

UDC 622.882(470.53):622.85 © И.В. Зеньков¹, А.С. Конде², В.А. Беднаж³, Ю.П. Юронен⁴, Г.А. Карачева⁴, Ю.А. Маглинец⁵, Ж.В. Миронова⁵, А.Б. Федоров⁵, Т.А. Веретеннова⁵, В.И. Афанасов⁵, 2026

UDC 622.882(470.53):622.85 © I.V. Zenkov¹, A.S. Conde², V.A. Bednazh³, Yu.P. Yuronen⁴, G.A. Karacheva⁴, Yu.A. Maglinets⁵, Zh.V. Mironova⁵, A.B. Fedorov⁵, T.A. Veretenova⁵, V.I. Afanasov⁵, 2026

- ¹ Сибирский научно-исследовательский институт горного и маркшейдерского дела, 660012, г. Красноярск, Россия
² Компания RUSSKY ALUMINY LIMITED, Представительство в Гвинейской Республике, BP 6506, Конакри, Гвинейская Республика
³ Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 199106, г. Санкт-Петербург, Россия
⁴ Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия
⁵ Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия
 ✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

- ¹ Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660012, Russian Federation
² RUSSKY ALUMINY LIMITED, Conakry, Representative Office in the Republic of Guinea, BP 6506, Republic of Guinea
³ Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation
⁴ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
⁵ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
 ✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

Оценка экологического ущерба от добычи угля в границах Донецкого угольного бассейна в регионах России по данным дистанционного зондирования Земли из космоса

Assessment of environmental damage caused by coal mining within the Donetsk coal basin within the territory of the Russian Federation based on Earth's remote sensing data

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-2-95-98>

В статье приводятся результаты исследования накопленного экологического ущерба в ходе добычи угля из недр Донецкого угольного бассейна на территории трех угледобывающих регионов в южной части России. Выявлены виды, количество и площади техногенных ландшафтных объектов, образованных в ходе работы предприятий угольной промышленности. Предложен комплекс работ по ускорению восстановления экологического баланса на поверхности шахтных терриконов.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, угледобывающая промышленность, Донецкий угольный бассейн, экологический ущерб, угольные шахты, угольные карьеры, шахтные терриконы, породные отвалы.

Для цитирования: Оценка экологического ущерба от добычи угля в границах Донецкого угольного бассейна в регионах России по данным дистанционного зондирования Земли из космоса / И.В. Зеньков, А.С. Конде, В.А. Беднаж и др. // Уголь. 2026;(2):95-98. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-2-95-98.

Abstract

The article presents the results of studying the cumulative environmental damage caused by coal mining within the Donetsk coal basin in three coal-producing

ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Сибирский научно-исследовательский институт горного и маркшейдерского дела, 660012, г. Красноярск, Россия, e-mail: zenkoviv@mail.ru

КОНДЕ А.С.

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

БЕДНАЖ В.А.

Канд. физ.-мат. наук, доцент,
Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия

ЮРОНЕН Ю.П.

Канд. техн. наук, доцент,
Сибирский государственный
университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева,
660037, г. Красноярск, Россия

КАРАЧЕВА Г.А.

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

МАГЛИНЕЦ Ю.А.

Канд. техн. наук, профессор,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия

МИРОНОВА Ж.В.

Канд. техн. наук, доцент,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия

ФЕДОРОВ А.Б.

Канд. техн. наук, доцент,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия

ВЕРЕТЕНОВА Т.А.

Старший преподаватель,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия

АФАНАСОВ В.И.

Старший преподаватель,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия

regions in the southern part of the Russian Federation. The types, number, and areas of man-made terrain features formed in the course of coal mining activities are revealed. Complex measures are proposed to accelerate restoration of the environmental balance in the territory of the mine waste dumps.

Keywords

Remote sensing, coal mining industry, Donetsk coal basin, environmental damage, coal mines, open-pit coal mines, mine waste dumps, rock dumps.

