

# Исследование динамики открытой разработки угольных месторождений в Республике Мозамбик с использованием ресурсов дистанционного зондирования\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-1-59-62>

В статье представлены результаты дистанционного мониторинга развития открытых горных работ на месторождениях коксующегося угля вблизи сельского поселения Caurisa и городов Tete и Moatize на территории Республики Мозамбик. В ходе дистанционного мониторинга и аналитических расчетов выявлено количество горных и транспортных машин, работающих в угольных карьерах, а также определен годовой объем экскавации вскрышных пород и угля. По результатам спутниковой съемки выявлен стабильный тренд увеличения объемов добычи угля.

**Ключевые слова:** Южная Африка, Республика Мозамбик, месторождения коксующегося угля, открытые горные работы, угольные карьеры, годовой объем добычи угля, горные и транспортные машины, дистанционное зондирование Земли из космоса.

**Для цитирования:** Исследование динамики открытой разработки угольных месторождений в Республике Мозамбик с использованием ресурсов дистанционного зондирования / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Е.В. Логинова и др. // Уголь. 2022. № 1. С. 59-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-59-62.

## ВВЕДЕНИЕ

На африканском континенте Республика Мозамбик входит в список беднейших стран. Подняться в этом списке на более высокий уровень позволяет в последнее десятилетие производство открытых горных работ на месторождениях коксующегося угля. Вполне естественно, что развитие угледобывающей промышленности в республике приводит к появлению платежей в бюджет государства, а также обеспечивает высокооплачиваемые по местным меркам рабочие места. Наша команда продолжает изучать мировой топливно-энергетический комплекс по данным высокодетаальной спутниковой съемки. На очередном эта-

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

## 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 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

## ЛАТЫШЕНКО Г.И.

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

## 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

пе проведено исследование динамики развития угледобывающей промышленности на территории Республики Мозамбик. В последние годы с развитием материальной базы дистанционного зондирования Земли из космоса существенно расширился спектр прикладных исследований, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

### РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

По данным дистанционного зондирования, добыча угля открытым способом в республике осуществляется в двух районах провинции Tete [10]. Карьерные поля на угольных месторождениях находятся в 4 км на юго-восток от небольшого сельского поселения Cauririsa, в 1,8 км на восток от г. Tete и практически на окраине г. Moatize. Начало масштабной открытой разработки с 2011 г. сопровождалось насильственным переселением беднейших слоев населения из небольших хижин, а также переводом земель сельскохозяйственного назначения общей площадью 7000 га в категорию «земли для нужд недропользования». Отметим, что земли сельскохозяйственного назначения в пойме р. Замбези характеризуются высоким плодородием, что в свою очередь обуславливает устойчивое получение продуктов питания для проживающего на этой территории населения.

По данным дистанционного мониторинга Земли из космоса, с начала производства горно-капитальных работ по строительству угольных карьеров в 2011 г. за три года было произведено вскрытие угольных пластов на четырех угленасыщенных участках. Общая протяженность горных работ в 2013 г. по верхнему уступу составила 6670 м. В дальнейшем этот важнейший показатель открытых горных работ увеличился до 11900 и 18900 м соответственно в 2017 г. и 2021 г. В 2021 г. в открытой разработке находились девять угленасыщенных участков месторождений коксующегося угля [10].

По данным спутниковой съемки отмечено благоприятное горно-геологическое строение угольного пласта с точки зрения открытой разработки – мощность до 80 м с горизонтальным залеганием. Угольный пласт имеет сложное строение с включением породных прослоев. Мощность вскрышных пород не превышает 30 м. Весь объем горной массы (вскрышные породы и уголь) перед экскавацией подлжит рыхлению буровзрывным способом. Взрывные скважины бурят по диагональной сетке с размерами 5x5 м. На выемке вскрышных пород и угля установлены гидравлические экскаваторы с вместимостью ковша от 4 до 40 куб. м. Экскаваторы, находящиеся в начале диапазона, работают в паре с автосамосвалами грузоподъемностью 40 т и колесной формулой 6x4. Более мощные модели производят отгрузку вскрышных пород и угля в автосамосвалы грузоподъемностью 90-360 т. Расстояние транспортировки вскрышных пород на отвалы не превышает 1,5 км, а угля на временные углесборочные склады – не более 1,0 км.

Взаиморасположение объектов угледобычи и схема сухопутной логистики угольных потоков показаны на рисунке.



Фрагмент космоснимка [10] с расположением объектов открытой угледобычи и нанесением схемы логистики угольных потоков на территории Республики Мозамбик: 1 – карьерные поля действующих угольных разрезов вблизи сельского поселения Cauririsa; 2 – карьерные поля вблизи городов Tete и Moatize; 3 – обогатительная фабрика; 4 – морской угольный терминал; 5 – железнодорожный переход через р. Замбези

С целью сокращения расстояния транспортировки угля предусмотрены полустационарные бункеры с отходящими от них конвейерными закрытыми галереями, которые обеспечивают заключительный этап карьерной логистики угля до обогатительной фабрики.

