Оригинальная статья

Original Paper

УДК 622.271(437):55.814 © И.В. Зеньков✉[1], Ле Хунг Чинь[2], Ю.П. Юронен[3], А.В. Агалакова[3], В.А. Беднаж[4], Е.В. Черепанов[5], Т.Н. Сизова[5], В.И. Афанасов[5], Ж.В. Миронова[5], Л.Н. Кузина[5], 2025

[1] Сибирский научно-исследовательский институт горного и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия
[2] Технический университет им. Ле Куй Дон, 11355, г. Ханой, Вьетнам
[3] Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия
[4] Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 199106, г. Санкт-Петербург, Россия
[5] Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия
✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

UDC 622.271(437):55.814 © I.V. Zenkov✉[1], Le Hung Trinh[2], Yu.P. Yuronen[3], A.V. Agalakova[3], V.A. Bednazh[4], E.V. Cherepanov[5], T.N. Sizova[5], V.I. Afanasov[5], Zh.V. Mironova[5], L.N. Kuzina[5], 2025

[1] Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation
[2] Le Quy Don Technical University, Hanoi, 11355, Vietnam
[3] Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
[4] Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, St Petersburg, 199106, Russian Federation
[5] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

Открытые горные работы на месторождениях угля на территории Республики Босния и Герцеговина по данным спутниковой съемки

Surface coal mining operations in the Republic of Bosnia and Herzegovina based on satellite imaging data

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-10-129-132

В статье представлены результаты исследования состояния открытых горных работ на угольных месторождениях на территории Боснии и Герцеговины. В ходе космического дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлены количество и модели экскаваторов, работающих в угольных карьерах, а также определен суммарный годовой объем экскавации вскрышных пород и угля на исследуемой территории республики. По результатам спутниковой съемки за последнее десятилетие установлен стабильный тренд в уровнях объемов добычи угля открытым способом.

Ключевые слова: *дистанционное зондирование, угледобывающая промышленность, Босния и Герцеговина, угольные месторождения, открытые горные работы, угольные карьеры, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины.*

Для цитирования: Открытые горные работы на месторождениях угля на территории Республики Босния и Герцеговина по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2025;(10):129-132. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-10-129-132.

Abstract

The article presents the results of studying the state of surface mining operations at the coal deposits in Bosnia and Herzegovina. Satellite remote sensing studies and analytical calculations revealed the number and types of mining

ЗЕНЬКОВ И.В.
Доктор техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Сибирский научно-исследовательский институт горного и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия, e-mail: zenkoviv@mail.ru

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ
Канд. техн. наук, доцент, Технический университет им. Ле Куй Дон, 11355, г. Ханой, Вьетнам

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

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

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

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

СИЗОВА Т.Н.
Старший преподаватель,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия

АФАНАСОВ В.И.
Старший преподаватель,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия

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

КУЗИНА Л.Н.
Канд. экон. наук, доцент,
Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия

excavators operating in the coal pits, as well as determined the total annual volume of overburden and coal excavation within the surveyed territory of the Republic. The results of satellite observations collected during the last decade helped to identify a steady trend in the volumes of coal mined using the open-pit method.

Keywords
Remote sensing, coal mining industry, bosnia and Herzegovina, coal deposits, surface mining, coal pits, annual coal production, mining and haulage vehicles.
For citation
Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Agalakova A.V., Bednazh V.A., Cherepanov E.V., Sizova T.N., Afanasov V.I., Mironova Zh.V., Kuzina L.N. Surface coal mining operations in the Republic of Bosnia and Herzegovina based on satellite imaging data. *Ugol'*. 2025;(10):129-132. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-10-129-132.

ВВЕДЕНИЕ

В структуре добычи угля в странах Восточной Европы Босния и Герцеговина устойчиво входит в десятку стран, на территории которых производится добыча угля открытым способом. В этой республике основной объем добычи угля открытым способом сконцентрирован в ее северных районах с привязкой к населенным пунктам Деветак, Тузла, Живинице, Бановичи, Дирдевик. Изучение экономической географии и основ мировой экономики всегда было связано с исследованием размещения производительных сил в мировом формате, важнейшей частью которых является топливно-энергетический комплекс. Наша научно-практическая школа на очередном этапе исследовала широкий спектр показателей угледобывающей промышленности на территории Боснии и Герцеговины с использованием космоснимков высокого разрешения в свободном доступе. С появлением и развитием технологий дистанционного зондирования Земли из космоса спектр исследований значительно расширился, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ

В настоящее время на территории Республики Босния и Герцеговина добыча угля открытым способом производится в десяти карьерах. В северной части республики в полосе с размерами 45 × 100 км широтной ориентации уголь добывают в восьми карьерах. Один карьер работает в центральной части и один – в юго-восточном секторе республики [8]. По данным космического мониторинга определены географические координаты центров рабочих бортов угольных карьеров на территории республики. На снимках из космоса высокой детализации проведено измерение протяженности горных работ на рабочих уступах в карьерах [8]. Информация о карьерах с условными названиями в соответствии с названиями населенных пунктов, в которых производится добыча угля, представлена в *таблице*.

