

# Угольные карьеры и поверхностные шахтные комплексы в восточном секторе США по данным спутниковой съемки\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-63-66>

*В статье представлены результаты исследования состояния горных работ на угольных месторождениях в штатах Иллинойс, Индиана, Огайо, Кентукки, Пенсильвания, Западная Вирджиния, Вирджиния и Алабама на территории США. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлено количество горных и транспортных машин, работающих в угольных карьерах, а также определен годовой объем добычи угля на территории каждого штата. По результатам спутниковой съемки выявлен суммарный производственный потенциал угледобывающих предприятий в каждом штате на исследуемой территории.*

**Ключевые слова:** Угледобывающие центры США, открытые и подземные горные работы, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины, дистанционное зондирование Земли, дистанционный мониторинг.

**Для цитирования:** Угольные карьеры и поверхностные шахтные комплексы в восточном секторе США по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, И.А. Ганиева и др. // Уголь. 2021. № 7. С. 63-66. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-63-66.

## ВВЕДЕНИЕ

Научно-практический интерес с позиции изучения экономической географии и основ мировой экономики представляет исследование производственного потенциала производительных сил горнодобывающих предприятий, производящих отработку угольных месторождений в мировых центрах угледобычи. Национальная экономика США развивается традиционно на использовании электрической энергии, генерируемой тепловыми станциями при сжигании бурого и каменного угля. На территории США выделяются два крупных центра добычи угля – центральные штаты (Вайоминг, Монтана и Северная Дакота) с производством открытых горных работ и штаты в восточном секторе страны (Иллинойс, Индиана

## ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук,  
профессор Сибирского федерального университета,  
профессор Сибирского государственного университета  
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,  
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

## ГАНИЕВА И.А.

Доктор экон. наук,  
директор Научно-образовательного центра  
мирового уровня «Кузбасс»,  
650991, г. Кемерово, Россия

## ЛАТЫШЕНКО Г.И.

Доцент Сибирского государственного университета  
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,  
660037, г. Красноярск, Россия

## 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

## ЛАТЫНЦЕВ А.А.

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

## ВЕРЕТЕНОВА Т.А.

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

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

на, Огайо, Кентукки, Пенсильвания, Западная Вирджиния, Вирджиния и Алабама), где уголь добывают в карьерах и в шахтах. Изучение мировых центров горной промышленности чаще всего осуществляется по весьма противоречивой информации, содержащейся в открытых источниках. Наша научно-практическая школа на очередном этапе исследовала широкий спектр показателей угледобывающего центра в восточном секторе США с использованием космоснимков высокого разрешения, находящихся в свободном доступе. Отметим, что сфера использования технологий дистанционного зондирования Земли из космоса постоянно расширяется, о чем свидетельствуют работы как российских, так и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ В ШТАТАХ ИЛЛИНОИС И ИНДИАНА**

На территории этих штатов с практически горизонтальным рельефом (высотные отметки находятся в диапазоне 120-160 м над уровнем моря) угольные месторождения масштабно начали разрабатывать с конца XIX в. Горно-геологическое строение месторождений обусловило применение систем разработки с перевалкой части вскрышных пород драглайнами в выработанное пространство карьера по бестранспортным технологиям. Участки месторождений, горно-геологические показатели которых не отвечают приемлемым уровням рентабельности открытых горных работ, разрабатывают подземным способом при вскрытии угольных пластов штольнями. Практически весь добытый уголь обогащают на обогатительных фабриках [12].

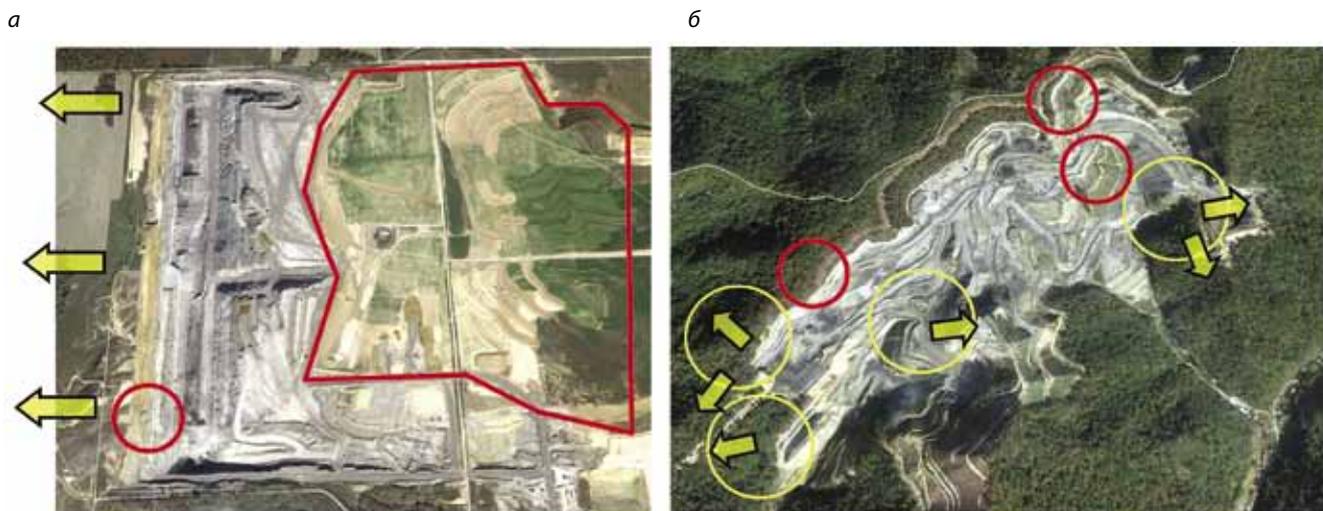
Угольный карьер, отрабатывающий горизонтальный угольный пласт в штате Индиана, представлен на *рисунке, а*.

