

«GORNYI ZHURNAL», 2022, № 11, pp. 29–33
DOI: 10.17580/gzh.2022.11.04

The influence of dewatering system on groundwater regime at NLMK Lipetsk

Information about authors

L. A. Elantseva¹, Associate Professor, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Elantseva@bsu.edu.ru

S. V. Fomenko¹, Senior Researcher

A. Yu. Afanasiev¹, Post-Graduate Student

¹Belgorod State University, Belgorod, Russia

Abstract

The analysis of geological and hydrogeological conditions at the industrial site of Novolipetsk Metallurgical Plant (NLMK Lipetsk) was performed. It was determined that the hydrodynamic regime of groundwater at the industrial site changed in the course of construction and operation of the metallurgical facilities, as well as during creation of the Matyrskoe reservoir. An increase in the infiltration feed of aquifers was detected due to the process water leaks, reduction of surface water runoff and backwater effect from the Matyrskoe reservoir. All of that led to increasing of groundwater levels in the aquifers at the industrial site and to underflooding of the buried structures of industrial facilities. The main elements of protection of buried buildings and structures from underflooding with groundwater of the Neogene–Quaternary aquifer are the permanent drainage sites and injectable plugging for fixing of aquifers rocks. Protection of buried structures from underflooding with groundwater is carried out using 30 dewatering wells located on four sites of permanent drainage. It was found that operation of the permanent drainage sites led to the formation of a depression funnel in the Neogene–Quaternary aquifer, to the flow of groundwater from the Devonian aquifers into the Neogene–Quaternary aquifer and to the change in the groundwater chemistry. The sources of groundwater pollution are the process water leaks from production workshops and settling tanks, chemical water treatment facilities, sewerage networks, and raw material storage sites. The main pollutants of groundwater are iron, manganese, cyanides, rhodanides, phenols, petroleum products and organic nitrogen-containing substances. It is shown that the localization of polluted waters occurs within the depression funnel, the center of which is in the location of sites of permanent drainage. The spread of polluted waters through the Neogene–Quaternary aquifer beyond the depression funnel and the Devonian aquifer contamination with seepage waters from the industrial site are eliminated.

Keywords: NLMK Lipetsk, Neogene–Quaternary aquifer, permanent drainage site, groundwater regime, groundwater pollution.

References

1. Kosinova I. I., Sapronov R. S. Some peculiarities of ecologo-geological system management the zone of influence of Novolipetsk Metallurgical Plant (NLMK) industrial site. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Geologiya*. 2007. No. 2. pp. 201–206.

