

Технологии и особенности открытых горных работ на месторождениях угля на острове Калимантан в Индонезии по данным спутниковой съемки*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-28-31>

ЗЕНЬКОВ И.В.,

доктор техн. наук, профессор
Сибирского федерального университета,
профессор Сибирского государственного университета
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,
660041, г. Красноярск, Россия, e-mail: zenkoviv@mail.ru

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ,

канд. техн. наук, доцент Технического
университета им. Ле Куй Дон, 000084, г. Ханой, Вьетнам

ЮРКОВСКАЯ Г.И.,

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

СУСЛОВ Д.Н.,

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

ВОКИН В.Н.,

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

КИРЮШИНА Е.В.,

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

ЛАТЫНЦЕВ А.А.,

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

МАГЛИНЕЦ Ю.А.,

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

КОНДРАШОВ П.М.,

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

ПАВЛОВА П.Л.,

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

В статье представлены результаты исследования деятельности карьеров по добыче угля на острове Калимантан в Индонезии. В ходе дистанционного мониторинга выявлено количество горных и транспортных машин, работающих в угольных карьерах, по результатам аналитических расчетов определен годовой объем вскрышных работ и добычи угля. По результатам спутниковой съемки выявлен тренд в незначительном сокращении объемов добычи угля.

Ключевые слова: Индонезия, остров Калимантан, месторождения угля, открытые горные работы, карьеры по добыче угля, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины, дистанционное зондирование Земли.

Для цитирования: Технологии и особенности открытых горных работ на месторождениях угля на острове Калимантан в Индонезии по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Г.И. Юрковская и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 28-31. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-28-31.

ВВЕДЕНИЕ

В мировой угледобывающей отрасли в последние годы на одно из первых мест по экспорту угля уверенно вышла Индонезия. И это не случайно – страна с запасами угля более 100 млрд т находится на четвертом месте в мире по численности населения и занимает исключительное географическое расположение в Юго-Восточной Азии относительно стран, потребляющих энергетический уголь. С другой стороны, большие запасы твердых полезных ископаемых, спрос на которые со стороны мировой экономики постоянно растет, способствуют промышленному развитию национальной экономики Индонезии. Как известно, работа угледобывающего сектора в масштабных объемах инициирует создание большого количества рабочих мест как в основном производстве (добыча угля), так и в логистической системе угольных потоков, представленной в работе [1]. К настоящему времени от-

* Исследование проведено в рамках международного сотрудничества в области расширения сферы использования технологий дистанционного зондирования Земли.

сутствует четкое представление о работе карьеров на месторождениях угля на острове. Поэтому, по нашему мнению, необходимо заполнить этот пробел новыми знаниями на основе ресурсов спутниковой съемки, которыми пользуются специалисты в научно-прикладных исследованиях [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРАХ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ

По данным спутниковой съемки масштабные открытые горные работы на месторождениях угля в Индонезии производят вдоль восточного побережья острова Калимантан в полосе с максимальным удалением от береговой линии на 180 км [9]. Протяженность этой полосы с севера на юг острова составляет 980 км. На этой территории месторождения угля характеризуются горно-геологическими характеристиками в широком диапазоне. Угли залегания угольных пластов находятся в широком диапазоне – от нуля до 90°. В угленосной толще находятся до десяти сближенных крутонаклонных или вертикально расположенных промышленных пластов, суммарная горизонтальная мощность которых доходит до 300 м. В своем исследовании мы условно сгруппировали все угледобывающие предприятия (карьеры) в три категории: карьеры с производственной мощностью по добыче угля на уровне 1,0 млн т в год, с производственной мощностью от 2 до 5 млн т в год и карьеры с годовым объемом 5 млн т и более.

Главным фактором, в существенной степени сдерживающим темпы продвижения горных работ в карьерах, является работа угледобывающих предприятий в экваториальном климате с количеством осадков в диапазоне 2000-3000 мм в год. Это приводит к большим объемам карьерного водоотлива, а также к проявлению деформаций рабочих и нерабочих бортов карьеров.

