

UDC 622.882(571.17):622.85 © Е.В. Кирюшина¹, И.В. Зеньков²,
Ле Хунг Чинь³, М.Л. Дмитриева⁴, Ю.П. Юронен⁵, В.Н. Вокин¹,
Е.В. Черепанов¹, К.В. Раевич¹, А.А. Латынцев¹, П.Л. Павлова¹,
Л.Н. Кузина¹, А.С. Лунев¹, К.А. Штреслер¹, 2024

¹ Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия

² Сибирский научно-исследовательский институт горного
и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия

³ Технический университет им. Ле Куй Дон, 11355, Ханой, Вьетнам

⁴ Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия

⁵ Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

UDC 622.882(571.17):622.85 © E.V. Kiryushina¹, I.V. Zenkov²,
Le Hung Trinh³, M.L. Dmitrieva⁴, Yu.P. Yuronen⁵, V.N. Vokin¹,
E.V. Cherepanov¹, K.V. Raevich¹, A.A. Latyntsev¹, P.L. Pavlova¹,
L.N. Kuzina¹, A.S. Lunev¹, K.A. Shtresler¹, 2024

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

² Siberian Research Institute of Mining and Surveying,
Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

³ Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

⁴ Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II,
St Petersburg, 199106, Russian Federation

⁵ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

Исследование экологии нарушенных земель после завершения горных работ по добыче угля на участках Подмосковного бассейна в Тульской области*

Environmental studies of disturbed lands after coal mine closure on sites of the Moscow Region coal basin in the Tula Region

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-7-91-95>

В статье приводятся результаты исследования экологического состояния нарушенных земель в ходе добычи угля открытым и подземным способами на угленасыщенных участках Подмосковного угольного бассейна на территории Тульской области. Выявлены площади шахтных терриконов. На породных отвалах карьеров по добыче угля выявлены участки, на которых произведены работы по лесной рекультивации. Определены площади участков породных отвалов с полным отсутствием растительного покрова. Предложен комплекс работ по ускорению восстановления экологического баланса на породных отвалах путем нанесения рыхлых горных пород четвертичного возраста мощностью не менее одного метра и высева бобовых и злаковых трав.

Ключевые слова: Подмосковный угольный бассейн, Тульская область, угольные шахты, угольные карьеры, шахтные терриконы, породные отвалы, дистанционное зондирование Земли из космоса, экология горного производства, экологические проблемы, лесная рекультивация.

* Исследование проведено в рамках международного сотрудничества в области расширения сферы использования технологий дистанционного зондирования Земли из космоса.

КИРЮШИНА Е.В.

Канд. техн. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор,
заместитель директора по научной работе
Сибирского научно-исследовательского
института горного
и маркшейдерского дела,
660025, г. Красноярск, Россия,
e-mail: zenkoviv@mail.ru

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

Канд. техн. наук,
доцент Технического
университета им. Ле Куй Дон,
11355, г. Ханой, Вьетнам

ДМИТРИЕВА М.Л.

Канд. физ.-мат. наук, доцент
Санкт-Петербургского горного университета
императрицы Екатерины II,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия

ЮРОНЕН Ю.П.

Канд. техн. наук, доцент,
Сибирского государственного
университета науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева,
660037, г. Красноярск, Россия

ВОКИН В.Н.

Канд. техн. наук, профессор
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ЧЕРЕПАНОВ Е.В.

Канд. техн. наук, доцент
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, Россия

РАЕВИЧ К.В.

Канд. техн. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ЛАТЫНЦЕВ А.А.

Канд. техн. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ПАВЛОВА П.Л.

Канд. техн. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

КУЗИНА Л.Н.

Канд. экон. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ЛУНЕВ А.С.

Канд. техн. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ШТРЕСЛЕР К.А.

Старший преподаватель
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

Для цитирования: Исследование экологии нарушенных земель после завершения горных работ по добыче угля на участках Подмосковного бассейна в Тульской области / Е.В. Кирюшина, И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь и др. // Уголь. 2024;(7):91-95. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-91-95.

