Оригинальная статья

Original Paper

УДК 622.882(470.53):622.85
© Ж.В. Миронова[1], И.В. Зеньков✉[2], Ле Хунг Чинь[3], Ю.П. Юронен[4], К.А. Штреслер[1], Т.Н. Сизова[1], 2024

[1] Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия
[2] Сибирский научно-исследовательский институт горного и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия
[3] Технический университет им. Ле Куй Дон, 11355, Ханой, Вьетнам
[4] Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия
✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

UDC 622.882(470.53):622.85
© Zh.V. Mironova[1], I.V. Zenkov✉[2], Le Hung Trinh[3], Yu.P. Yuronen[4], K.A. Shtresler[1], T.N. Sizova[1], 2024

[1] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
[2] Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation
[3] Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam
[4] Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

Исследование формирования техногенных водоемов в закрытых угольных карьерах на Южном Урале, в Челябинской области

Investigation into formation of man-made water bodies in closed coal pits in the South Urals, the Chelyabinsk Oblast

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-12-118-121

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

ЗЕНЬКОВ И.В.
Доктор техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе Сибирского научно-исследовательского института горного и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия, e-mail: zenkoviv@mail.ru

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ
Канд. техн. наук, доцент Технического университета им. Ле Куй Дон, 11355, г. Ханой, Вьетнам

В статье приводятся результаты исследования формирования техногенных водоемов в закрытых карьерах после добычи угля открытым способом на угленасыщенных участках Челябинского угольного бассейна на территории Челябинской области. По данным дистанционного космического мониторинга выявлены темпы и временные периоды заполнения угольных карьеров водой в прогнозном периоде. Предложен комплекс работ по ускорению формирования техногенных водоемов в отработанных карьерах.

Ключевые слова: *дистанционное зондирование, угледобывающая промышленность, восстановительная экология, Челябинская область, закрытые угольные карьеры, техногенные водоемы, экологические проблемы.*

Для цитирования: Исследование формирования техногенных водоемов в закрытых угольных карьерах на Южном Урале, в Челябинской области / Ж.В. Миронова, И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь и др. // Уголь. 2024;(12):118-121. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-118-121.

Abstract

The article presents the results of studying the formation of man-made waterbodies in closed pits after open-pit coal mining in coal-abundant areas of the Chelyabinsk coal basin in the Chelyabinsk region. The rates and time periods of filling of the coal pits with water in the forecast period have been revealed based on the remote space monitoring data. A set of activities is proposed to accelerate formation of the man-made water bodies in the mined-out pits.

Keywords
Remote sensing of the Earth, coal mining industry, restoration ecology, Chelyabinsk region, closed coal pits, man-made water bodies, environmental issues.
For citation
Mironova Zh.V., Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Shtresler K.A., Sizova T.N. Investigation into formation of man-made water bodies in closed coal pits in the South Urals, the Chelyabinsk Oblast. *Ugol'*. 2024;(12):118-121. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-12-118-121.

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

ШТРЕСЛЕР К.А.
Старший преподаватель Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, Россия

СИЗОВА Т.Н.
Старший преподаватель Сибирского федерального университета, 660041, г. Красноярск, Россия

ВВЕДЕНИЕ

На Южном Урале, в центре Челябинской области более ста лет производилась добыча угля на угленасыщенных участках Челябинского буроугольного бассейна. В период становления экономики СССР в этом регионе рядом с городами Коркино, Еманжелинск, пос. Красногорский в разные периоды времени постоянно работали угольные шахты и шесть карьеров. В карьерах уголь добывали с 1930-х гг. Максимальная интенсивность добычи угля открытым способом отмечена в период с 1955 по 1989 г. В начале 1990-х гг. произошло резкое снижение производства открытых горных работ, а в 2017 г. добыча угля открытым способом была полностью прекращена. Предварительный обзор исследуемой территории (полоса шириной 4 км от г. Коркино до пос. Красногорский) на космоснимках высокой детализации выявил наличие техногенных водоемов, формирующихся в отработанных карьерах более 30 лет. По последним данным, лишь в одном карьере уровень водной поверхности водоема достиг верхнего уступа, а в оставшихся пяти карьерах уровень водоемов находится на высотных отметках, соответствующих диапазону 30-60% глубины карьеров. По нашей оценке, имеется значимая экологическая проблема заполнения карьеров водой. Масштабное изучение информации, находящейся в свободном доступе, высветило отсутствие исследований формирования техногенных водоемов в отработанных угольных карьерах в центральной части Челябинской области. Актуальность получения знаний о существующей экологической проблеме весьма корреспондируется с масштабными исследованиями экологических последствий деятельности предприятий мировой угледобывающей промышленности, в том числе с использованием ресурсов дистанционного зондирования Земли из космоса [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ВОДОЕМОВ В ОТРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫХ КАРЬЕРАХ

