Оригинальная статья

Original Paper

УДК 622.271(437):55.814 © И.В. Зеньков✉[1], А.А. Симон[1], Ле Хунг Чинь[2], Е.В. Кардашова[3], Ю.П. Юронен[3], Ю.А. Маглинец[4], П.М. Кондрашов[4], Т.Н. Сизова[4], Т.А. Веретенова[4], В.И. Афанасов[4], 2026

[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] Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия
✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

UDC 622.271(437):55.814 © I.V. Zenkov✉[1], A.A. Simon[1], Le Hung Trinh[2], E.V. Kardashova[3], Yu.P. Yuronen[3], Yu.A. Maglinets[4], P.M. Kondrashov[4], T.N. Sizova[4], T.A.Veretenova[4], V.I. Afanasov[4], 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] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

Исследование состояния горных работ и парка горных машин в карьерах по добыче угля в Республике Сербия с использованием информационных ресурсов спутниковой съемки

Research into the state of mining operations and the fleet of mining machines in coal mines in the Republic of Serbia using data of satellite observations

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-1-121-124

В статье представлены результаты исследования состояния открытых горных работ на угольных месторождениях на территории Республики Сербия. 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, Республика Сербия, угольные месторождения, открытые горные работы, угольные карьеры, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины.*

Для цитирования: Исследование состояния горных работ и парка горных машин в карьерах по добыче угля в Республике Сербия с использованием информационных ресурсов спутниковой съемки / И.В. Зеньков, А.А. Симон, Ле Хунг Чинь и др. // Уголь. 2026;(1):121-124. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-1-121-124.

Abstract

The article presents the results of studying the state of surface mining operations at the coal deposits in the Republic of Serbia. 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

СИМОН А.А.
Горный инженер, Сибирский научно-исследовательский институт горного и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия

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

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

ЮРОНЕН Ю.П.
Канд. техн. наук, доцент,
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

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

СИЗОВА Т.Н.
Старший преподаватель,
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

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, Republic of Serbia, coal deposits, surface mining, coal pits, annual coal production, mining and haulage vehicles.

For citation
Zenkov I.V., Simon A.A., Trinh Le Hung, Kardashova E.V., Yuronen Yu.P., Maglinets Yu.A., Kondrashov P.M., Sizova T.N., Veretenova T.A., Afanasov V.I. Research into the state of mining operations and the fleet of mining machines in coal mines in the Republic of Serbia using data of satellite observations. *Ugol'*. 2026;(1):121-124. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-1-121-124.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени на территории Сербии в центральном ее секторе, по данным дистанционного мониторинга, за последние 50 лет сформирован топливно-энергетический комплекс (ТЭК) с четырьмя работающими карьерами по добыче бурого угля и пятью тепловыми станциями с угольной генерацией электроэнергии с суммарной мощностью энергоблоков 4060 МВт. Предприятия расположены на расстоянии не более 45 км на запад и юго-запад от г. Белграда и не более 62 км в восточном направлении, компактно в полосе широтного простирания с размерами 40×105 км с небольшим поворотом против часовой стрелки. В этом секторе работают девять предприятий топливно-энергетического комплекса, каждое из которых получило индивидуальное условное название в нашем исследовании в соответствии с названиями населенных пунктов, вблизи которых работают предприятия ТЭК. В последние десятилетия постоянно растет объем научно-прикладных исследований, выполненных с использованием технологий дистанционного зондирования Земли из космоса, в том числе и нашей научно-прикладной школой, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ

Бурый уголь, добываемый в трех карьерах (Скобаль, Вреоци и Зеоке), потребляется тремя электростанциями – Колубара, Обреновац и Ушпе. На электростанцию Колубара уголь поступает по конвейеру, а на две другие – по железной дороге. Расстояние транспортировки угля в полувагонах равно 23 и 29 км. В карьере Кличевац уголь добывают только для сжигания на двух тепловых электростанциях – Костолац-1 и Костолац-2. На расходные склады этих станций уголь транспортируется по конвейеру протяженностью 12,6 км.

