

УДК 622.271(73):550.814 © И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Г.И. Карачёва, Р.А. Шатров, Ю.А. Маглинец, А.А. Латынцев, С.Н. Скорнякова, Л.Н. Кузина, С.Ю. Новоженин, 2023

# Результаты работ по восстановительной экологии и охране окружающей среды при производстве открытых горных работ на месторождениях угля в Австралии по данным спутниковой съемки\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-125-128>

В статье представлены результаты исследования работ по восстановительной экологии при разработке месторождений угля открытым способом. В ходе дистанционного мониторинга выявлены основные направления работ по восстановительной экологии в области водных и земельных ресурсов. Отмечена высокая экологическая эффективность проведенных природоохранных мероприятий.

**Ключевые слова:** Австралия, карьеры по добыче угля, восстановительная экология, рекультивация нарушенных земель, водные и земельные ресурсы, охрана окружающей среды, дистанционное зондирование Земли из космоса.

**Для цитирования:** Результаты работ по восстановительной экологии и охране окружающей среды при производстве открытых горных работ на месторождениях угля в Австралии по данным спутниковой съемки / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Г.И. Карачёва и др. // Уголь. 2023. № 9. С. 125-128. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-9-125-128.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние три десятилетия объем добычи угля в Австралии увеличился в несколько раз. На материке предпочтение отдано открытому способу разработки угольных месторождений. Открытая разработка месторождений любых твердых полезных ископаемых, безусловно, наносит ущерб окружающей природной среде. Вместе с тем в Австралии ежегодно открытым способом добывают не менее 500 млн т угля в год, поэтому масштабы разрушения природных ландшафтов здесь определяются как весьма значительные. Как известно, над проблемами экологии угольной промышленности, занимающей лидирующее положение в мировом недропользовании в плане нанесения ущерба природной среде, работают профессиональные коллективы ученых-практиков на всех материках. Поэтому оценка работ в обла-

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

## ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор, 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 Куи Дон, 11355, г. Ханой, Вьетнам

## КАРАЧЁВА Г.И.

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

## ШАТРОВ Р.А.

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

## МАГЛИНЕЦ Ю.А.

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

**ЛАТЫНЦЕВ А.А.**

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

**СКОРНЯКОВА С.Н.**

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

**КУЗИНА Л.Н.**

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

**НОВОЖЕНИН С.Ю.**

Канд. техн. наук, доцент  
Санкт-Петербургского горного  
университета императрицы Екатерины II,  
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,

сти восстановления экологического баланса, выполняемых угледобывающими предприятиями на этом материке, на наш взгляд, считается актуальной. Исследовательскую часть было решено выполнить с привлечением данных дистанционного мониторинга как инструментария, позволяющего эффективно решать задачи на значительных по площади территориях. С появлением технологий дистанционного зондирования Земли из космоса спектр исследований значительно расширился, о чем свидетельствуют работы российских и зарубежных исследователей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

**ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ  
ПО ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ  
И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ  
ГОРНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ**

Открытые горные работы в Австралии наиболее масштабно производят в двух штатах - Квинсленд и Новый Южный Уэльс. Здесь работает 91 карьер с различной производственной мощностью по горной массе. В штатах Виктория и Западная Австралия уголь добывают в двух и трех карьерах соответственно. В штате Южная Австралия открытые горные работы в 2016 г. завершены на трех разобщенных угленасыщенных участках с параллельным закрытием трех тепловых электростанций, работающих на сжигании угля [10].

По данным дистанционного мониторинга выявлены основные направления работ по восстановлению экологического баланса и охране окружающей среды на территориях с открытой добычей угля.

На стадии строительства капитальных горных выработок угледобывающие предприятия прокладывают новые русла ручьев, рек, протекающих в границах будущих горных отвалов. Наиболее масштабным примером является перенос русла реки протяженностью 8,1 км вдоль западного фланга отработанного карьера в штате Южная Австралия. Кроме того, откосы породных отвалов, отсыпанных при работе этого же карьера, были выположены бульдозером до углов 16-18° на заключительном этапе горных работ [10].

