

УДК 622.271(437):55.814 © В.Н. Вокин¹, И.В. Зеньков^{2,3},
 Ле Хунг Чинь⁴, А.В. Агалакова³, Е.В. Кардашова³, А.А. Латынцев¹,
 К.В. Раевич¹, Ж.В. Миронова¹, К.А. Штреслер¹, Н.И. Красноченко², 2025

¹ Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия

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

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

⁴ Технический университет им. Ле Куи Дон, 11355, Ханой, Вьетнам

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

UDC 622.271(437):55.814 © V.N. Vokin¹, I.V. Zenkov^{2,3},
 Le Hung Trinh⁴, A.V. Agalakova³, E.V. Kardashova³, A.A. Latyntsev¹,
 K.V. Raevich¹, Zh.V. Mironova¹, K.A. Shtresler¹, N.I. Krasnochenko², 2025

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

² Siberian Research Institute of Mining and Surveying,
Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

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

⁴ Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

Исследование динамики горных работ в карьерах по добыче угля в Республике Чехия на основе данных космического мониторинга

A study of the mining operation dynamics in open-pit coal mines in the Czech Republic based on space monitoring data

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-129-132>

В статье представлены результаты исследования технологических и технических аспектов производства открытых горных работ на угольных месторождениях в Республике Чехия. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлены количество и модели экскаваторов непрерывного действия, работающих в угольных карьерах, протяженность конвейерных линий, а также определен годовой объем экскавации вскрышных пород и угля, поставляемого на тепловые электростанции. По результатам спутниковой съемки и аналитических расчетов в добыче угля открытым способом на территории Чехии выявлен стабильный тренд с небольшим понижением в последние годы.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, угольная промышленность, Республика Чехия, топливно-энергетический комплекс, угольные карьеры, годовой объем добычи угля, горные машины, угольная генерация электроэнергии.

Для цитирования: 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.

Abstract

The paper presents the results of studying technological and technical aspects of surface mining operations in coal deposits in the Czech Republic. The remote sensing studies and analytical calculations helped to reveal

ВОКИН В.Н.

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

ЗЕНЬКОВ И.В.

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

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

Канд. техн. наук, доцент
Технического университета им. Ле Куи Дон,
11355, г. Ханой, Вьетнам

АГАЛАКОВА А.В.

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

КАРДАШОВА Е.В.

Канд. экон. наук, доцент
Сибирского государственного
университета науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева,
660037, 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

МИРОНОВА Ж.В.

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

ШТРЕСЛЕР К.А.

Старший преподаватель
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

КРАСНОЧЕНКО Н.И.

Горный инженер Сибирского
научно-исследовательского института
горного и маркшейдерского дела,
660025, г. Красноярск, Россия

the number and models of the continuous bucket excavators operated in the coal pits, the length of the conveyor lines as well as to determine the annual volume of overburden removed and coal dispatched to thermal power plants. A stable trend with a slight decline in the recent years has been identified based on the results of satellite imaging and analytical calculations of surface coal production in the Czech Republic.

Keywords

Remote sensing, coal mining industry, Czech Republic, fuel and energy complex, coal pits, annual coal production, mining machines, coal-fired power generation.

For citation

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.

ВВЕДЕНИЕ

Научно-практический интерес с позиции изучения экономической географии и основ мировой экономики представляет исследование производственного потенциала производительных сил горнодобывающих предприятий, производящих отработку угольных месторождений в мировых центрах угледобычи. Национальная экономика стран Восточной Европы развивается традиционно на использовании электрической энергии, генерируемой тепловыми станциями при сжигании в большей степени бурого и в меньшей – каменного угля. На территории Чехии выделяется один крупный центр добычи угля открытым способом – северная часть республики вдоль границы с Германией, где уголь добывают в карьерах. Изучение мировых центров горной промышленности чаще всего осуществляется по весьма противоречивой информации, содержащейся в открытых источниках. Наша научно-практическая школа на очередном этапе исследовала широкий спектр показателей угледобывающего центра в северном секторе Чехии с использованием космоснимков высокого разрешения, находящихся в свободном доступе. Отметим, что сфера использования технологий дистанционного зондирования Земли из космоса постоянно расширяется, о чем свидетельствуют работы как российских, так и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ
В КАРЬЕРАХ ПО ДОБЫЧЕ БУРОГО УГЛЯ**

