

# Исследование технологического потенциала карьеров по добыче угля в штате Квинсленд с использованием ресурсов дистанционного зондирования Земли из космоса\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-93-96>

В статье приводятся результаты оценки технологического потенциала и возможности по добыче угля угольных карьеров в штате Квинсленд в Австралии. По данным спутниковой съемки установлены технологические показатели угольных карьеров, комплектация горнотранспортного оборудования, элементы систем разработки угольных месторождений. Сделан вывод о том, что эффект от масштаба производства позволяет держать объем добычи угля на уровне 300 млн т в год.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, Австралия, штат Квинсленд, карьеры по добыче угля, технологический потенциал, горнотранспортное оборудование, система разработки месторождения, эффект от масштаба производства.

**Для цитирования:** Исследование технологического потенциала карьеров по добыче угля в штате Квинсленд с использованием ресурсов дистанционного зондирования Земли из космоса / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2023. № 4. С. 93-96. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-93-96.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Австралия занимает одно из лидирующих положений в мировой экономике по объемам добычи угля. Экспорт угля за последние десять лет достиг внушительных размеров, что стало возможным за счет того, что на материке, в ее восточных штатах, построены самые мощные угольные карьеры в мире с протяженностью фронта горных работ до 50 км. Проводить исследование больших по площади территорий в настоящее время позволяет использование информационных ресурсов спутниковой съемки. С появлением и совершенствованием технологий дистанционного зондирования Земли из космоса спектр решаемых научно-прикладных проблем значительно расширился, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. По нашему мнению, эта тематика не потеряет своей актуальности в ближайшие десятилетия.

## ЗЕНЬКОВ И.В.

доктор техн. наук, профессор  
Сибирского федерального университета,  
профессор Сибирского государственного  
университета науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева,  
660041, 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. Решетнева,  
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

## СКОРНЯКОВА С.Н.

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

## МАГЛИНЕЦ Ю.А.

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

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

**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

**ПАВЛОВА П.Л.**

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

**ЛУНЕВ А.С.**

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КАРЬЕРОВ ПО ДОБЫЧЕ УГЛЯ В ШТАТЕ КВИНСЛЕНД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

С целью выявления трендов в динамике открытой угледобычи на Австралийском континенте проведено масштабное исследование на территории штата Квинсленд, где, по нашей оценке, добывают основной объем коксующегося и энергетического высококачественного угля, отправляемого на экспорт [10]. По предварительной оценке, в полосе с размерами 120-250×910 км работают более 50 карьеров с различной производственной мощностью. Восточная граница выделенной полосы переменной ширины проходит в 70-120 км от морской береговой линии Кораллового моря.

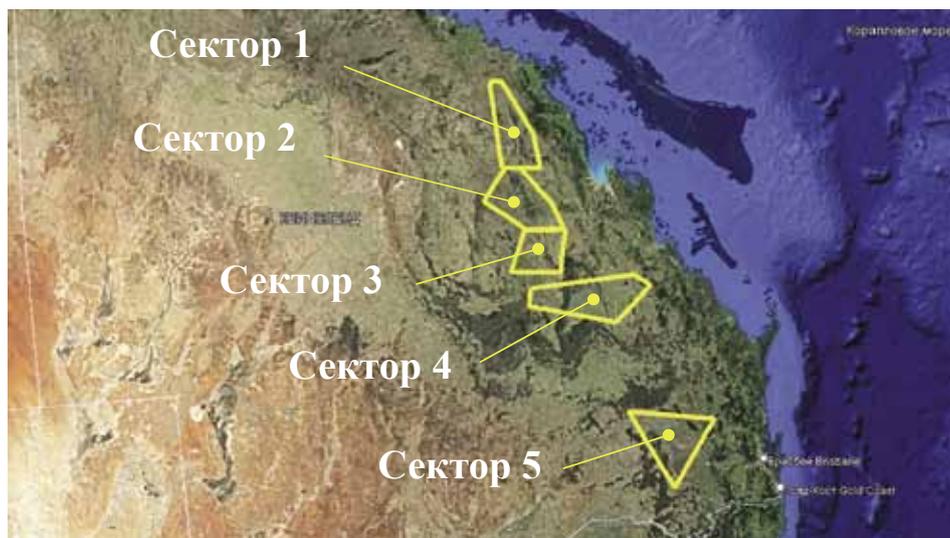
На территории штата выделено пять секторов с присвоенной условной нумерацией, в которых производят добычу угля открытым способом (см. рисунок).