Стрелками показано направление подвигания горных работ, линией красного цвета – контур внутренних породных отвалов, на которых проводится рекультивация земель. Все горные породы, в том числе и угольный пласт за исключением верхнего слоя четвертичных отложений, подлежат рыхлению с применением буровзрывного спо-

соба. Драглайн на выемке надугольной толщи в южном секторе карьера обведен кольцом. Протяженность горных работ по верхнему уступу составляет 2260 м. Глубина карьера 90-100 м. Участок месторождения вскрыт двумя фланговыми траншеями. Кроме того, въезд карьерных автосамосвалов на почву угольного пласта осуществляется в центральном секторе внутренних отвалов. Два верхних уступа отрабатывают гидравлическими экскаваторами с транспортировкой вскрышных пород на внутренних отвал и размещением в его верхнем ярусе. Толща вскрышных пород, находящаяся над угольным пластом мощностью до 40 м, отрабатывается драглайном с перевалкой в выработанное пространство карьера и укладкой в нижний ярус отвала на место отработанного угольного пласта. Отметим, что данная технология применима на угольных месторождениях с мощностью вскрышных пород более 60 м.

Всего на территории этих штатов уголь добывают в 13 карьерах и на 22 участках месторождений, вскрытых 19 штольнями. Уголь обогащают на 20 обогатительных фабриках. Суммарная протяженность фронта горных работ в карьерах составляет 20290 м. На бурении взрывных скважин работают 23 буровых станка. На экскавации вскрышных пород и угля установлены 55 гидравлических экскаваторов с вместимостью ковша 12-20 куб. м и 30 погрузчиков на автомобильном шасси с вместимостью ковша 12-16 куб. м. В комплексе с этой выемочной техникой работают 168 карьерных автосамосвалов грузоподъемностью от 90 до 260 т и 12 шарнирно-сочлененных автосамосвалов с колесной формулой 6x6 грузоподъемностью 40 т. Кроме этого, в карьерах и на отвалах работают 90 бульдозеров и 14 скреперов, в каждом из которых два прицепных ковша вместимостью 20 куб. м. Последние задействованы на вскрышных работах. Драглайны (четыре единицы) с вместимостью ковша 40 куб. м и длиной стрелы 85 м работают в карьерах с протяженностью фронта горных работ более 2000 м [12].

По результатам аналитических расчетов суммарный ежегодный объем добычи угля в этих штатах составляет 80 млн т (Иллинойс – 35 млн т, Индиана – 45 млн т).



Угольные карьеры США на снимках из космоса: а – на территории штата Индиана; б – на территории штата Западная Вирджиния

По данным дистанционного мониторинга установлены особенности рельефа земной поверхности других штатов, сказывающиеся на системах и технологиях разработки угольных месторождений [12].

В западном секторе штата Кентукки работают четыре карьера на равнинной поверхности. Поэтому на них горные работы производят по аналогии с угольными разрезами штатов Иллинойс и Индиана. Территория всех остальных штатов характеризуется расчлененным рельефом горной системы Аппалачи. Для угольных разрезов характерным является наличие нескольких добычных участков (см. рисунок, б). На рисунке, б кольцами желтого цвета обведены участки горных работ, на которых производятся вскрышные и добычные работы. Направления продвижения горных работ показано стрелками. Практически сразу же на месте отработанного угольного пласта отсыплют локальные породные отвалы. Расстояние транспортировки до них не превышает 600 м. Это способствует сокращению количества карьерных автосамосвалов, работающих в экскаваторно-автомобильных комплексах. Кольцами красного цвета обведены породные отвалы.

