

# Угольная генерация электроэнергии в странах Юго-Восточной Азии по данным дистанционного зондирования Земли из космоса\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-11-92-95>

## **ЗЕНЬКОВ И.В.**

Доктор техн. наук, профессор  
Сибирского федерального университета,  
научный консультант Некоммерческого  
партнерства «Экологический центр  
рационального освоения природных ресурсов»,  
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 Куи Дон,  
000084, г. Ханой, Вьетнам

## **ЮРОНЕН Ю.П.**

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

## **КАРАЧЁВА Г.И.**

Старший преподаватель 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

## **ВЕРЕТЕНОВА Т.А.**

Доцент Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

В статье представлены результаты исследования состояния тепловых станций с угольной генерацией электрической энергии, полученные с использованием данных дистанционного зондирования. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлен производственный потенциал угледобывающей промышленности в странах Юго-Восточной Азии. Определены география размещения и количество тепловых электростанций, работающих на основе сжигания угля. По результатам аналитических расчетов определен суммарный производственный потенциал тепловых станций по выработке электроэнергии.

**Ключевые слова:** страны Юго-Восточной Азии, топливно-энергетический комплекс, угольные карьеры, тепловые электростанции, угольная генерация электроэнергии, объемы добычи и потребления угля, размещение производительных сил, дистанционное зондирование Земли.

**Для цитирования:** Угольная генерация электроэнергии в странах Юго-Восточной Азии по данным дистанционного зондирования Земли из космоса / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2022. № 11. С. 92-95. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-92-95.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В странах Юго-Восточной Азии к настоящему времени создан уникальный по масштабу промышленный потенциал. Развитие получили здесь такие энергоемкие отрасли как горнодобывающая, горноперерабатывающая, нефтедобывающая, металлургическая, машиностроительная, химическая, цементная и др. Кроме этого, в этих странах имеются масштабный агропромышленный комплекс и развитая транспортная инфраструктура (автомобильные и железные дороги) и др. По данным спутниковой съемки установлено, что только на небольшой части – в горной части в северных провинциях Республики Союз Мьянма, Таиланда и Лаоса отсутствуют признаки именно масштабной хозяйственной деятельности общества. На очередном этапе развития нашей школы с использованием результатов спутниковой съемки решена еще одна научно-прикладная задача по исследованию современного состо-

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

яния объектов топливно-энергетического комплекса и его производственного потенциала в странах Юго-Восточной Азии. Как известно, в каждой стране, входящей в этот макрорегион, имеются значительные по площади сейсмически активные горные территории. Данный природный фактор является основной причиной отказа от строительства гидроэлектростанций и атомных станций.

### ГЕОГРАФИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ УГОЛЬНЫХ КАРЬЕРОВ И ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ В СТРАНАХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

При выполнении научно-прикладных исследований размещения производительных сил мировой экономики мы широко пользуемся ресурсами дистанционного зондирования Земли из космоса. Аналогичные подходы к выполнению работ используют российские и зарубежные ученые [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

В своих исследованиях на рассматриваемой территории мы выделили две страны с масштабной добычей угля открытым способом (Индонезия и Вьетнам) и три страны с добычей угля в карьерах не более 15 млн т в год (в порядке убывания) – Таиланд, Республика Лаос и Республика Союз Мьянма [9]. В Индонезии ежегодно добывают не менее 600 млн т угля. Примерно 30% ископаемого топлива используют в собственной экономике – генерация электрической энергии, в химической и цементной промышленности, а 70% направляется на экспорт. Весь объем угля добывают на островах Суматра и Калимантан. На них уголь потребляют местные энергетические и цементные предприятия. Большой объем угля развозят в баржах «река – море» на острова, входящие в состав Индонезии, где он также потребляется энергетическими и цементными предприятиями. На острове Ява кроме энергетики уголь используют на предприятиях металлургической и химической промышленности. Во Вьетнаме масштабная добыча угля подземным и открытым способом (95% всей добычи угля в стране) сконцентрирована в провинции Куангнинь на северо-востоке. Годовой объем добычи угля здесь составляет 52 млн т. Несмотря на значительные объемы добычи угля, во Вьетнаме в национальной экономике имеется потребность в импорте угля. На территории Таиланда и Лаоса работает по одному карьере в каждой стране с годовой добычей угля 15 и 8 млн т в год соответственно (см. таблицу). В Республике Союз Мьянма (Бирма) уголь в объеме 1,2 млн т в год добывают в одном карьере. Этот уголь используют на тепловой электростанции и на цементном заводе. Также уголь добывают в малых карьерах в объеме 0,8 млн т в год. В этом макрорегионе уголь, добытый в малых карьерах, широко используют в производстве цемента.

