

ТРАНСФОРМАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ЗАВЕРШАЮЩЕЙ СТАДИИ ОТРАБОТКИ ЧЕРНОВСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Л. А. Васютич¹, Г. П. Сидорова¹

¹ Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

Аннотация: Рассматриваются геологические и гидрогеологические условия Черновского бурогоугольного месторождения. Основное содержание исследования составляет анализ изменения гидрогеологических условий на отработанных территориях для обеспечения технической и экологической безопасности населенных пунктов Черновского района г. Чита. В статье приведены ключевые этапы разработки Черновского бурогоугольного месторождения. Добыча угля сопровождалась шахтным водоотливом, осушением водоносных толщ горных пород. В районах отработываемых шахт сформировались депрессионные воронки, над выработанными пространствами образовались провалы. После закрытия угольных шахт изменились гидрогеодинамические, гидрогеохимические и геоэкологические условия на территории Черновского района г. Читы. Выделяются и описываются характерные особенности техногенного воздействия на подземные и поверхностные воды после прекращения шахтного водоотлива. В статье обобщен новый материал по исследуемой теме, представлена характеристика условий распространения водоносных комплексов, отмечены закономерности изменений состояния подземных вод. Охарактеризованы техногенные последствия на территории отработанного месторождения бурого угля: подтопление ранее освоенных прилегающих территорий; загрязнение подземных и поверхностных вод; образование техногенных водоемов; деформации земной поверхности над горными выработками. Обоснована необходимость разработки комплекса мероприятий для охраны подземных вод на территории Черновского района г. Чита.

Ключевые слова: подземные воды, поверхностные воды, гидрогеологические условия, шахтные воды, техногенные воздействия, водоотлив, химический состав, подтопление.

Для цитирования: Васютич Л. А., Сидорова Г. П. Трансформация уровней подземных вод городской территории на завершающей стадии отработки Черновского бурогоугольного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 3-2. – С. 29–36. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_32_0_29.

Transformation of underground water levels in urban territory at the final stage of mining operations at the Chernovskoe brown coal deposit

L. A. Vasyutich¹, G. P. Sidorova¹

¹ Transbaikal State University, Chita, Russia

Abstract: The geological and hydrogeological conditions of the Chernovskoe brown coal field are considered. The research focuses on the analysis of changes in hydrogeological

conditions in mined-out areas towards the safety and ecological security of settlements in the Chernovsky district of the Chita city. The article describes the mining stages in the Chernovskoe brown coal field. Coal mining was carried out alongside with mine pumping and rock mass drainage. Depression craters formed in the areas of operating mines, and sinks appeared above the mined-out areas. After closure of coal mines, the hydrogeodynamic, hydrogeochemical and geoeological conditions in the Chernovsky district changed. The characteristic features of the anthropogenic impact on underground and surface water after the termination of mine drainage are identified and described. The article summarizes new data on the topic under study, presents the occurrence conditions of aquifers, and describes the altered groundwater patterns. The mining-induced aftereffects in the territory of the mined-out brown coal deposit are characterized: flooding of the early mined-out adjacent territories; pollution of ground and surface water; formation of manmade reservoirs; deformation of the ground surface above underground excavations. The necessity of the groundwater protection measures in the territory of the Chernovsky district in Chita is substantiated.

Key words: groundwater, surfacewater, hydrogeological conditions, mine water, technological environmental impact, mine drainage, chemical compositions, water-table uprising.

For citation: Vasyutich L. A., Sidorova G. P. Transformation of underground water levels in urban territory at the final stage of mining operations at the Chernovskoe brown coal deposit. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(3-2):29-36. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_32_0_29.