For citation

Zenkov I.V., Conde A.S., Bednazh V.A., Yuronen Yu.P., Karacheva G.A., Maglinets Yu.A., Mironova Zh.V., Fedorov A.B., Veretenova T.A., Afanasov V.I. Assessment of environmental damage caused by coal mining within the Donetsk coal basin within the territory of the Russian Federation based on Earth's remote sensing data. *Ugol'*. 2026;(2):95-98. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-2-95-98.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Европейской части России более 300 лет производилась добыча каменного угля из недр Донецкого угольного бассейна. В XX веке на угленасыщенных участках постоянно работали сотни угольных шахт и карьеров. К настоящему времени масштаб горных работ по добыче угля в границах угольного бассейна значительно сократился. Предварительный обзор исследуемой территории на космоснимках высокой детализации выявил наличие многочисленных изменений ландшафта техногенного происхождения. Эти изменения произошли в ходе деятельности угледобывающих предприятий и определяются термином «накопленный экологический ущерб». Актуальность получения новых знаний об экологическом состоянии территории объясняется масштабной добычей угля открытым и подземным способами и оставлением множества нерешенных экологических проблем. При этом к настоящему времени отсутствуют знания о размере экологического ущерба природным ландшафтам. Отметим, что исследованиями экологических последствий деятельности угледобывающей промышленности, в том числе, с использованием ресурсов дистанционного зондирования Земли из космоса занимаются специалисты-экологи на всех континентах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА НА ТЕРРИТОРИИ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ В ГРАНИЦАХ ДОНЕЦКОГО БАСЕЙНА

Исторически добыча угля, в основном подземным способом, на территории Донецкого угольного бассейна производилась в трех регионах. В ходе проведения исследований на территории Донецкой и Луганской Народных Республик, Ростовской области выделены десять секторов общей площадью 883043 га. Как показал анализ размещения и количества техногенных ландшафтных объектов (промышленные площадки закрытых угольных шахт, карьеры по добыче угля, шахтные терриконы и др.), масштаб добычи угля в исследуемых регионах существенно различается, а это означает, что размер экологического ущерба находится в прямой зависимости от количества закрытых, ликвидированных и работающих угледобывающих предприятий [8]. По данным дистанционного космического мониторинга, во всех регионах производились и производятся открытые и подземные горные работы на месторождениях угля Донецкого бассейна (см. таблицу).

В границах исследуемых десяти секторов все техногенные ландшафтные объекты были разделены по десяти наименованиям (см. таблицу). В изучаемой совокупности выделены две укрупненные группы. В первую группу наиболее опасных объектов входят участки территорий (1822 ед.),

Краткая характеристика техногенных ландшафтных объектов по результатам работы угледобывающих предприятий в границах Донецкого угольного бассейна на территории России

A brief description of man-made landscape features based on the results of coal mining operations within the Donetsk coal basin in the Russian Federation

Наименование техногенного ландшафтного объекта	Количество объектов, ед.	Суммарная площадь, га
Промышленные площадки действующих шахт в 2020 г.	85	1499,7
Промышленные площадки закрытых и ликвидированных шахт	429	3829,2
Участки с горнопромышленным ландшафтом в виде чередования малогабаритных карьеров с внешними и внутренними углепородными отвалами	453	5299,6
Шахтные терриконы	829	6785
Шахтные терриконы с измененной конфигурацией архитектуры и с выполнением работ по рекультивации	61	614,5
Шахтные терриконы под древесно-кустарниковой растительностью	170	684,7
Угольные склады	264	607,9
Открытые площадки с углепородной смесью	626	2795,6
Накопители водно-угольной смеси	103	2302
Промышленные площадки обогатительных фабрик	4	75,7
Итого	3024	24493,9

на поверхности которых находятся значительные объемы углепородной смеси независимо от времени ее складирования на этих участках (стр. 4 и 7-9 в *таблице*). Во второй группе находятся техногенные ландшафтные объекты, не вошедшие в перечень объектов, поименованных в строках 4, 7, 8 и 9 [9]. В углепородной смеси содержится смесь углевмещающих пород, уголь из пластов, не имеющих промышленного значения. Многочисленные геохимические исследования угля высвечивают превышение концентрации *As* в 9-10 раз (до 350) в сравнении с ПДК. Содержание *Hg* также превышает ПДК в 8-12 раз, а концентрация *Pb* – в 6-9 раз. Также установлено, что концентрации химических элементов I класса опасности (*Hg, As, Be, Pb, Zn*) в углях и I, II, III классов опасности (*Pb, Li, B, Ni, Ba, Mn, Sr* и др.) в шахтных водах превышают предельно допустимые концентрации в десятки и сотни раз.

