

УДК 622.271(540):55.814 © Ю.А. Маглинец¹, И.В. Зеньков²,
Ле Хунг Чинь³, Ю.П. Юронен⁴, Н.Е. Гильц⁴, Ж.В. Миронова¹,
П.М. Кондрашов¹, А.С. Лунев¹, П.Л. Павлова¹, Л.Н. Кузина¹,
Т.Н. Сизова¹, К.А. Штреслер¹, Е.В. Черепанов¹, Р.А. Шатров¹, 2024

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

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

³ Технический университет им. Ле Куй Дон, 11355, Ханой, Вьетнам

⁴ Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

UDC 622.271(540):55.814 © Yu.A. Maglinets¹, I.V. Zenkov²,
Le Hung Trinh³, Yu.P. Yuronen⁴, N.E. Gilts⁴, Zh.V. Mironova¹,
P.M. Kondrashov¹, A.S. Lunev¹, P.L. Pavlova¹, L.N. Kuzina¹,
T.N. Sizova¹, K.A. Shtresler¹, E.V. Cherepanov¹, R.A. Shatrov¹, 2024

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

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

³ Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

⁴ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

Открытые горные работы на месторождении угля и тепловые электростанции с угольной генерацией электроэнергии в штате Тамилнад по данным дистанционного мониторинга Земли из космоса

Surface coal mining operations and coal-fired thermal power plants in the state of Tamil Nadu based on Earth's remote sensing data

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-11-129-132>

В статье представлены результаты исследования технологических и технических аспектов производства открытых горных работ на угольном месторождении в штате Тамилнад в Индии. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлено количество горных и транспортных машин, работающих в угольных карьерах, а также определен годовой объем экскавации вскрышных пород и добычи угля. По результатам спутниковой съемки выявлен стабильный тренд в добыче угля открытым способом на территории исследуемого штата.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, Республика Индия, штат Тамилнад, угольные карьеры, топливно-энергетический комплекс, угольная генерация электроэнергии, угледобывающая промышленность, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины.

Для цитирования: Открытые горные работы на месторождении угля и тепловые электростанции с угольной генерацией электроэнергии в штате Тамилнад по данным дистанционного мониторинга Земли из космоса / Ю.А. Маглинец, И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь и др. // Уголь. 2024;(11):129-132. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-129-132.

Abstract

The paper presents the results of studying technological and technical aspects of surface mining operations in a coal deposit in the State of Tamil Nadu in

МАГЛИНЕЦ Ю.А.

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,
e-mail: zenkoviv@mail.ru

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

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

ЮРОНЕН Ю.П.

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

ГИЛЬЦ Н.Е.

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

МИРОНОВА Ж.В.

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

КОНДРАШОВ П.М.

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

ЛУНЕВ А.С.

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

ПАВЛОВА П.Л.

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

КУЗИНА Л.Н.

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

СИЗОВА Т.Н.

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

ШТРЕСЛЕР К.А.

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

ЧЕРЕПАНОВ Е.В.

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

ШАТРОВ Р.А.

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

India. Remote sensing studies and analytical calculations revealed the number of mining and haulage machines working in the coal pits, as well as determined the annual volume of overburden excavation and coal mining. Satellite observations revealed a stable trend of surface coal mining in the surveyed state.

Keywords

Remote sensing of the Earth, Republic of India, State of Tamil Nada, coal pits, fuel and energy complex, coal-fired power generation, coal mining industry, annual volume of coal mining, mining and transportation machines.

For citation

Maglinets Yu.A., Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Gilts N.E., Mironova Zh.V., Kondrashov P.M., Lunev A.S., Pavlova P.L., Kuzina L.N., Sizova T.N., Shtresler K.A., Cherepanov E.V., Shatrov R.A. Surface coal mining operations and coal-fired thermal power plants in the state of Tamil Nadu based on Earth's remote sensing data. *Ugol'*. 2024;(11):129-132. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-129-132.

