

# Исследование динамики горных работ в карьере по добыче угля Saraji на территории восточного побережья Австралии с использованием ресурсов спутниковой съемки\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-97-100>

В статье представлено исследование динамики горных работ в карьере по добыче угля Saraji, работающего более 40 лет на территории восточного побережья Австралии. По данным спутниковой съемки и результатам аналитических расчетов выявлены технологические показатели карьера, количество работающих горных и транспортных машин, элементы систем разработки угольных месторождений, а также показано взаимодействие с окружающей средой. Сделан вывод о том, что на исследуемом карьере в полной мере реализован эффект от масштаба производства, позволяющий держать объем добычи угля на уровне 60 млн т в год.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, Австралия, штат Квинсленд, карьер по добыче угля, технологический потенциал, горные и транспортные машины, системы разработки месторождений, эффект от масштаба производства.

**Для цитирования:** Исследование динамики горных работ в карьере по добыче угля Saraji на территории восточного побережья Австралии с использованием ресурсов спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2023. № 6. С. 97-100. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-97-100.

## ВВЕДЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки установлено, что на восточном побережье Австралии, в секторе между городами Dysart и Moranbah работает самый крупный в мире карьер по добыче угля Saraji. На наш взгляд, технологические решения, системы разработки, показатели работы горных и транспортных машин, то есть мировой производственный опыт всегда применялся в качестве информации для обучения новых поколений специалистов в области горного дела независимо от государственной принадлежности и политической обстановки в мире. Это и в наши дни является актуальной задачей в области горных наук. В последние годы интенсивное осво-

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

## ЗЕНЬКОВ И.В.

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

## ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

Канд. техн. наук, доцент  
Технического университета им. Ле Куи Дон,  
000084, г. Ханой, Вьетнам

## ЛОГИНОВА Е.В.

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

## КОНДРАШОВ П.М.

Канд. техн. наук, профессор  
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

ение космоса способствует получению новых знаний о территориях Земли, а также исследованию прикладных отраслевых проблем, решение которых представлены в виде небольшой подборки трудов российских и зарубежных ученых [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГОРНЫХ РАБОТ  
В КАРЬЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОВ  
ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА**

С целью получения новых знаний о производстве открытых горных работ в тропическом климате, в границах крупных угольных бассейнов на восточном побережье Австралии проведен дистанционный мониторинг работы карьера Saraji с использованием результатов спутниковой съемки [10]. Это горнодобывающее предприятие начало свою деятельность в начале 1970-х гг. Разрезная траншея в строительный период была заложена по выходам угольных пластов под наносы четвертичных отложений. В 1984 г. по данным спутниковой съемки протяженность фронта горных работ в карьере составляла 39,7 км. В настоящее время этот показатель увеличен на 10,4 км, до 50,1 км. Контур горного отвода в 1984 г. обведен линией синего цвета, а его расширение к 2022 г. – линией желтого цвета (рис. 1).

Разрабатываемый угленасыщенный участок месторождения состоит из нескольких рабочих пластов, общая мощность которых местами достигает 25 м. Залегание пласта практически горизонтальное с небольшими углами в диапазоне 3-5°. Пласты по вертикали разделены между собой породными прослоями. Угольные пласты и вскрышные породы перед их экскавацией требуют рыхления буровзрывным способом. Исключение составляет верхний слой рыхлых горных пород четвертичного возраста мощностью до 3 м. В конструкции рабочего борта карьера имеется шесть охранных породных целиков-призм, которые отмечены точками 1-6 на рис. 1. На поверхности пяти из них (точки 1) протекают ручьи (направление движения воды показано стрелками синего цвета), впадающие в реку Исаак, а на поверхности одного целика шириной 300 м проложена двухпутная железная дорога. Точкой 2 показано место прохода железной дороги через карьер к стационарным складам угля, расположенным на промышленной площадке карьера.