По данным спутниковой съемки в карьерах с годовой производственной мощностью по добыче угля в пределах 1 млн т работают экскаваторно-автомобильные комплексы из гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с вместимостью ковша 2,5-4 куб. м и автосамосвалов грузоподъемностью 30 т с колесной формулой 6х4. Эти комплексы используют как на вскрышных работах, так и на отработке угольных пластов на месторождениях с небольшими запасами – до 10 млн т. На локальных месторождениях залегание пластов горизонтальное, поэтому по мере появления выработанного пространства появляется возможность организации внутренних отвалов [9]. Глубина карьеров не превышает 50 м. Расстояние транспортировки вскрышных пород на отвалы – не более 1,0 км. Уголь складывают на прикарьерных поверхностных складах-площадках. Далее по автодорогам общего назначения уголь транспортируют в магистральных полуприцепах до мест его погрузки, обустроенных на берегах рек, на баржи класса «река – море». Период разработки угленасыщенных участков месторождений обычно не превышает 6-8 лет. В структуре угледобывающей отрасли острова общий объем добычи угля на таких месторождениях составляет 54-55 млн т в год.

Основной объем угля на острове добывают в карьерах на угленасыщенных участках месторождений с несколькими пластами, залегающими под углом 25-45°. Суммарный объем добычи угля на этих месторождениях, по нашей оценке, составляет 260 млн т в год. Здесь в карьерах работают экскаваторно-автомобильные комплексы из гидравлических экскаваторов типа «прямая лопата» и «обратная лопата» с вместимостью ковша от 2,5 до 12 куб. м и автосамосвалов грузоподъемностью от 30 до 120 т [9]. Карьеры на месторождениях с большими запасами угля имеют протяженность по нижнему добычному уступу до 20 км. Одновременно в одном карьере на выемке вскрышных пород и угля работают до 40 экскаваторов, а на вывозке горной массы – 160-180 автосамосвалов.

В более мощных карьерах на месторождениях с крутонаклонным или вертикальным расположением угольных пластов технологическое преимущество отдано гидравлическим экскаваторам с вместимостью ковша 18-24 куб. м. Транспортировка горных пород производится автосамосвалами грузоподъемностью 180-260 т. В таких карьерах выемку горных пород осуществляют после буровзрывного рыхления. Суммарный годовой объем добычи угля в карьерах находится на уровне 200 млн т.

Фрагменты горных работ в карьерах с разной производственной мощностью по добыче угля и различающимся горно-геологическим строением представлены на *рисунке*.

Направление продвижения горных работ в карьерах на участках месторождений с горизонтальным залеганием угольных пластов мощностью до 12 м показано стрелками желтого цвета (*см. рисунок, а*). На этом же рисунке в кольцах желтого цвета находятся гидравлические экскаваторы на выемке вскрышных пород, а кольцом белого цвета обведен экскаватор на отработке угольного пласта. В правой части этого же рисунка показано концентрированно расположенные гидравлические экскаваторы (*см. рисунок, б*). Кольцами зеленого цвета обведены экскаваторы типа «прямая лопата» на выемке вскрышных пород, а в кольце красного цвета находится экскаватор типа «обратная лопата» на выемке угля.

Стрелками синего цвета показано движение груженых автосамосвалов от экскаваторных забоев до мест разгрузки – породных отвалов или угольных складов. Взрывные скважины в горных породах бурят по диагональной сетке с размерами 7х9 м. В ходе изучения информационных ресурсов дистанционного зондирования установлено, что при разработке месторождений угля применяют как однобортные системы разработки, так и двухбортные с разноской рабочих бортов, ориентированных по длинной оси карьеров. Также широко практикуется разработка угленасыщенных участков блоками, причем в отработанных блоках производят отсыпку внутренних породных отвалов.

По данным спутниковой съемки, общая протяженность фронта добычных работ составляет 337 км. Всего в карьерах по добыче угля работают 43 буровых станка, 487 гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» с вместимостью ковша 2,5-4 куб. м, 539 гидравлических



Открытые горные работы на месторождениях угля на острове Калимантан (на снимках из космоса):
 а – в карьере с производственной мощностью по добыче угля 1 млн т в год;
 б – в карьере с производственной мощностью по добыче угля 18 млн т в год.

