

УДК 622.271(437):55.814 © И.В. Зеньков^{1,4}, А.В. Бажин¹, А.С. Конде²,
Е.В. Кардашова³, Ю.П. Юронен³, В.Н. Вокин⁴, Е.В. Кирюшина⁴,
Ю.П. Пташник⁴, А.А. Латынцев⁴, 2026

UDC 622.271(437):55.814 © I.V. Zenkov^{1,4}, A.V. Bazhin¹, A.S. Conde²,
E.V. Kardashova³, Yu.P. Yuronen³, V.N. Vokin⁴, E.V. Kiryushina⁴,
Yu.P. Ptashnik⁴, A.A. Lатыntsev⁴, 2026

¹ Сибирский научно-исследовательский институт горного
и маркшейдерского дела, 660012, г. Красноярск, Россия

¹ Siberian Research Institute of Mining and Surveying,
Krasnoyarsk, 660012, Russian Federation

² Компания RUSSKY ALUMINY LIMITED, Представительство
в Гвинейской Республике, BP 6506, Конакри, Гвинейская Республика

² RUSSKY ALUMINY LIMITED, Conakry, Representative Office
in the Republic of Guinea, BP 6506, Republic of Guinea

³ Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнёва, 660037, г. Красноярск, Россия

³ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

⁴ Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия
✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

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

Исследование горных работ в карьерах по добыче угля на территории Республики Болгария с использованием информационных ресурсов спутниковой съемки

A study of mining operations in surface coal mines
in the Republic of Bulgaria using satellite imaging data

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-4-117-120>

В статье представлены результаты исследования состояния открытых горных работ на угольных месторождениях на территории Болгарии. В ходе космического дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлено количество и виды горных и транспортных машин, работающих в угольных карьерах, а также определен суммарный годовой объем экскавации вскрышных пород и угля на исследуемой территории Болгарии. По результатам спутниковой съемки выявлен незначительный тренд в снижении объемов добычи угля в карьерах.

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

Для цитирования: Исследование горных работ в карьерах по добыче угля на территории Республики Болгария с использованием информационных ресурсов спутниковой съемки / И.В. Зеньков, А.В. Бажин, А.С. Конде и др. // Уголь. 2026;(4):117-120. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-4-117-120.

Abstract

The article presents the results of studying the state of surface mining operations at the coal deposits in Bulgaria. Satellite remote sensing studies and analytical

ЗЕНЬКОВ И.В.

*Доктор техн. наук, профессор,
заместитель директора
по научной работе, Сибирский
научно-исследовательский институт
горного и маркшейдерского дела,
профессор, Сибирский
федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия,
e-mail: zenkoviv@mail.ru*

БАЖИН А.В.

*Горный инженер, Сибирский
научно-исследовательский институт
горного и маркшейдерского дела,
660012, г. Красноярск, Россия*

КОНДЕ А.С.

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

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

ВОКИН В.Н.

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

КИРЮШИНА Е.В.

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

ПТАШНИК Ю.П.

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

ЛАТЫНЦЕВ А.А.

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

calculations revealed the number and types of mining and transportation machines operating in the coal pits, as well as determined the total annual volume of overburden and coal excavation within the surveyed territory of Bulgaria. The results of satellite observations helped to identify a minor downward trend in the volumes of coal mined in the open-pits.

Keywords

Remote sensing, coal mining industry, Republic of Bulgaria, coal deposits, surface mining, coal pits, annual coal production, mining and transportation machines.

For citation

Zenkov I.V., Bazhin A.V., Conde A.S., Kardashova E.V., Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Ptashnik Yu.P., Latyntsev A.A. A study of mining operations in surface coal mines in the Republic of Bulgaria using satellite imaging data. *Ugol'*. 2026;(4):117-120. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-4-117-120.