ВВЕДЕНИЕ

В ходе исследования размещения производительных сил угледобывающей промышленности на территории Индии наше внимание было остановлено на угледобывающем районе в штате Тамилнад. По данным спутниковой съемки здесь выявлено наличие нескольких предприятий топливно-энергетического комплекса, работающих для нужд промышленности, что неизбежно представляет научный интерес с позиции изучения мировой экономики. Результатом исследований закономерно явилась еще одна решенная научно-прикладная задача по исследованию современного состояния горных работ в угольных карьерах на юго-востоке Индии. В качестве основного информационного ресурса использованы спутниковые снимки высокой детализации, находящиеся в свободном доступе. В последнее время множество исследований проводится именно с использованием ресурсов дистанционного зондирования Земли из космоса с представлением результатов исследований в специальной литературе [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРАХ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ БУРОГО УГЛЯ В ШТАТЕ ТАМИЛНАД

В центральном секторе штата Тамилнад в 25 км на запад от г. Парангипеттаи функционирует топливно-энергетический комплекс регионального значения на базе крупного угольного месторождения [10]. На угленасыщенных участках месторождения работают три карьера (см. рисунок).

Добытый уголь потребляется пятью тепловыми электростанциями (ТЭС) с суммарной установочной мощностью энергоблоков 3000 МВт.

Определенный объем угля отправляется с мест его добычи в железнодорожных составах из 50 вагонов и одного магистрального электровоза к потребителям. Большой объем угля потребляют восемь цементных заводов с суммарной производственной мощностью по выпуску цемента не менее 16 млн т в год. Заводы расположены на юго-востоке от угольных карьеров и тепловых станций.

Расположение карьеров по добыче угля и тепловых электростанций в штате Тамилнад в 25 км на запад от г. Парангипеттаи (на снимке из космоса)

Location of the surface coal mines and thermal power plants in the state of Tamil Nadu, 25 km west of Parangipettai (a satellite image)



Расстояние транспортировки угля до расходных складов предприятий цементной промышленности находится в диапазоне 60-110 км. Кроме того, часть добытого угля отправляют по железной дороге на расходные склады четырех тепловых электростанций с суммарной установочной мощностью энергоблоков не менее 3600 МВт. Электростанции расположены в 210 км на северо-восток от угольных карьеров на побережье Индийского океана [10].

По данным дистанционного мониторинга, на месторождении угля открытые горные работы производятся с середины 1970-х гг. Общая площадь нарушенных земель к настоящему времени составляет 8300 га. Разрабатываемое месторождение угля открытым способом характеризуется простым горно-геологическим строением. Взаиморасположение карьеров и тепловых электростанций представлено на рисунке. Направления развития горных работ в карьерах обозначены стрелками.

Угольные пласты простого строения мощностью 35-40 м залегают с небольшим наклоном. С земной поверхности они перекрыты рыхлыми горными породами четвертичного возраста мощностью 60-100 м. Месторождения разрабатывают тремя карьерами. Каждый карьер (контуры карьеров показаны линиями желтого цвета) имеет самостоятельную систему вскрывающих горных выработок и трасс. В каждом карьере, в толще вскрышных пород, на контакте с угольным пластом распространен горизонт крепких песчаников. Поэтому этот слой перед экскавацией подлежит рыхлению буровзрывным способом. Скважины бурят по квадратной сетке 5×5 м [10].

Горно-геологические характеристики залегания угольного пласта позволяют производить его разработку роторными экскаваторами. На отработке вскрышных пород в карьерах № 1, 2 и 3 работают соответственно 8, 4 и 2 роторных экскаватора *SRs-2000*. Фронт добычных работ в карьерах № 1, 2 и 3 составляет соответственно 4,3; 0,87 и 1,53 км. На добычных работах в карьерах № 1, 2 и 3 задействованы 4, 1 и 3 роторных экскаватора *SRs-1050*. Кроме того, на временной консервации находились соответственно 1, 3 и 1 роторный экскаватор в выработанном пространстве карьеров № 1, 2 и 3.

