 до 0,5 – разряженную растительность; выше 0,5 – густую растительность. В данной статье при определении качества проективного покрытия учитывалась доля поверхности, имеющей NDVI в диапазоне от 0,8 до 1, что соответствует ее полному покрытию здоровыми растениями.

Для оценки распространенности эрозионных процессов на отдельных участках анализировались карты внутривосходовых уклонов на отдельных секторах. Степень развития эрозии поверхностного слоя оценивалась долей площади сектора, имеющей уклоны более 17°. Такие уклоны возникали, как правило, в результате вымывания поверхностного слоя грунтовыми и атмосферными водами. Наибольшее влияние на этот процесс оказывали грунтовые воды, которые высвобождались в результате таяния льда, образовавшегося в полостях отвала в течение осенне-зимнего периода.

В качестве примера на рис. 2 представлены карта внутривосходовых уклонов, полученная перед высадкой смеси трав (04.07.2023), и карта значений NDVI, полученных в конце вегетационного периода (05.10.2023), для сектора 3.2.2. Хорошо заметно, что значения уклонов более 17° дей-

ствительно соответствуют промоинам, образованным потоками воды и уничтожившим часть высаженных растений.

На рис. 3 представлены обобщенные результаты обработки данных для всех экспериментальных секторов по влиянию крутизны уклонов на развитие эрозионных процессов и формирование проективного покрытия.

Как видно, уклон сектора явно влияет на выраженность эрозионных процессов (см. рис. 3, а). Корреляция между углом уклона и площадью эрозии достаточно высокая. Безусловно, степень эрозии определяется не только рельефом местности, но и видом покрытия участка и расположением источников грунтовых вод. Именно этими факторами во многом объясняется заметный разброс экспериментальных точек, соответствующих секторам с близкими значениями средних углов наклона (см. рис. 3, а). Тем не менее этот рисунок подтверждает необходимость учета значительной роли рельефа при планировании биологической рекультивации. Следует отметить, что участки, отсыпанные слоем потенциально плодородных пород (суглинок), демонстрировали более высокую сопротивляемость вымыванию, чем, например, участок с верхним плодородным слоем почвы.

Значительно меньшую корреляцию между рельефом местности и развитием растительного покрова секторов демонстрирует *рис. 3, б*. Этот факт иллюстрирует *рис. 4*, сравнение которого с *рис. 2* подтверждает неоднозначность связи возникновения устойчивого растительного покрова с рельефом местности.

Объяснение полученного результата вполне очевидно. Существует множество факторов, определяющих развитие растительного покрова секторов. Например, как отмечено выше, вид покрытия участка и расположение источников грунтовых вод заметно влияют на развитие эрозионных явлений и, как следствие, вымывание высаженных растений.

Развитие растительной биомассы зависит от внесенных в почву мелиорантов и предпосадочной обработки семян, но по условиям эксперимента эти факторы отличались для секторов с близкими значениями уклона. Были применены также различные способы посадки семян: часть секторов засеивалась традиционно, а другие – методом гидропосева. Как отмечено в нашем предыдущем исследовании [16], гидропосев создает заметные преимущества для развития растений, в том числе благодаря наличию в составе гидрогеля, распределяемого по обрабатываемой поверхности, образующего пленку и препятствующего вымыванию семян из грунта.

Ярким примером преимущества гидропосева может служить, например, участок 4, созданный на исходном неотсыпанном склоне отвала и засеянный методом гидропосева смесью семян трав и древесно-кустарниковых растений. К концу вегетационного периода этот участок имеет хорошо развитое растительное покрытие (*см. рис. 4*).

Еще одним фактором, оказывающим значительное влияние на результаты формирования проективного покрытия секторов, является вид высаживаемых растений, который отличался для разных секторов по условиям комплексного эксперимента. Например, из-за более длительного вегетационного периода к концу периода наблюдения секторы, на которых были высажены древесно-кустарниковые растения, не могли продемонстрировать сплошного растительного покрова, что отражается в достаточно низких значениях NDVI для таких секторов, независимо от их уклона и степени развития эрозии поверхности. Исключение составили секторы, относящиеся к участку 1, так как из-за нанесения плодородного слоя почвы произошло их самозаращение травяным покровом обедненного видового состава.