Abstract

The article presents the results of studying the environmental state of lands disturbed in the course of coal mining using surface and underground methods in the coal-bearing areas of the Moscow Region coal basin in the territory of the Tula Region. The areas of mine waste piles have been revealed. Areas where forest reclamation works were performed have been identified on the rock dumps of the coal mining pits. Areas of the rock dumps with complete lack of vegetation cover were determined. Complex activities are proposed to accelerate the recovery of the environmental balance on rock dumps by applying loose Quaternary rocks with the thickness of at least one meter and sowing leguminous and cereal grasses.

Keywords

Moscow Region coal basin, Tula Region, coal mines, coal pits, mine waste piles, rock dumps, remote sensing of the Earth from space, mining ecology, environmental problems, forest reclamation.

For citation

Kiryushina E.V., Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Dmitrieva M.L., Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Cherepanov E.V., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Pavlova P.L., Kuzina L.N., Lunev A.S., Shtresler K.A. Environmental studies of disturbed lands after coal mine closure on sites of the Moscow Region coal basin in the Tula Region. *Ugol'*. 2024;(7):91-95. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-91-95.

Acknowledgements

The study was performed within the framework of international cooperation in expanding the use of remote sensing technologies.

ВВЕДЕНИЕ

На территории европейской части России в границах Подмосковного бассейна уголь залегает в недрах в Московской области и в других регионах, примыкающих к ней по всему периметру. Особая роль в обеспечении формирующейся экономики в СССР ископаемым топливом была отведена Тульской области, где были выявлены благоприятные горно-геологические характеристики пластов для их разработки подземным и открытым способами. Здесь объем добычи угля на участках Подмосковного бассейна увеличился с началом Великой Отечественной войны, а в первые послевоенные годы вышел на уровень 40 млн т в год и более. Важнейшим фактором для развития угольной промышленности в этом регионе явилась транспортная близость мест добычи угля к потребителям угля – тепловым электростанциям. Масштабная угледобыча на протяжении десятилетий существенно изменила экологическую обстановку в регионе. Необходимо отметить, что к настоящему времени отсутствует целостное представление об экологическом состоянии шахтных терриконов и о состоянии породных отвалов, отсыпанных в ходе добычи угля открытым способом. Вместе с тем обзор исследований в области восстановительной экологии в мировой угледобывающей промышленности показал, что исследованиями нарушенных земель и разработкой мероприятий по улучшению экологического баланса на шахтных терриконах, породных отвалах карьеров, в том числе с использованием ресурсов дистанционного зондирования, занимаются специалисты на всех континентах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

покровом (рис. 2, з). Этот террикон находится в 4,5 км на юго-восток от г. Узловая Узловского района.

По данным космического мониторинга, в Тульской области площадь нарушенных земель в результате открытой добычи угля открытым способом составила 9427 га. Суммарная площадь участков породных отвалов, на которых полностью отсутствуют любые виды растительного покрова, равна 375 га. На разрозненных участках породных отвалов общей площадью 566 га произведены работы по лесной рекультивации с высадкой сосны. В период 2019-2020 гг. на одном из участков породного отвала площадью 13,6 га были произведены работы по рекультивации с нанесением плодородного слоя почвы для использования в сельском хозяйстве. Общая площадь 93 техногенных водоемов составляет 836,7 га.

Детальный анализ ландшафтных техногенных объектов, образованных в ходе добычи угля на территории области, указал на то обстоятельство, что шахтные терриконы являются экологически проблемными с двух позиций. Поскольку они являются насыпями из горных пород с объемом до нескольких сотен тысяч кубических метров, значительно возвышающимися над равнинным рельефом региона, то при любом направлении ветра с поверхности террикона будут производиться вынос пыли и вертикальное и горизонтальное ее перемещение на расстояние в зависимости от крупности частиц и силы ветра. Последний фактор отрицательно сказывается на качестве воздуха в населенных пунктах, и в особенности в тех, вблизи которых находятся терриконы. При перемещении горных пород из террикона на природный ландшафт сокращается площадь наземной растительной экосистемы. Для снижения отрицательного воздействия на природную среду, включая среду обитания человека, необходим источник финансирования специальных работ по изменению архитектуры терриконов и их рекультивации. В первую очередь перечень работ необходимо выполнить на объектах, в наибольшей степени оказывающих негативное влияние на качество воздуха в местах проживания людей. На поверхности породных отвалов целесообразным считаем выявление участков для проведения на них работ по горнотехнической и биологической рекультивации с последующим их возвратом в сельскохозяйственный оборот. Основу предлагаемых природоохранных мероприятий составляют работы по нанесению потенциально плодородных и продуктивных слоев горных пород мощностью 0,5 м и использование комплексных минеральных удобрений *НПК* (азот, фосфор, калий) с повышенными нормами внесения.

