

Исследование горных работ и процессов восстановительной экологии на месторождениях угля во Вьетнаме по данным дистанционного зондирования*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-7-21-24>

В статье представлены промежуточные результаты открытой разработки месторождений угля на северо-востоке Вьетнама. 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 произведена оценка работ по восстановительной экологии на породных отвалах.

Ключевые слова: Вьетнам, провинция Куангнинь, месторождения угля, открытые горные работы, горнотранспортное оборудование, восстановление нарушенных земель, восстановительная экология, дистанционное зондирование.

Для цитирования: Исследование горных работ и процессов восстановительной экологии на месторождениях угля во Вьетнаме по данным дистанционного зондирования / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.А. Анищенко и др. // Уголь. 2022. № 7. С. 21-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-21-24.

ВВЕДЕНИЕ

Вьетнам находится на втором месте по объему добычи угля в Юго-Восточной Азии после Индонезии. За всю историю угледобычи производство открытых горных работ во Вьетнаме сконцентрировано на северо-востоке страны. Здесь главным образом разрабатывают угленасыщенные участки месторождений антрацитов для отправки последних в основном на экспорт. На очередном этапе нашей совместной работы было принято решение о проведении исследования угледобывающего сектора Вьетнама с использованием результатов спутниковой съемки. С появлением технологий дистанционного зондирования Земли из космоса спектр прикладных исследований значительно расширился, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

* 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, ведущий научный сотрудник Южно-Уральского государственного университета, 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

АНИЩЕНКО Ю.А.,

канд. экон. наук, 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

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

ВЕРЕТЕНОВА Т.А.,

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

КОНДРАШОВ П.М.,

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

ПАВЛОВА П.Л.,

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

КОНОВ В.Н.,

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ ВЬЕТНАМА

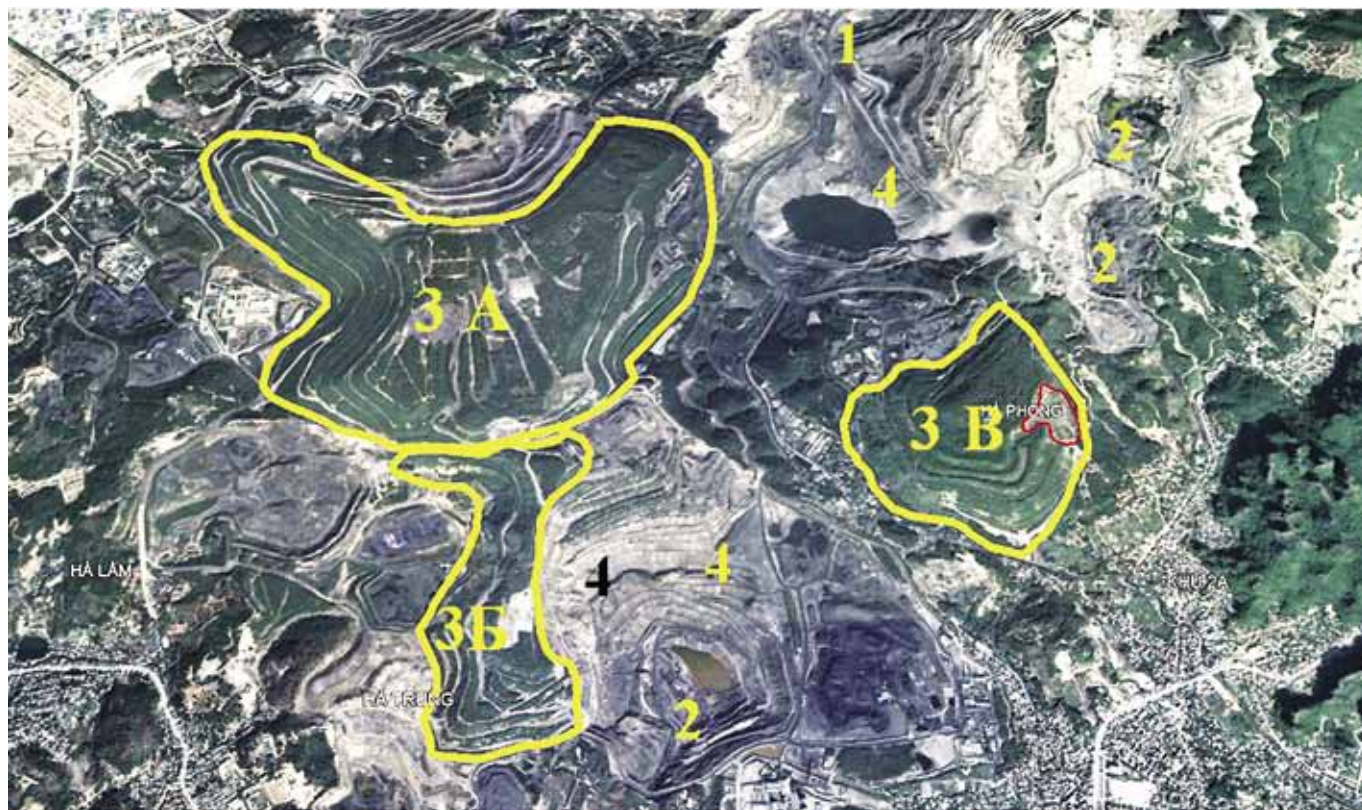
По данным дистанционного зондирования добыча угля открытым способом осуществляется в трех провинциях: Хайнгуен, Лангшон и Куангнинь [9]. В первых двух объем добычи угля, по нашей оценке, не превышает 3 млн т в год, в то время как в провинции Куангнинь имеется возможность ежегодно добывать не менее 50 млн т угля. В план наших исследований включен угледобывающий сектор провинции Куангнинь. Открытые горные работы здесь масштабно производятся с конца 1990-х годов. В последние годы масштабная добыча угля производится в прибрежной полосе шириной до 7 км вдоль залива Ха Лонг. В этом секторе площадь территории под карьерами, отвалами, инфраструктурными объектами угледобывающего сектора по данным спутниковой съемки составляет 15800 га. В настоящее время здесь работают пять крупных карьеров и четыре добычных участка. Последние отрабатывают запасы угля на локальных участках разрабатываемых месторождений [9].