Сектор с отработанными угольными карьерами в Челябинской области территориально находится между городами Челябинск и Южноуральск [11]. В общем виде исследуемый сектор имеет форму полосы шириной 4 км и протяженностью 39 км в направлении «северо-восток – юго-запад» между северным нерабочим бортом карьера «Коркинский» и южной стороной внешнего породного отвала, отсыпанного при работе карьера «Красногорский» *(см. рисунок)*.

Северная граница сектора находится в 17 км в южном направлении от окраины г. Челябинска, а южная граница сектора – в 14,5 км от северной границы жилой застройки г. Южноуральска. В исследуемой полосе находятся шесть закрытых карьеров по добыче угля с условными названиями «Коркинский», «Новобатуринский», «Батуринский-Северный», «Батуринский-Южный», «Еманжелинский» и «Красногорский». По формам внешних породных отвалов определены виды карьерного транспорта. Вскрышные породы из карьеров транспортировались в железнодорожных думпкарах, карьерных автосамосвалах. Также на отработке и перемещении верхней части вскрышных пород были использованы гидромониторы и трубопроводный транспорт.

Изучаемая территория определяется следующими природно-географическими характеристиками. Угольный бассейн находится в

Расположение отработанных угольных карьеров на Южном Урале, в центральной части Челябинской области (на снимке из космоса, 2022 г.)

Location of the mined-out coal pits in the South Urals, in the central part of the Chelyabinsk Oblast (a satellite image, 2022)

степной зоне вблизи (70 км) восточных склонов Южного Урала [11]. Здесь в условиях равнинного рельефа развита речная сеть. Питание рек происходит в основном за счет атмосферных осадков, разгружающихся в среднегорье Южного Урала. Среднегодовое количество осадков на исследуемой территории составляет 350 мм в год. При этом уровень показателя испаряемости (380 мм) превышает количество атмосферных осадков. Участки с лесным покровом занимают 6% площади исследуемой территории. Остальная территория представлена степью, населенными пунктами, многочисленными озерами и заболоченными участками земной поверхности.

Информация о формировании техногенных водоемов в отработанных угольных карьерах в центральной части Челябинской области

Information on formation of man-made water bodies in mined-out coal pits in the central part of the Chelyabinsk Oblast

Название карьера	Площадь карьера, га	Площадь водного зеркала водоема, га	Период заполнения водой, лет
Коркинский	710	170	115
Новобатуринский	52,9	52,9	–
Батуринский-Северный	114	44,7	200
Батуринской-Южный	56	27,9	42
Еманжелинский	132	45	115
Красногорский	125	22,8	384

По данным космического мониторинга установлены факторы, прямо оказывающие влияние на заполнение отработанных карьеров водой. Исходные данные, полученные при изучении спутниковых снимков и используемые в аналитических расчетах временного периода заполнения водой, представлены в *таблице* [11].

Карьер «Коркинский» с июля 2020 г. заполняется пульпой после обогатительного передела меднопорфировых руд на Томинском ГОКе. Два карьера и обогатительная фабрика комбината расположены в 10 км от угольного карьера. В настоящее время уровень водного зеркала водоема находится на глубине 247 м от земной поверхности [12]. Проектом заполнения угольного карьера водой предусмотрено формирование водоема до отметки +155 м с площадью водного зеркала 465 га. Приемная емкость карьера для заполнения его пульпой в перспективе составляет 620 млн куб. м. Поступление воды в карьер также происходит за счет разгрузки водоносных горизонтов в западном, северо-западном и восточном секторах нерабочего борта в диапазоне высотных отметок +175-185 м. Роль атмосферных осадков относительно невелика в сравнении с объемами водных потоков, поступающих с Томинского ГОКа, и объемами подзеных вод, разгружающихся в борту карьера. Отметим, что земная поверхность по периметру борта карьера имеет высоты преимущественно в диапазоне +220-235 м [11]. В северном секторе карьера верхняя бровка откоса верхнего уступа борта находится на отметке +205 м. Соответственно, при подъеме водного зеркала до отметки +205 м в этом секторе будет происходить переливание воды из карьера на рельеф. Объем воды для заполнения карьера с высоты +155 м до отметки +205 м равен 89 млн куб. м. По данным дистанционного мониторинга, за один календарный год в карьер поступает 1,05 млн куб. м воды из водоносных горизонтов и за счет выпадения атмосферных осадков. Таким образом, при ежегодном сливе пульпы в карьер с Томинского ГОКа в объеме 20 млн куб. м период заполнения карьера «Коркинский» водой до отметки +205 м составит 115 лет.