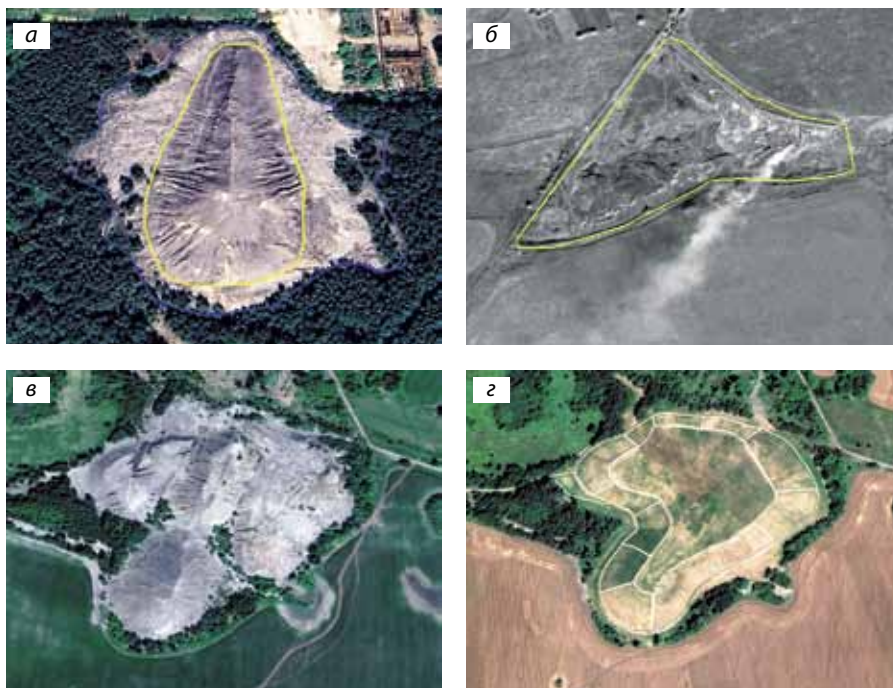


Рис. 2. Фрагменты техногенных объектов на территории Тульской области (на снимках из космоса): а – шахтный террикон; б – постоянно горящий полигон бытовых отходов; в – шахтный террикон до рекультивации; з – шахтный террикон после рекультивации

Fig. 2. Images of man-made facilities on the territory of the Tula Region (satellite images): а – a mine waste pile; б – a permanently burning municipal waste landfill; в – the mine waste pile before reclamation; з – the mine waste pile after reclamation

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований территории Тульской области получены новые знания о нарушенных землях в ходе добычи угля подземным и открытым способами на протяжении последних семи десятилетий. Состав горных пород, слагающих шахтные терриконы и уложенные в поверхностный слой породные отвалы без нанесения на них продуктивных слоев горных пород, в значительной степени не способствует формированию растительного покрова. Важнейшим направлением использования горных пород из шахтных терриконов может быть перекрытие ими полигонов отходов. На территориях с высокой концентрацией терриконов и населенных пунктов необходимо выполнить работы по изменению вертикальной конструкции терриконов и последующей их рекультивации с нанесением потенциально плодородных горных пород и с высадкой древесно-кустарниковой растительности.

Список литературы • References

1. Исследование горных работ и процессов восстановительной экологии на месторождениях угля во Вьетнаме по данным дистанционного зондирования / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.А. Анищенко и др. // Уголь. 2022. № 7. С. 21-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-21-24.
Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Anischenko Yu.A., Loginova E.V., Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Veretenova T.A., Kondrashov P.M., Pavlova P.L., Konov V.N. A study of mining operations and environmental rehabilitation processes in Vietnamese coal fields