По данным дистанционного зондирования определены географические координаты центров рабочих бортов угольных карьеров на территории Сербии [9]. На снимках из космоса высокой детализации проведены замеры геометрических показателей протяженности горных работ на рабочих уступах в карьерах. Информация о карьерах представлена в *таблице*.

В ходе исследования внимание было обращено на разную глубину карьеров и количество вскрышных и добычных уступов. Все экскаваторы работают на выемке горных пород, крепость которых не требует буровзрывного рыхления. Горно-геологическое строение угольных пластов на территории Сербии позволяет производить их

Координаты расположения угольных карьеров на территории Сербии и основные геометрические показатели горных работ

Coordinates of coal mines in Serbia and the key geometric indicators of mining operations

Условное название карьера	Географические координаты	Протяженность горных работ по верхнему вскрышному уступу, км	Протяженность горных работ по нижнему добычному уступу, км
Скобаль	44° 28' 41.06" с.; 20° 12' 47.71" в.	2,9	2,8
Вриоци	44° 26' 28.03" с.; 20° 17' 33.22" в.	2,5	2,2
Зеоке	44° 24' 38.19" с.; 20° 22' 16.04" в.	6,0	5,3
Кличевац	44° 43' 57.14" с.; 21° 15' 12.87" в.	4,8	3,3

вскрытие в местах выхода под наносы. Мощность угольных пластов сложного строения изменяется от 16 до 20 м. В толще пластов имеются породные пропластки. Углы залегания угольных пластов в местах их выхода под наносы находятся в диапазоне 3–5°. По мере погружения пластов в угленосную толщу их залегание становится горизонтальным либо с небольшим углом наклона в диапазоне 1-2°. Физико-механические свойства вскрышных пород и угля позволяют производить их выемку из недр без использования буровзрывного способа.

Системы разработки угольных месторождений однобортовые с параллельным или веерным перемещением рабочего борта. На выемке вскрышных пород и угля используют роторные и цепные экскаваторы непрерывного действия в комплексе с ленточными конвейерами. По конвейерам вскрыша перемещается на породные отвалы, а уголь – на прикарьерные склады или стационарные склады на промышленных площадках тепловых электростанций [9].

МОДЕЛЬНЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В КАРЬЕРАХ ПО ДОБЫЧЕ УГЛЯ

Всего, по данным космической съемки, в угольных карьерах в Сербии работают 27 экскаваторов непрерывного действия (SRs-2000, SRs-1200, ERs-800, ERs-400). Также отмечено, что в карьерах работает разное количество экскаваторов – от 3 до 18 ед. Вскрышные породы, удаляемые из всех карьеров с использованием ленточных конвейеров, отсыпают во внутренние отвалы на месте отработанного угольного пласта или в выработанное пространство соседних карьеров, в которых добыча угля прекращена. Вскрышные породы перемещают во внутренние отвалы, а уголь – на расходные прикарьерные склады, из которых его отгружают в железнодорожные составы для доставки потребителям или по стационарным конвейерам на промышленные площадки тепловых электростанций. Отсыпка вскрыши на отвалах производится отвалообразователями ARs-2000/80 на гусеничном ходу (16 ед.). Общая протяженность ленточных конвейеров на перемещении вскрышных пород равна 88 км, аналогичный показатель для угля составляет 42,1 км [9].

Кроме экскаваторов непрерывного действия в карьере Скобаль на вскрышных работах установлен драглайн ЭШ-4/40. В карьере Зеоке задействованы один драглайн ЭШ-4/40 и один драглайн ЭШ-10/70. Аналогичные экскаваторы и в том же количестве выполняют работы по выемке породных междупластий, находящихся в угольном пласте в карьере Кличевац. В угольном карьере Кличевац после выемки угля роторными экскаваторами в почве пласта остаются запасы угля, которые по экономическим причинам целесообразно извлекать с использованием гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с ковшом 2,5 куб. м. Экскаваторы (6 ед.) работают с автосамосвалами общего назначения (20 ед.) грузоподъемностью 20 т. Расстояние транспортировки угля на временный склад по дну карьера составляет 1,6 км. По нашей оценке, годовая добыча угля гидравлическими экскаваторами в этом карьере находится на уровне 1,0 млн.