К настоящему времени, по данным дистанционного мониторинга, на территории Чехии, в северном ее секторе, вдоль границы с Германией, за последние полвека сформирован мощный топливно-энергетический комплекс с пятью работающими карьерами по добыче бурого угля и шестью тепловыми станциями с угольной генерацией электроэнергии. Предприятия расположены компактно в полосе с размерами 13×94 км, длинная ось которой ориентирована в направлении «юго-запад – северо-восток» [1]. В этом секторе работают одиннадцать предприятий топливно-энергетического комплекса (см. рисунок). Кроме того, в исследуемом секторе находятся города Карловы Вары, Хомутов, Мост, Духцов и др. Белой линией на рисунке показана воздушная высоковольтная линия передачи электроэнергии в Германию. Функционирование на территории Чехии предприятий топливно-энергетического комплекса, основанное на добыче угля открытым способом и его сжигании на тепловых электростанциях,

не соответствует резолюциям ООН о необходимости улучшения климата на нашей планете [12].

Горно-геологическое строение угольных пластов на территории Чехии позволяет производить их вскрытие в местах выхода под наносы. Мощность угольного пласта сложного строения изменяется от 20 до 50 м. В его толще имеются породные пропластки. Углы залегания угольных пластов в местах их выхода под наносы находятся в диапазоне 2-4°. По мере погружения пласта в угленосную толщу его залегание становится горизонтальным. Системы разработки угольных месторождений, однобортные с параллельным или веерным перемещением рабочего борта. На выемке вскрышных пород и угля используют роторные экскаваторы в комплексе с ленточными конвейерами для перемещения вскрыши на породные отвалы, а угля – на расходные прикарьерные склады или стационарные склады на тепловых электростанциях.

В ходе исследования территории внимание было обращено на разную глубину карьеров (100-220 м) и количество вскрышных и добычных уступов. Высота уступов в карьере зависит от применяемых моделей экскаваторов. Максимальная высота уступов (30-36 м) отмечается у роторных экскаваторов KU-800 и KR-5500T, а минимальная (до 16 м) – у моделей KU-300. Все экскаваторы работают на выемке горных пород, крепость которых не требует буровзрывного рыхления. Суммарная протяженность горных работ по нижнему добычному уступу во всех карьерах составляет 13 км [11].

В карьере Мост реализовано оригинальное инженерное решение по организации горных и транспортных работ. Вскрышные породы и уголь обрабатывают роторным экскаватором KU-300. На рабочей площадке параллельно с траекторией хода экскаватора на расстоянии 30 м от его оси вращения проложен железнодорожный путь стандартной колеи 1520 мм. По этому пути подают железнодорожные думпкары для вывозки вскрыши и угля за пределы карьера. Любые горные породы из забоя при обработке сложноструктурного угольного пласта экскаватор загружает в железнодорожный состав из 10 думпкаров 2BC-105 и одного электровоза. Вскрышные породы транспортируют на внутренний отвал, а уголь – на поверхностный стационарный расходный склад. В угольном карьере Мост роторный экскаватор KU-300 работает на участке, в границах которого производится выемка вскрышных пород и угля поочередно. Эти работы выполняются одним экскаватором [11].