Всего на исследуемой территории работают 172 карьера с общей протяженностью фронта горных работ 85900 м. Добычу угля подземным способом обеспечивают 134 штольни, вскрывающие разрозненные участки угольных месторождений. Добытый уголь обогащают на 126 обогатительных фабриках, используя «мокрый способ». В карьерах на бурении взрывных скважин работают 257 буровых станков. Основной выемочной машиной является гидравлический экскаватор (289 ед.) с вместимостью ковша от 12 до 26 куб. м. На вскрышных работах работают 14 драглайнов с вместимостью ковша 30-50 куб. м с длиной стрелы от 70 до 90 м. На выемке рыхлых вскрышных пород и транспортировке их на отвалы используют прицепные скреперы с объемом двух ковшей 40 куб. м. На выемке угля задействовано шесть фрезерных комбайнов. На погрузочных работах как в границах карьеров, так и за их пределами используют 276 фронтальных погрузчиков на автомобильном шасси с вместимостью ковша 15-18 куб. м. Горную массу транспортируют в основном в карьерных автосамосвалах (852 ед.) грузоподъемностью от 75 до 320 т. В карьерной логистике также задействованы шарнирно-сочлененные автосамосвалы (159 ед.) повышенной проходимости грузоподъемностью до 40 т. На вскрышных и вспомогательных работах используют мощные бульдозеры Caterpillar D11T в количестве 474 ед. [12].

Комплексная оценка производственного потенциала угледобывающей отрасли, основанная на информационных ресурсах дистанционного зондирования Земли и результатах аналитических расчетов, позволила определить суммарный годовой объем добычи угля на исследуемой территории восьми штатов США на уровне 365 млн т.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в восточном секторе США (штаты Иллинойс, Индиана, Огайо, Кентукки, Пенсильвания, Западная Вирджиния, Вирджиния и Алабама) в работе находятся

185 карьеров и 153 шахты по добыче угля. Общий объем добычи угля, который равен суммарному производственному потенциалу всех угледобывающих предприятий (338 ед.), по нашей оценке, составляет 445 млн т. По данным дистанционного мониторинга установлен стабильно понижающийся тренд в объемах добычи угля. Объем пустых горных пород, перерабатываемых в ходе открытой и подземной добычи угля, составляет не менее 1,5 млрд т. Максимальная концентрация угледобывающих предприятий наблюдается в штате Западная Вирджиния, на долю которых приходится 40% объема угля, добываемого на исследуемой территории.

## Список литературы

1. Озарян Ю.А. Оценка естественного восстановления биоты в зоне воздействия горнодобывающих предприятий Хабаровского края по данным спутникового мониторинга // Горный журнал. 2018. № 10. С. 84–88.
2. Legostaeva Y.B., Ksenofontova M.I., Popov V.F. Geologic situation at site of drainage brine utilization during development of primary deposits in Yakutia // Eurasian Mining. 2019. N 1. P. 43-48.
3. Канализационные выбросы в прибрежной зоне Черного моря: наблюдение и дистанционный контроль из космоса / А.А. Кучейко, А.Ю. Иванов, Н.С. Григорьев и др. // Экология и промышленность России. 2019. № 12. С. 54-60.
4. Иванов А.Ю., Матросова Е.Р. Техногенная грифонная активность в северо-западной части Черного моря по данным съемок из космоса // Экология и промышленность России. 2019. № 8. С. 57-63.
5. Миклашевич Т.С., Барталев С.А., Плотников Д.Е. Интерполяционный алгоритм восстановления длинных временных рядов данных спутниковых наблюдений растительного покрова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 143-154.
6. Automated detection of bird roosts using NEXRAD radar data and Convolutional Neural Networks / Carmen Chilson, Katherine Avery, Amy McGovern et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol.5. Is. 1. P. 20-32.
7. Remote sensing of three-dimensional coral reef structure enhances predictive modeling of fish assemblages / Lisa M. Wedding, Stacy Jorgensen, Christopher A. Lepczyk et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Is. 2. P. 150-159.
8. Detecting bird movements with L-band avian radar and S-band dual-polarization Doppler weather radar / Sidney A. Gauthreaux Jr, Ann-Marie Shapiro, Dave Mayer et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Is. 3. P. 237-246.
9. Including 38 kHz in the standardization protocol for hydroacoustic fish surveys in temperate lakes / Anne Mouget, Chloé Goulon, Thomas Axenrot et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Is. 4. P. 332-345.
10. Automated identification of avian vocalizations with deep convolutional neural networks / Zachary J. Ruff, Damon B. Lesmeister, Leila S. Duchac et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2020. Vol. 6. Is.1. P. 79-92.

11. UAV-derived estimates of forest structure to inform ponderosa pine forest restoration / Adam Belmonte, Temuulen Sankey, Joel A. Biederman et al. // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2020. Vol. 6. Is. 2. P. 181-197.

