

# Исследование динамики производственных мощностей по добыче угля и выработке электроэнергии в штате Виктория с использованием ресурсов дистанционного мониторинга Земли из космоса\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-105-108>

В статье приводятся результаты оценки основных технологических показателей горнотранспортного оборудования карьеров по добыче угля в штате Виктория (Австралия). По данным спутниковой съемки выявлено выбытие производственных мощностей по добыче угля и выработке электроэнергии на тепловых станциях. Сделан вывод о том, что эффект от масштаба производства позволяет держать тарифы на электроэнергию, вырабатываемую при сжигании угля в этом штате, на весьма низких уровнях.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, Австралия, штат Виктория, карьеры по добыче угля, тепловые электростанции, производственные мощности по добыче угля, эффект от масштаба производства, выработка электроэнергии на тепловых станциях.

**Для цитирования:** Исследование динамики производственных мощностей по добыче угля и выработке электроэнергии в штате Виктория с использованием ресурсов дистанционного мониторинга Земли из космоса / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 105-108. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-105-108.

## ВВЕДЕНИЕ

В юго-восточной части Австралии, в 90 км на восток от г. Мельбурна, расположено одно из крупнейших месторождений бурого угля в мире. Угольные пласты мощностью до 80 м, залегающие на глубине 30-50 м, концентрированно расположенные в штате Виктория, явились крупной минерально-сырьевой базой для развития австралийского ТЭК в 1960-е годы. Для нужд быстро развивающегося Мельбурна электрической энергии с каждым годом требовалось все больше и

\* 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 Куй Дон,  
000084, г. Ханой, Вьетнам

## ЮРОНЕН Ю.П.

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

**ЧЕРЕПАНОВ Е.В.**

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

**ГЕРАСИМОВА Е.И.**

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

**ШТРЕСЛЕР К.А.**

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

больше. Поэтому именно здесь было положено начало строительству мощных карьеров по добыче угля и крупных тепловых станций с угольной генерацией электроэнергии. С одной стороны, наметившаяся тенденция к переходу на «зеленую энергетику» вынуждает угледобывающие предприятия сворачивать добычу угля, а с другой – необходим поиск альтернативных источников выработки больших мощностей электроэнергии. Этот район Австралии для исследования был выбран не случайно, поскольку целостную картину современного состояния добычи угля открытым способом в этой стране невозможно представить без понимания ситуации в топливно-энергетическом комплексе этого штата. В задачах исследования, решение которых привело к достижению поставленной цели, использованы ресурсы дистанционного мониторинга Земли из космоса. На наш взгляд, эта информация является эффективным инструментом проведения масштабных исследований на разных континентах, о чем говорят аналогичные подходы, представленные в краткой подборке опубликованных научных результатов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

### **ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ПО ДОБЫЧЕ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ И ВЫРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ШТАТЕ ВИКТОРИЯ**

К настоящему времени в топливно-энергетическом комплексе этого штата действуют два карьера по добыче угля и три тепловые электростанции (см. рисунок).

Всего в карьерах на вскрышных и добычных работах установлено пять роторных экскаваторов (российский аналог ЭРП-2500).



Фрагмент космоснимка с расположением объектов топливно-энергетического комплекса на территории штата Виктория. Действующие предприятия: 1 – карьер по добыче угля «Йолорн-Север»; 2 – тепловая станция «Йолорн-Север»; 3 – карьер по добыче угля «Тралалгон-Восток»; 4 – тепловая станция «Тралалгон-Восток-1»; 5 – тепловая станция «Тралалгон-Восток-2». Закрытые предприятия: 6 – карьер по добыче угля «Моруэлл»; 7 – тепловая станция «Моруэлл-1»; 8 – тепловая станция «Моруэлл-2»

Fragment of a satellite image with location of the fuel and energy facilities on the territory of the Victoria State Operating facilities: 1 – Yolorn North coal open-pit mine; 2 – Yolorn North heating plant; 3 – Traralgon East coal open-pit mine; 4 – Traralgon East-1 heating plant; 5 – Traralgon East-2 heating plant. Closed facilities: 6 – Morwell coal open-pit mine; 7 – Morwell-1 heating plant; 8 – Morwell-2 heating plant

Большой объем вскрышных пород (68%) и весь уголь (100%) до пунктов их размещения-потребления транспортируется по забойным, магистральным и отвальным конвейерам.