экскаваторов типа «обратная лопата» и «прямая лопата» с вместимостью ковша 8-24 куб. м. На вывозке вскрышных пород и угля из карьеров используют 2890 автосамосвалов общего назначения грузоподъемностью 30 т с колесной формулой 6×4 и 1465 карьерных автосамосвалов грузоподъемностью от 50 до 260 т. На вспомогательных работах задействовано 386 бульдозеров. Отметим, что такой комплект горнотранспортного оборудования в условиях «сухого» климата может обеспечить годовую производительность на 25-30% выше, чем в условиях экваториального климата острова Калимантан.

Сухопутную логистику угольных потоков от мест добычи угля до мест погрузки в средства речного транспорта обеспечивают магистральные полуприцепы грузоподъемностью 40-50 т. Также в этом логистическом звене широко используется конвейерный транспорт, по которому уголь перемещают со складов на морское побережье. Протяженность единичного стационарного конвейера достигает 8 км. Вторым звеном угольной логистики на острове являются крупномасштабные речные перевозки [1]. Речную логистику угольных потоков на острове Калимантан обеспечивают 3600 барж класса «река – море» с таким же количеством буксиров. В этих же судах доставляют уголь до тепловых электростанций на островах Ява, Бали, Сулавеси и др.

Параллельно с изучением технологического потенциала угольной отрасли острова по данным спутниковой съемки установлено, что на земной поверхности в границах месторождений угля находятся большие по площади пальмовые плантации, составляющие основу агропромышленного комплекса Индонезии. Это обстоятельство принимается во внимание при возврате в сельскохозяйственный оборот породных отвалов, отсыпанных в ходе открытой разработки месторождений угля. Угледобывающие предприятия проводят на поверхности и откосах отвалов специальные работы по высадке пальм. Отметим, что собственники карьеров по добыче угля находятся в полном компромиссе с мест-

ным населением, занимающимся сельским хозяйством на плантациях, находящихся по соседству с угледобывающими предприятиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки определен состав горнотранспортного оборудования, работающего в карьерах по добыче угля на острове Калимантан в Индонезии. По нашей оценке, совокупный объем добычи угля в карьерах на территории острова характеризуется коэффициентом вскрыши на уровне 4 т/т. Исходя из технологий производства горных работ и производительности горной техники, объем перерабатываемой горной массы (вскрышные породы и уголь) находится на уровне 2,5 млрд т в год. В целом, по данным дистанционного мониторинга, в последние два десятилетия на территории острова Калимантан наблюдается повышательный тренд в объемах добычи угля с небольшим снижением в последние годы.

Список литературы

1. Зеньков И.В. Открытые горные работы и управление логистикой в угледобывающей отрасли Индонезии // Уголь. 2019. № 7. С. 108-110. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-108-109.
2. Кашницкая М.А. Исследование динамики площадей водной поверхности озер степной зоны Восточного Забайкалья на основе данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 242-253.
3. Курбатова И.Е., Верещака Т.В., Иванова А.А. Космический мониторинг трансформации болотных ландшафтов в условиях антропогенных воздействий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 216-227.
4. Pashkevich M.A., Danilov A.S., Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine // Eurasian mining. 2021. № 1. P. 79-83.
5. Carsten Neumann, Robert Behling, Anne Schindhelm, Sibylle Itzerott, Gabriele Weiss, Matthias Wichmann, Jörg Müller. The colors

- of heath flowering – quantifying spatial patterns of phenology in Calluna life cycle phases using high resolution drone imagery // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2020. Vol. 6. Is. 1. PP. 35-51.
6. Busquier M, Valcarce-Diñeiro R, Lopez-Sanchez JM, Plaza J, Sánchez N, Arias-Pérez B. Fusion of Multi-Temporal PAZ and Sentinel-1 Data for Crop Classification // Remote Sens. 2021. № 13. 3915.
 7. Montgomery J., Mahoney C., Brisco B., Boychuk L., Cobbaert D., Hopkinson, C. Remote Sensing of Wetlands in the Prairie Pothole Region of North America // Remote Sens. 2021. № 13. 3878.
 8. Parlow E. Regarding Some Pitfalls in Urban Heat Island Studies Using Remote Sensing Technology // Remote Sens. 2021. 13. 3598.
 9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.08.2022).