В настоящее время в карьере уголь добывают в 35 выемочных блоках. Каждый блок вскрыт двумя фланговыми въездными траншеями с заездом автотранспорта на почву уголь-

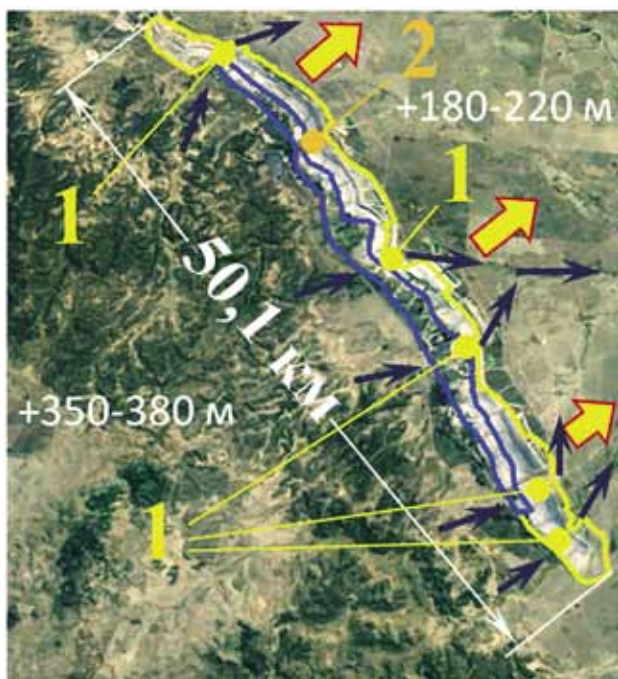


Рис. 1. Карьер по добыче угля Saraji на снимке из космоса  
Fig. 1. The Saraji open pit coal mine in the satellite image



Рис. 2. Фрагменты горных работ в карьере Saraji на снимках из космоса: а – бурение взрывных скважин; б – выемка и погрузка вскрышных пород; в – перемещение вскрышных пород драглайном в выработанное пространство карьера  
Fig. 2. Fragments of mining operations in the Saraji open pit mine in the satellite images: а – drilling of blast holes; б – overburden excavation and loading; в – overburden transportation to the worked-out space of the open pit using a dragline

ного пласта. Система разработки – однобортная, с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве карьера. Направление развития горных работ показано на рис. 1 стрелками желтого цвета. Конструкция рабочего борта карьера включает несколько вскрышных уступов и два-три добычных уступа.

Фрагмент космоснимка с работами по бурению взрывных скважин четырьмя станками в толще угольного пласта (обведены кольцами) представлен на рис. 2, а.

Скважины бурят по диагональной сетке с размерами 7×9 м. Выемка и перемещение горной массы производятся мощными экскаваторно-автомобильными комплексами, в состав которых включены экскаваторы с канатным приводом рабочего оборудования или гидравлические экскаваторы типа «прямая» или «обратная лопата» с вместимостью ковша 20-50 куб. м и автосамосвалы грузоподъемностью от 240 до 360 т. Фрагмент отработки вскрышного уступа мехлопатовой с вместимостью ковша 50 куб. м с погрузкой горных пород в автосамосвалы грузоподъемностью 360 т, установленные по обе стороны от экскаватора, представлен на рис. 2, б. В этом случае экскаватор не простаивает в ожидании постановки самосвала под погрузку, что обеспечивает, в свою очередь, его производительность, близкую к максимально возможной.

На перевалке надугольной вскрышной толщи в выработанное пространство в карьере работают драглайны с вместимостью ковша 100 куб. м и длиной стрелы 100 м (см. рис. 2, в). В момент получения снимка из космоса драглайн производит разгрузку ковша в отвал.

По данным спутниковой съемки выявлены следующие геометрические и технологические параметры карьера и транспортной логистики. Глубина карьера переменная и составляет 140 м на северо-западном фланге. На юго-восточном фланге этот параметр не превышает 90 м. Расстояние транспортировки вскрышных пород на внутренние отвалы – не более 4,2 км. В то же время этот же показатель для угля составляет 14 км. Отличительной особенностью логистики этого карьера является значительное расстояние вывозки угля на обогащательные фабрики.