2. Kosinova I. I., Lyapin R. A. The environmental management system of the Neogen–Quaternary and Upper Devonian aquifers in the Lipetsk region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Geologiya*. 2020. No. 2. pp. 83–89.
3. Tkachenko N. N., Kosinova I. I., Budarina V. A., Kuryshv A. A. The ecological and hydrogeological function characteristics of the lithosphere within the Lipetsk region. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2022. No. 3(166). pp. 133–138.
4. Sidorenko A. V. (Ed.). *Hydrogeology of the USSR. Vol. IV. The Voronezh, Kursk, Belgorod, Bryansk, Orel, Lipetsk and Tambov Regions*. Moscow : Nedra, 1972. 499 p.
5. Bochever F. M., Lapshin N. N., Oradovskaya A. E. *Protection of underground waters from pollution*. Moscow : Nedra, 1979. 254 p.
6. Fried J. J. *Groundwater Pollution: Theory, Methodology, Modelling and Practical Rules*. Ser. Developments in Water Science. Amsterdam : Elsevier, 1975. Vol. 4. 330 p.
7. Plotnikov N. I. *Induced changes in hydrogeological conditions*. Moscow : Nedra, 1989. 268 p.
8. Kovalevskiy V. S. *Influence of changes of hydrogeological conditions on environment*. Moscow : Nauka, 1994. 138 p.
9. Drugov Yu. S., Rodin A. A. *Polluted water analysis : Manual*. 3rd ed. Moscow : Laboratoriya znaniy, 2020. 681 p.
10. Dimakova N. A., Sharapov R. V. Groundwater pollution problem. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2013. No. 2. pp. 79–82.
11. Gaev A. Ya., Tikhonenko M. A., Kilin Yu. A. *Basic and applied problems of the geosphere : Tutorial*. Moscow : Universitetskaya kniga, 2020. Vol. 2. Environmental problems. 200 p.
12. Pinder G. F., Celia M. A. *Subsurface Hydrology*. Hoboken : Wiley-Interscience, 2006. 468 p.
13. Jakeman A. J., Barreteau O., Hunt R. J., Rinaudo J.-D., Ross A. *Integrated Groundwater Management: Concepts, Approaches and Challenges*. Cham : Springer, 2016. 762 p.
14. Villholth K. G., López-Gunn E., Conti K. I., Garrido A., Van der Gun J. *Advances in Groundwater Governance*. Leiden : CRC Press/Balkema, 2017. 620 p.
15. Mukherjee A., Scanlon B. R., Aureli A., Langan S., Huaming Guo et al. *Global Groundwater: Source, Scarcity, Sustainability, Security, and Solutions*. Amsterdam : Elsevier, 2020. 637 p.
16. Karamouz M., Ahmadi A., Akhbari M. *Groundwater Hydrology: Engineering, Planning, and Management*. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2020. 778 p.
17. Belogurov V. P. Assessment of risk zones in failure of tailings dams using geoinformation system. *Eurasian Mining*. 2021. No. 2. pp. 74–81. DOI: 10.17580/em.2021.02.16
18. Honghua Liu, Jing Yang, Ming Ye, Zhonghua Tang, Jie Dong et al. Using one-way clustering and co-clustering methods to reveal spatio-temporal patterns and controlling factors of groundwater geochemistry. *Journal of Hydrology*. 2021. Vol. 603. 127085. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.127085

УДК 622.586.2:622.243.24

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН НА ОБЪЕКТАХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д. А. ЗАЙЦЕВ¹, доцент, канд. техн. наук, zaitsev_d@bsu.edu.ru

Г. Н. ГЕНЗЕЛЬ², зам. директора по проектной и научной работе, канд. геол.-минерал. наук

Д. А. ЕДАКИН³, начальник технического управления

И. Н. ФЕДОРЕНКО⁴, генеральный директор

¹Институт наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

²ООО НТЦ «НОВОТЭК», Белгород, Россия

³АО «АГД ДАЙМОНДС», Архангельск, Россия

⁴ООО «Белспецмонтаж», Белгород, Россия

Введение

Горнодобывающая промышленность России занимает ведущие позиции среди отраслей экономики, формируя существенный объем продукции, в том числе экспортных категорий. На сегодняшний день практически все разрабатываемые

Рассмотрены вопросы водозащиты карьера АО «АГД ДАЙМОНДС», для которого важное значение имеет осушение прибортового массива падунских отложений. Обобщены особенности геолого-гидрогеологических условий эксплуатации дренажной системы карьера. Представлены результаты применения в качестве внутри-карьерных дренажных устройств горизонтальных дренажных скважин. Проанализированы прифименяемая технология сооружения горизонтальных скважин оптимальной «телескопической» конструкции и величины вскрытых водоприток. Сформулированы предложения по перспективному использованию горизонтальных дренажных скважин для постоянной водозащиты участков бортов карьера, находящихся в предельном положении, а также по их применению в составе дренажных систем эксплуатируемых ограждающих сооружений (плотин и дамб) хвостохранилищ.

Ключевые слова: дренажная система, горизонтальная дренажная скважина, карьер, подземные воды, водоприток, буровая установка УЛБ-130

DOI: 10.17580/gzh.2022.11.05

месторождения полезных ископаемых находятся в зоне рисков возникновения различной степени осложнений, обусловленных прежде всего сложностью геологического строения, геомеханических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий. Наиболее значимые инциденты возникают при совокупном влиянии нескольких факторов, одним из которых зачастую выступают подземные воды.