Введение

В настоящее время все более актуальными становятся вопросы управления территориями оработанных месторождений полезных ископаемых и их реабилитации. В районах старых оработанных рудников техногенные воздействия на прилегающей к ним площади могут проявляться в течение длительного времени. Основные виды негативного влияния практически идентичны в разных странах и не зависят от типа полезного ископаемого [1 – 3]. Это трансформация состояния подземной и поверхностной гидросферы, деформации грунтов оснований зданий и сооружений, деградация криолитозоны, выходы токсичных газов или опасных веществ в окружающую среду. Деградация горнопромышленного ландшафта, начавшаяся при оработке, после ее завершения и затопления рудника может быть стремительной. Процессы, происходящие в районах оработанных месторождений, методы их изучения, оценки и прогнозирования сложны и многообразны. Как правило,

определяются особенностями геологического строения, гидрогеологическими условиями; характером распространения многолетнемерзлых грунтов, активизацией инженерно-геологических явлений, приводящих к неблагоприятным последствиям [4 – 7].

Черновское месторождение бурого угля находится в Забайкальском крае на территории г.Чита и объединено с южной и юго-западной частями Черновской мульды. Добыча угля на месторождении сопровождалась шахтным водоотливом, осушением как угольных толщ, так и гидравлически связанных с ними водоносных горизонтов, формированием депрессионных воронок в районах оработываемых шахт, перемещением больших масс горных пород, образованием провалов над выработанным пространством, изменением природных ландшафтов, подтоплением территорий населенных пунктов. Эти процессы привели к существенным изменениям геоэкологических условий селитебных зон Черновского района г. Чита [5, 8].

Методы

Цель работы состоит в изучении влияния постэксплуатационного этапа Черновского бурогольного месторождения на трансформацию подземной гидросферы для обеспечения технической и экологической безопасности селитебной территории г. Чита. Выбраны следующие методы исследования: анализ фондовых и опубликованных материалов; систематизация и анализ геологических и гидрогеологических условий; разработка картографических и математических моделей оценки закономерностей изменений параметров, характеризующих изменения гидрогеологических условий урбанизированных территорий в пространстве и времени.

Результаты

В геологическом строении территории принимают участие отложения доронинской и тигнинской свит нижнего мела и кайнозойские образования. Доронинская свита нижнего мела представлена отложениями верхней подсвиты, которая разделена на две пачки — нижнюю и верхнюю. Нижне-меловые породы верхней пачки верхнедоронинской подсвиты слагают мульду северо-восточного простирания площадью 90 км². Пласты угля падают к центру мульды под углами 7–8°. Угленосная толща состоит из фациально изменчивых отложений песчаников, алевролитов с пластами аргиллитов, углистых аргиллитов и бурых углей. Общая мощность угленосной толщи около 150–170 м. Из десяти пластов угленосной свиты промышленное значение имели пласты 3, 6 и 7. Эксплуатация началась разработкой пласта 3 открытым способом.

В августе 1907 г. началась добыча угля на руднике «Карьерный». В 1910–13 гг. открылись рудники «Васильев-

ский», «Тормовской», «Жерекойский» и «Сибирский». В совокупности эти разработки назывались копиями, а наименование «Черновские» получили по месту нахождения в районе с. Черново. Наибольшее развитие Черновские копи получили в тридцатых годах прошлого века. Построены и пущены в эксплуатацию шахты «Наклонная», «Торм», «Кадала» (1940 г.), «Малютка» (1946 г.), «Объединенная» (1940 г.), «Восточная» (1950 г.) и другие [9].

Открытые работы по пласту 3 возобновились в 1957 г. на западном участке месторождения (карьер «Черновский»). В 1965 году общий объем добычи угля был 1750 тыс. т, или половина добываемого угля в Читинской области. В связи с отработкой запасов Черновского месторождения прекращена подземная добыча угля в 1984 году, угледобыча открытым способом в 1989 г.

Гидрогеологические условия характеризуются распространением на всей площади исследуемой территории водоносного криогенно-таликового комплекса доронинской свиты (рисунок 1). Комплекс представляет собой сложную систему отдельных водоносных пластов, гидравлически связанных между собой. Водовмещающими породами являются пачки песчаников, вмещающие пласты углей и трещиноватые алевролиты [10].