Основными техногенными ландшафтными объектами, оказывающими существенное негативное влияние на экологию регионов, в которых были закрыты угольные шахты, являются терриконы чаще всего карбонатного состава (углепородная смесь) с высотой гребней до 122 м и площадью до 29 га. В результате ветрового переноса с поверхностей участков с горнопромышленным ландшафтом минеральной пыли, в которой содержатся те же токсичные элементы, что и в угле, а также при выпадении атмосферных осадков непременно будет происходить систематический вынос этих элементов с последующей их миграцией в реки, ручьи, техногенные и природные водоемы, а также в почвы прилегающих территорий. В целом любая миграция (пылевая или водная) токсичных элементов с поверхности исследуемых объектов напрямую будет способствовать их вхождению в растения и живые организмы с последующим попаданием в пищевые цепи человека. При перемещении горных пород с поверхности терриконов на природный ландшафт под воздействием атмосферных осадков в теплое время года происходит сокращение площади наземной растительной экосистемы, находящейся вдоль периметра террикона, и, как показывают результаты космического мониторинга,

этот показатель является сопоставимым или в несколько раз превышает площадь самого террикона.

На исследуемых территориях имеется 61 шахтный террикон суммарной площадью 614,5 га, на поверхности которых выполнены специальные работы по изменению конфигурации и работы по рекультивации. На исследуемой территории на 829 терриконах специальные работы по изменению их архитектуры и рекультивации их поверхностей не выполнялись. Общая площадь нарушенных земель при работе угледобывающих предприятий составляет 24493,9 га, а с учетом сокращения площади природных ландшафтов в ходе многолетнего размыва шахтных терриконов атмосферными осадками этот показатель достигает уровня 46247 га.

По нашей оценке, в исследуемом секторе области суммарный объем окисленных углей и углесодержащих горных пород, находящихся в насыпях на территории 3024 техногенных объектов, составляет не менее 4 млрд куб. м.

Как известно, на территории исследуемых регионов развита густая речная сеть. При выпадении большого количества атмосферных осадков в весеннее половодье и в сезон ливневых дождей с поверхности шахтных терриконов, открытых площадок с углепородной смесью, угольных складов происходит систематический вынос токсичных элементов, в том числе сульфидсодержащих, с последующей их миграцией в реки, ручьи, техногенные и природные водоемы, а также в почвы прилегающих территорий. По данным спутниковой съемки, в исследуемых регионах более трех тысяч участков с углепородной смесью находятся в бассейнах следующих крупных рек: Самара, Северский Донец, Дон, Кундрючья, Миус, в которые впадают многочисленные реки и ручьи. Все эти реки и ручьи подвергнуты техногенному загрязнению при водном и воздушном перемещении углепородной смеси с поверхности всех участков, на которых она находится.

Для ликвидации накопленного экологического ущерба с целью нейтрализации опасности, исходящей со стороны техногенных ландшафтных объектов, предлагаем в первую очередь выполнить перечень работ на техногенных объ-