Отметим, что верхняя часть рыхлых вскрышных пород во всех карьерах обрабатывается экскаваторно-автомобильными комплексами, состоящими из гидравлических экскаваторов типа обратная лопата с ковшом вместимостью 2,5-4 куб. м и автосамосвалов общего назначения грузоподъемностью 25-35 т. Аналогичные комплексы применяют на отработке нижней пачки угольного пласта, которую по технологическим и конструкционным особенностям не могут обработать роторные экскаваторы [10].

В ходе производства горных работ в угольном карьере № 1 вскрышные породы с четырех уступов транспортируют по передвижным забойным конвейерам на внутренний породный отвал. Отвал отсыпают пятью ярусами отвалообразователями *ARs-6300/95* на гусеничном ходу. Контуры отвалов обведены линиями синего цвета. Добытый уголь по двум забойным конвейерам транспортируют на прикарьерный расходный склад. Два угольных склада обозначены линиями красного цвета. С этого скла-

да уголь далее транспортируют по стационарным конвейерным линиям на склады, находящиеся на промышленных площадках тепловых электростанций. Отработка верхнего слоя вскрышных рыхлых пород четвертичного возраста и погрузка в автосамосвалы общего назначения грузоподъемностью 35 т производятся гидравлическими экскаваторами типа обратная лопата с ковшом 4 куб. м. Ширина обрабатываемого слоя вскрышных пород при одновременной работе четырех экскаваторов составляет 72 м [10].

Внутренний отвал в карьере № 1 отсыпают пятью ярусами, каждый высотой по 27 м. Протяженность конвейерной линии от роторного экскаватора, обрабатывающего верхний основной вскрышной уступ, до отвалообразователя, установленного на верхнем ярусе породного отвала, составляет 9,8 км, а от роторного экскаватора, обрабатывающего надугольный вскрышной уступ, до отвалообразователя, установленного на нижнем ярусе, – 8 км.

Нижнюю пачку угольного пласта, которую невозможно обработать роторными экскаваторами по технологическим и конструкционным особенностям, разрабатывают экскаваторно-автомобильными комплексами, состоящими из гидравлических экскаваторов типа обратная лопата с ковшом вместимостью 2,5-4 куб. м и автосамосвалов общего назначения грузоподъемностью 25-35 т. На вскрышных работах задействован парк роторных экскаваторов *SRs-2000* в количестве 16 ед. На бурении взрывных скважин работают 22 буровых станка. На выемке верхнего слоя вскрышных пород задействованы семь гидравлических экскаваторов типа обратная лопата с ковшом вместимостью 2,5 куб. м и столько же с ковшом 4 куб. м. На транспортировке вскрышных пород работали 72 автосамосвала общего назначения грузоподъемностью 25-35 т. На добычных работах во всех карьерах – 8 роторных экскаваторов *SRs-1050*. На выемке угля из нижней пачки пласта работают шесть гидравлических экскаваторов типа обратная лопата с ковшом вместимостью 2,5 куб. м и 28 автосамосвалов общего назначения грузоподъемностью 25-35 т.

Общая протяженность ленточных конвейеров, обслуживающих логистику вскрышных пород из забоев роторных экскаваторов на внутренние отвалы, составляет 74800 м. На породных отвалах в трех карьерах вскрышные породы отсыпают 12-ю отвалообразователями *ARs-6300/95* [10]. Уголь, добытый в карьерах № 1 и № 3, по стационарным ленточным конвейерам перемещается на поверхностные расходные склады, и далее его перемещают по стационарным ленточным конвейерам на тепловые электростанции. Уголь, добытый в карьере № 2, транспортируют на промышленные площадки тепловых электростанций без промежуточного хранения. Протяженность стационарного ленточного конвейера на транспортировке угля из карьера № 1 составляет 12,5 км, а из карьеров № 2 и № 3 соответственно 5,2 и 11,4 км.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По нашей оценке, включающей изучение информации на высокдетальных спутниковых снимках и проведение