На территории горнопромышленных ландшафтов, сформированных при работе карьеров в штате Квинсленд, отмечено бережливое отношение к ручьям и рекам, протекающим на поверхности месторождений угля. Здесь вдоль фронта горных работ оставляют нетронутыми породные призмы шириной до 200 м поверху, верхняя плоскость которых – земная поверхность, по которой протекает ручей или река. Так, например, в границах карьера Saraji протяженностью 50,1 км оставлено пять таких призм с протекающими на их поверхности ручьями и реками [10].

В период производства горных работ в карьерах отсыпают внутрикарьерные породные перемычки для движения по их поверхности карьерных автосамосвалов. Перемычки, широко используемые в карьерах штата Квинсленд, создают как драглайнами, так и путем отсыпки вскрышных пород с борта автосамосвала. Формирование перемычек в глобальном понимании позволяет существенно (в два-три раза) сократить расстояние транспортировки вскрышных пород на отвалы, что автоматически приводит к сокращению объема потребляемого дизельного топлива и, как следствие этого, к уменьшению эмиссии вредных веществ в атмосферу при работе технологического автотранспорта.

Во всех штатах при разработке открытым способом месторождений угля, по данным космического мониторинга Земли, прослеживается тенденция размещения вскрышных пород в появляющемся по мере ведения горных работ выработанном пространстве карьеров. С позиции сокращения показателя землеемкости, определяемого отношением площади нарушаемых земель к объему угля, добытого в контурах этих земель, эффективным технологическим решением является обоснование порядка разработки угольных пластов.

## Перечень работ экологической направленности в угледобывающей промышленности Австралии

List of environmentally oriented activities in the Australian coal mining industry

Название штата	Работы и технологические решения по охране окружающей среды и восстановительной экологии
Западная Австралия	Выполаживание и обратная засыпка вскрышными породами откосов добычных уступов, полный цикл горнотехнической и биологической рекультивации породных отвалов
Квинсленд	Оформление целиков под ручьями и реками в контурах карьеров и отвалов, отсыпка внутрикарьерных породных перемычек, выполаживание и обратная засыпка вскрышными породами откосов добычных уступов в карьерах, полный цикл горнотехнической и биологической рекультивации породных отвалов
Новый Южный Уэльс	Оформление целиков под ручьями и реками в контурах карьеров и отвалов, порядок разработки угленасыщенных участков отсыпки породных отвалов с целью снижения землеемкости горных работ, выполаживание и обратная засыпка вскрышными породами откосов добычных уступов, полный цикл горнотехнической и биологической рекультивации породных отвалов
Виктория	Орошение поверхности отработанных пластов угля, полный цикл горнотехнической и биологической рекультивации породных отвалов
Южная Австралия	Перенос русла реки за контуры горного отвода карьера

Ярким примером этого является порядок ведения горных работ в карьере с координатами 32° 26' 36" ю. и 151° 04' 56" в., где в период с 2007 по 2022 г. два раза изменено направление подвигания борта карьера (юго-восточное, юго-западное, северо-западное). В результате в выработанное пространство карьера на место отработанного угольного пласта был уложен максимально возможный объем вскрышных пород. Горнопромышленный ландшафт, сформированный при разработке этого месторождения площадью 600 га состоит из породного отвала 425 га, на котором проведена высокоэффективная рекультивация, и остаточной карьерной выемки, в которой в ближайшие годы будет сформирован техногенный водоем. Кроме этого, при ведении горных работ широко применяется блочный способ отработки карьерных полей. В этом случае вскрышные породы из опережающего блока размещают в выработанном пространстве отстающего блока [10].