В соответствии с СП 103.13330.2012 «Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод» проектирование горных выработок в условиях возможного поступления подземных и поверхностных вод следует осуществлять с применением систем водопонижения, водоотлива, сооружением противодиффузионных завес, а также путем реализации способов регулирования поверхностного стока. Выбор типов защитных дренажных устройств для каждого месторождения определяется природными условиями и технологией ведения горных работ. Среди всего многообразия защитных дренажных устройств следует отметить опыт и перспективы использования горизонтальных скважин, которые могут выступать как в качестве самостоятельного элемента, так и находиться в составе более сложных систем — лучевых дренажей.

Начиная с 1970-х годов в России активно развиваются теоретические расчеты и практическое использование систем лучевых дренажей на основе горизонтальных дренажных скважин в качестве эффективных способов борьбы с подтоплением на застроенных территориях [1–5]. Параллельно осуществляется внедрение на горнорудных предприятиях горизонтальных дренажных скважин в качестве элементов внутрикарьерных дренажных систем для перехвата «проскока» подземных вод в зону ведения очистных работ и снижения величин гидростатического давления в бортах карьера [6–9]. Как правило, технические ограничения и необходимость отработки технологии вскрытия обводненных сульфидно-неустойчивых пород не позволяли осуществлять бурение скважин длиной более 50–70 м. В настоящее время для защиты карьеров требуется использование горизонтальных дренажных скважин длиной от 100 до 200 м. Это позволит не только перехватывать поток подземных вод на значительном удалении от зоны потенциального высачивания на борт карьера, но и повысить технико-экономические показатели применяемого способа для постоянно перемещающихся бортов, снижая затраты на периодическое добуривание новых скважин.

Объект исследований

В течение 2017–2021 гг. ООО НТЦ «НОВОТЭК» выполнен большой объем проектно-исследовательских работ по обоснованию, проектированию и успешному внедрению дренажных систем с применением горизонтальных скважин. Так, для карьера алмазодобывающего предприятия АО «АГД ДАЙМОНДС» разработаны и апробированы конструкции горизонтальных дренажных скважин длиной от 150 до 200 м. Данное предприятие осуществляет строительство и эксплуатацию Верхотинского ГОКа на базе уникального месторождения алмазов им. В. Гриба в Архангельской алмазодобывающей провинции. В целом для региона характерно повышенное распространение органо-минеральных отложений,

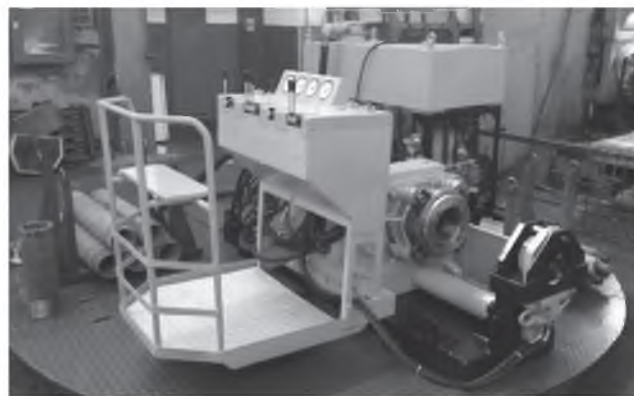


Рис. 1. Буровая установка лучевого бурения УЛБ-130

наличие разветвленной сети поверхностных водотоков и водоемов — рек, ручьев, озер и заболоченных участков [10].