ВВЕДЕНИЕ

В структуре добычи угля в угледобывающих странах Восточной Европы одно из лидирующих мест принадлежит Республике Болгария. В настоящее время, по данным дистанционного зондирования Земли из космоса, на территории Республики Болгария в открытой разработке задействовано несколько угленасыщенных участков с различными запасами угля в недрах. Разрабатываемые участки в основном находятся на западе и в центре республики в границах известных бурогоугольных месторождений – Перникское, Бобовдолское и Марица-Восток. 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 занимается исследованиями широкого спектра показателей российских и зарубежных предприятий горной промышленности с использованием спутниковых снимков: технологии разработки месторождений, размещение горных и транспортных машин, логистика, экология. С появлением технологий дистанционного зондирования Земли спектр исследований значительно расширился, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ БУРОГО УГЛЯ

К настоящему времени, по данным космического мониторинга, на территории Болгарии явно выделяются два центра с работающими карьерами по добыче бурого угля и тепловыми станциями с угольной генерацией электроэнергии. В западном секторе республики уголь добывают в трех карьерах с суммарной производственной мощностью по горной массе 2,5 млн т в год на угленасыщенных участках Перниковского бурогоугольного месторождения.

В трех карьерах добыча угля прекращена в связи с увеличением коэффициента вскрыши по мере развития горных работ в ходе добычи угля. Действующие карьеры находятся на расстоянии не более 50 км от г. Перник. Весь добытый уголь в объеме 0,6 млн т сжигают на ТЭЦ мощностью 105 МВт в ходе генерации электроэнергии. В карьерах на экскавации горной массы без буровзрывного рыхления задействованы гидравлические экскаваторы типа «обратная лопата» (14 ед.) с ковшом вместимостью 2,5 куб. м. Транспортировка всего объема вскрышных пород и угля производится автосамосвалами (52 ед.) грузоподъемностью 30 т. Из двух карьеров уголь, складываемый на поверхностном прикарьерном складе, отгружают в железнодорожные вагоны, в которых его транспортируют на промышленную площадку ТЭЦ [9].

Исследуемая территория разрабатываемого открытым способом Бобовдолского бурогоугольного месторождения в западной части Болгарии на-

ходится в окрестностях населенных пунктов г. Бобов-Дол и деревни Големо-Село. Два разрозненных угольных карьера работают в 480 м на север и в 860 м на восток от г. Бобов-Дол. Тепловая электростанция с одноименным названием «Бобов-Дол» мощностью 630 МВт расположена в 10 км в южном направлении от прикарьерного угольного склада на окраине деревни Големо-Село. На исследуемых участках Бобовдолского месторождения бурого угля отмечается благоприятное горно-геологическое строение для разработки запасов открытым способом. По данным спутниковой съемки, месторождение масштабно эксплуатируется с начала 1970-х гг. Отметим, что системы разработки в карьерах однобортные с размещением вскрышных пород во внутренних отвалах. В настоящее время в карьерах общая протяженность фронта горных работ составляет 1,8 км при переменной глубине разработки от 15 до 60 м. Суммарная мощность трех разрабатываемых угольных пластов находится в диапазоне 10-12 м. Верхняя часть вскрышных пород четверичного возраста обрабатывается гидравлическими экскаваторами типа «обратная лопата» с ковшем 2,5 куб. м в комплексе с автосамосвалами общего назначения грузоподъемностью 25 т. Эскавацию основной части вскрышных пород и угля осуществляют после буровзрывного рыхления. На бурении взрывных скважин работают четыре буровых станка. Скважины бурят по диагональной сетке с размерами 3×4 м. В карьере на выемке вскрышных пород и угля работают 15 гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с ковшем 2,5 куб. м. На выемке вскрышных пород из развала в верхней части карьера работают четыре экскаватора ЭКГ-5А. На вывозке вскрышных пород и угля из карьера используют исключительно автосамосвалы (72 ед.) грузоподъемностью 30 т. По нашей оценке, в двух карьерах на этом месторождении может быть обеспечена годовая добыча угля на уровне 2,4 млн т [9]. В системе «угольные карьеры – тепловая станция» весь добытый уголь доставляют на поверхностный склад, обустроенный вблизи карьеров. К складу подведена однопутная электрифицированная железная дорога. Уголь со склада отгружают в железнодорожный состав из одного магистрального электровоза и 30 полувагонов. Общая масса транспортируемого угля в одном составе – 2100 т. Вдоль прикарьерного угольного склада и склада угля на тепловой станции движение поездов организовано по тупиковой схеме со сменой направления движения на противоположное.