В карьере 1 («Йолорн-Север») развитие горных работ, обозначенное стрелкой в левом секторе *рисунка*, производится в юго-восточном направлении. Толща вскрышных пород в карьере разделена на две части по вертикали. Верхнюю часть вскрыши толщиной до 30 м обрабатывают по принципу опережающей выемки пятью гидравлическими экскаваторами типа «прямая» и «обратная лопата» с вместимостью ковша 3-16 куб. м. Экскаваторы работают в комплексе с шарнирно-сочлененными автосамосвалами повышенной проходимости грузоподъемностью 30 т и карьерными автосамосвалами грузоподъемностью 130 т. Одновременно в работе находятся 28 автосамосвалов. Дальность транспортировки вскрыши до мест разгрузки на внутренних отвалах составляет 2,7-3,3 км. Надугольную часть толщи вскрышных пород мощностью до 20 м обрабатывают роторным экскаватором без предварительного рыхления. Длина вскрышного уступа составляет 1700 м, при этом ширина экскаваторной заходки равна 50 м. Вскрышные породы, отгружаемые роторным экскаватором, транспортируют в выработанном пространстве карьера по конвейеру, введенному на внутренний отвал со стороны западного фланга карьера. Бесперебойную транспортировку вскрышных пород обеспечивает конвейер протяженностью 6,5 км, который «ломается» в трех точках.

Выемка угля в этом карьере осуществляется следующим образом. Отметим, что технология производства добычных работ в этом карьере существенно отличается от технологий, применяемых в карьерах по добыче угля на австралийском континенте. Пласт угля мощностью 50 м разделен по вертикали на два слоя – уступа. Причем значения угла откоса добычных уступов отличаются в меньшую сторону от классических уступов, обрабатываемых карьерными экскаваторами. По нашим расчетам, угол откосов добычных уступов находится в диапазоне 6-8°. С позиции технологии открытых горных работ откос уступа превращается в наклонную выемочную панель, в границах которой уголь тонкими выемочными слоями извлекается бульдозерами из недр. В нижней части каждой панели (на нижней площадке уступа) установлен забойный конвейер. Уголь толкают «сверху вниз» к самоходным погрузочным устройствам, передвигающимся вдоль забойного конвейера. На выемке угля работают шесть мощных бульдозеров типа *Caterpillar D11* или *Komatsu D575A*. Уголь через погрузочные устройства подается на конвейер. Длина траектории набора призмы волочения бульдозером находится в диапазоне 120-200 м. Уголь вынимают в двух панелях шириной 180-200 м и протяженностью 1240-1530 м каждая.

К настоящему времени дальность транспортировки угля до тепловой электростанции 2 составляет 6,4 км. Отметим, что на участках вскрытого угля, на которых не производятся добычные работы, осуществляют орошение поверхности пласта с целью исключения возгорания.

Развитие горных работ в карьере по добыче угля 3 («Тралалгон-Восток») производится в северо-восточном направлении. Это направление обозначено в правом сек-

торе (см. *рисунок*) стрелкой. В карьере работают четыре роторных экскаватора, один из которых задействован на вскрышных работах. Вскрышную толщу обрабатывают одним уступом высотой до 20 м роторным экскаватором без предварительного рыхления. Длина вскрышного уступа Г-образной формы в плане составляет 4650 м. Ширина экскаваторной заходки равна 65 м. Вскрыша, отгружаемая роторным экскаватором, транспортируется по двум конвейерам. По одному конвейеру вскрышные породы направляют в выработанное пространство карьера на внутренний отвал, а по другому – на внешний. В обоих случаях на отвалах используют отвалообразователи.