По данным дистанционного мониторинга выявлено количество отработанных и работающих карьеров, а также протяженность горных работ в карьерах. В 1985 г. в выделенных секторах уголь добывали в 22 карьерах, из них на сегодняшний день работают 13 карьеров. В настоящее время в границах сектора 1 в работе находятся 16 карьеров, и в 22 карьерах горные работы остановлены. В секторе 2 работают 13 карьеров, и в 18 карьерах добыча угля прекращена. В секторах 3 и 4 работают соответственно 13 и 12 карьеров, а в 11 и 8 карьерах горные работы завершены. На территории пятого сектора добывают небольшой объем угля в шести карьерах, и в пяти карьерных выработках добыча угля остановлена. Таким образом, с 1985 по 2021 г. количество карьеров увеличилось в шесть раз, до 124. За 36-летний период в этом штате было введено в эксплуатацию 111 карьеров, а добыча угля закончена в 64. Суммарная протяженность горных работ в работающих карьерах в настоящее время составляет 269200 м, а общая протяженность отработанных карьерных выработок – 212000 м [10].

По данным дистанционного мониторинга Земли из космоса, практически на всех месторождениях используют сплошные однобортовые системы разработки с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве карьеров. В некоторых случаях вскрышные породы

отсыпают в безугольных зонах с организацией внешних отвалов. Длина фронта добычных работ в карьерах находится в широком диапазоне от 700 до 50100 м [10].

Анализ данных спутниковой съемки свидетельствует о том, что угледобывающие предприятия ведут добычу угля при весьма благоприятных горно-геологических условиях залегания угольных пластов. Количество вскрышных уступов в среднем составляет 3-4. Средняя мощность отработываемых угольных пластов варьирует по секторам в диапазоне 8-18 м. Максимальная мощность угольных пластов (30 м) наблюдается в одном из карьеров, работающем во втором секторе. Залега-



Фрагмент космоснимка территории штата Квинсленд с выделением секторов открытой угледобычи

ние пластов в основном слабонаклонное с углами залегания пластов 3-5°. Отметим, что во втором секторе работают три карьера на месторождениях угля с углами залегания пластов 10-12°. Конструкции нерабочих бортов на флангах карьеров позволяют сделать вывод о том, что в крест простирания по падению угольные пласты имеют горизонтальное залегание.

Все карьеры по добыче угля в исследуемых секторах штата Квинсленд в зависимости от горно-геологических условий разработки пластов можно условно разделить на две группы: ровные прямолинейные контуры рабочих уступов на месторождениях без тектонических сдвигов пластов и криволинейные в плане контуры уступов на месторождениях со смятыми пластами. На месторождениях первой группы на нижнем вскрышном уступе устанавливаются драглайны с годовой производительностью 10-12 млн куб. м. В комплексе с энергией взрыва это позволяет значительно снизить затраты на вскрышные работы [10].

Практически во всех карьерах разработка вскрышных пород производится после предварительного рыхления буровзрывным способом. Скважины бурят по диагональной сетке с размерами 7 × 8 м. Средний размер взрывных блоков – 150 × 800 м. Объем горной массы при высоте уступа 25 м после взрывания такого одного блока составляет 3,0 млн куб. м. В этом имеется глубокий экономический смысл – максимальная загрузка мощных экскаваторно-автомобильных комплексов.

В открытой угледобыче при небольших углах наклона угольных пластов на нижнем вскрышном уступе используют достаточно эффективно шагающие экскаваторы-драглайны. Поэтому для всех карьеров характерной является работа драглайнов с переэкскавацией вскрышных пород. Ширина заходок драглайнов равна 75-80 м. В карьерах, где длина выемочных блоков менее 700 м драглайны не применяют [10].