#### МАГЛИНЕЦ Ю.А.

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

#### ЛУНЕВ А.С.

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

#### Объемы добычи и потребления угля в странах Юго-Восточной Азии

Страна	Количество тепловых электростанций	Объем потребления угля*, млн т	Собственная добыча угля, млн т	Экспорт угля, млн т	Импорт угля, млн т
Индонезия	79	220	600	380	–
Таиланд	4	51	15	–	36
Вьетнам	29	65	55	5	15
Лаос	1	8	8	–	–
Малайзия	7	50	–	–	50
Филиппины	15	45	–	–	45
Камбоджа	2	6	–	–	6
Мьянма (Бирма)	2	4	4	–	–
<b>Итого</b>	<b>139</b>	<b>449</b>	<b>682</b>	<b>385</b>	<b>152</b>

\* Объем потребления угля определен для предприятий энергетической, цементной и химической промышленности.

По данным спутниковой съемки в экономике Таиланда имеются многочисленные предприятия, использующие практически все марки угля. Поэтому потребность металлургических, цементных и химических заводов покрывается за счет импорта угля.

В трех странах (Малайзия, Филиппины и Камбоджа) уголь не добывают. Вместе с тем в хозяйственной деятельности на этих территориях уголь используют на тепловых электростанциях и цементных заводах.

### **ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С УГОЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ**

Оценка производственного потенциала любого угледобывающего предприятия начинается с оценки горно-геологического строения месторождения, вовлекаемого в разработку. На территории Индонезии и Вьетнама горно-геологическое строение угольных месторождений практически повсеместно имеет благоприятные характеристики для открытой разработки: большая мощность угольных пластов как в вертикальном сечении, так и в горизонтальном срезе; линии выхода угольных пластов под наносы имеют значительную протяженность [9]. Все это делает возможным строительство и дальнейшую высокоэффективную работу мощных карьеров по добыче угля. На открытых горных работах и в логистике угольных потоков имеются такие технологические решения, присущие странам с теплым климатом и с развитой речной сетью, – перемещение горных пород (вскрышные породы и полезное ископаемое) в карьерах и за их пределами на расстояние до 27 км с использованием конвейерного транспорта. Также большие объемы угля транспортируют в баржах класса «река – море». Кроме этого большой объем угля добывается без рыхления горной массы с использованием буровзрывного способа. Все это и другое делает в этом макрорегионе высокопроизводительной добычу угля открытым способом [9].

По данным спутниковой съемки в угольных карьерах в добывающих странах Юго-Восточной Азии на бурении взрывных скважин работают 86 высокопроизводительных буровых станков. В состав экскаваторно-автомобильных комплексов входят: 21 мехлопата с вместимостью ковша 8-10 куб. м, 1611 гидравлических экскаваторов с вместимостью ковша до 24 куб. м, 4543 автсамосвала общего назначения грузоподъемностью 25-35 т, 2310 карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 50-260 т; 189 шарнирно-сочлененных автосамосвалов повышенной проходимости с колесной формулой 6х6 грузоподъемностью 30 т. Небольшой объем вскрышных пород на месторождении угля в Республике Лаос разрабатывается двумя роторными экскаваторами (российский аналог ЭРГ-1600). На отвалообразовании в Таиланде и в Лаосе используют семь отвалообразователей производительностью 3000 т/ч каждый. На вспомогательных работах задействовано 983 мощных бульдозера [9].

По нашим расчетам, парк горнотранспортного оборудования может технически и технологически обеспечить объем добычи угля на уровне 682 млн т и объем вскрышных работ не менее 3,119 млрд т.