Карьер «Новобатуринский» глубиной 90 м на момент исследования был полностью заполнен водой. Водоем был сформирован за счет разгрузки водоносных горизонтов в бортах карьера и слива атмосферных осадков, собранных на площади 1210 га. В этом карьере водное зеркало водоема находится на отметке +215 м. В северной части карьера работает ферма по выращиванию рыбы в промышленных масштабах. Имеются оборудованные места для рыбной ловли, а также на восточном берегу водоема построены пять двухэтажных домов с транспортной инфраструктурой для отдыха людей. Все это свидетельствует о том, что качество воды в водоеме является приемлемым для его использования в производстве биологических ресурсов, потребляемых местным населением.

В карьере «Батуринский-Северный» запасы угля были отработаны в 1980 г. С этого момента в карьере глубиной 170 м формируется водоем за счет разгрузки подземных вод в бортах карьера и атмосферных осадков, концентрирующихся на площади 530 га с изливом в карьер. Годовой объем поступающей в карьер воды незначительный и находится в диапазоне 0,3-0,4 млн куб. м. По нашей оценке, для окончательного заполнения карьера требуется объем воды не менее 89 млн куб. м.

В карьере «Батуринский-Южный» запасы угля были отработаны в конце 1980-х гг. Глубина карьера на момент отработки запасов составила 110 м. По данным дистанционного мониторинга площадь водного зеркала в 2009 г. составляла 21,9 га, а в 2022 г. этот показатель достиг значения 27,9 га. Ежегодный объем воды, поступающей в карьер, определен на уровне 0,5 млн куб. м. Так, водосборная площадь прилегающих к карьеру участков увеличилась в 2009 г. с 65 до 130 га за счет проходки дренажных осушительных канав. Объем воды для заполнения карьера равен 21 млн куб. м [11].

Запасы угля в карьере «Еманжелинский» были отработаны в конце 1990-х гг. Глубина карьера на момент отработки запасов составила 140 м. По данным дистанционного мониторинга, площадь водного зеркала в 2009 г. составляла 22,5 га, а в 2016 г. этот показатель достиг значения 38 га. В 2022 г. площадь водной поверхности водоема увеличилась до 45 га. Заполнение карьера происходит за счет излития подземных вод в бортах карьера и атмосферных осадков, концентрирующихся на четырех участках общей площадью 542 га. В карьер ежегодно поступает вода в объеме 0,7 млн куб. м. Требуемый объем воды для его полного заполнения составляет 80 млн куб. м.

Горные работы в карьере «Красногорский» были остановлены на глубине 160 м в связи с отработкой запасов угля в начале 1990-х гг. По данным дистанционного мониторинга, площадь водного зеркала в 2000 г. составляла 5,4 га, а в 2012 г. этот показатель достиг значения 17,9 га.

В 2020 г. площадь водной поверхности водоема увеличилась до 22,8 га. Этот карьер, как и другие, находящиеся в исследуемой полосе, заполняется водой за счет излития подземных вод в бортах карьера и атмосферных осадков, концентрирующихся на двух участках общей площадью 180 га. В карьер ежегодно поступает вода в объеме 0,25 млн куб. м. Требуемый объем воды для его полного заполнения составляет 96 млн куб. м.

По данным дистанционного мониторинга, в непосредственной близости от карьеров находятся участки с озерами и преимущественно болотами общей площадью 2318 га. Для частичного или полного осушения этих участков и направления воды в проблемные карьеры необходимо создание сети дренажных канав. Сечение и уклон этих искусственных выработок необходимо выбирать индивидуально для каждого такого участка. Таким образом, появляется реальная возможность существенного сокращения периода заполнения проблемных карьеров водой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований территории центральной части Челябинской области получены новые знания о формировании техногенных водоемов в отработанных карьерах, образованных на угленасыщенных участках Челябинского буроугольного бассейна. Установленные темпы заполнения водой карьеров от 42 до 384 лет, по нашему мнению, считаются экологически неприемлемыми. Увеличить объемы притока воды в карьеры можно за счет создания дренажной сети на заболоченных территориях, прилегающих к карьерам. Рельеф этих участков позволяет направить дренажные воды во все проблемные карьеры для сокращения времени формирования в них техногенных водоемов.