В районе Черновской мульды мощность слоев водоносных песчаников в верхней части разреза доронинской свиты изменяется от 86 до 125 м при общей мощности комплекса 170–240 м. Верхняя часть водоносного комплекса доронинской свиты отделена от нижележащей его части мощной толщей слабопроницаемых алевролитов с прослоями песчаников, что создает затрудненные условия для их взаимосвязи и формирования естественных ресурсов подземных вод. Об ограни-

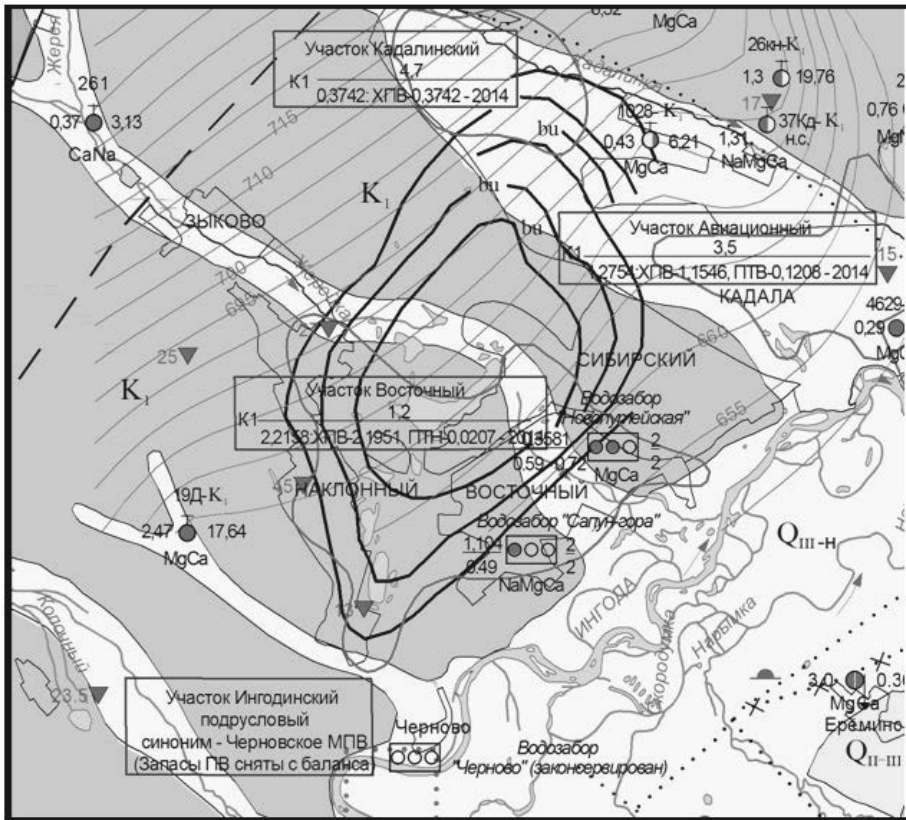


Рис 1. Гидрогеологическая схема [10]







-  – водоносный таликовый комплекс четвертичных отложений;
-  – водоносный криогенно-таликовый комплекс нижнемеловых отложений;
-  – участок развития депрессионной воронки

Figure 1. Hydrogeological scheme [10]

-  – aquiferous talic complex of Quaternary sediments;
-  – aquiferous cryogenic-talic complex of Lower Cretaceous sediments;
-  – the site of the development of the depression funnel

ченности естественных ресурсов свидетельствовала динамика шахтного водоотлива на Черновском буроугольном месторождении. Во время максимального объема добычи угля в пятидесятые годы прошлого века шахтный водоотлив составлял 830–850 м³/час (20,4 тыс. м³/сут). При этом верхняя часть водоносного комплекса была полностью осушена до глубины более

