

УДК 622.882(470.53):622.85 © И.В. Зеньков<sup>1,2</sup>, А.С. Конде<sup>3</sup>,  
Ю.П. Юронен<sup>1</sup>, Г.А. Карачева<sup>1</sup>, В.Н. Вокин<sup>4</sup>, Е.В. Кирюшина<sup>4</sup>,  
Е.В. Черепанов<sup>4</sup>, А.А. Латынцев<sup>4</sup>, К.В. Раевич<sup>4</sup>, 2025

UDC 622.882(470.53):622.85 © I.V. Zenkov<sup>1,2</sup>, A.S. Conde<sup>3</sup>,  
Yu.P. Yuronen<sup>1</sup>, G.A. Karacheva<sup>1</sup>, V.N. Vokin<sup>4</sup>, E.V. Kiryushina<sup>4</sup>,  
E.V. Cherepanov<sup>4</sup>, A.A. Latyntsev<sup>4</sup>, K.V. Raevich<sup>4</sup>, 2025

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия

<sup>1</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

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

<sup>2</sup> Siberian Research Institute of Mining and Surveying,  
Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

<sup>3</sup> Компания RUSSKY ALUMINY LIMITED, Представительство  
в Гвинейской Республике, BP 6506, Конакри, Гвинейская Республика

<sup>3</sup> RUSSKY ALUMINY LIMITED, Conakry, Representative Office  
in the Republic of Guinea, BP 6506, Republic of Guinea

<sup>4</sup> Сибирский федеральный университет,  
660041, г. Красноярск, Россия

<sup>4</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation  
✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

# Исследование экологии нарушенных земель после завершения открытых и подземных горных работ по добыче угля в восточном секторе Подмосковного бурогоугольного бассейна

## Environmental studies of disturbed lands after completion of surface and underground coal mining operations in the eastern sector of the Moscow brown coal basin

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-7-97-100>

*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 Рязанской области. Выявлены площади шахтных терриконов. Предложен комплекс работ по ускорению восстановления экологического баланса на шахтных терриконах путем нанесения рыхлых горных пород четвертичного возраста мощностью не менее одного метра и высева бобовых и злаковых трав. Проведена оценка повышения эффективности сельского хозяйства за счет ликвидации шахтных терриконов.*

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли из космоса, угольная промышленность, угольные шахты, угольные карьеры, Подмосковный угольный бассейн, Рязанская область, шахтные терриконы, породные отвалы, экология горного производства, экономическая эффективность.

**Для цитирования:** Исследование экологии нарушенных земель после завершения открытых и подземных горных работ по добыче угля в восточном секторе Подмосковного бурогоугольного бассейна / И.В. Зеньков, А.С. Конде, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2025;(7):97-100. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-7-97-100.

### ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор  
Сибирского государственного  
университета науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия,  
Заместитель директора  
по научной работе Сибирского  
научно-исследовательского института  
горного и маркшейдерского дела,  
660025, г. Красноярск, Россия,  
e-mail: zenkoviv@mail.ru

### КОНДЕ А.С.

Горный инженер компании  
RUSSKY ALUMINY LIMITED,  
Представительство  
в Гвинейской Республике,  
BP 6506, г. Конакри,  
Гвинейская Республика

**ЮРОНЕН Ю.П.**

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

**КАРАЧЕВА Г.А.**

Старший преподаватель  
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

**КИРЮШИНА Е.В.**

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

**ЧЕРЕПАНОВ Е.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

**РАЕВИЧ К.В.**

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

**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 Ryazan Region. The areas of mine spoil piles have been identified. Complex activities are proposed to accelerate the recovery of the environmental balance on the mine spoil piles by applying loose Quaternary rocks with the thickness of at least one meter and sowing leguminous and cereal grasses. An assessment was made of the increase in agricultural efficiency through elimination of the mine spoil piles.