Месторождение представлено трубообразной вертикальной залежью (трубкой взрыва) с ярко выраженными контурами краевой и жерловой частей. Трубка приурочена к опоясывающему разлому северо-восточного простирания мощностью около 25 м, прорывает слаболитофицированные осадочные породы верхнего рифея — верхнего венда мощностью 1130–1150 м и перекрыта толщей терригенно-карбонатных пород среднего карбона и рыхлых четвертичных отложений суммарной мощностью 53–83 м. Гидрогеологические условия характеризуются повсеместным развитием мощной толщи моноклиально залегающих водоносных подразделений палеозойского, верхнепротерозойского возраста, полого погружающихся в восточном, юго-восточном направлениях. Палеозойские подразделения представлены сдренированными в верхней части разреза среднекаменноугольными карбонатными образованиями олмугско-окуневского горизонта и слабонапорными обводненными песчаниками урзугско-воереченского комплекса. Уровень подземных вод первого от поверхности безнапорного водоносного олмугско-окуневского горизонта установлен на глубине 18–32 м. Верхнепротерозойские подразделения приурочены к обводненным в различной степени песчаникам, аргиллитам, алевролитам падунской, мезенской и усть-пинезской свит венда. Комплексы высоконапорные. Суммарная мощность верхней, наиболее обводненной толщи разреза составляет 210 м, водопроницаемость — до 350 м²/сут [11, 12]. В формировании водопритока к системе осушения принимают участие подземные воды падунского водоносного комплекса (V_2 pd) и в меньшей степени — слабоводоносного мезенского комплекса V_2 mz.

Разработку месторождения осуществляют карьером под защитой внешнего дренажного контура вертикальных водопонижающих скважин и при постоянной работе карьерного водоотлива. Величина суммарного водопритока, откачиваемого поверхностными водопонижающими скважинами, в течение 2017–2021 гг. изменялась от 5800 до 7000 м³/ч, при этом характерна тенденция постоянного снижения водоотбора водопонижающими скважинами за счет естественной сработки статических запасов подземных вод вокруг карьера. Водоприток к карьерному водоотливу, наоборот, планомерно увеличивался

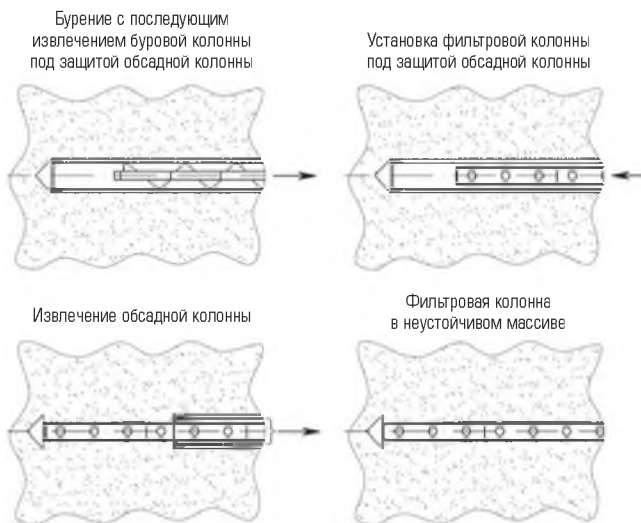


Рис. 2. Принципиальная схема сооружения скважины способом бурения двойной колонной

по мере углубления карьера и изменялся от 700 до 1200 м³/ч. В результате эксплуатации дренажной системы сформировалась депрессионная воронка в водоносных горизонтах радиусом более 5 км. Эксплуатируемая дренажная система карьера достаточно надежно обеспечивает защиту от подземных вод в соответствии с проектными решениями.

При ежегодном наращивании глубины карьера выявляют участки, требующие дополнительного превентивного осушения для недопущения ухудшения условий работы горнотранспортного оборудования в карьере. Появление таких участков связано с высокой перемежаемостью различных по содержанию глинистых частиц прослоев – песчаников, алевролитов и аргиллитов, ухудшающих общую дренированность горного массива.