Угольный карьер Раковцы является поставщиком ископаемого топлива на электростанцию Станари с общей установленной мощностью энергоблоков 300 МВт. Карьер Богутово добывает уголь исключительно для электростанции Углевик с мощностью энергоблоков 300 МВт. Шесть карьеров (Деветак, Туловице, Боровик, Дубрава, Дирдевик и Живинице) снабжают углем электростанцию Тузла с общей установленной мощностью энергоблоков 715 МВт. Из карьера Виртлист уголь используется на электростанции Какандж с мощностью энергоблоков 450 МВт.

Тепловая электростанция Гацко с мощностью турбин 350 МВт потребляет уголь только из карьера Рудополе. Отметим, что к промышлен-

Координаты расположения карьеров по добыче угля на территории Республики Босния и Герцеговина и основные геометрические параметры горных работ

Coordinates of open pit coal mines in the Republic of Bosnia and Herzegovina and main geometric parameters of the mining operations

Условное название карьера	Географические координаты	Протяженность горных работ по верхнему вскрышному уступу, км	Протяженность горных работ по нижнему добычному уступу, м
Раковцы	44°45´50.06´´с.; 17°49´32.21´´в.	2,4	1,7
Богутово	44°39´55.03´´с.; 18°59´58.43´´в.	2,4	1,0
Деветак	44°33´55.35´´с.; 18°29´25.03´´в.	1,5	1,5
Дубрава	44°29´30.61´´с.; 18°42´28.72´´в.	0,4	0,4
Туловице	44°26´1.39´´с.; 18°31´6.39´´в.	1,0	0,8
Боровик	44°25´14.47´´с.; 18°27´10.43´´в.	0,8	0,5
Живинице	44°24´40.54´´с.; 18°37´0.84´´в.	0,64	0,5
Дирдевик	44°24´55.86´´с.; 18°38´32.33´´в.	0,75	0,5
Виртлист	44°8´37.48´´с.; 18°5´45.63´´в.	1,2	1,0
Рудополе	43°9´29.38´´с.; 18°30´51.43´´в.	2,15	1,6

ным площадкам двух электростанций – Углевик и Гацко и расходным складам угольных карьеров, снабжающих эти электростанции ископаемым топливом, железнодорожные пути не подведены. Промышленные площадки с угольными складами на трех электростанциях и расходные угольные прикарьерные склады вблизи восьми угольных карьеров имеют прямой выход на республиканские магистральные железные дороги [8].

В ходе проведенного исследования по данным спутниковой съемки и анализу информации на космоснимках установлено, что на территории республики в пяти карьерах добывают бурый уголь и в пяти – каменный. Разработка бурого угля производится в неглубоких карьерах без буровзрывного рыхления горных пород. В то же время в карьерах по добыче каменного угля происходит неинтенсивная, но постоянная углубка горных работ, и выемка всего объема горных пород производится после буровзрывного рыхления. В ходе предварительного обзора состояния горных работ в угольных карьерах выявлены следующие общие характеристики. Системы разработки угленасыщенных участков однобортовые с размещением вскрышных пород во внутренних отвалах и редко во внешних отвалах. На перемещении вскрышных пород и угля довольно часто применяют ленточные конвейеры. Углы залегания угольных пластов мощностью до 20 м в недрах позволяют размещать вскрышные породы на месте отработанного угольного пласта.

МОДЕЛЬНЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В КАРЬЕРАХ ПО ДОБЫЧЕ УГЛЯ

В 2025 г. в угольных карьерах горнотранспортное оборудование скомплектовано следующим образом. На бурении взрывных скважин в толще вскрышных пород и в угольных пластах были задействованы 11 буровых станков; на вскрышных и добычных работах установлены 10 гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с ковшом вместимостью 2,5 куб. м, 10 гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с ковшом вместимостью 4 куб. м, четыре гидравлических экскаватора типа «обратная лопата» с ковшом вместимостью 6 куб. м, 23 гидравлических экскаватора типа «прямая лопата» с ковшом 10-12 куб. м, два карьерных экскаватора ЭКГ-5А, один ЭКГ-8и и один ЭКГ-12. Кроме того, на вскрышных работах и частично на выемке угля задействованы два драглайна ЭШ-4/40, два драглайна ЭШ-13/50 и пять драглайнов ЭШ-10/70. Также на выемке вскрышных пород и частично угля в карьерах работали шесть роторных экскаваторов KR4500Nk и два ЭР-1250. Отметим, что часть драглайнов в момент проводимого исследования горных работ в карьерах находилась на консервации [8].