аналитических расчетов, на территории Индии в штате Тамилнад в трех карьерах производство вскрышных работ и работ по добыче угля основано на поточных технологиях с применением техники непрерывного действия (экскаваторы, конвейеры, отвалообразователи). Основной объем выемки вскрышных пород и угля здесь обеспечивается в основном за счет использования роторных экскаваторов. Объем вскрышных работ установлен на уровне 120 млн т в год. При этом добыча угля находится на уровне 26 млн т в год. Отметим, что эксплуатационная производительность роторных экскаваторов при работе в условиях муссонного климата с количеством годовых осадков на уровне 1500 мм в год в штате Тамилнад на 40-50% меньше, чем при эксплуатации аналогичных экскаваторов в более сухом климате.

Список литературы • References

1. Шинкаренко С.С., Барталев С.А. Применение данных дистанционного зондирования для широкомасштабного мониторинга водно-болотных угодий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. № 6. С. 9-34. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-6-9-34.
Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Application of remote sensing data in large-scale monitoring of wetlands // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2023;(6):9-34. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-6-9-34.
2. Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг, Логинова Е.В. и др. Исследование показателей угольных карьеров в топливно-энергетическом комплексе Республики Монголия с использованием ресурсов дистанционного зондирования // 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.
3. Корниенко С.Г. Изучение динамики термокарстовых озер в районе Ямбургского месторождения по данным спутников Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 5. С. 246-260. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-5-246-260.
Kornienko S.G. Studying the dynamics of thermokarst lakes in the area of the Yamburg gas field using Landsat satellite data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2023;20(5): 246-260. (In Russ.). DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-5-246-260.
4. 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.
5. Sun Z., Sun L., Liu Y. et al. Estimating Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation of Winter Wheat Based on Simulated Sentinel-2 Data under Different Varieties and Water Stress. *Remote Sens*. 2024;(16):362. DOI: 10.3390/rs16020362.
6. De Los Reyes R., Richter R., Plank S., Marshall D. Analysis of Lava from the Cumbre Vieja Volcano Using Remote Sensing Data from DESIS and Sentinel-2. *Remote Sens*. 2024;(16):351. DOI: 10.3390/rs16020351.
7. Mengxue Lin, Ming Zhu, Kejian Zhou et al. Spatial distribution prediction model for lake water quality parameters from ultra-sparse sampling data with recent satellite data. *International Journal of Remote Sensing*. 2023;44(21):6579-6594. DOI: 10.1080/01431161.2023.2272601.
8. Haydar Akcay, Samet Aksoy, Sinasi Kaya et al. Evaluating the potential of multi-temporal Sentinel-1 and Sentinel-2 data for regional mapping of olive trees. *International Journal of Remote Sensing*. 2023;44(23):7338-7364. DOI: 10.1080/01431161.2023.2282404.
9. Wei Zhou, Bo-Hui Tang, Zhi-Wei He et al. Identification of forest fire points under clear sky conditions with Himawari-8 satellite data. *International Journal of Remote Sensing*. 2024;45(1):214-234. DOI: 10.1080/01431161.2023.2295834.
10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.10.2024).

Authors Information

Maglinets Yu.A. – 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, e-mail: zenkoviv@mail.ru

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

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

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

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

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

Lunev A.S. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

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

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

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

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

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

Shatrov R.A. – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation undergraduate

Информация о статье

Поступила в редакцию: 20.09.2024

Поступила после рецензирования: 17.10.2024

Принята к публикации: 28.10.2024

Paper info

Received September 20, 2024

Reviewed October 17, 2024

Accepted October 28, 2024