По данным спутниковой съемки определен парк горно-транспортного оборудования, используемого в угольных карьерах. На бурении взрывных скважин работают 12 буровых станков. Несмотря на небольшие размеры сетки взрывных скважин, установлено наличие негабаритных кусков горных пород на рабочих площадках после производства взрывных работ. На выемке вскрышных пород и угля установлено 23 гидравлических экскаватора с вместимостью ковша 4 куб. м и 15 аналогичных экскаваторов с вместимостью ковша 18-40 куб. м. На транспортировке горной массы задействовано 110 автосамосвалов грузоподъемностью 40 т, восемнадцать шарнирно-сочлененных автосамосвалов повышенной проходимости грузоподъемностью 30 т и 96 карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 90-360 т.

Определенное количество горных и транспортных машин – восемь гидравлических экскаваторов, 78 автосамосвалов грузоподъемностью 40 т и двадцать автосамосвалов грузоподъемностью 90-160 т – находится в резерве на промышленной площадке.

Основной объем угля добывают на месторождениях вблизи городов Tete и Moatize. В 2021 г. развитие горных работ в сторону жилой застройки прекращено. Направление обработки карьерных полей изменено на северное

и северо-восточное в сторону земель сельскохозяйственного назначения.

Угольные карьеры на местности располагаются в виде изогнутой полосы в ее западной части с размерами 9×25 км. На промышленной площадке между карьерами и породными отвалами находятся крупная обогатительная фабрика, стационарный склад угля, вдоль которого проложены железнодорожные пути. Также на территории промплощадки имеются ремонтные боксы, склады с автомобильными покрывками и резервуары с дизельным топливом [10].

Добытый уголь в карьерах вблизи поселения Caurisa доставляют после обогащения магистральными автосамосвалами с полуприцепами грузоподъемностью 50 т на стационарный угольный склад. Расстояние транспортировки угля по автомобильной дороге составляет 88 км. Контур этой трассы показан на *рисунке* линией синего цвета. Весь добытый уголь вблизи городов Tete и Moatize также проходит стадию обогащения. Далее его отгружают из стационарного склада в железнодорожные составы (масса угля в одном составе – 4500 т) из 60 вагонов и двух тепловозов в голове состава. Расстояние транспортировки угля от стационарного склада до морского угольного терминала в г. Veira на побережье Индийского океана составляет 545 км. Контур железнодорожной трассы показан на *рисунке* линией красного цвета.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки определены районы разработки угольных месторождений открытым способом на территории Республики Мозамбик, а также показатели сухопутной логистики угольных потоков до морского перегрузочного терминала. По нашей оценке, добыча угля в карьерах на территории Мозамбика характеризуется небольшими коэффициентами вскрыши на уровне 0,3 т/т. Исключением является разработка месторождений угля вблизи сельского поселения Caurisa, где коэффициент вскрыши находится в диапазоне 5-6 т/т. В целом на девяти угленасыщенных участках комплектация и технологические возможности горнотранспортного оборудования могут обеспечить добычу угля не менее 30 млн т в год. По нашей оценке, объем перерабатываемой горной массы (вскрышные породы и уголь) находится на уровне 45 млн т. По данным дистанционного мониторинга, за 10-летний период с начала разработки открытым способом угольных месторождений на территории Мозамбика наблюдается повышательный тренд в объемах добычи угля.

## Список литературы

1. Титкова Т.Б., Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В. Спектральный портрет равнинных ландшафтов России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 3. С. 117-126.
2. Васильев М.П., Тронин А.А. Изменение антропогенной нагрузки на экосистемы регионов России в начале XXI в. с использованием данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 95-102.
3. Кашницкая М.А. Исследование динамики площадей водной поверхности озер степной зоны Восточного Забайкалья на основе данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 3. С. 242-253.
4. Скороходов А.В., Коношонкин А.В. Сопоставление спутниковых активных и пассивных наблюдений зеркально отражающих слоев в облаках верхнего яруса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 3. С. 279-287.
5. Pashkevich M.A., Danilov A.S., Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine // Eurasian mining. 2021. No 1. P. 79-83.
6. Engaging «the crowd» in remote sensing to learn about habitat affinity of the Weddell seal in Antarctica / Michelle A. LaRue, David G. Ainley, Jean Pennycook et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2020. Vol. 6. Is. 1. P. 70-78.
7. Invasive buffelgrass detection using high-resolution satellite and UAV imagery on Google Earth Engine / Kaitlyn Elkind, Temuulen T. Sankey, Seth M. Munson et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Is. 4. P. 318-331.
8. Estimates of landscape composition from terrestrial oblique photographs suggest homogenization of Rocky Mountain landscapes over the last century / Julie A. Fortin, Jason T. Fisher, Jeanine M. Rhemtulla et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Is. 3. P. 224-236.
9. Improved assessment of mangrove forests in Sundarbans East Wildlife Sanctuary using WorldView 2 and TanDEM-X high resolution imagery / Md Mizanur Rahman, David Lagomasino, SeungKuk Lee et al. // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5. Is. 2. P. 136-149.
10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.12.2021).