Площадь вскрытого угля находится на уровне 260 га. Угольный пласт мощностью 60-70 м обрабатывают пятью уступами. К настоящему времени дальность транспортировки угля до двух электростанций (точки 4 и 5 на *рисунке*) составляет 6,7 км. Отметим, что в карьере масштабно используют водное орошение открытых поверхностей угольных пластов.

Суммарная мощность по добыче угля двух карьеров составляет 25 млн т угля в год. Весь уголь сжигается на месте. В настоящее время на трех электростанциях (точки 2, 4, 5) работают 12 энергоблоков. Суммарная установленная мощность энергоблоков составляет, по нашей оценке, 3500 Мвт.

По данным дистанционного мониторинга Земли из космоса выявлено закрытие трех предприятий топливно-энергетического комплекса. В период с 2017 по 2018 г. были остановлены горные работы в карьере по добыче угля 6 («Моруэлл»), а также были демонтированы основные и вспомогательные производственные здания и сооружения двух тепловых электростанций 7 и 8.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование сектора австралийского ТЭК в штате Виктория высвечивает сокращение открытой угледобычи и вывод значительных производственных мощностей по выработке электроэнергии на основе сжигания угля. По нашей оценке, в исследуемом секторе объем добычи угля сократился с 45 до 25 млн т в год. Сокращение этого показателя связано с закрытием двух крупных тепловых электростанций. Вместе с тем экономически благоприятные условия залегания угольных пластов, их горно-геологические характеристики, возможность организации водохранилищ для выработки пара на тепловых станциях позволили в условиях юго-востока Австралии предлагать самые низкие тарифы на материке, используя при этом давно известный в мировой экономике эффект от масштаба производства.

## Список литературы

1. Терехин Э.А. Влияние лесистости залежных земель лесостепи на спектрально-отражательные характеристики по данным Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 4. С. 223-235.
2. Раевский Б.В., Тарасенко В.В., Петров Н.В. Оценка современного состояния растительных сообществ заповедника «Костомукшский» по спутниковым снимкам системы Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 3. С. 47-61.

3. Озарян Ю.А., Бубнова М.Б., Усиков В.И. Методика дистанционно-го мониторинга природно-технических систем (в условиях горнопромышленных территорий юга Дальнего Востока России) // Горный журнал. 2020. № 2. С 84-87.
4. Zenkov I.V., Le Hung T., Vokin V.N. et al. Space-based Applications of Remote Sensing in Studying Opencast Mining and Ecology at Deposits of Non-ferrous Metal Ore // Ecology and Industry of Russia. 2022. V. 26, I. 1, P. 24-29.
5. 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.
6. Cieřlik K., Milczarek W. Application of Machine Learning in Forecasting the Impact of Mining Deformation: A Case Study of Underground Copper Mines in Poland. Remote Sensing. 2022; 14(19):4755. <https://doi.org/10.3390/rs14194755>.
7. Jiao R., Wang S., Yang H., Guo X., Han J., Pei X., Yan C. Comprehensive Remote Sensing Technology for Monitoring Landslide Hazards and Disaster Chain in the Xishan Mining Area of Beijing. Remote Sensing. 2022; 14(19):4695. <https://doi.org/10.3390/rs14194695>.
8. Yang W., Mu Y., Zhang W., Wang W., Liu J., Peng J., Liu X., He T. Assessment of Ecological Cumulative Effect due to Mining Disturbance Using Google Earth Engine. Remote Sensing. 2022; 14(17):4381. <https://doi.org/10.3390/rs14174381>.
9. Tian H., Liu S., Zhu W., Zhang J., Zheng Y., Shi J., Bi R. Deciphering the Drivers of Net Primary Productivity of Vegetation in Mining Areas. Remote Sensing. 2022; 14(17):4177. <https://doi.org/10.3390/rs14174177>.
10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.08.2023).