12. Самый подробный глобус. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.google.com/earth/> (дата обращения: 15.06.2021).

#### Original Paper

622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, I.A. Ganieva, G.I. Latyshenko, E.V. Loginova, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, A.A. Latyncey, T.A. Veretenova, 2021  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 7, pp. 63-66  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-63-66>

#### Title

**OPEN-PITS COAL MINES AND SURFACE MINE COMPLEXES IN THE EASTERN SECTOR OF THE UNITED STATES ACCORDING TO SATELLITE IMAGING DATA**

#### Authors

Zenkov I.V.<sup>1,2</sup>, Trinh Le Hung<sup>3</sup>, Ganieva I.A.<sup>4</sup>, Latyshenko G.I.<sup>2</sup>, Loginova E.V.<sup>2</sup>, Vokin V.N.<sup>1</sup>, Kiryushina E.V.<sup>1</sup>, Latyncey A.A.<sup>1</sup>, Veretenova T.A.<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

<sup>4</sup> World-Class Research and Academic Centre "Kuzbass", Kemerovo, 650991, Russian Federation

#### Authors Information

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

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

**Ganieva I.A.**, Doctor of Economic Sciences, Director World-Class Research and Academic Centre "Kuzbass", Kemerovo, 650991, Russian Federation

**Latyshenko G.I.**, Associate Professor

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

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

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

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

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

#### Abstract

This paper presents the results of a study into the state of coal mining in Illinois, Indiana, Ohio, Kentucky, Pennsylvania, West Virginia, Virginia, and Alabama in the United States. Remote sensing studies and analytical calculations revealed the number of mining and haulage machines working in the coal pits, as well as determined the annual volume of coal production in each state. The results of satellite observations helped to reveal the total production potential of coal mining companies in each state in the surveyed area.

#### Keywords

Coal mining centers in the United States, Surface and underground mining, Annual coal production, Mining and transport vehicles, Remote sensing of the Earth, Remote monitoring.

#### References

- Ozaryan Yu.A. Assessment of natural biota rehabilitation in the influence zone of mining in the Khabarovsk Territory by satellite monitoring data. *Gornyi Zhurnal*, 2018, (10), pp. 84-88. (In Russ.).
- Legostaeva Y.B., Ksenofontova M.I. & Popov V.F. Geocologic situation at site of drainage brine utilization during development of primary deposits in Yakutia. *Eurasian Mining*, 2019, (1), pp. 43-48.
- Kucheyko A.A., Ivanov A.Yu., Grigoriev N.S. et al. Sewage effluents in the Black Sea coastal zone: observation and remote monitoring from the outer space. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2019, (12), pp. 54-60. (In Russ.).
- Ivanov A.Yu. & Matrosova E.R. Technogenically provoked seepage activity in the northwestern part of the Black Sea according to data from space. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2019, (8), pp. 57-63. (In Russ.).

5. Miklashevich T.S., Bartalev S.A. & Plotnikov D.E. Interpolation algorithm for reconstruction of long time series in satellite observation of vegetation cover. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16(6), pp. 143-154. (In Russ.).

6. Carmen Chilson, Katherine Avery, Amy McGovern et al. Automated detection of bird roosts using NEXRAD radar data and Convolutional Neural Networks. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5(1), pp. 20-32.

7. Lisa M. Wedding, Stacy Jorgensen, Christopher A. Lepczyk et al. Remote sensing of three-dimensional coral reef structure enhances predictive modeling of fish assemblages. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5(2), pp. 150-159.

8. Sidney A. Gauthreaux Jr, Ann-Marie Shapiro, Dave Mayer et al. Detecting bird movements with L-band avian radar and S-band dual-polarization Doppler weather radar. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5(3), pp. 237-246.

9. Anne Mouget, Chloé Goulon, Thomas Axenrot et al. Including 38 kHz in the standardization protocol for hydroacoustic fish surveys in temperate lakes. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5(4), pp. 332-345.

10. Zachary J. Ruff, Damon B. Lesmeister, Leila S. Duchac et al. Automated identification of avian vocalizations with deep convolutional neural networks. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2020, Vol. 6(1), pp. 79-92.

11. Adam Belmonte, Temuulen Sankey, Joel A. Biederman et al. UAV-derived estimates of forest structure to inform ponderosa pine forest restoration. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2020, Vol. 6(2), pp. 181-197.

12. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.06.2021).

#### 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, Ganieva I.A., Latyshenko G.I., Loginova E.V., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Latyncey A.A. & Veretenova T.A. Open-pits coal mines and surface mine complexes in the Eastern Sector of the United States according to satellite imaging data. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 63-66. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-63-66.

#### Paper info

Received April 3, 2021

Reviewed May 24, 2021

#### ABROAD