Крупным угледобывающим предприятием в стране являются два карьера с условным названием Трояново в центре Болгарии с небольшим смещением на восток. Предприятие, структурно состоящее из двух карьеров, стабильно работает с начала 1960-х гг. и в максимальной степени обеспечивает собственные национальные потребности в энергетическом угле [9]. За весь период разработки месторождения площадь нарушенных земель составила более 15000 га. Отметим, что весь объем бурого угля, добытого в двух карьерах на месторождении Марица-Восток, потребляется тремя тепловыми электростанциями с суммарной мощностью энергоблоков 3000 МВт. Горно-геологическое строение месторождения бурого угля площадью 240 км², на котором функционируют карьеры «Трояново», выглядит следующим образом. Угольные

пласты горизонтального залегания мощностью до 60 м с породными пропластками покрыты толщей осадочных рыхлых пород мощностью от 50 до 80 м. Месторождение вскрыто фланговыми и центральными капитальными траншеями. Фронт горных работ ориентирован в меридиональном направлении. Система разработки угленасыщенных участков месторождения однобортная с размещением вскрышных пород во внутреннем отвале карьера. Протяженность горных работ по верхнему уступу составляет 16,4 км. Аналогичный показатель для добычных работ – 12,4 км.

Толща вскрышных пород в зависимости от рельефа земной поверхности разрабатывается тремя-пятью уступами по 20 м каждый. Вскрышные работы производят с применением 20 роторных экскаваторов SRs-2000. Вскрышные породы по конвейерам перемещают на внутренние и внешние отвалы, на которых установлены 11 отвалообразователей ARs-3000/80. Внутренние отвалы отсыпают четыремя ярусами высотой по 35 м. Суммарная длина передвижных и стационарных конвейерных линий, смонтированных на вскрышных уступах и вдоль нерабочих бортов в торцах карьеров с выходом на внешние и внутренние отвалы, составляет 119,2 км. На добыче угля установлены восемь роторных SRs-1050 и шесть цепных экскаваторов ERs-400. Роторные экскаваторы обрабатывают основную толщу угольного пласта, а на отработке нижней пачки и западений в почве пласта работают цепные экскаваторы с нижним черпанием. Суммарная длина передвижных и стационарных конвейерных линий на транспортировке угля равна 37,4 км.

При существующей схеме вскрытия бурого угольного месторождения и развитии горных работ в ретроспективном периоде установленный парк экскаваторов и отвалообразователей может обеспечить годовой объем добычи угля на уровне 26 млн т. При этом объем выемки вскрышных пород должен быть обеспечен на уровне 110 млн т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки и аналитических расчетов определен технологически и технически достижимый уровень производственных мощностей в карьерах по добыче угля на территории Болгарии. С учетом особенностей горно-геологического строения месторождений бурого угля, моделей и количества работающих экскаваторов циклического и непрерывного действия 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 действующих карьерах по добыче угля на территории Болгарии, равен 125 млн т, а объем добываемого угля при этом составляет 29 млн т.

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. 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. 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>.
 6. 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>.
 7. Guglietta D., Salzano R., Wafik A. et al. Hyperspectral Investigation of an Abandoned Waste Mining Site: The Case of Sidi Bou Azzouz (Morocco). *Remote Sens*. 2025;(17):1838. <https://doi.org/10.3390/rs17111838>.
 8. 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.
 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, Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Bazhin A.V. – Mining engineer, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660012, Russian Federation

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

Kardashova E.V. – PhD (Economics), 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

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

Ptashnik Yu.P. – 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

Информация о статье

Поступила в редакцию: 26.02.2026

Поступила после рецензирования: 16.03.2026

Принята к публикации: 30.03.2026

Paper info

Received February 26, 2026

Reviewed March 16, 2026

Accepted March 30, 2026

Минэнерго предложило включить в генсхему до 2042 г. инновационные угольные ТЭС



Минэнерго предложило предусмотреть в генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики в России использование инновационных паровых турбин, работающих на суперсверхкритических параметрах (ССКП) пара, при строительстве и модернизации угольных тепловых электростанций (ТЭС). Об этом 24 марта на заседании комиссии Госсовета по энергетике сообщил статс-секретарь – замминистра энергетики Дмитрий Исламов. Он пояснил, что это будет возможно после апробации технологий. Инновационные паровые турбины могут повысить КПД угольных электростанций с 35–38 до 46% и выше.