Вскрышные уступы, за исключением надугольного уступа, отрабатывают мехлопатами или гидравлическими экскаваторами с вместимостью ковша 12-40 куб. м с погрузкой в автосамосвалы грузоподъемностью до 360 т. С целью сокращения расстояния перевозки вскрышных пород на внутренние отвалы широко применяют внутрикарьерные породные перемычки. Вскрышные породы транспортируют на внутренние отвалы по внутрикарьерным перемычкам либо по въездным траншеям. Расстояние между осями траншей составляет 1-1,5 км и определяется длиной выемочных блоков. Добычные работы производят аналогичным оборудованием с транспортировкой угля до поверхностных стационарных складов с углепогрузочными терминалами.

Добытый в карьерах уголь вывозят в автосамосвалах на стационарные склады. В исследуемых пяти секторах штата уголь хранят и отгружают на 29 складах. С них уголь отгружают в железнодорожные составы в направлении трех морских портов: Боуэн, Маккай и Гладстон на побережье Кораллового моря. Погрузка угля в железнодорожные составы из трех магистральных тепловозов и 110 вагонов грузоподъемностью 100 т каждый производится на петлевых разворотных участках железной дороги по конвей-

ерам, подведенным к погрузочным устройствам со стационарных угольных складов [10].

По данным спутниковой съемки в состав горнотранспортного оборудования входят 267 буровых станков, 52 драглайна с вместимостью ковша от 40 до 100 куб. м и длиной стрелы от 60 до 100 м. В линейке драглайнов большой удельный вес в структуре занимают машины с максимальными параметрами. На выемке горных пород установлено 184 гидравлических экскаватора типа «прямая» и «обратная лопата» с вместимостью ковша от 12 до 42 куб. м, а также 53 гусеничных экскаватора с канатным приводом рабочего оборудования и вместимостью ковша 35-50 куб. м. Вывозка горной массы из забоев производится 1193 автосамосвалами грузоподъемностью в широком диапазоне 220-360 т.

При усредненной мощности угольных пластов 15 м и годовом подвигании фронта горных работ 60 м общий технологически возможный объем добычи угля в карьерах в этом штате может составить 450 млн т. Соответственно, при увеличении или падении спроса на уголь этот показатель может значительно варьировать в широком диапазоне.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки определены состав горнотранспортного оборудования, работающего в угольных карьерах в штате Квинсленд, технологический объем вскрышных работ и объем добычи угля. По нашей оценке, добыча угля в карьерах на территории этого штата характеризуется большими средними коэффициентами вскрыши в широком диапазоне 5-9 т/т. Исходя из стабильного мирового спроса на коксующийся и энергетический уголь со стороны развивающихся стран Юго-Восточной Азии, с одной стороны, а с другой, согласно выявленным темпам подвигания фронта горных работ во всех карьерах в последние годы объем добываемого угля в штате Квинсленд держится на уровне 300 млн т. В целом, по данным дистанционного мониторинга, в последние два десятилетия на территории Квинсленда наблюдается в значительной степени понижающийся тренд в объемах добычи угля открытым способом.

## Список литературы

1. Озарян Ю.А., Бубнова М.Б., Усиков В.И. Методика дистанционного мониторинга природно-технических систем (в условиях горнопромышленных территорий юга Дальнего Востока России) // Горный журнал. 2020. № 2. С. 84-87.
2. Ермаков Д.М., Деменев А.Д., Мещерякова О.Ю., Березина О.А. Особенности разработки регионального водного индекса для мониторинга воздействия изливов кислых шахтных вод на речные системы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 6. С. 222-237.
3. Дробинина Е.В. Автоматизация оценки поверхностной закарстованности по спутниковым снимкам Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 6. С. 79-90.
4. 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.

5. 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.
6. Tang X., Li H., Qin G., Huang Y., Qi Y. Evaluation of Satellite-Based Precipitation Products over Complex Topography in Mountainous Southwestern China // *Remote Sens.* 2023. 15. 473.
7. Yi Xu, Hongdong Fan, Libo Dang. Monitoring coal seam fires in Xinjiang using comprehensive thermal infrared and time series In SAR detection // *International Journal of Remote Sensing*, 2021, V. 42 I. 6, P. 2220-2245.
8. Yao F., Xu X., Yang J., Geng X. A Remote-Sensing-Based Alteration Zonation Model of the Duolong Porphyry Copper Ore District, Tibet // *Remote Sens.* 2021. 13(24). 5073.
9. Chen Q., Zhao Z., Zhou J. et al. New Insights into the Pulang Porphyry Copper Deposit in Southwest China: Indication of Alteration Minerals Detected Using ASTER and WorldView-3 Data // *Remote Sens.* 2021. 13(14). 2798.
10. <https://www.google.com.earth>.