- based on remote sensing data. *Ugol'* 2022;(7):21-24. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-21-24.
2. Дистанционное зондирование в исследовании результатов лесовосстановительной экологии на породных отвалах угольных разрезов Красноярского края / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.А. Анищенко и др. // Уголь. 2021. № 6. С. 54-57. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-54-57.
Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Anishenko Yu.A., Kazanskaya N.N., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Latyncev A.A., Veretenova T.A. Remote sensing in studying the reforestation results at rock dumps of coal mines in the Krasnoyarsk Territory. *Ugol'* 2021;(6):54-57. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-54-57.
 3. Wang H., Xie M., Li H. et al. Monitoring ecosystem restoration of multiple surface coal mine sites in China via LANDSAT images using the Google Earth Engine. *Land Degrad. Dev.* 2021;(32):2936–2950. DOI: 10.22541/au.160578567.78852046/v1.
 4. Gossen I., Gurkova E., Sokolov D. Assessment of Effectiveness of Reclamation Activities on Coal Dumps in Kuzbass. *Ecology and Industry of Russia.* 2023;(3):33-39. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-3-33-39.
 5. Wang Y., Zhao S., Zuo H. et al. Tracking the Vegetation Change Trajectory over Large-Surface Coal Mines in the Jungar Coalfield Using Landsat Time-Series Data. *Remote Sens.* 2023;(15):5667. DOI: 10.3390/rs15245667.
 6. Mitrakova N.V., Khayrulina E.A., Blinov S.M., Perevoshchikova A.A. Efficiency of acid sulphate soils reclamation in coal mining areas. *Journal of Mining Institute.* 2023. Vol. 260. p. 266-278. DOI: 10.31897/PMI.2023.31.
 7. Адаптивный аспект реализации технологии щелевания при рекультивации автомобильных отвалов в Республике Хакасия / Е.А. Моршнева, О.С. Сафронова, Н.А. Остапова и др. // Уголь. 2023. № 4. С. 65-68. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-65-68.
Morshnev E.A., Safronova O.S., Ostapova N.A., Evseeva I.N., Pilchuk E.V. Adaptive aspect of the implementation of the slotting technology in the reclamation of vehicle dumps in the Republic of Khakassia. *Ugol'* 2023;(4):65-68. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-65-68.
 8. Xiaobo Zhu, Wenhui Gong, Wang Li et al. Fixating lead in coal gangue with phosphate using phosphate-dissolving bacteria: Phosphorus dissolving characteristics of bacteria and adsorption mechanism of extracellular polymer. *Journal of Hazardous Materials.* 2023;(458):131923. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131923.
 9. Jingjing Yu, Xiaoyang Liu, Bin Yang et al. Major influencing factors identification and probabilistic health risk assessment of soil potentially toxic elements pollution in coal and metal mines across China: A systematic review. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2024;(274):116231. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2024.116231.
 10. Ana He, Xiaoping Li, Yuwei Ai et al. Potentially toxic metals and the risk to children's health in a coal mining city: an investigation of soil and dust levels, bioaccessibility and blood lead levels. *Environ. Int.* 2020;(141): 105788. DOI: 10.1016/j.envint.2020.105788.
 11. Yi-wang Wang, Dong-sheng Bai, Xu Yang et al. Soil sulfur cycle bacteria and metabolites affected by soil depth and afforestation conditions in high-sulfur coal mining areas. *Applied Soil Ecology.* 2023;(185):104802. DOI: 10.1016/j.apsoil.2022.104802.
 12. Sheng Zheng, Yi-wang Wang, Jin-long Lai et al. Effects of long-term herbaceous plant restoration on microbial communities and metabolic profiles in coal gangue-contaminated soil. *Environmental Research.* 2023;(234):116491. DOI: 10.1016/j.envres.2023.116491.
 13. Yi-wang Wang, Dong-sheng Bai, Xue-gang Luo et al. Effects of *Setaria viridis* on heavy metal enrichment tolerance and bacterial community establishment in high-sulfur coal gangue. *Chemosphere.* 2024;(351):141265. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2024.141265.

Authors Information

Kiryushina E.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Zenkov I.V. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Trinh Le Hung – PhD (Engineering), Associate Professor, Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

Dmitrieva M.L. – PhD (Physical and Mathematical), Associate Professor, Saint Petersburg Mining University, St Petersburg, 199106, Russian Federation

Yuronen Yu.P. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Vokin V.N. – PhD (Engineering), Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Cherepanov E.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Raevich K.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Latyntsev A.A. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Pavlova P.L. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Kuzina L.N. – PhD (Economic), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Lunev A.S. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Shtresler K.A. – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

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