Как известно, в мировом недропользовании в результате открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых формируется горнопромышленный ландшафт из остаточных карьерных выработок и породных отвалов. В Австралии, как установлено по данным спутниковой съемки в длительном периоде, на породных отвалах угледобывающие предприятия систематически проводят работы по горнотехнической и биологической рекультивации. В результате породные отвалы принимают вид естественных ландшафтов с одним отличием – на отвалах отчетливо просматриваются автомобильные дороги, проложенные на горизонтальных межярусных площадках. Автодороги на отвалах служат для проезда колесной и гусеничной техники при поддержании в стабильном состоянии поверхности и геометрической формы отвалов, а также при уходе за созданным растительным покровом.

В остаточных карьерных выработках проводят следующий комплекс работ. Мощными бульдозерами производят выполаживание бортов карьеров с целью перекрытия угольных пластов от контакта с водой в тот период, когда в карьере будет сформирован техногенный водоем. Борты угольных карьеров небольшой глубины выполаживают при движении бульдозеров с земной поверхности в направлении дна карьера. В тех случаях, когда глуби-

на карьера значительная, засыпке подлежат пласты угля. При недостаточном объеме вскрышных пород их завозят в автосамосвалах либо с отвалов, либо с локальных карьеров на близлежащих территориях, которые впоследствии также рекультивируют. Отметим, что в штате Виктория на поверхности отработанного угольного пласта, не перекрытого вскрышными породами, монтируют водопроводную сеть, из которой орошают поверхности участков с остатками пласта, склонного к самовозгоранию [10].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование информации, полученной по данным спутниковой съемки, позволило изучить основные направления восстановительной экологии, охраны окружающей природной среды, а также выявить масштабы производства этих работ на территории многочисленных горнопромышленных ландшафтов, формируемых в ходе открытой разработки месторождений угля на территории Австралии. По данным дистанционного мониторинга Земли из космоса выявлена высокая социальная и экологическая ответственность собственников угледобывающих предприятий на территориях их присутствия. Кроме того, была установлена высокая эффективность проводимых природоохранных мероприятий и комплекса работ по восстановительной экологии.

### Список литературы

1. Озарян Ю.А., Бубнова М.Б., Усиков В.И. Методика дистанционного мониторинга природно-технических систем (в условиях горнопромышленных территорий юга Дальнего Востока России) // Горный журнал. 2020, № 2. С 84-87.
2. Крамаров С.О., Митясова О.Ю., Храмов В.В. Спутниковая идентификация объектов земной поверхности с использованием неортогонального описания исходных данных // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 4. С. 154-166.
3. Разработка системы анализа состояния окружающей среды в зонах расположения крупных промышленных объектов, хвостохранилищ и отвалов / Е.А. Лупян, А.М. Константинова, И.В. Балашов и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. № 7. С. 243–261.

4. Ермаков Д.М., Деменев А.Д., Мещерякова О.Ю., Березина О.А. Особенности разработки регионального водного индекса для мониторинга воздействия изливов кислых шахтных вод на речные системы // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021. № 6. С. 222-237.
5. Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг, Анищенко Ю.А. и др. Исследование результатов работ по лесовосстановительной экологии на породных отвалах угольных карьеров в регионах Ангаро-Енисейской Сибири // *Экология и промышленность России*. 2022. № 10. С. 45-51.
6. Mainstreaming remotely sensed ecosystem functioning in ecological niche models / A. Regos, J. Gonçalves, S. Arenas-Castro et al. // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2022. Vol. 8. Is. 4. P. 431-447.
7. E. Stoll, A. Roopsind, G. Maharaj et al. Detecting gold mining impacts on insect biodiversity in a tropical mining frontier with SmallSat imagery // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2022. Vol. 8. Is. 3. P. 379-390.
8. Regional evaluation of satellite-based methods for identifying end of vegetation growing season / R. Shen, H. Lu, W. Yuan et al. // *Remote Sensing in Ecology and Conservation*. 2022. Vol. 8. Is. 3. P. 685-699.
9. Discrimination of Rock Units in Karst Terrains Using Sentinel-2A Imagery / N. Gizdavec, M. Gašparović, S. Miko et al. // *Remote Sens*. 2022. 14. 5169.
10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.10.2023).