Всего, по данным космической съемки, в угольных карьерах в Чехии работают 37 экскаваторов непрерывного действия. Эта совокупность состоит из роторных экскаваторов KR-5500T (1 ед.), KU-800 (11 ед.) и KU-300 (25 ед.). Вскрышные породы, удаляемые из всех карьеров с ис-

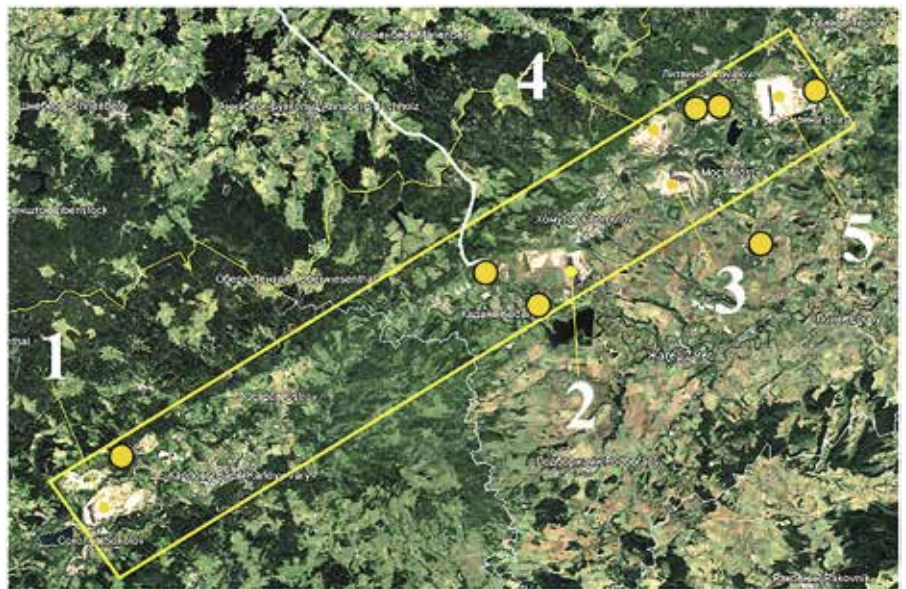


Схема расположения предприятий топливно-энергетического комплекса в северной части Республики Чехия на снимке из космоса: 1 – карьер «Соколов»; 2 – карьер «Хомутов»; 3 – карьер «Мост»; 4 – карьер «Йирков»; 5 – карьер «Духцов»; ● – тепловая станция с угольной генерацией электроэнергии

A schematic map of fuel and energy complex facilities location in the northern part of the Czech Republic in a satellite image: 1 – the Sokolov open pit mine; 2 – the Chomutov open pit mine; 3 – the Most open pit mine; 4 – the Jirkov open pit mine; 5 – the Duchcov open pit mine; ● – a thermal power plant with coal-fired power generation

пользованием ленточных конвейеров, отсыпают на внутренних отвалах на месте отработанного угольного пласта или в выработанном пространстве соседних карьеров, в которых добыча угля прекращена. Главной особенностью размещения вскрышных пород в ходе добычи угля открытым способом является их перемещение только в выработанное пространство карьеров. Отсыпка вскрыши на отвалах производится высокопроизводительными отвалообразователями на гусеничном и железнодорожном ходу ZP-510, Z-7000, ZPDH-6300.1 (18 ед.) [11].

Анализ информации на спутниковых снимках позволяет сделать вывод о том, что протяженность конвейерных линий на перемещении вскрышных пород является функциональной зависимостью от применяемых моделей экскаваторов, глубины карьера и расположения внутреннего отвала. Тот же вывод можно сделать в отношении аналогичного показателя для конвейеров, установленных для перемещения угля. Общая протяженность ленточных конвейеров на перемещении вскрышных пород равна 140,3 км, аналогичный показатель для угля составляет 59 км.

С учетом особенностей горно-геологического строения месторождений бурого угля, моделей и количества работающих экскаваторов на вскрышных и добычных работах, а также их производительности определены объемы выемки и перемещения вскрышных пород и угля из недр. Общий годовой объем вскрышных работ, по нашей оценке, выполняемый во всех карьерах на территории Чехии, равен 179 млн т, и объем добываемого угля составляет 39 млн т. Отметим, что в двух карьерах «Йирков» и «Мост» запасы угля в ближайшие год-два будут отработаны, а в карьерах «Соколов», «Хомутов» и «Духцов» отработка