Горно-геологическое строение угольных пластов характеризуется практически вертикальными углами расположения в углевмещающей толще. Пласты угля имеют сложное строение. Горизонтальная суммарная мощность свит пластов достигает 1200 м. В этих условиях системы разработки пластов исключительно углубочные, одно- или двухбортные. Глубина карьеров изменяется в диапазоне от 110 до 230 м, а с учетом отработки нагорной части до-

стигает 475 м. Размеры карьеров в плане достигают размеров 2 × 2 км. Весь объем горных пород, за исключением пород четвертичного возраста, подлежит рыхлению с применением буровзрывных работ. На бурении взрывных скважин работают 27 высокопроизводительных буровых станков. Скважины бурят по диагональной сетке с размерами 5 × 6 м. Объем горных пород в одном взрывном блоке – не более 100 тыс. куб. м [9].

В восточной части исследуемого сектора угленасыщенный участок с размерами в плане 3 × 7,2 км отрабатывается четырьмя сближенными карьерами. В этих карьерах углубка горных пород не производится. В то же время на водоотливе работают от трех до шести мощных насосов. В карьерах производят разноску бортов как по внешнему периметру, так и в направлении соединения бортов в смежных карьерах. Вскрывающие трассы обустроены таким образом, что при движении автосамосвалов к нижнему уступу направление их движения на противоположное меняется до семи раз. Длина прямых отрезков трассы – не более 400 м. Основной объем вскрышных пород (примерно 85%) размещают во внешних отвалах, а остальной – в отработанных карьерах (см. рисунок).

Расстояние транспортировки вскрышных пород не превышает 2,5 км. Уголь транспортируют до поверхностных складов, откуда он поступает на обогащение по «сухому методу». В ходе отработки месторождений угля имеют случаи перемещения ранее отсыпанных породных отвалов, поскольку под ними находятся промышленные запасы угля [9].



Фрагмент космоснимка территории провинции Куангнинь с открытыми горными работами на месторождениях угля: 1 – действующий карьер; 2 – участок доработки запасов угля; 3 – внешние породные отвалы с результатами работ по восстановительной экологии; 4 – внутренние породные отвалы в отработанных карьерах

Выемка горных пород производится в основном гидравлическими экскаваторами типа «прямая лопата» и «обратная лопата» с вместимостью ковша от 2,5 до 10 куб. м. В последние годы была произведена замена карьерных экскаваторов с канатным приводом рабочего оборудования и вместимостью ковша 5 куб. м на более мощные модели с вместимостью ковша 10 куб. м в количестве 18 единиц. Всего на выемке горных пород задействовано 172 экскаватора. Транспортировку горной массы производят автосамосвалами общего назначения с колесной формулой 6 × 4 грузоподъемностью 30 т и карьерными автосамосвалами грузоподъемностью 50-90 т. В секторах карьеров, в которых находятся обводненные горные породы с низкой несущей способностью, работают шарнирно-сочлененные автосамосвалы повышенной проходимости грузоподъемностью 30 т. Парк всех автосамосвалов насчитывает 527 ед. [9].