С целью обеспечения безопасных условий ведения горных работ в карьере и снижения гравитационной влаги во вскрышных породах предложено интенсифицировать процесс осушения

обводненных падунских отложений за счет внедрения в существующую дренажную систему элементов внутрикарьерных дренажных устройств – горизонтальных дренажных скважин. Сооружение скважин осуществляют буровым способом на безопасных бермах действующего карьера, что позволяет:

- перехватить часть «проскока» подземных вод в чашу карьера;
- обеспечить централизованный сбор и отведение подземных вод непосредственно от зоны работы горнотранспортного оборудования;
- осуществить дренаж нижних участков падунского водоносного комплекса, осушение которых не обеспечивается с помощью водопонижающих скважин существующего дренажного контура;
- уменьшить развитие суффозионных деформаций рабочих уступов и процесса высачивания подземных вод, тем самым повысить общую устойчивость бортов карьера.

Результаты использования горизонтальных дренажных скважин в системе водозащиты карьера

За 5-летний период на карьере АО «АГД ДАЙМОНДС» пробурены около 50 горизонтальных дренажных скважин различной конструкции глубиной до 200 м. Сооружение скважин выполнено профильной компанией ООО «Белспецмонтаж» (г. Белгород), обладающей богатым опытом реализации систем осушения на основе дренажных скважин различных типов (наклонно-восстающих, вертикально-нисходящих, горизонтальных), сооружаемых как из открытых котлованов, шахтных колодцев, так и из подземных горных выработок.

Неоднородный литологический состав падунских отложений, чередование прослоев цементированных песчаников с зонами дизъюнктивных дислокаций и бесструктурными песками обуславливают применение специальных технологий и техники при сооружении горизонтальных скважин. В столь сложных природных условиях хорошие результаты показало применение специализированной буровой установки УЛБ-130 (рис. 1), позволяющей осуществлять вскрытие обводненных неустойчивых массивов

Конструкция горизонтальной дренажной скважины			
Ø 219 мм 11 м	Ø 180 мм 100 м	Ø 132 мм 150 м	Ø 93 мм 200 м
Ø 256 мм 11 м	Ø 168 мм	Ø 127 мм	
Применяемый породоразрушающий инструмент			
Спецкоронка Ø 256 мм	Спецкоронка Ø 180 мм Трехшарошечное долото Ø 171,4 мм	Трехшарошечное долото Ø 132 мм	Трехшарошечное долото Ø 93 мм
Компоновка фильтровой колонны			
10 м	100 м	150 м	200 м
Труба ПЗ80 SDR17 90×6,7 мм	Фильтр ФПЛД-105 (Ø 105 мм)	Фильтр щелевой из трубы ПЗ80 SDR17 90×6,7 мм	Бесфильтровый водоприемный ствол

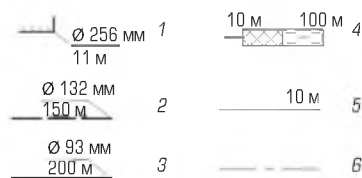


Рис. 3. Параметры технологии сооружения горизонтальных дренажных скважин «телескопической» конструкции:

- 1 – цементирование кондуктора (цифры – диаметр бурения и интервал цементирования);
- 2 – бурение с предохранительной колонной;
- 3 – бурение без предохранительной колонны;
- 4 – фильтровая колонна (цифры – интервал установки);
- 5 – сплошная труба фильтровой колонны;
- 6 – необсаженная часть скважины

с напором до 3 МПа. Конструкционной особенностью установки является реализация принципа бурения двойной колонной (рис. 2), что, в свою очередь, позволяет полностью исключить уплотнение пород в прифильтровой зоне скважины, контролировать вынос разрушаемых пород в процессе бурения, а также обеспечить посадку фильтровой колонны с гарантированным сохранением целостности ее фильтрующего покрытия на всем протяжении пробуренного интервала.