В состав горнотранспортного оборудования входят 44 буровых станка, 14 драглайнов (российский аналог ЭШ-100/100). На выемке горных пород установлено 18 гидравлических экскаваторов типа «прямая» и «обратная лопата» с вместимостью ковша от 20 до 40 куб. м, а также 30 гусеничных экскаваторов с канатным приводом рабочего оборудования и вместимостью 40-50 куб. м. На вывозке горной массы из забоев задействовано 260 автосамосвалов грузоподъемностью в диапазоне 240-360 т.

Вдоль западной границы горного отвода работают три обогащательные фабрики, уголь с которых размещают в стационарных складах. Рядом с ними проложены петлевые развороты железной дороги, проходя по которым, железнодорожные составы загружаются углем. Далее уголь вывозят в направлении морского побережья на перегрузочные логистические терминалы.

По нашей оценке, исходя из горно-геологического строения месторождения и комплектации горнотранспортного оборудования, производственная мощность карьера по добыче угля при мощности угольных пластов 15 м и годовом подвигании фронта горных работ 60 м может составить 60 млн т. В то же время годовой объем добычи угля определится спросом со стороны потребителей и мировой ценовой политикой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки определены состав горнотранспортного оборудования, работающего в карьере по добыче угля Saraji в штате Квинсленд, технологический объем вскрышных работ и объем добычи угля. По нашей оценке, добыча угля в этом карьере характеризуется коэффициентом вскрыши на уровне 8 т/т. Стабильный мировой спрос на уголь, добываемый в этом карьере, позволяет держать производственную мощность по добыче угля на уровне 60 млн т в год. По данным дистанционного мониторинга, в последние четыре десятилетия в исследуемом карьере по добыче угля выявлен стабильно растущий тренд в расширении границ и объемов производства открытых горных работ.

## Список литературы

1. Космические методы в составе комплексного деформационного мониторинга земной поверхности горного предприятия / М.Р. Пономаренко, Ю.И. Кутепов, М.А. Волков и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № 12. С. 103-113.
2. Крамаров С.О., Митясова О.Ю., Храмов В.В. Спутниковая идентификация объектов земной поверхности с использованием неортогонального описания исходных данных // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 4. С. 154-166.
3. Крутских Н.В. Оценка трансформации природной среды в зоне воздействия горнодобывающих предприятий с использованием данных дистанционного зондирования земли // Горный журнал. 2019. № 3. С. 88-93.
4. Корниенко С.Г. Характеристика антропогенных трансформаций ландшафтов в районе Бованенковского месторождения по данным спутников Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 2. С. 106-129.
5. Samsonov S., Baryakh A. Estimation of Deformation Intensity above a Flooded Potash Mine Near Berezniki (Perm Krai, Russia) with SAR Interferometry // Remote Sens. 2020; 12(19):3215.
6. Deep convolutional neural net-works for surface coal mines determination from sentinel-2 images / L. Madhuanand, P. Sadavarte, A.J.H. Visschedijk et al. // European Journal of Remote Sens. 2021. Vol. 54. Is. 1, P. 296-309.
7. Methane Emissions from Superemitting Coal Mines in Australia Quantified Using TROPOMI Satellite Observations / P. Sadavarte, S. Pandey, J.D. Maasackers et al. // Environmental Science and Technology. 2021.
8. Remote sensing of mining and haul-age equipment arrangement in Russia: A case-study of the coal and iron ore industry / I.V. Zenkov, A.S. Morin, V.N. Vokin et al. // Eurasian mining. 2020. No. 2. pp. 46-49.

9. Remote-Sensing Evaluation and Temporal and Spatial Change Detection of Ecological Environment Quality in Coal-Mining Areas / X. Nie, Z. Hu, M. Ruan // *Remote Sens.* 2022. No 14. P. 345.
10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.05.2023).