угольных пластов, по нашей оценке, продлится не более 6-8 лет в зависимости от темпов отработки угленасыщенных участков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом особенностей горно-геологического строения месторождений бурого угля, моделей и количества работающих экскаваторов на вскрышных и добычных работах, а также их производительности определены объемы выемки и перемещения вскрышных пород и угля из недр. Общий годовой объем вскрышных работ, по нашей оценке, выполняемый во всех карьерах на территории Чехии, равен 179 млн т, и объем добываемого угля составляет 39 млн т. Все действующие угольные карьеры на территории Чехии дорабатывают запасы, строительство новых карьеров на спутниковых снимках не наблюдается.

Список литературы • References

- Жаданова П.Д., Лаврова О.Ю. Влияние выбора данных спутников Landsat 8/9 и Sentinel 2A/2B на результаты определения мутности воды в приустьевых зонах рек // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. № 3. С. 244-265. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-3-244-265. Zhadanova P.D., Lavrova O.Yu. Impact of Landsat-8/9 and Sentinel-2A/2B data selection on the results of water turbidity determination in coastal river zones. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2024;(3):244-265. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-3-244-265.
- Терехин Э.А. Возможности оценки лесистости овражно-балочных систем Среднерусской лесостепи по данным дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. № 3. С. 107-120. DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-3-107-120. Terekhin E.A. Possibilities for assessing the forest cover of small dry valleys in the Central Russian forest-steppe using remote sensing data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2024;(3):107-120. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-3-107-120.
- Добыча угля открытым способом в провинции Лимпопо на территории Южно-Африканской Республики по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2024. № 2. С. 93-96. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-93-96. Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V., Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Sizova .N., Raevich K.V., Latyntsev A.A. Surface coal production in the Limpopo Province in the territory of the Republic of South Africa based on satellite imaging data. *Ugol'*. 2024;(2):93-96. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-2-93-96.
- Ivanov A., Klimenko S. Mariculture in the Black Sea and its Impact on the Environment According to Satellite Observations. *Ecology and Industry of Russia*. 2024;28(4):34-39. DOI: 10.18412/1816-0395-2024-4-34-394.
- Zenkov I.V., Morin A.S., Vokin V.N., Kiryushina E.V. Remote sensing of mining and haul-age equipment arrangement in Russia: A case-study of the coal and iron ore industry. *Eurasian mining*. 2020;(2):46-49.
- Исследование показателей угольных карьеров в топливно-энергетическом комплексе Республики Монголия с использованием ресурсов дистанционного зондирования / И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2023. № 1. С. 76-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-1-76-79.
- Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Loginova E.V., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Skornyakova S.N., Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Pavlova P.L., Lunev A.S. Studies of coal pit performance in the fuel and energy complex of the Republic of Mongolia using remote sensing data. *Ugol'*. 2023;(1):76-79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-1-76-79.
- Li S., Li J., Du W. et al. Combining Satellite Images and the Hydraulic Engineering Archive to Map the Processes of Reservoir Construction in Xinjiang. *Remote Sens*. 2024;(16):328. DOI: 10.3390/rs16020328.
- Jang W., Kim J., Kim J.H. et al. Evaluation of Sentinel-2 Based Chlorophyll-a Estimation in a Small-Scale Reservoir: Assessing Accuracy and Availability. *Remote Sens*. 2024;(16):315. DOI: 10.3390/rs16020315.
- Xiaofang Jiang, Hanchen Duan, Jie Liao et al. Comparative research on multi-algorithm of soil salinity monitoring based on Gaofen-5, Sentinel-1, and Sentinel-2. *International Journal of Remote Sensing*. 2023;44(15):4704-4726. DOI: 10.1080/01431161.2023.2235640.
- 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.
- <https://www.google.com/earth>.
- <https://www.un.org/ru/climatechange/climate-ambition-summit>.

Authors Information

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

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

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

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

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

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

Shtresler K.A. – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Krasnochenko N.I. – Mining engineer, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 10.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

Paper info

Received February 10, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025