Кроме того, установка лучевого бурения УЛБ-130 имеет два вращателя бурильных и обсадных труб, а также средство их осевого перемещения. Вращатель бурильных труб позволяет использовать в качестве рабочей колонны труб диаметром 89 мм, а вращатель обсадных труб – колонну труб диаметром 127 или 168 мм. Именно данное техническое преимущество буровой установки позволило обосновать и успешно апробировать для конкретных геолого-гидрогеологических условий карьера АО «АГД ДАЙМОНДС» «телескопическую» конструкцию горизонтальной дренажной скважины (рис. 3). Многолетний опыт и технологические приемы осуществления буровых работ на уровне «ноу-хау», применяемые компанией ООО «Белспецмонтаж», стали основой обеспечения безаварийного процесса сооружения горизонтальных дренажных скважин длиной 200 м в карьере.

Особенностью «телескопической» конструкции горизонтальной скважины является формирование ее рабочего ствола за счет использования породоразрушающего инструмента трех различных диаметров (171,4; 132 и 93 мм). Это позволяет сформировать основную водоприемную часть скважины с установленным фильтром на глубину 150 м и дополнительную бесфильтровую – в интервале от 150 до 200 м. Принятая конструкция и отработанная технология ведения работ обеспечивают возможность сооружения протяженных горизонтальных скважин длиной, превышающей паспортные характеристики буровой установки УЛБ-130, в которых указана максимальная длина скважин, составляющая 130 м.

На рис. 4 представлены хронологические графики изменения водопритока к горизонтальным дренажным скважинам на горизонтах с абс. отм. –86 и –96 м.

Обводненные зоны горного массива, вскрываемые горизонтальными скважинами, характеризовались преимущественно величиной водопритока от 10 до 50 м³/ч. По мере сработки статических запасов подземных вод водоприток к скважинам снижался на 30–70 %. Отсутствие информации о пространственном расположении глинистых прослоев и систем трещин в осушаемом массиве падунских отложений не позволяет количественно прогнозировать ожидаемые величины водопритока к скважинам. Тем не менее накопленный опыт сооружения горизонтальных дренажных скважин в карьере показывает, что наиболее характерными величинами водопритока к скважинам являются показатели от 10 до 30 м³/ч. Изредка возможно их уменьшение до 5 м³/ч или увеличение до 50 м³/ч, в основном это связано с фильтрационными свойствами конкретного участка вскрываемого массива (наличия глинистых прослоев и систем открытых трещин).

Эффективность интенсификации процессов осушения прибортового массива с помощью горизонтальных дренажных скважин

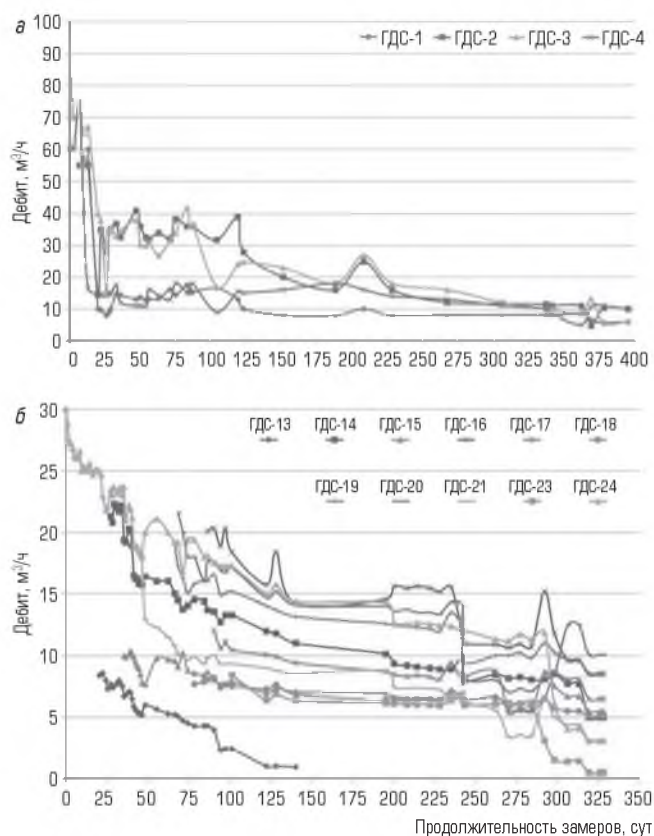


Рис. 4. Графики изменения дебита скважин на гор. –86 м (а) и гор. –96 м (б):
ГДС – горизонтальная дренажная скважина