## ABROAD

## Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, E.V. Loginova, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, P.M. Kondrashov, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 6, pp. 97-100  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-97-100>

## Title

**A STUDY OF MINING DYNAMICS IN THE SARAJI OPEN PIT COAL MINE ON AUSTRALIA'S EAST COAST USING SATELLITE IMAGING DATA**

## Authors

Zenkov I.V.<sup>1,2</sup>, Trinh Le Hung<sup>3</sup>, Loginova E.V.<sup>1</sup>, Vokin V.N.<sup>4</sup>, Kiryushina E.V.<sup>4</sup>, Kondrashov P.M.<sup>4</sup>, Raevich K.V.<sup>4</sup>, Latyntsev A.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

<sup>2</sup> Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660064, Russian Federation

<sup>3</sup> Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

<sup>4</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

## Authors Information

**Zenkov I.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, e-mail: [zenkoviv@mail.ru](mailto:zenkoviv@mail.ru)

**Trinh Le Hung**, PhD (Engineering), Associate Professor

**Loginova E.V.**, PhD (Economic), Associate Professor

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

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

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

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

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

## Abstract

article presents the results of research into the dynamics of the mining operations in the Saraji open pit coal mine, which has been in operation for more than 40 years on the east coast of Australia. The technological indicators of the open pit mine, the number of mining and transport machines in operation, the elements of coal mining systems, as well as the interaction with the environment have been identified based on satellite imaging data and the results of analytical calculations. A conclusion is made that the scale effect has been completely fulfilled in the studied open pit mine and it allows to keep the volume of coal production at the level of 60 million tons per year.

## Keywords

Earth remote sensing, Australia, Queensland, Open pit coal mine, Technological capacity, Mining and transport vehicles, Mining systems, Economy of scale.

## References

1. Ponomarenko M.R., Kutepov Yu.I., Volkov M.A., Grinyuk A.P. Satellite-based techniques as a part of complex monitoring of the earth's surface deformation at a mining operation. *Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2020, (12), pp. 103-113. (In Russ.).
2. Kramarov S.O., Mityasova O.Yu., Khramov V.V. Satellite-based identification of land surface objects using non-orthogonal description of the initial data. *Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2021, (4), pp. 154-166. (In Russ.).
3. Krutskikh N.V. Assessment of natural environment transformation in the impact zone of mining operations using remote sensing data. *Gornyy zhurnal*, 2019, (3), pp. 88-93. (In Russ.).

4. Kornienko S.G. Characteristics of anthropogenic transformations of terrains in the area of Bovanenkovo field based on Landsat satellite data. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2022, Vol. 19, (2), pp. 106-129. (In Russ.).

5. Samsonov S., Baryakh A. Estimation of Deformation Intensity above a Flooded Potash Mine Near Berezniki (Perm Krai, Russia) with SAR Interferometry // *Remote Sens.* 2020; 12(19):3215.

6. Madhuanand L., Sadavarte P., Visschedijk A.J.H. et al. Deep convolutional neural net-works for surface coal mines determination from sentinel-2 images // *European Journal of Remote Sens.* 2021. V. 54. I. 1, P. 296-309.

7. Sadavarte P., Pandey S., Maasackers J.D. et al. Methane Emissions from Superemitting Coal Mines in Australia Quantified Using TROPOMI Satellite Observations // *Environmental Science and Technology*. 2021.

8. 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. No. 2. pp. 46-49.

9. Nie X., Hu Z., Ruan M., Zhu Q., Sun H. Remote-Sensing Evaluation and Temporal and Spatial Change Detection of Ecological Environment Quality in Coal-Mining Areas // *Remote Sens.* 2022, 14, 345.

10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.05.2023).

## 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, Loginova E.V., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Kondrashov P.M., Raevich K.V. & Latyntsev A.A. A study of mining dynamics in the Saraji open pit coal mine on Australia's east coast using satellite imaging data. *Ugol'*, 2023, (6), pp. 97-100. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-97-100.

## Paper info

Received May 3, 2023

Reviewed May 10, 2023

Accepted May 26, 2023