Несмотря на наличие большого числа экспериментальных факторов, оказывающих существенное влияние на формирование растительного покрытия, его связь с особенностями рельефа участков нельзя отрицать. Например, максимальные значения NDVI все же соответствуют минимальным уклонам экспериментальных участков (*см. рис. 3*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данного исследования проанализированы закономерности влияния особенностей рельефа, созданного на этапе технологической рекультивации на экспе-

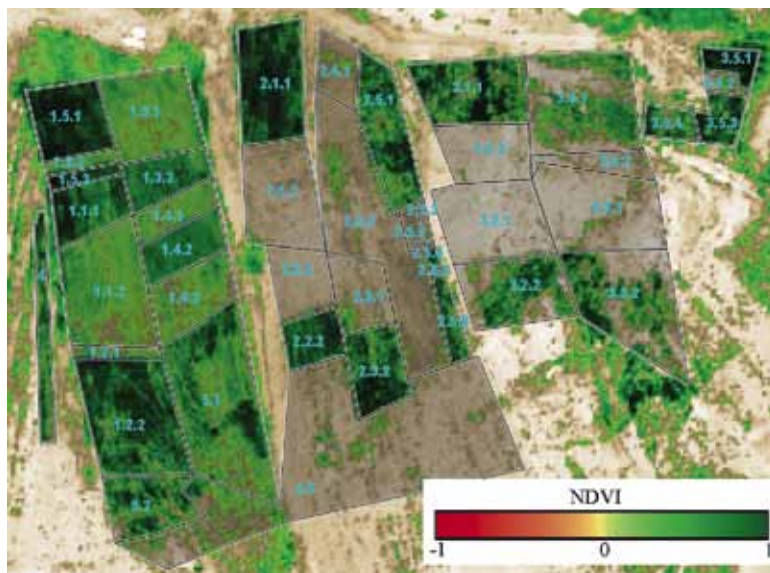


Рис. 4. Карта значений NDVI для экспериментальных секторов в конце сезона вегетации

Fig.4. Map of NDVI values for experimental sectors at the end of the growing season

риментальных участках научно-технического полигона отвала угольного разреза АО УК «Кузбассразрезуголь», на эффективность биологической рекультивации техногенно нарушенных земель.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что развитие эрозионных процессов на рекультивируемых участках в значительной степени обусловлено именно их рельефом, в частности крутизной их уклонов. Наибольшее влияние на эрозию поверхностного слоя грунта оказывали грунтовые воды, которые высвобождались в результате таяния льда, образовавшегося в полостях отвала в течение осенне-зимнего периода.

Степень эрозии определялась не только рельефом местности, но и видом покрытия участка. Например, участки с нанесением верхнего плодородного слоя почвы демонстрировали более высокую склонность к размыванию, чем те, которые были отсыпаны лишь слоем потенциально плодородных пород (суглинков).

На начальном этапе биологической рекультивации потоки грунтовых и атмосферных вод ведут к вымыванию семян и слабо укрепившихся в почве растений. Кроме того, эрозионные явления будут проявляться в вымывании высаженных растений и в следующие периоды вегетации. Из-за связи с развитием эрозионных явлений особенности рельефа оказывают влияние и на эффективность биологической рекультивации техногенно нарушенных земель.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о целесообразности планирования дренажных систем на технологическом этапе рекультивации техногенно нарушенных земель угледобывающих предприятий для увеличения эффективности ее биологического этапа.

Список литературы • References

1. Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2022 года // Уголь. 2022. № 12. С. 7-21. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-7-21.