наглядно проявляется в уменьшении величины высачивания подземных вод на откосы рабочих бортов карьера и в снижении гравитационной влаги во вскрышных породах при их разработке. Эксплуатация горизонтальных дренажных скважин создает условия для организованного водоотведения подземных вод из разрабатываемого массива падунских отложений на глубину порядка 150–200 м, что в значительной мере уменьшает общее число самоизливающихся водоисточников на откосах бортов карьера АО «АГД ДАЙМОНДС».

Выводы и перспективы использования горизонтальных дренажных скважин

Разработанная и успешно апробированная «телескопическая» конструкция горизонтальных дренажных скважин длиной до 200 м позволила создать надежный инструмент для оперативного осушения прибортового массива в сложных гидрогеологических условиях карьера АО «АГД ДАЙМОНДС». Зафиксированные высокие (до 30–40 м³/ч) водопритоки при сооружении скважин свидетельствуют о наличии в прибортовом массиве больших запасов подземных вод с высокими гидростатическими напорами, что способно негативно сказаться на устойчивости откосов борта карьера и эффективности работы горнотранспортного оборудования [13–15]. Необходимо продолжить работы по развитию

внутрикарьерного дренажа, в том числе с применением горизонтальных дренажных скважин.

Кроме использования горизонтальных дренажных скважин в качестве самостоятельных элементов дренажа для прибортового массива на карьерах, возможно их применение в составе более сложных систем, позволяющих формировать пространственный горизонтальный дренаж на некоторой глубине от поверхности. Такими системами являются лучевые дренажи, представляющие собой шахтный колодец (диаметром 4 м и глубиной, как правило, до 15 м) с пробуренными из него в радиальных направлениях горизонтальными дренажными скважинами. При этом шахтный колодец, выступающий в роли водосборника, может быть оборудован как насосной станцией, обеспечивающей перекачку дренажных вод в заданную точку на поверхности, так и нисходящей водосборной скважиной, по которой сток можно отводить в самотечном режиме (например, в подземную горную выработку или на нижний уступ борта карьера). Использование систем лучевого дренажа перспективно на постоянных бортах карьера, в пределах которых отсутствует необходимость подвигания фронта горных работ. Подобные проекты успешно реализованы на карьере АО «Стойленский ГОК», где для постоянной водозащиты основания железнодорожной станции «Новая» на юго-восточном борту карьера (абс. отм. +93 м) применен лучевой дренаж. Длина станции с учетом транспортных примыканий составляет более 2000 м. Основание станции представлено обводненными песчаноглинистыми грунтами, наличие подземных вод в которых создает риски снижения нормативной устойчивости как основания самой станции, так и уступа борта карьера в целом. Для безопасной эксплуатации станции создана система лучевых дренажей, состоящая из 14 водоприемных колодцев (глубина до 12,7 м), 13 водоперепускных колодцев (глубина до 12,1 м), 70 горизонтальных дренажных скважин (6700 м), 20 перепускных скважин (1100 м) и 8 водосборных скважин (730 м) [4]. Система полностью работает в самотечном режиме, весь поток дренажных вод централизованно отводят по водосборным скважинам в подземные горные выработки Дренажной шахты АО «Стойленский ГОК», расположенной по периметру карьера.