45–50 м. Шахтные воды сбрасывались в озеро-охладитель Черновской электростанции (ЧЭС), созданное на месте отработанного карьера, и в р. Жерейку. Большая часть сбрасываемых вод фильтровалась обратно в горные выработки через русло р. Жерейки и дно озера. Причем поглощение стока р. Жерейки было настолько велико, что несколько раз производился отвод русла. В 1974–

79 гг. водоотлив сократился до 234 м³/час (5,6 тыс. м³/сут) и на флангах месторождения начался подъем уровня. В последующие годы по данным режимных наблюдений ГУП «Забайкалгеомониторинга» установлено, что после прекращения добычи угля в 1985 г. уровни на периферии шахтного поля поднялись на 19,5 м, в центре — более чем на 45 м, а к началу двухтысячных годов уровень подземных вод практически полностью восстановился [11].

Обсуждение результатов

Многочисленные горные выработки на площади около 16 км², глубиной до 90 м, соединили в единую систему отдельные водоносные слои и горизонты нижнемелового комплекса, а также аллювиального верхнеэоцено-плейстоцен-голоценового водоносного горизонта в пределах Черновской мульды, которые в естественном состоянии имели затрудненную гидравлическую связь между собой или не имели ее вовсе из-за наличия островов многолетнемерзлых пород и прослоев водонепроницаемых отложений. По мере сокращения депрессионной воронки в пределах шахтного поля возник ряд озер в заброшенных карьерах, площадь которых постоянно увеличивалась. Этому также способствовал прорыв плотины в среднем течении р. Жерейки, выше с. Зыково, во время паводка летом 1990 г. и спуск водохранилища в новообразовавшиеся озера по размытому руслу, которое впоследствии также не было отведено, и длительное время (до 1996 г.) ручей впадал в одно из озер.

На сегодняшний день абсолютная отметка уреза самого крупного озера, возникшего на месте старого карьера, в котором затоплена швейная фабрика (местное название — озеро Швейка), составляет около 675 м, поэтому

имеет место фильтрация воды из озера в нижележащие участки рельефа через техногенные, рыхлые четвертичные или выветрелые нижнемеловые отложения. Вода в озере Швейка сульфатно-гидрокарбонатная магниевокальциевая, минерализация в среднем составляет 0,74 г/дм³, общая жесткость 8,2 мг-экв/л. Содержание железа 3,67 мг/дм³, сульфатов — 191 мг/дм³.

В бессточных котловинах также образовались небольшие водоемы или возродились существовавшие ранее, но почти пересохшие из-за прекращения подпитки подземными водами во время водоотлива из горных выработок. Общая площадь подтопленной территории составляет около 5 км².

Озеро Содовое также образовалось в результате восстановления уровня воды в конце девяностых годов. Местное название оно получило за химический состав воды — сульфатный магниевонатриевый с минерализацией 8,85 г/дм³. Содержание сульфатов — 5329 мг/дм³, натрия — 1425,5 мг/дм³, калия — 88,3 мг/дм³л, хлора — 259 мг/дм³, железа — 0,2 мг/дм³. Количество нитратов — 0,24 мг/дм³. Общая жесткость составляет 64,25 мг-экв/л, окисляемость перманганатная — 24 мгО₂/дм³, водородный показатель 8,44 (по результатам опробования 2015 г.).

От увеличения площади зеркала озера у ст. Черновская в зоне подтопления находится участок транссибирской магистрали длиной около 1 км, для поддержания которого в рабочем состоянии требуется периодический подъем полотна. Вспомогательная железнодорожная ветка на этом участке некоторое время не ремонтировалась и в настоящее время затоплена. По причине подтопления путевого хозяйства грунтовыми водами и больших затрат на его поддержание в рабочем состоянии железнодорожная станция была

закрыта и с конца девяностых годов прошлого века функционирует в качестве железнодорожного разъезда.

Прекращение водоотлива, затопление карьеров и шахт Черновского бурогольного месторождения привело к развитию целого ряда негативных процессов, таких как: подтопление ранее освоенных прилегающих территорий; загрязнение подземных и поверхностных вод; образование техногенных водоемов; деформации земной поверхности над горными выработками.