В диапазоне мощности от 2000 МВт и выше и объемом потребления угля не менее 10 млн т в год работают 14 электростанций. Эти станции в основном находятся вблизи густонаселенных районов с развитым промышленным потенциалом. Количество станций с суммарной мощностью от 1000 до 1999 МВт и объемом потребления угля на уровне 5-8 млн т в год составляет 17 ед. Тепловые станции с мощностью энергоблоков в широком диапазоне 200-990 МВт и объемом потребления угля 1-4 млн т в год в основном находятся вблизи береговой черты, исходя из логистических соображений – доставка угля на склады станций производится по морю. Общее потребление угля на тепловых станциях в этих странах составляет 450-460 млн т в год.

По данным спутниковой съемки, установленное количество энергоблоков на одной станции находится в широком диапазоне – от одного до десяти. На всех станциях способ удаления золы и шлака – «сухой», что предполагает дальнейшее использование этих инертных материалов в хозяйственной деятельности. Обзор космических снимков показывает положительную экологическую обстановку на территориях, прилегающих к промышленным площадкам энергетических объектов – тепловым станциям с полной утилизацией золошлаковых материалов [9].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По нашей оценке, в ближайшей перспективе в странах Юго-Восточной Азии с населением более 650 млн чел., имеющих развитый промышленный комплекс из нескольких тысяч энергоемких производственных предприятий, угольную генерацию электрической энергии, вырабатываемой на 139 тепловых станциях, в ближайшие годы весьма проблематично будет заменить на возобновляемые источники энергии. При масштабном отказе от угольной генерации электроэнергии без соответствующей замены на генерирующие мощности «зеленой энергетики» с весьма большой вероятностью начнутся процессы стагнации целых энергоемких отраслей с полной остановкой производственной деятельности. Поэтому перед принятием глобальных решений необходимо решить масштабную комплексную экономическую проблему, имеющую межотраслевой и межгосударственный характер, в первую очередь касающуюся занятости населения.

### **Список литературы**

1. Особенности цветения цианобактерий в центральной части Азовского моря по спутниковым данным / Н.В. Василенко, А.В. Медведева, А.А. Алескерова и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 5. С. 166-180.
2. Раевский Б.В., Тарасенко В.В., Петров Н.В. Оценка современного состояния и динамики растительных сообществ Онежского полуострова по разновременным спутниковым снимкам Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 5. С. 145-155.
3. The real potential of current passive satellite data to map above-ground biomass in tropical forests / Nidhi Jha, Nitin Kumar Tripathi, Nicolas Barbier et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2021. Vol. 7. Is. 3. P. 504-520.

4. Monitoring ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) in British forests using hyperspectral remote sensing / Aland H.Y. Chan, Chloe Barnes, Tom Swinfield et al. // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2021. Vol. 7. Is. 2. P. 306-320.
5. Mapping of Aluminum Concentration in Bauxite Mining Residues Using Sentinel-2 Imagery / S. Kasmaeeyazdi, E. Mandanici, E. Balomenos et al. // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13. 1517.
6. Monitoring and Evaluating Restoration Vegetation Status in Mine Region Using Remote Sensing Data: Case Study in Inner Mongolia, China / W. Wang, R. Liu, F. Gan et al. // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13. 1350.
7. Monitoring Mining Activities Using Sentinel-1A InSAR Coherence in Open-Pit Coal Mines / L. Wang, L. Yang, W. Wang et al. // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13. 4485.
8. Evaluation of Ecological Stability in Semi-Arid Open-Pit Coal Mining Area Based on Structure and Function Coupling during 2002-2017 / X. Li, S. Lei, Y. Liu et al. // *Remote Sens*. 2021. Vol. 13. 5040.
9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.10.2022).