**Keywords**

Remote sensing of the Earth from space, coal industry, coal mines, coal pits, Moscow coal basin, Ryazan region, mine spoil piles, rock dumps, mining ecology, economic efficiency.

**For citation**

Zenkov I.V., Conde A.S., Yuronen Yu.P., Karacheva G.A., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Cherepanov E.V., Latyntsev A.A., Raevich K.V. Environmental studies of disturbed lands after completion of surface and underground coal mining operations in the eastern sector of the Moscow brown coal basin. *Ugol'*. 2025;(7):97-100. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-7-97-100.

**ВВЕДЕНИЕ**

На территории России в восточном секторе Подмосковного бурогоугольного бассейна на протяжении почти ста лет добывали уголь подземным и открытым способами. Этот сектор находится на юго-западе Рязанской области. Здесь уголь интенсивно добывали в начале XX века, в период строительства социалистической экономики и обеспечения плана ГОЭЛРО, но с началом Великой Отечественной войны здесь объем добычи угля кратно увеличился. В послевоенный период угольные шахты работали до конца 1980-х гг., но в последствии, в начале 1990-х гг. все без исключения шахты были закрыты, поскольку в условиях рыночной экономики добыча угля в регионе оказалась нерентабельной. Добыча угля в единственном карьере в этом регионе производилась с 1988 по 2020 г. Масштабная угледобыча на протяжении десятилетий существенно изменила экологическую обстановку в регионе. К настоящему времени отсутствует целостное представление об экологическом состоянии нарушенных земель в ходе добычи угля открытым и подземным способами на территории Рязанской области. Вместе с тем обзор исследований в области восстановительной экологии в мировой угледобывающей промышленности обозначил актуальность нашего направления исследований и показал, что исследованиями нарушенных земель и разработкой мероприятий по улучшению экологического баланса на территориях с добычей угля, в том числе с использованием ресурсов дистанционного зондирования, занимаются специалисты на всех континентах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

На территории Рязанской области в ходе исследования мест отсыпки шахтных терриконов выделен сектор, в котором производилась добыча угля подземным способом. Исследуемый сектор площадью 6053 га находится в 89 км на юг от регионального центра – г. Рязани [10]. Протяженность исследуемой части региона в направлении «запад – восток» составляет 18 км, а в направлении «север – юг» аналогичный показатель равен 30 км. Участок природного ландшафта площадью 210 га, преобразованный в ходе добычи угля открытым способом в горнопромышленный при работе карьера, находится в 36 км на запад от г. Скопина и в 500 м от жилой застройки пос. Петрушино (рис. 1 а). На рис. 1 а линией желтого цвета обведен контур остаточной карьерной выемки и линией синего цвета – контур внутренних отвалов в чередовании с техногенными водоемами. На расстоянии 4,8 км на юго-восток от карьера находится участок природного ландшафта площадью 8,6 га, который был изъят под стационарный расходный угольный склад для отгрузки угля в железнодорожные полувагоны

(рис. 1 б). Контур угольного склада обведен линией белого цвета. К настоящему времени, по данным спутниковой съемки, на территории нарушенных земель горно-планировочные работы и работы по рекультивации не проводились, что не соответствует резолюциям ООН о необходимости улучшения климата на нашей планете [11].

На участках различных природных ландшафтов и полей сельскохозяйственного назначения всего было отсыпано 74 шахтных террикона общей площадью 46,7 га. Вместе с тем на исследуемой территории необходимо было выявить влияние этих техногенных ландшафтных объектов на экологию и экономику региона, в котором несколько десятилетий назад прекращена добыча угля подземным способом. По результатам дистанционного мониторинга территории Рязанской области выявлены основные категории земель, на которых работали угольные шахты и отсыпаны терриконы: лесные угодья, пахотные и сенокосные угодья предприятий АПК, неудобные земли, представленные оврагами и приовражными склонами. Все места расположения терриконов были типизированы путем объединения в три группы по признаку «категория земель, (тип ландшафта), на которых отсыпан террикон» [10].