Заключение

Последствия отработки месторождений полезных ископаемых приводят к изменению гидродинамических и гидрохимических условий на прилегающих территориях. Основными гидрогеологическими задачами постэксплуатационного этапа являются определение времени восстановления

уровня подземных вод; прогноз подтопления территорий; прогноз качества шахтных вод; оценка угрозы питьевым водозаборам; определение ущерба гидросфере [12]. Это предопределяет необходимость разработки комплекса мероприятий, направленных на организацию мониторинга, управление территориями отработанных месторождений и их реабилитацией, прогноз изменения компонентов окружающей среды, в первую очередь, подземной и поверхностной гидросферы на длительный период с учетом гидродинамических, гидрогеохимических преобразований горнопромышленной территории, произошедших в процессе отработки. Необходимо формирование системы обеспечения геологической информацией для устойчивого и сбалансированного развития, рационального использования и охраны окружающей среды на территории Черновского района г. Чита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Осинов В. И., Мамаев Ю. А., Ястребов А. А.* Зонирование территории г. Березники Пермского края РФ по степени опасности развития геологических процессов // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2014, № 6, С. 518 – 525
2. *Kretschmann J.* Post-Mining – a Holistic Approach Mining // Metallurgy & Exploration. 2020. Vol. 37. Pp. 1401 – 1409. DOI: 10.1007/s42461 – 020 – 00265-y.
3. Christian Wolkersdorfer, Darrell Kirk Nordstrom, Roger Daniel Beckie, *Daniel S. Cicerone, Trevor Elliot, Mansour Edraki, Teresa Valente, Silvia Cristina AlvesFrança, Pramod Kumar, Ricardo Andrés Oyarzún Lucero, Albert Soleri Gil.* Guidance for the Integrated Use of Hydrological, Geochemical, and Isotopic Tools in Mining Operations // Mine Water and the Environment. 2020. Vol. 39 Pp. 204 – 228. DIO:10.1007/s10230 – 020 – 00666-x.
4. *Молев М. Д., Занина И. А., Стуженко Н. И.* Научно-методические основы планирования экологически безопасных мероприятий по ликвидации угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 1. – С. 138 – 145.
5. *Шестернев Д. М., Васютин Л. А.* Влияние урбанизации на окружающую среду Центрального Забайкалья. – Чита: ЗабГУ, 2015. – 195 с.
6. *Шестернев Д. М., Васютин Л. А.* Трансформация геолого-геокриологической среды в процессе урбанизации г. Чита // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2014. № 03 (106). – С. 57 – 67.
7. *Strzałkowski P., Litwa P.* Environmental protection problems in the areas of former mines with emphasis on sinkholes: selected examples // International Journal of Environmental Science and Technology. 2020. DOI: 10.1007/s13762 – 020 – 02860 – 4.

8. *Shesternev D. M., Vasyutich L. A.* Influence of urbanization on engineering properties of soils in the geocryological environment under climate change and tech technical loading // *Journal of Engineering of Heilongjiang University*, 2014, Vol. 5, no 3, pp. 78–90.
9. Энциклопедия Забайкалья: Чита. — Новосибирск: Наука, 2014. — 648 с.
10. Гидрогеология Забайкальского края / под общ. ред. В. И. Цыганка. — Чита: ЗабГУ, 2017. — 240 с.
11. *Васютнич Л. А.* Особенности современного техногенного воздействия на качество подземных вод читинской агломерации // *Вестник Забайкальского государственного университета*. — 2013. № 01 (92). — С. 19–26.
12. *Рыбникова Л. С., Рыбников П. А., Тарасова И. В.* Геоэкологические проблемы использования выработанных карьерных пространств на Урале // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. — 2017. № 1. — С. 171–182. **МИАБ**