## Original Paper

## ABROAD

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, G.I. Karacheva, R.A. Shatrov, Yu.A. Maglinets, A.A. Latyntsev, S.N. Skornyakova, L.N. Kuzina, S.Yu. Novozhenin, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 11, pp. 125-128  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-11-125-128>

## Title

**RESULTS OF REHABILITATION ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION DURING SURFACE MINING OPERATIONS AT COAL DEPOSITS IN AUSTRALIA BASED ON SATELLITE IMAGING DATA**

## Authors

Zenkov I.V.<sup>1,2</sup>, Trinh Le Hung<sup>3</sup>, Karacheva G.I.<sup>1</sup>, Shatrov R.A.<sup>4</sup>, Maglinets Yu.A.<sup>4</sup>, Latyntsev A.A.<sup>4</sup>, Skornyakova S.N.<sup>4</sup>, Kuzina L.N.<sup>4</sup>, Novozhenin S.Yu.<sup>5</sup>

<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

<sup>5</sup> Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, 199106, 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

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

**Shatrov R.A.**, undergraduate

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

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

**Skornyakova S.N.**, Senior lecturer

**Kuzina L.N.**, PhD (Economic), Associate Professor

**Novozhenin S.Yu.**, PhD (Engineering), Associate Professor

## Abstract

The article presents the results of studying activities on rehabilitation ecology during surface mining of coal deposits. Remote monitoring revealed the main trends in rehabilitation ecology with respect to the water and land resources. High environmental efficiency of the conducted environmental protection measures was noted.

## Keywords

Australia, Coal pit mines, Rehabilitation ecology, Reclamation of disturbed lands, Water and land resources, Environmental protection, Earth remote sensing from space

## References

1. 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). *Gornyj zhurnal*, 2020, (2), pp. 84-87. (In Russ.).
2. Kramarov S.O., Mityasova O.Yu. & Khramov V.V. Satellite-based identification of land surface objects using non-orthogonal description of the initial data. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2021, (4), pp. 154-166. (In Russ.).
3. Lupyay E.A., Konstantinova A.M., Balashov I.V. et al. Designing an environmental analysis system in the areas of large-scale industrial facilities, tailings and waste dumps. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, (7), pp. 243-261. (In Russ.).

4. Yermakov D.M., Demenev A.D., Mescheriakova O.Yu. & Berezina O.A. Specific features in the development of a regional water index to monitor the impact of acid mine water effluents on the fluvial systems. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, (6), pp. 222-237. (In Russ.).

5. Zenkov I.V., Chin L.H., Anishchenko Yu.A. et al. Study of work product on reforestation on rock dumps of coal open-cuts in the area of Angara-Yenisei Siberia. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2022, (10), pp. 45-51. (In Russ.).

6. Regos A., Gonçalves J., Arenas-Castro S. et al. Mainstreaming remotely sensed ecosystem functioning in ecological niche models. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2022, Vol. 8, (4), pp. 431-447.

7. Stoll E., Roopsind A., Maharaj G. et al. Detecting gold mining impacts on insect biodiversity in a tropical mining frontier with SmallSat imagery. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2022, Vol. 8, (3), pp. 379-390.

8. Shen R., Lu H., Yuan W. et al. Regional evaluation of satellite-based methods for identifying end of vegetation growing season. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2022, Vol. 8, (3), pp. 685-699.

9. Gizdavec N., Gašparović M., Miko S. et al. Discrimination of Rock Units in Karst Terrains Using Sentinel-2A Imagery. *Remote Sens*, 2022, 14, 5169.

10. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.10.2023).

## 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, Karacheva G.I., Shatrov R.A., Maglinets Yu.A., Latyntsev A.A., Skornyakova S.N., Kuzina L.N. & Novozhenin S.Yu. Results of rehabilitation ecology and environmental protection during surface mining operations at coal deposits in Australia based on satellite imaging data. *Ugol'*, 2023, (11), pp. 125-128. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-11-125-128.

## Paper info

Received September 5, 2023

Reviewed October 13, 2023

Accepted October 26, 2023