ABROAD

Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, G.I. Yurkovskaya, D.N. Suslov, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, Yu.A. Maglinets, P.M. Kondrashov, P.L. Pavlova, 2022
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 28-31
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-28-31>

Title
TECHNOLOGIES AND FEATURES OF SURFACE MINING OF COAL DEPOSITS ON THE ISLAND OF KALIMANTAN IN INDONESIA BASED ON SATELLITE IMAGING DATA

Authors

Zenkov I.V.^{1,2}, Trinh Le Hung³, Yurkovskaya G.I.², Suslov D.N.², Vokin V.N.¹, Kiryushina E.V.¹, Raevich K.V.¹, Latyntsev A.A.¹, Maglinets Yu.A.¹, Kondrashov P.M.¹, Pavlova P.L.¹

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

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

Authors Information

Zenkov I.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Senior Researcher, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Trinh Le Hung, PhD (Engineering), Associate Professor

Yurkovskaya G.I., PhD (Economic), Associate Professor

Suslov D.N., PhD (Economic), Associate Professor

Vokin V.N., PhD (Engineering), Professor

Kiryushina E.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Raevich K.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Latyntsev A.A., PhD (Engineering), Associate Professor

Maglinets Yu.A., PhD (Engineering), Professor

Kondrashov P.M., PhD (Engineering), Professor

Pavlova P.L., PhD (Engineering), Associate Professor

Abstract

The paper presents the results of studying surface coal mining operations on the Island of Kalimantan in Indonesia. Remote sensing studies revealed the number of mining and haulage machines working in the coal pits. The annual volume of stripping operations and coal production were determined based on the results of analytical calculations. The results of satellite observations helped to identify a trend of slightly decreasing coal production.

Keywords

Indonesia, the Island of Kalimantan, Surface mining, Coal strip mines, Annual coal production, Mining and transport machinery, Remote sensing.

References

1. Zenkov I.V. Surface mining and logistics management in the Indonesian coal industry. *Ugol'*, 2019, (7), pp. 108-110. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-108-109.
2. Kashnitskaya M.A. Studies of the dynamics in the water surface areas of lakes in the steppe zone of the Eastern Transbaikalia based on the Earth remote sensing data. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa*, (In Russ.).

3. Kurbatova I.E., Vereshchaka T.V. & Ivanova A.A. Space monitoring of bog landscapes transformation under anthropogenic impact. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa* (In Russ.).

4. Pashkevich M.A., Danilov A.S. & Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine. *Eurasian mining*, 2021, (1), pp. 79-83.

5. Carsten Neumann, Robert Behling, Anne Schindhelm, Sibylle Itzerott, Gabriele Weiss, Matthias Wichmann & Jörg Müller. The colors of heath flowering – quantifying spatial patterns of phenology in Calluna life-cycle phases using high-resolution drone imagery. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2020, Vol. 6, (1), pp. 35-51.

6. Busquier M., Valcarce-Diñeiro R., Lopez-Sanchez J.M., Plaza J., Sánchez N. & Arias-Pérez B. Fusion of Multi-Temporal PAZ and Sentinel-1 Data for Crop Classification. *Remote Sens*, 2021, (13), 3915.

7. Montgomery J., Mahoney C., Brisco B., Boychuk L., Cobbaert D. & Hopkinson C. Remote Sensing of Wetlands in the Prairie Pothole Region of North America. *Remote Sens*, 2021, (13), 3878.

8. Parlow E. Regarding Some Pitfalls in Urban Heat Island Studies Using Remote Sensing Technology. *Remote Sens*, 2021, (13), 3598.

9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.08.2022).

Acknowledgements

The study was performed within the framework of international cooperation in expanding the use of remote sensing technologies.

For citation

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yurkovskaya G.I., Suslov D.N., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Maglinets Yu.A., Kondrashov P.M. & Pavlova P.L. Technologies and features of surface mining of coal deposits on the Island of Kalimantan in Indonesia based on satellite imaging data. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 28-31. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-28-31.

Paper info

Received June 27, 2022

Reviewed July 20, 2022

Accepted August 25, 2022