REFERENCES

1. Osipov V. I., Mamaev Yu.A., Yastrebov A. A. Zoning of the territory of the city of Berezniki in the Perm Region of the Russian Federation according to the degree of danger of the development of geological processes. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2014, no. 6, pp. 518–525 [In Russ].
2. Kretschmann J. Post-Mining — a Holistic Approach Mining. *Metallurgy & Exploration*. 2020. Vol. 37. Pp. 1401–1409. DOI: 10.1007/s42461–020–00265-y.
3. Christian Wolkersdorfer, Darrell Kirk Nordstrom, Roger Daniel Beckie, Daniel S. Cicerone, Trevor Elliot, Mansour Edraki, Teresa Valente, Silvia Cristina Alves França, Pramod Kumar, Ricardo Andrés Oyarzún Lucero, Albert Soleri Gil. Guidance for the Integrated Use of Hydrological, Geochemical, and Isotopic Tools in Mining Operations. *Mine Water and the Environment*. 2020. Vol. 39 Pp. 204–228. DIO:10.1007/s10230–020–00666-x.
4. Molev M. D., Zanina I. A., Stuzhenko N. I. Scientifically-methodical bases of planning of environmentally friendly liquidation of coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017, no. 1. pp. 138–145. [In Russ].
5. *Shesternev D. M., Vasyutich L. A.* *Vliyanie urbanizacii na okruzhayushchuyu sredu Central'nogo Zabajkal'ya* [Impact of urbanization on the environment of Central Transbaikalia]. Chita, ZabGU, 2015, 195 p. [In Russ].
6. *Shesternev D. M., Vasyutich L. A.* Transformation of the geological and geocryological environment in the process of urbanization of Chita. *Vestnik Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014. no. 03 (106), pp. 57–67 [In Russ].
7. Strzałkowski P., Litwa P. Environmental protection problems in the areas of former mines with emphasis on sinkholes: selected examples. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2020. DOI: 10.1007/s13762-020-02860-4.
8. *Shesternev D. M., Vasyutich L. A.* Influence of urbanization on engineering properties of soils in the geocryological environment under climate change and tech technical loading. *Journal of Engineering of Heilongjiang University*, 2014, Vol. 5, no. 3, pp. 78–90.
9. *Enciklopediya Zabajkal'ya: Chita* [Encyclopedia of Transbaikalia: Chita]. Novosibirsk, Nauka, 2014. 648 p. [In Russ].
10. *Gidrogeologiya Zabajkal'skogo kraja* [Hydrogeology of the Trans-Baikal Territory]. Chita, ZabGU, 2017, 240 p. [In Russ].
11. *Vasyutich L. A.* Features of the modern industrial impact on groundwater quality Chita agglomeration. *Vestnik Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013, no. 1, pp. 19–26 [In Russ].
12. *Rybnikova L.S., Rybnikov P. A., Tarasova I. V.* Geoecological challenges of mined-put open pit area use in the ural. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemyh*. 2017. no. 1. pp. 171–182 [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Васютич Людмила Александровна*¹ — канд. геол.-мин. наук, горный инженер-гидрогеолог, доцент кафедры прикладной геологии и технологии геологической разведки, e-mail: lyudmila-vasyuti@mail.ru;

*Сидорова Галина Петровна*¹ — докт. техн. наук, горный инженер-гидрогеолог, профессор кафедры прикладной геологии и технологии геологической разведки; e-mail: druja@inbox.ru;

¹ Забайкальский государственный университет.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Vasyutich L. A*¹, Cand. Sci. (Geol. Mineral.), Mining Geological Engineer, Assistant Professor, e-mail: lyudmila-vasyuti@mail.ru;

*Sidorova G. P.*¹, Dr. Sci. (Eng.), mining engineer-hydrogeologist, Professor of the Department of Applied Geology and Geological Exploration Technology, e-mail: druja@inbox.ru.

¹ Transbaikal State University, Russia.

Получена редакцией 20.11.2020; получена после рецензии 19.01.2021; принята к печати 10.02.2021.

Received by the editors 20.11.2020; received after the review 19.01.2021; accepted for printing 10.02.2021.