Общий годовой объем вскрышных работ, по нашей оценке, выполняемый во всех карьерах на территории Республики Сербия, равен 122 млн т, а объем добываемого угля составляет 35 млн т. Средний коэффициент вскрыши по всем угольным карьерам равен 3,5 т/т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки определен технологически и технически достижимый уровень производственных мощностей по добыче угля в четырех карьерах на территории Республики Сербия. С учетом горно-геологических характеристик месторождений угля, моделей и количества работающих экскаваторов на вскрышных и добычных работах, а также понимания 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 122 млн т, а объем добываемого угля при этом составляет 35 млн т.

Список литературы • References

1. Остроухов А.В. Оценка трансформации ландшафтов регионов нового освоения на основе спутниковых данных (на примере Хабаровского края) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025;(2):85-98. DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-2-85-98.
   Ostroukhov A.V. Assessment of landscape transformation in regions of new development based on satellite data (Khabarovsk Krai as an example). *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2025;(2):85-98. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-2-85-98.
2. Kobylkin S.S., Kotelnikov A.E., Esina E.N. et al. Satellite-based monitoring of safety parameters in open pit mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2025;(2):43-56. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_2_0_43.

3. Huang D., Chen Z., Li H. et al. Evaluating the impacts of large-scale opencast copper mining on vegetation productivity change in recent thirty years: a case study of Dexing Copper Mine. Geocarto International, 40(1). DOI: 10.1080/10106049.2025.2451162.
4. Zhang H., Liu S., Liu H. Lightweight Multi-Scale Network for Segmentation of Riverbank Sand Mining Area in Satellite Images. *Remote Sens*. 2025;(17):227. https://doi.org/10.3390/rs17020227.
5. 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. DOI: 10.3390/rs16152773.
6. 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. DOI: 10.3390/rs16101749.
7. 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.
8. Исследование динамики горных работ в карьерах по добыче угля в Республике Чехия на основе данных космического мониторинга / В.Н. Вокин, И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь и др. // Уголь. 2025;(4):129-132. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-129-132.
   Vokin V.N., Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Agalakova A.V., Kardashova E.V., Latyntsev A.A., Raevich K.V., Mironova Zh.V., Shtresler K.A., Krasnochenko N.I. A study of the mining operation dynamics in open-pit coal mines in the Czech Republic based on space monitoring data. *Ugol'*. 2025;(4):129-132. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-129-132.
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, 660025, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Simon A.A. – Mining Engineer, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

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

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

Yuronen Yu.P. – PhD (Engineering), Associate Professor, 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

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

Sizova T.N. – 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: 19.11.2025
Поступила после рецензирования: 17.12.2025
Принята к публикации: 29.12.2025

Paper info

Received November 19, 2025
Reviewed December 17, 2025
Accepted December 29, 2025

Добыча угля в РФ за 11 месяцев выросла на 0,1%

Добыча угля в РФ в январе – ноябре 2025 г. увеличилась на 0,1% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, до 389 млн т, следует из данных Росстата.

Добыча каменного угля всех видов снизилась на 1,3% – до 300 млн т, антрацита – на 8,9%, до 18,6 млн т. Добыча коксующегося угля уменьшилась на 9,1%, до 92 млн т. Добыча бурого угля составила 89,8 млн т (+5%). Производство прочего каменного угля увеличилось на 3,9% – до 189 млн т.

В ноябре 2025 г. добыча угля выросла на 0,1% в годовом сравнении, составив 38 млн т. Добыча каменного угля снизилась на 0,4% – до 28,6 млн т, антрацита – на 12,1%, до 1,7 млн т. Добыча коксующегося угля составила 8,8 млн т, что на 4,3% меньше, чем за аналогичный период прошлого года. Добыча бурого угля составила 9,3 млн т (+1,7%), прочего каменного угля выросла на 2,9%, до 18,2 млн т.

ТАСС