В ходе обработки результатов дистанционного космического мониторинга за 20-летний период были определены площади сокращения земель трех основных категорий: лесные угодья, неудобные земли и пахотные угодья, что является следствием отсыпки шахтных терриконов и последующего расширения их контуров за счет воздействия атмосферных осадков. По данным космического мониторинга, отчетливо просматривается увеличение площади терриконов, отсыпанных на территории смешанного леса, на 47,9%, при этом площадь леса сократилась на 7 га. Площадь терриконов, находящихся на неудобных землях, увеличилась в два раза, с 5,1 га до 10,2 га. Отрицательным моментом с позиции экологии считаем вынос углепородной смеси из терриконов и попадание ее в природные водоемы. Шахтные терриконы общей площадью 27 га, отсыпанные на землях АПК, обладают выраженным отрицательным синергетическим эффектом и способствуют формированию участков отчуждения общей площадью 330 га, которые фермеры отказываются обрабатывать. С позиции экономики земледелия, постоянно увеличивающиеся площади таких участков, находящихся в границах обрабатываемых полей севооборота, приводят к появлению у фермерских хозяйств выпадающих доходов от реализации урожая зерновых, который можно было бы получить на участках отчуждения с шахтными терриконами.

Детальный анализ ландшафтных техногенных объектов в виде шахтных терриконов указал на то, что терриконы являются проблемными с двух позиций – экологии и экономики агропромышленного комплекса. Поскольку они являются насыпями из горных пород с объемом до нескольких десятков тысяч кубических метров, значительно воз-



Фрагмент территории Рязанской области на снимке из космоса с расположением: а) остаточной карьерной выемки и внутренних породных отвалов; б) угольного склада

A part of the Ryazan region in a space image showing: а) the remaining open pit and the internal rock dumps; б) the coal storage site

вышающимися над равнинным рельефом региона, то при любом направлении ветра с поверхности террикона будут производиться вынос пыли и вертикальное и горизонтальное ее перемещение на расстояние, зависящее от крупности частиц и силы ветра. Последний фактор отрицательно сказывается на качестве воздуха в населенных пунктах, и в особенности тех, вблизи которых находятся терриконы. Для снижения отрицательного воздействия на природную среду, включая среду обитания человека, необходим источник финансирования специальных работ по изменению архитектуры терриконов и их рекультивации. Измененная архитектура каждого террикона должна удовлетворять главной цели таких работ – обеспечить форму его поверхности, межъярусных площадок и откосов, в максимальной степени обладающую устойчивостью к воздействию атмосферных осадков, что неизбежно будет препятствовать увеличению площади терриконов в долгосрочном периоде. После изменения архитектуры терриконов целесообразным считаем проведение работ по горнотехнической и биологической рекультивации с последующим их возвратом в лесной фонд. В основу предлагаемых природоохранных мероприятий должны быть включены работы по нанесению потенциально плодородных пород четвертичного возраста мощностью до одного метра, а также внесению комплексных минеральных удобрений *НПК* в повышенной дозировке.

Обоснование эффективности производства работ по ликвидации шахтных терриконов в земельном секторе фермерских хозяйств представлено в виде укрупненных экономических агрегатов. Обоснование повышения эффективности земледелия путем реализации предлагаемых инноваций в АПК целесообразно выполнить с использованием формулы интегрального критерия оценки. Показатель должен учитывать: увеличение дохода от урожая, полученного на участках отчуждения после их ввода в севооборот; снижение себестоимости вспашки, посева зерновых и уборки урожая. За счет реализации наших предложений в земельном секторе предприятий АПК в Рязанской области в районе с закрытыми угольными шахтами в фермерском хозяйстве, имеющем на балансе 1665 га пашни, участки которой прилегают к участкам отчуждения с находящимися на них шахтными терриконами, комплексно достигаются ежегодное повышение доходности предприятия на уров-