- Petrenko I.E. Russia's coal industry performance for January-September, 2022. *Ugol'*. 2022;(12):7-21. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-7-21.
2. Забелин В.И., Ондар С.О. Экологические риски при разработке месторождений каменного угля в Туве // Проблемы анализа риска. 2020. Т. 17(3). С. 16-29. DOI: 10.32686/1812-5220-2020-17-3-16-29. Zabelin V.I., Ondar S.O. Ecological Risks in the Coal Mining in Tuva. *Problemy analiza riska*. 2020;17(3):16-29. (In Russ.). DOI: 10.32686/1812-5220-2020-17-3-16-29.
 3. Beula N.A., Zefanias N., Mirasse A. Environmental impact of open pit coal mining. Case study: district of Moatize (2010 to 2023). *International Journal of Hydrology*. 2024;8(2):65-70. DOI: 10.15406/ijh.2024.08.00376.
 4. О необходимости комплексной геоэкологической оценки техногенно нарушенных горными работами земель / В.Л. Гаврилов, Н.А. Немова, А.В. Резник и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334. № 10. С. 76-87. DOI: 10.18799/24131830/2023/10/4212. Gavrilov V.L., Nemova N.A., Reznik A.V., Kosarev N.S., Kolesnikov A.A. On the need for a comprehensive geo-ecological assessment of lands technogenically disturbed by mining. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*. 2023;334(10):76-87. (In Russ.) DOI: 10.18799/24131830/2023/10/4212.
 5. César R.G., Belel L., Badari C.G., Viani R.A.G., Gutierrez V. Chazdon R.L., Brancalion P.H.S., Morsello C. Forest and Landscape Restoration: A Review Emphasizing Principles, Concepts and Practices. *Land*. 2021;10(1):28. DOI: 10.3390/land10010028.
 6. Асякина Л.К., Дышлюк Л.С., Просеков А.Ю. Мировой опыт в области рекультивации посттехногенных ландшафтов // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 4. С. 805-818. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-805-818. Asyakina L.K., Dyshlyuk L.S., Prosekov A.Yu. Reclamation of post-technological landscapes: international experience. *Tekhnika i tehnologiya pishchevyh proizvodstv*. 2021;51(4):805-818. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-805-818.
 7. Krzyszowska Waitkus A. Sustainable reclamation practices for a large surface coal mine in shortgrass prairie, semiarid environment (Wyoming, USA): case study. *International Journal of Coal Science & Technology*. 2022;(9):32. DOI: 10.1007/s40789-022-00502-3.
 8. Создание искусственного растительного покрова техногенно нарушенных ландшафтов / М.А. Осинцева, В.А. Крюк, Е.А. Дюкова и др. // Уголь. 2023. № 512. С. 56-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-512-56-62. Osintseva M.A., Kryuk V.A., Dyukova E.A., Burova N.V. Creation of artificial vegetation cover technogenically disturbed landscapes. *Ugol'*. 2023;(512):56-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-512-56-62.
 9. Feng Y., Wang J.M., Bai Z.K., Reading L. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: a review. *Earth-Science Reviews*. 2019;(191):12-25. DOI: 10.1016/j.earscirev.2019.02.015.
 10. Fleisher K.R., Hufford K.M. Assessing habitat heterogeneity and vegetation outcomes of geomorphic and traditional linear-slope methods in post-mine reclamation. *Journal of Environmental Management*. 2020;(255): 109854. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109854.
 11. Nicolau J. M. Effects of topsoiling on rates of erosion and erosion processes in coal mine spoil banks in Utrillas, Teruel, Spain. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*. 1996;10(2):73-78. DOI: 10.1080/09208119608964803.
 12. Опыт проектирования цифровой модели техногенно нарушенных территорий с применением околосредней аэрофото- съемки (на примере угольного разреза Кемеровской области) / Ф.Ю. Кайзер, О.А. Брель, А.О. Рада и др. // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 46. С. 79-92. DOI: 10.26516/2073-3402.2023.46.79. Kaizer Ph.lu., Brel' O.A., Rada A.O., Kuznetsov A.D. Designing digital model experience of technogenically disturbed territories using near-earth aerial photography (on the example of the coal open pit of the Kemerovo region). *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o zemle*. 2023;(46):79-92. (In Russ.). DOI: 10.26516/2073-3402.2023.46.79.
 13. Prosekov A., Vesnina A., Atuchin V., Kuznetsov A. Robust Algorithms for Drone-Assisted Monitoring of Big Animals in Harsh Conditions of Siberian Winter Forests: Recovery of European elk (*Alces alces*) in Salair Mountains. *Animals*. 2022;(12):1483. <https://doi.org/10.3390/ani12121483>.
 14. Оценка вегетационного индекса отвалов угольных разрезов на основе данных NDVI / М.А. Осинцева, Е.А. Жидкова, А.Ю. Просеков и др. // Уголь. 2022. № 512. С. 132-141. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-512-132-141. Osintseva M.A., Zhidkova E.A., Prosekov A.Yu., Kuznetsov A.D., Rada A.O., Burova N.V. Assessment of the vegetation index of coal mine dumps based on the NDVI DATA. *Ugol'*. 2022;(512): 132-141. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-512-132-141.
 15. Hu J., Ye B., Bai Z., Hui J. Comparison of the Vegetation Index of Reclamation Mining Areas Calculated by Multi-Source Remote Sensing Data. *Land*. 2022;11(3):325. DOI: 10.3390/land11030325.
 16. Изучение метода гидропосева как способа повышения приживаемости растений при проведении биологической рекультивации техногенно нарушенных земель / М.А. Осинцева, В.А. Крюк, Е.А. Дюкова и др. // Уголь. 2024. № 5. С. 65-71. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-65-71. Osintseva M.A., Kryuk V.A., Dyukova E.A., Burova N.V. Studying hydroseeding as a way to increase the survival rate of plants during the biological reclamation of technogenically disturbed lands. *Ugol'*. 2024;(5): 65-71. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-65-71.

Authors Information

Osintseva M.A. – PhD (Engineering), Head of Project Management Division, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: k1marial@inbox.ru

Dyukova E.A. – Specialist of Project Management Division, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: jeniadulova@mail.ru

Burova N.V. – Director of the Center for Landscape Architecture, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: centrla@mail.ru

Osintsev A.M. – Professor of the Department of Thermal Physics, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: olex1@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 10.06.2024

Поступила после рецензирования: 16.06.2024

Принята к публикации: 25.06.2024

Paper info

Received June 10, 2024

Reviewed June 16, 2024

Accepted June 25, 2024