## ABROAD

## Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, Yu.P. Yuronen, V.N., Vokin, E.V. Kiryushina, E.V. Cherepanov, E.I. Gerasimova, K.A. Shtresler, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 9, pp. 105-108  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-9-105-108>

## Title

### INVESTIGATING INTO DYNAMICS OF COAL MINING AND ELECTRICITY GENERATION CAPACITIES IN THE STATE OF VICTORIA USING EARTH'S REMOTE SENSING DATA

## Authors

Zenkov I.V.<sup>1,2</sup>, Trinh Le Hung<sup>3</sup>, Yuronen Yu.P.<sup>1</sup>, Vokin V.N.<sup>4</sup>, Kiryushina E.V.<sup>4</sup>, Cherepanov E.V.<sup>4</sup>, Gerasimova E.I.<sup>4</sup>, Shtresler K.A.<sup>4</sup>, 2023

<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

**Yuronen Yu.P.**, PhD (Economic), Associate Professor

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

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

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

**Gerasimova E.I.**, Senior lecturer

**Shtresler K.A.**, Senior lecturer

## Abstract

The article provides the results of assessing the main technological indicators of mining transport equipment in coal mining pits in the State of Victoria (Australia). A decrease in production capacities for coal mining and electricity generation at thermal power plants has been revealed based on the satellite imagery data. A conclusion is made that the economies of production scale help to keep electricity tariffs for coal-fired power generation in the state at very low levels.

## Keywords

Earth remote sensing, Australia, State of Victoria, Coal pit mines, Thermal power plants, Coal mining capacity, Economies of scale, Generation of electricity at thermal power plants.

## References

1. Terekhin E.A. Influence of forest cover of the fallow lands in the forest-steppe on the spectral-reflectance characteristics based on Sentinel-2 data. (In Russ.).
2. Raevsky B.V., Tarasenko V.V. & Petrov N.V. Assessment of current state of plant communities in the Kostamuksha Natural Park based on Landsat satellite images. (In Russ.).
3. 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). (In Russ.).
4. Zenkov I.V., Le Hung T., Vokin V.N. et al. Space-based Applications of Remote Sensing in Studying Opencast Mining and Ecology at Deposits of Non-ferrous Metal Ore. *Ecology and Industry of Russia*, 2022, Vol. 26, (1), pp 24-29.

5. 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), pp. 46-49.

6. Cieřlik K. & Milczarek W. Application of Machine Learning in Forecasting the Impact of Mining Deformation: A Case Study of Underground Copper Mines in Poland. *Remote Sensing*, 2022; 14(19):4755. <https://doi.org/10.3390/rs14194755>.

7. Jiao R., Wang S., Yang H., Guo X., Han J., Pei X. & Yan C. Comprehensive Remote Sensing Technology for Monitoring Landslide Hazards and Disaster Chain in the Xishan Mining Area of Beijing. *Remote Sensing*, 2022; 14(19):4695. <https://doi.org/10.3390/rs14194695>.

8. Yang W., Mu Y., Zhang W., Wang W., Liu J., Peng J., Liu X. & He T. Assessment of Ecological Cumulative Effect due to Mining Disturbance Using Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 2022; 14(17):4381. <https://doi.org/10.3390/rs14174381>.

9. Tian H., Liu S., Zhu W., Zhang J., Zheng Y., Shi J. & Bi R. Deciphering the Drivers of Net Primary Productivity of Vegetation in Mining Areas. *Remote Sensing*, 2022; 14(17):4177. <https://doi.org/10.3390/rs14174177>.

10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.08.2023).

## 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, Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Cherepanov E.V., Gerasimova E.I. & Shtresler K.A. Investigating into dynamics of coal mining and electricity generation capacities in the State of Victoria using Earth's remote sensing data. *Ugol'*, 2023, (9), pp. 105-108. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-105-108.

## Paper info

Received June 3, 2023

Reviewed August 14, 2023

Accepted August 25, 2023