По нашей оценке, технологически возможный (с резервом 30%) годовой объем добычи угля открытым способом составляет 55 млн т. При этом необходимо выполнять объем вскрышных работ не менее 75 млн т. Отметим, что в последние годы 37% парка горнотранспортного оборудования находится на промышленных площадках вблизи работающих карьеров. Отметим, что в ходе развития предприятий угледобывающей промышленности было создано более пяти тысяч рабочих мест.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ ПО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЯ

Для понимания и оценки экологической ответственности собственников угледобывающих предприятий были выбраны три внешних породных отвала общей площадью 480 га (см. рисунок). Контур отвала в плане показаны линиями желтого цвета. На каждом из них работы по восстановительной экологии начались в 2008 г. и продолжались до 2018 г. включительно. За этот период была сформирована экологически приемлемая архитектура отвала: произведено выполаживание откосов, в конструкцию откосов вписаны горизонтальные площадки шириной четыре метра для проезда спецтехники с целью производства работ по высадке саженцев деревьев и последующего ухода за ними. Внешний отвал с условным обозначением «А», площадь которого максимальная, имеет высоту 250 м и разделен на 10 ярусов. Откосы ярусов отвала сформированы бульдозерами под углом 18°. Аналогичную конструкцию приоткосной части имеют два других отвала («Б» и «В»). Расстояние между рядами саженцев при высадке составило 2,5 м. Экологически эффективным результатом работ по созданию лесонасаждений явилось полное смыкание крон через пять лет после высадки деревьев [9].

На наш взгляд, максимальное смыкание крон деревьев позволит в максимальной степени снизить вынос минеральной пыли с поверхности отвала в периоды интенсивного движения атмосферного воздуха. Такое расположение отвала на местности позволяет практически при любой ориентации направления движения воздуха остановить ветровой перенос минеральной пыли, сдуваемой

с поверхностей бортов рабочих и нерабочих карьеров, других породных отвалов, находящихся в стадии отсыпки, с промышленных площадок.

Кроме того, на наш взгляд, породные отвалы, на которых проведены работы по восстановительной экологии, имеют большое рекреационное значение, поскольку в окрестностях в 1,5-2 км от места добычи угля находятся жилые застройки, многочисленные туристические отели и небольшие дома отдыха, предназначенные в основном для проживания в них иностранных туристов. По нашей оценке, результаты работ по восстановительной экологии на породных отвалах, отсыпанных в ходе открытой разработки месторождений угля в этой провинции, в мировом угледобывающем секторе могут явиться эталоном для стран с полным отсутствием экологической ответственности перед обществом и окружающей природной средой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам спутниковой съемки определены состав горнотранспортного оборудования, работающего в угольных карьерах на территории Вьетнама, а также объем вскрышных работ и объем добычи угля. По нашей оценке, добыча угля в карьерах характеризуется небольшими коэффициентами вскрыши на уровне 1,5 т/т. Исходя из технологий производства горных работ, производительности горной техники, продолжительности и количества рабочих смен в сутках, объем перерабатываемой горной массы (вскрышные породы и уголь) находится на уровне 120-130 млн т. В целом, по данным дистанционного мониторинга, в последние годы на территории Вьетнама наблюдается повышательный тренд в объемах добычи угля. Параллельно с этим необходимо отметить, что собственники угольных предприятий ответственно подходят к работам по восстановительной экологии на территории присутствия – на разрабатываемых месторождениях угля.

Список литературы

1. Хвостиков С.А., Барталев С.А. Возможности применения данных спутникового мониторинга для моделирования динамики развития природных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 5. С. 9-27.
2. Михайленко И.М., Тимошин В.Н. Оценивание параметров состояния агроценозов по данным дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 102-114.
3. Ложкин Д.М., Цхай Ж.Р., Шевченко Г.В. Особенности температурных условий и распределения концентрации хлорофилла в Охотском море в период нереста минтая по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 2. С. 230-240.
4. Терехин Э.А. Оценка пространственно-временных изменений в зеленой фитомассе аграрной растительности с использованием спектрально-отражательных признаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 138-148.
5. Remote Sensing of Aerosols at Night with the CoSQM Sky Brightness Data / C. Marseille, M. Aubé, A. Barreto et al. // Remote Sensing. 2021. No 13. 4623.