Original Paper

ABROAD

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, E.V. Loginova, G.I. Latyshenko, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, 2022  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 1, pp. 59-62  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-1-59-62>

## Title

**STUDIES OF SURFACE COAL MINING DYNAMICS IN THE REPUBLIC OF MOZAMBIQUE USING REMOTE SENSING DATA**

## Author

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



**Authors Information**

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

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

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

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

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

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

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

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

**Abstract**

The paper presents the results of remote monitoring of open pit mining development at coking coal deposits near the rural settlement of Cauirisa and the towns of Tete and Moatize on the territory of the Republic of Mozambique. 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 overburden and coal excavation. The results of satellite observations helped to identify a steady trend to increase the volumes of coal mining.

**Keywords**

South Africa, Republic of Mozambique, Deposits of coking coal, Open-pit mining, Coal pits, Annual coal production, Mining and transport vehicles, Remote sensing of the Earth from the outer space.

**References**

1. Titkova T.B., Zolotokrylin A.N. & Vinogradova V.V. Spectral profiles of Russian plain landscapes. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, (3), pp. 117-126. (In Russ.).
2. Vasilyev M.P. & Tronin A.A. Changes in man-made load on ecosystems of Russian regions in the early XXI century based on remote sensing data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (1), pp. 95-102. (In Russ.).
3. Kashnitskaya M.A. Studies of the dynamics in the water surface areas of lakes in the steppe zone of the Eastern Transbaikalia based on remote sensing data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (3), pp. 242-253. (In Russ.).

4. Skorokhodov A.V. & Konoshonkin A.V. Comparison of active and passive satellite observations of mirror reflecting layers in high-level clouds. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, № 3. pp. 279-287. (In Russ.).

5. Pashkevich M.A., Danilov A.S. & Matveeva V.A. Remote sensing of chemical anomalies in the atmosphere in influence zone of Korkino open pit coal mine. *Eurasian mining*, 2021, (1), pp. 79-83.

6. Michelle A. LaRue, David G. Ainley, Jean Pennycook et al. Engaging «the crowd» in remote sensing to learn about habitat affinity of the Weddell seal in Antarctica. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2020, Vol. 6, Is. 1, pp. 70-78.

7. Kaitlyn Elkind, Temuulen T. Sankey, Seth M. Munson et al. Invasive buffelgrass detection using high-resolution satellite and UAV imagery on Google Earth Engine. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5, Is. 4, pp. 318-331.

8. Julie A. Fortin, Jason T. Fisher, Jeanine M. Rhemtulla et al. Estimates of landscape composition from terrestrial oblique photographs suggest homogenization of Rocky Mountain landscapes over the last century. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5, Is. 3, pp. 224-236.

9. Md Mizanur Rahman, David Lagomasino, SeungKuk Lee et al. Improved assessment of mangrove forests in Sundarbans East Wildlife Sanctuary using WorldView 2 and TanDEM-X high resolution imagery. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2019, Vol. 5, Is. 2, pp. 136-149.

10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.12.2021).

**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, Loginova E.V., Latyshenko G.I., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Raevich K.V. & Latyntsev A.A. Studies of surface coal mining dynamics in the Republic of Mozambique using remote sensing data. *Ugol'*, 2022, (1), pp. 59-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-1-59-62.

**Paper info**

Received October 8, 2021

Reviewed December 10, 2021

Accepted December 18, 2021

## УГМК запускает уникальный образовательный проект

Уральская горно-металлургическая компания запускает для учеников 7-10 классов на территориях своего присутствия «Инженерную школу УГМК». Это новый образовательный проект, который реализуется в рамках утвержденной руководством компании корпоративной Стратегии управления персоналом. Он охватит 24 города в 11 регионах страны. Его цель - повысить уровень знаний у школьников и подготовить их к осознанному выбору будущей профессии.

По словам директора по персоналу и общим вопросам ОАО «УГМК» Дмитрия Малышева, «молодежь должна иметь возможность получать качественное образование в своих родных городах, а также понимать, как эти знания они смогут применить в будущем на производстве. Уральская горно-металлургическая компания готова помогать в этом



направлении не только школьникам, но и учителям. От этого зависит наше общее будущее».

С января по май 2022 г. участники «Инженерной школы УГМК» будут проходить обучение в очном и онлайн-формате. Они ознакомятся с современными технологиями, получат новые знания и разовьют навыки разработки технических проектов, примут участие в тренингах, деловых играх и квестах.

В Инженерной школе будут преподавать лучшие учителя страны из передовых вузов и корпоративного Технического университета УГМК.

Еженедельно планируется проведение от одного до трех онлайн-занятий по математике, физике, химии, а также по отдельному графику подготовка к ОГЭ и ЕГЭ по этим предметам. Кроме того, пройдут профориентационные мероприятия с участием студентов Технического университета УГМК и представителей компании, экскурсии на предприятия Уральской горно-металлургической компании. Школьники также смогут принять участие в отборочном туре Инженериады УГМК.

Поступить в «Инженерную школу УГМК» можно по результатам конкурсного отбора. Более подробная информация о поступлении в «Инженерную школу УГМК» доступна по ссылке <https://school.ugmk.com>.

С 24 января 2022 г. – начало обучения в «Инженерной школе УГМК».