Список литературы • References

1. Исследование горных работ и процессов восстановительной экологии на месторождениях угля во Вьетнаме по данным дистанционного зондирования / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.А.Анищенкоидр.//Уголь.2022.№7.С.21-24.DOI:10.18796/0041-5790–2022-7-21-24.
   Zenkov I.V., Trinh Le Hung, AnishchenkoYu.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):21-24. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-7-21-24.
2. Дистанционное зондирование в исследовании результатов лесовосстановительной экологии на породных отвалах угольных разрезов Красноярского края / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.А. Анищенко и др. // Уголь. 2021. № 6. С. 54-57. DOI: 10.18796/0041-5790– 2021-6-54-57.
   Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Anishchenko Yu.A., Kazanskaya N.N., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Latyncev A.A., Veretenova T.A. Remote sensing in studying the reforestation results at rock dumps of coal mines in the Krasnoyarsk Territory. *Ugol'.* 2021;(6):54-57. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-54-57.
3. Mitrakova N.V., Khayrulina E.A., Blinov S.M., Perevoshchikova A.A. Efficiency of acid sulphate soils reclamation in coal mining areas. *Journal of Mining Institute.* 2023;(260):266-278. DOI: 10.31897/PMI.2023.31
4. Xiaonan Li, Kai Zhang, Kaikai Bao et al. Effect of coal gasification coarse slag on soil water and nutrition at an arid opencast coal mine site in Northwest China. *Land Degrad. Dev*. 2024;35(9):3112-3125. DOI: 10.1002/ldr.5121.
5. Gossen I., Gurkova E., Sokolov D. Assesment of Effectiveness of Reclamation Activities on Coal Dumps in Kuzbass. *Ecology and Industry of Russia*. 2023;(3):33-39. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-3-33-39.
6. Christian J. Thomas, Robert K. Shriver, Fabian Nippgen et al. Mines to forests? Analyzing long-term recovery trends for surface coal mines in Central Appalachia. *Restoration Ecology.* 2023;31(5):e13827. DOI: 10.1111/rec.13827.
7. Депонирование углерода девятилетними культурами сосны на рекультивированном отвале разреза «Черногорский» ООО «СУЭК Хакасия» / О.С. Сафронова, Е.В. Маркова, Н.А. Остапова и др. // Уголь. 2024;(3): 94-96. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-94-96.
   Safronova O.S., Markova E.V., Ostapova N.A., Evseeva I.N., Morshnev E.A. Carbon deposition by nine-year-old pine crops at the reclaimed dump of the «Chernogorsky» section of OOO «SUEK Khakassia». *Ugol'.* 2024;(3): 94-96. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-94-96.
8. Xiaolin Kuang, Yiling Hu, Liang Peng et al. Application of biological soil crusts for efficient cadmium removal from acidic mine wastewater. *Journal of Hazardous Materials*. 2024;(465):133524. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.133524.
9. Vivek Kumar, Dibyendu Paul, Sudhir Kumar. Acid mine drainage from coal mines in the eastern Himalayan sub-region: Hydrogeochemical processes, seasonal variations and insights from hydrogen and oxygen stable isotopes. *Environmental Research.* 2024;(252):119086. DOI: 10.1016/j.envres.2024.119086.
10. Chunlu Jiang, Lili Cheng, Chang Li, Liugen Zheng. A hydrochemical and multi-isotopic study of groundwater sulfate origin and contribution in the coal mining area. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022;(248):114286. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2022.114286.
11. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: https://www.google.com.earth/ (accessed 15.11.2024).

Authors Information

Mironova Zh.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Zenkov I.V. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Trinh Le Hung – PhD (Engineering), Associate Professor, Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

Yuronen Yu.P. – PhD (Engineering), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

Shtresler K.A. – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Sizova T.N. – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.10.2024
Поступила после рецензирования: 15.11.2024
Принята к публикации: 28.11.2024

Paper info

Received October 22, 2024
Reviewed November 15, 2024
Accepted November 28, 2024