не 12-13 млн руб. и снижение затрат на сельскохозяйственные работы на уровне 0,3 млн руб., связанные с выращиванием зерновых культур (пшеница) в долгосрочном периоде. Итак, вполне очевидным является то, что за счет ликвидации шахтных терриконов достигаются снижение издержек на посев и уборку зерновых, а также увеличение объема урожая зерновых культур, получаемого с площади ранее не используемых участков с шахтными терриконами.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований территории Рязанской области получены новые знания о нарушенных землях в ходе добычи угля подземным способом, остановленной в начале периода перехода к рыночной экономике. Важнейшим направлением восстановления экологического баланса на поверхности породных отвалов карьера и шахтных терриконов считаем обоснованное проведение комплекса специальных работ по изменению архитектуры породных овалов, терриконов и горнотехнической и биологической рекультивации с высадкой на их поверхности древесно-кустарниковой растительности. Горные породы, уложенные в шахтные терриконы и находящиеся в контурах земель агропромышленного комплекса, необходимо удалить за пределы последних, а на участках, где терриконы были размещены угледобывающими предприятиями и на прилегающих к ним неиспользуемых участках провести работы по восстановлению плодородия до уровня обрабатываемых земель с дальнейшим вводом этих земель в сельскохозяйственный оборот.

### Список литературы • References

- Исследование влияния геотехнологий на результаты лесной рекультивации на породных отвалах угольных карьеров в Кемеровской области с использованием информационных ресурсов космического мониторинга / В.Н. Вокин, И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь и др. // Уголь. 2024. № 6. С. 114-118. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-114-118.  
Vokin V.N., Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Kiryushina E.V., Cherepanov E.V., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Pavlova P.L., Kuzina L.N., Lunev A.S., Maglinets Yu.A., Sizova T.N. Research into the influence of geotechnologies on the results of forestbased reclamation of the rock dumps at coal pits in the Kemerovo region using space monitoring data resources. *Ugol'*. 2024;(6):114-118. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-114-118.
- Kim J., Amgalan B., Bulkhbai A. Monitoring Aeolian Erosion from Surface Coal Mines in the Mongolian Gobi Using InSAR Time Series Analysis. *Remote Sensing*. 2024;16(21):4111. DOI: 10.3390/rs16214111.
- 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.
- 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. С. 100-105. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-100-105.  
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.
- 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;(260):266-278. DOI: 10.31897/PMI.2023.31.
- 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.
- Jitendra Ahirwal, Subodh Kumar Maiti et al. Restoring coal mine degraded lands in India for achieving the United Nations-Sustainable Development Goals. *Restoration Ecology*. 2022;30(5):e13606. DOI: 10.1111/rec.13606.
- Ying Zhu, Yanfei An, Xingyuan Li et al. Geochemical characteristics and health risks of heavy metals in agricultural soils and crops from a coal mining area in Anhui province, China. *Environmental Research*. 2024;(241):117670. DOI: 10.1016/j.envres.2023.117670.
- Abhishek Pandey Bharat, Abhay Kumar Singh, Mukesh Kumar Mahato. Heavy metal geochemistry and toxicity assessment of water environment from Ib valley coalfield, India: Implications to contaminant source apportionment and human health risks. *Chemosphere*. 2024;(352):141452. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2024.141452.
- <https://www.google.com.earth>.
- <https://www.un.org/ru/climatechange/climate-ambition-summit>.

#### Authors Information

**Zenkov I.V.** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation, Deputy Director for Scientific Work, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

**Conde A.S.** – Mining engineer, RUSSKY ALUMINY LIMITED, Representative Office in the Republic of Guinea, Conakry, BP 6506, Republic of Guinea

**Yuronen Yu.P.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

**Karacheva G.A.** – Senior lecturer, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

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

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

**Cherepanov E.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

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

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 10.05.2025

Поступила после рецензирования: 17.06.2025

Принята к публикации: 27.06.2025

#### Paper info

Received May 10, 2025

Reviewed June 17, 2025

Accepted June 27, 2025