ектах, в наибольшей степени оказывающих негативное влияние на качество воздуха в местах массового проживания людей. Основу предлагаемых природоохранных мероприятий должны составить горно-планировочные работы по изменению архитектуры объектов с техногенным ландшафтом, работы по нанесению потенциально плодородных и продуктивных слоев горных пород слоем мощностью до одного метра на поверхность техногенных объектов и работы по биологической рекультивации. Конечной целью работ по ликвидации накопленного экологического ущерба является прекращение ветрового и водного выноса и переноса токсичных элементов с поверхности шахтных терриконов и открытых площадок с углепородной смесью, недействующих угольных складов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования территорий трех российских регионов, в недрах которых находятся уголь Донецкого бассейна, получены новые знания о нарушенных землях в ходе добычи угля подземным и открытым способами на протяжении последних ста лет. Весьма значимое отрицательное воздействие на окружающую природную среду оказывают шахтные терриконы, угольные склады, открытые площадки с углепородной смесью, не покрытые растительным покровом, в результате пылевого и водного выноса вредных элементов с поверхности этих объектов и дальнейшего их перемещения в природной среде. Важнейшим направлением в решении этой экологической проблемы считаем использование горных пород четвертичного возраста для нанесения их на поверхность техногенных объектов слоем мощностью не менее одного метра с последующей биологической рекультивацией путем высадки древесно-кустарниковой и травянистой растительности.

Список литературы • References

1. Исследование накопленного экологического ущерба от добычи угля на участках Печорского каменноугольного бассейна по данным космической съемки / Ю.А. Маглинец, И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь и др. // Уголь. 2024;(11):94-98. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-94-98.
Maglinets Yu.A., Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Mironova Zh.V., Kondrashov P.M., Latyntsev A.A., Lunev A.S., Pavlova P.L., Kuzina L.N., Sizova T.N., Shtresler K.A., Shatrov R.A. Studies of the accumulated environmental damage from coal mining in the areas of Pechora coal basin based on space imaging data. *Ugol'*. 2024;(11): 94-98. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-94-98.
2. Mitrakova N.V., Khayrulina E.A., Perevoshchikova A.A. et al. Chemical and ecological properties of soils and the NDVI analysis on reclaimed sulfide coal waste dumps in the boreal zone. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2024;(4):406-419. DOI: 10.17073/2500-0632-2024-04-206
3. L.Z., Zhao Y., Ren H. et al. A Novel Approach to Automatically Identify Open-Pit Coal Mining Dynamics Based on Temporal Satellite Images. *Remote Sens.* 2025;(17):1029. DOI: 10.3390/rs17061029.
4. Мониторинговые исследования по учету видового состава лесных насаждений, численности экземпляров на пробных площадках экологического полигона / И.С. Семина, С.В. Соловьев, В.А. Андроханов и др. // Уголь. 2025;(2):119-124. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-2-119-124.
5. Semina I.S., Solovyov S.V., Androkanov V.A., Chervyakov A.E. Monitoring studies to track the species composition of forest plantations and the number of specimens on the sample plots of the ecological test site. *Ugol'*. 2025;(2):119-124. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-2-119-124.
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;(260):266-278. DOI: 10.31897/PMI.2023.31.
7. Опыт создания и изучения культурфитоценозов на переуплотненных техногенных отвалах разреза «Черногорский» / О.С. Сафронова, Н.А. Остапова, И.Н. Евсеева и др. // Уголь. 2025;(7):92-96. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-7-92-96.
Safronova O.S., Ostapova N.A., Evseeva I.N., Morshnev E.A., Ivanova T.E., Petrova N.A. The experience of creating and studying phytocenoses in the recompacted man-made dumps of the Chernogorsky mine. *Ugol'*. 2025;(7):92-96. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-7-92-96.
8. 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.
9. <https://www.google.com.earth>.

Authors Information

Zenkov I.V. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660012, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Conde A.S. – Mining Engineer, RUSKY ALUMINY LIMITED Company, Representative Office in the Republic of Guinea, Conakry, BP 6506, Republic of Guinea

Bednash V.A. – PhD (Physical and Mathematical), Associate Professor, Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

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

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

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

Fedorov A.B. – PhD (Engineering), Associate Professor, Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Veretenova T.A. – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Afanasov V.I. – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.11.2025

Поступила после рецензирования: 17.01.2026

Принята к публикации: 29.01.2026

Paper info

Received November 25, 2025

Reviewed January 17, 2026

Accepted January 29, 2026