Транспортировка вскрышных пород и угля из карьеров осуществлялась в 39 автосамосвалах общего назначения грузоподъемностью 20-30 т, в 58 карьерных автосамосвалах грузоподъемностью 50-60 т, в 88 карьерных автосамосвалах грузоподъемностью 90-110 т и в семи автосамосвалах повышенной проходимости с шарнирно-сочлененной рамой грузоподъемностью 40 т. На отвалах вскрышные породы из шести карьеров отсыпают с использованием отвалообразователей (8 ед.). Общая протяженность ленточных конвейеров на перемещении вскрышных пород равна 30,2 км, аналогичный показатель для угля составляет 14,2 км.

Общий годовой объем вскрышных работ, по нашей оценке, выполняемый во всех карьерах на территории Республики Босния и Герцеговина, равен 74,9 млн т, а объем добываемого угля составляет 9,4 млн т. Средний коэффициент вскрыши по всем угольным карьерам равен 8 т/т. Этот фактор при отсутствии эффекта от масштаба производства неизбежно приводит к увеличению энерготарифов на вырабатываемую электроэнергию на тепловых станциях с угольной генерацией тепла и электроэнергии, что в максимальной степени вступает в противоречие с основными положениями резолюций ООН в области улучшения климата на Земле [9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки определен технологически и технически достижимый уровень производственных мощностей по добыче угля в десяти карьерах на территории Республики Босния и Герцеговина. С учетом горно-геологических характеристик месторождений

угля, моделей и количества работающих экскаваторов на вскрышных и добычных работах, их производительности определены объемы выемки и перемещения вскрышных пород и угля из недр. Общий годовой технологически возможный объем вскрышных работ, по нашей оценке, выполняемый в карьерах по добыче угля, находится на уровне не менее 75 млн т, а объем добываемого угля при этом составляет 9,5 млн т. Эти два показателя находятся в прямой зависимости от спроса на уголь в условиях глобального перехода европейских стран на источники «зеленой энергетики».

Список литературы • References

1. Швецов Е.Г. Спутниковый мониторинг послепожарной динамики нормализованного индекса гарей в лесах юга Средней Сибири // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 4. С. 176-187. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-4-176-187.
   Shvetsov E.G. Satellite monitoring of post-fire Normalized Burn Ratio dynamics in forests in the south of Central Siberia. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2024;21(4):176-187. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-4-176-187.
2. Zenkov I.V., Morin A.S., Vokin V.N., Kiryushina E.V. Determination results on potential production of open pit mines at cement raw material deposits in Russian regions by satellite remote sensing data. *Eurasian mining.* DOI: 10.17580/em.2021.02.05.
3. Ahmed R., Zafor M.A., Trachte K. Land-Use and Land-Cover Changes in Cottbus City and Spree-Neisse District, Germany, in the Last Two Decades: A Study Using Remote Sensing Data and Google Earth Engine. *Remote Sensing*. 2024;16(15):2773. https://doi.org/10.3390/rs16152773.
4. Fonseca A., Marshall M.T., Salama S. Enhanced Detection of Artisanal Small-Scale Mining with Spectral and Textural Segmentation of Landsat Time Series. *Remote Sensing*. 2024;16(10):1749. https://doi.org/10.3390/rs16101749.
5. Ding C., Feng G., Xiong Z., Zhang L. Ground Subsidence, Driving Factors, and Risk Assessment of the Photovoltaic Power Generation and Greenhouse Planting (PPG&GP) Projects in Coal-Mining Areas of Xintai City Observed from a Multi-Temporal InSAR Perspective. *Remote Sensing*. 2024;16(6):1109. https://doi.org/10.3390/rs16061109.
6. Tran X.B., Trinh L.H., Nguyen Q.L. et al. Detection of violations of open-pit mining lease boundaries using Sentinel-2 MSI data in the case of Lao Cai and Yen Bai provinces of North Vietnam. *Mining Science and Technology*. 2023;8(2):173-182. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-12-68
7. 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.
8. https://www.google.com.earth.
9. https://www.un.org/ru/climatechange/climate-ambition-summit.

Authors Information

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, Hanoi, 11355, Vietnam

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

Agalakova A.V. – PhD (Economic), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

Bednazh V.A. – PhD (Physico-mathematical), Associate Professor, Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, St Petersburg, 199106, Russian Federation

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

Sizova T.N. – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

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

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

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

Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.08.2025
Поступила после рецензирования: 18.09.2025
Принята к публикации: 29.09.2025

Paper info

Received August 15, 2025
Reviewed September 18, 2025
Accepted September 29, 2025