## ABROAD

## Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, Yu.P. Yuronen, G.I. Karacheva, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, T.A. Veretenova, Yu.A. Maglinets, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, A.S. Lunev, 2022  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 11, pp. 92-95  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-11-92-95>

## Title

## COAL-FIRED ELECTRIC POWER GENERATION IN SOUTHEAST ASIA BASED ON EARTH'S REMOTE SENSING DATA

## Authors

Zenkov I.V.<sup>1,2,3</sup>, Trinh Le Hung<sup>4</sup>, Yuronen Yu.P.<sup>3</sup>, Karacheva G.I.<sup>3</sup>, Vokin V.N.<sup>1</sup>, Kiryushina E.V.<sup>1</sup>, Veretenova T.A.<sup>1</sup>, Maglinets Yu.A.<sup>1</sup>, Raevich K.V.<sup>1</sup>, Latyntsev A.A.<sup>1</sup>, Lunev A.S.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Non-profit partnership «Ecological Center for Rational Development of Natural Resources»

<sup>3</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

<sup>4</sup> Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

## Authors Information

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

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

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

**Karacheva G.I.**, Senior lecturer

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

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

**Veretenova T.A.**, Associate Professor

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

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

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

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

## Abstract

The article presents the results of studying the condition of coal-fired thermal power plants obtained using the remote sensing data. Remote monitoring and analytical calculations helped to reveal the production potential of the coal-mining industry in the Southeast Asia. The geographical location and the number of coal-fired thermal electric power plants have been determined. Based on the results of analytical calculations, the total production potential of thermal power plants for electricity generation has been estimated.

## Keywords

Countries in the Southeast Asia, Fuel and energy complex, Coal open-pit mines, Thermal electric power plants, Coal-fired electric power generation, Coal mining and consumption volumes, Distribution of production operations, Earth's remote sensing.

## References

1. Vasilenko N.V., Medvedeva A.V., Aleskerova A.A., Kubryakov A.A. & Stanichny S.V. Specific features of cyanobacteria blooms in the central part of the Sea of Azov based on satellite data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (5), pp. 166-180. (In Russ.).
2. Raevsky B.V., Tarasenko V.V. & Petrov N.V. Assessment of modern state and dynamics of plant communities of the Onega peninsula based on multi-temporal Landsat satellite images. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (5), pp. 145-155. (In Russ.).

3. Nidhi Jha, Nitin Kumar Tripathi, Nicolas Barbier, Salvatore G.P. Viridis, Wirong Chanthorn, Gaëlle Viennois, Warren Y. Brockelman, Anuttara Nathalang, Sissades Tongshima, Nophea Sasaki, Raphaël Péliissier & Maxime Réjou-Méchain. The real potential of current passive satellite data to map aboveground biomass in tropical forests. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2021, Vol. 7, (3), pp. 504-520.

4. Aland H. Y. Chan, Chloe Barnes, Tom Swinfield & David A. Coomes. Monitoring ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) in British forests using hyperspectral remote sensing. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2021, Vol. 7, (2), pp. 306-320.

5. Kasmaeeyazdi S., Mandanici E., Balomenos E., Tinti F., Bonduà S. & Bruno R. Mapping of Aluminum Concentration in Bauxite Mining Residues Using Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing*, 2021, (13), 1517.

6. Wang W., Liu R., Gan F., Zhou P., Zhang X. & Ding L. Monitoring and Evaluating Restoration Vegetation Status in Mine Region Using Remote Sensing Data: Case Study in Inner Mongolia, China. *Remote Sensing*, 2021, (13), 1350.

7. Wang L., Yang L., Wang W., Chen B. & Sun X. Monitoring Mining Activities Using Sentinel-1A InSAR Coherence in Open-Pit Coal Mines. *Remote Sensing*, 2021, (13), 4485.

8. Li X., Lei S., Liu Y., Chen H., Zhao Y., Gong C., Bian Z. & Lu X. Evaluation of Ecological Stability in Semi-Arid Open-Pit Coal Mining Area Based on Structure and Function Coupling during 2002–2017. *Remote Sensing*, 2021, (3), 5040.

9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.10.2022).

## 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, Yuronen Yu.P., Karacheva G.I., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Veretenova T.A., Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A. & Lunev A.S. Coal-fired electric power generation in Southeast Asia based on Earth's remote sensing data. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 92-95. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-92-95.

## Paper info

Received August 27, 2022

Reviewed September 20, 2022

Accepted October 26, 2022