6. Chalov S., Prokopenko K., Habel M. North to South Variations in the Suspended Sediment Transport Budget within Large Siberian River Deltas Revealed by Remote Sensing Data // *Remote Sensing*. 2021. No 13. 4549.
7. A General Framework of Remote Sensing Epipolar Image Generation / X. Wang, F. Wang, Y. Xiang et al. // *Remote Sensing*. 2021. No 13. 4539.
8. Monitoring Mining Activities Using Sentinel-1A InSAR Coherence in Open-Pit Coal Mines / L. Wang, L. Yang, W. Wang et al. // *Remote Sensing*. 2021. No 13. 4485.
9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.06.2022).

ABROAD

Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, Yu.A. Anischenko, E.V. Loginova, Yu.A. Maglinets, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, T.A. Veretenova, P.M. Kondrashov, P.L. Pavlova, V.N. Konov, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 7, pp. 21-24
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-7-21-24>

Title
A STUDY OF MINING OPERATIONS AND ENVIRONMENTAL REHABILITATION PROCESSES IN VIETNAMESE COAL FIELDS BASED ON REMOTE SENSING DATA

Authors

Zenkov I.V.^{1,2,3}, Trinh Le Hung⁴, Anischenko Yu.A.², Loginova E.V.², Maglinets Yu.A.¹, Raevich K.V.¹, Latyntsev A.A.¹, Veretenova T.A.¹, Kondrashov P.M.¹, Pavlova P.L.¹, Konov V.N.¹

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

³ South Ural State University, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation

⁴ Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

Authors Information

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

Trinh Le Hung, PhD (Engineering), Associate Professor

Anischenko Yu.A., PhD (Engineering), Associate Professor

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

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

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

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

Veretenova T.A., Associate Professor

Kondrashov P.M., PhD (Engineering), Associate Professor

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

Konov V.N., PhD (Engineering), Associate Professor

Abstract

This article presents the intermediate results of open-pit coal mining in north-east Vietnam. 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 assess environmental rehabilitation activities at the waste rock dumps.

Keywords

Vietnam, Quang Ninh Province, Coal deposits, Open pit mining, Mining and transport equipment, Reclamation of disturbed land, Rehabilitation ecology, Remote sensing.

References

1. Khvostikov S.A. & Bartalev S.A. Possibilities of using satellite monitoring data for modelling the dynamics of natural fires. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (5), pp. 9-27. (In Russ.).
2. Mikhailenko I.M. & Timoshin V.N. Assessment of agrocenosis condition indicators based on remotely sensed data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (4), pp. 102-114. (In Russ.).
3. Lozhkin D.M., Tskhai Zh.R. & Shevchenko G.V. Specific features of temperature conditions and distribution of chlorophyll concentrations in the Okhotsk

Sea during pollack breeding season based on satellite data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (2), pp. 230-240. (In Russ.).

4. Terekhin E.A. Assessment of spatial and temporal changes in green phyto-mass of agricultural vegetation using spectral reflex signatures. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, (1), pp. 138-148. (In Russ.).

5. Marseille C., Aubé M., Barreto A. & Simoneau A. Remote Sensing of Aerosols at Night with the CoSQM Sky Brightness Data. *Remote Sensing*, 2021, (13), 4623.

6. Chalov S., Prokopenko K. & Habel M. North to South Variations in the Suspended Sediment Transport Budget within Large Siberian River Deltas Revealed by Remote Sensing Data. *Remote Sensing*, 2021, (13), 4549.

7. Wang X., Wang F., Xiang Y. & You H. A General Framework of Remote Sensing Epipolar Image Generation. *Remote Sensing*, 2021, (13), 4539.

8. 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.

9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com/earth/> (accessed 15.06.2022).

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, Anischenko Yu.A., Loginova E.V., Maglinets Yu.A., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Veretenova T.A., Kondrashov P.M., Pavlova P.L. & Konov V.N. A study of mining operations and environmental rehabilitation processes in Vietnamese coal fields based on remote sensing data. *Ugol'*, 2022, (7), pp. 21-24. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-21-24.

Paper info

Received April 28, 2022

Reviewed May 11, 2022

Accepted June 23, 2022