## ABROAD

## Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V.Zenkov, Trinh Le Hung, E.V. Loginova, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, S.N. Skornyakova, Yu.A. Maglinets, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, P.L. Pavlova, A.S. Lunev, 2023  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 4, pp. 93-96  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-93-96>

## Title

## STUDIES OF TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF OPEN-PIT COAL MINES IN QUEENSLAND USING EARTH'S REMOTE SENSING DATA

## Authors

Zenkov I.V.<sup>1,2</sup>, Trinh Le Hung<sup>3</sup>, Loginova E.V.<sup>2</sup>, Vokin V.N.<sup>1</sup>, Kiryushina E.V.<sup>1</sup>, Skornyakova S.N.<sup>1</sup>, Maglinets Yu.A.<sup>1</sup>, Raevich K.V.<sup>1</sup>, Latyntsev A.A.<sup>1</sup>, Pavlova P.L.<sup>1</sup>, Lunev A.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

<sup>2</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

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

## Authors Information

**Zenkov I.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Scientific consultant, Professor, e-mail: 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

**Skornyakova S.N.**, Senior lecturer

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

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

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

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

**Lunev A.S.**, PhD (Engineering), Associate Professor

## Abstract

This paper presents the results of assessing the technological potential and mining capacity of open-pit coal mines in Queensland, Australia. The technological indicators of open-pit coal mines, the configuration of mining transport equipment, and the elements of coal mining methods are identified based on satellite imaging data. A conclusion is made that the economy of scale allows to keep the level of coal production at 300 mtpa.

## Keywords

Remote sensing of the Earth, Australia, Queensland, Open pit coal mines, Technological capacity, Mining equipment, Mining method, Economy of scale.

## References

1. Ozaryan Yu.A., Bubnova M.B. & Usikov V.I. Methodology of remote monitoring of natural and technological systems (in conditions of mining areas in the south of the Russian Far East). *Gornyy zhurnal*, 2020, (2), pp. 84-87. (In Russ.).
2. Yermakov D.M., Demenev A.D., Mescheriakova O.Yu. & Berezina O.A. Specific features in the development of a regional water index to monitor the impact of acid mine water effluents on the fluvial systems/ *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (6), pp. 222-237. (In Russ.).
3. Drobinina E.V. Automation of surface cavernous porosity using Sentinel-2 satellite images. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2022, Vol. 19, (6), pp. 79-90. (In Russ.).

4. 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.).

5. 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.

6. Tang X., Li H., Qin G., Huang Y. & Qi Y. Evaluation of Satellite-Based Precipitation Products over Complex Topography in Mountainous Southwestern China. *Remote Sens.* 2023, 15, 473.

7. Yi Xu, Hongdong Fan & Libo Dang. Monitoring coal seam fires in Xinjiang using comprehensive thermal infrared and time series In SAR detection. *International Journal of Remote Sensing*, 2021, Vol. 42, (6), pp. 2220-2245.

8. Yao F., Xu X., Yang J. & Geng X. A Remote-Sensing-Based Alteration Zonation Model of the Duolong Porphyry Copper Ore District, Tibet. *Remote Sens.* 2021, 13(24), 5073.

9. Chen Q., Zhao Z., Zhou J. et al. New Insights into the Pulang Porphyry Copper Deposit in Southwest China: Indication of Alteration Minerals Detected Using ASTER and WorldView-3 Data. *Remote Sens.* 2021, 13(14), 2798.

10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.03.2023).

## 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., Skornyakova S.N., Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Pavlova P.L. & Lunev A.S. Studies of technological potential of open-pit coal mines in Queensland using Earth's remote sensing data. *Ugol'*, 2023, (4), pp. 93-96. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-93-96.

## Paper info

Received January 17, 2023

Reviewed February 28, 2023

Accepted March 27, 2023