Отдельным перспективным направлением использования горизонтальных дренажных скважин являются особо

ответственные объекты горнодобывающей промышленности – хвостохранилища. Их долговременная и безопасная для окружающей среды эксплуатация во многом определяется надежной работой ограждающих сооружений (плотин и дамб) [16–18]. Одним из элементов обеспечения конструкционной устойчивости этих сооружений является формируемая на этапе строительства плотины дренажная система. Учитывая необходимость обеспечения высокой продолжительности существования хвостохранилища как в процессе активной деятельности горнодобывающего предприятия, так и на этапе его реконструкции, ликвидации и рекультивации, не всегда построенная в первоначальном виде дренажная система способна обеспечить поддержание депрессионной кривой в теле плотины на заданном проектном уровне [19, 20]. Для интенсификации процесса осушения тела ограждающих сооружений хвостохранилища (на любом его жизненном цикле: эксплуатации, реконструкции, ликвидации и рекультивации) целесообразно использование дополнительных дренажных устройств. Как правило, основными требованиями к ним являются необходимость осуществления строительных работ без нарушения целостности тела ограждающего сооружения, а также исключение суффозионного выноса в прифилтровой зоне дренажа. Системы водозащиты на основе самостоятельных горизонтальных дренажных скважин либо лучевых дренажей со скважинами полностью отвечают заявленным требованиям. Их строительство осуществляют буровым способом, при этом не требуется выполнение ширококомасштабных строительных работ, создающих риски снижения устойчивости ограждающих сооружений. Использование в составе фильтровых колонн дренажных скважин специальных фильтров с нанесенным на них фильтрующим покрытием из полиэтилена высокого давления (фильтра ФПЛД-105, ТУ-2291-049-22902507-08) полностью гарантирует отсутствие суффозионного выноса в прифилтровой зоне скважин.

Таким образом, использование горизонтальных дренажных скважин на объектах горнодобывающей промышленности отвечает задачам обеспечения необходимого уровня промышленной безопасности объектов, экономической оптимизации осуществления технологических процессов и снижает риски возникновения угроз нанесения вреда окружающей среде.

Библиографический список

1. Справочник по осушению горных пород / ред. И. К. Станченко. – М.: Недра, 1984. – 575 с.
2. Воронин А. А., Пономаренко Ю. В. Применение лучевых дренажей для осушения неоднородных в разрезе толщ горных пород // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Естественные науки. 2013. Вып. 25. № 24(167). С. 162–168.
3. Беляков С. И., Калягин И. А., Тимошков И. А., Пешков А. И., Дубровский В. Я. Горнобуровые технологии в защите карьеров от подземных вод // Горный журнал. 2011. № 6. С. 29–32.
4. Крючков А. В., Гензель Г. Н., Зайцев Д. А., Федоренко И. Н. Обеспечение фильтрационной устойчивости песчаных уступов борта карьера методом лучевого дренажа // Горный журнал. 2021. № 6. С. 27–31. DOI: 10.17580/gzh.2021.06.01
5. Tran D. H., Drebenstedt C. Effect of cavities shapes on the roughness friction factor in perforated and slotted horizontal wells used to dewater opencast mines // Горные науки и технологии. 2018. № 2. С. 9–13.
6. Struzina M., Müller M., Drebenstedt C., Mansel H., Jolas P. Dewatering of Multi-aquifer Unconsolidated Rock Opencast Mines: Alternative Solutions with Horizontal Wells // Mine Water and the Environment. 2011. Vol. 30. Iss. 2. P. 90–104.
7. Шорохов В. П., Радченко А. Т. Система осушения карьерного поля разреза «Бородинский» горизонтальными дренажными скважинами как альтернатива подземному способу // Уголь. 2013. № 6. С. 18–21.
8. Eichler R. A., Drebenstedt C. Innovative Dewatering Concepts for Open Cast Mines Using Horizontal Wells (HDD-Wells) // Mine Planning and Equipment Selection: Proceedings of the 22nd MPES Conference. – Cham: Springer, 2014. Vol. 1. P. 697–706.
9. Mansel H., Eichler R., Nitz M., Biedermann M., Blankenburg R. et al. Dewatering of Opencast Mines Using Model-Based Planned Horizontal Wells // 10th International Conference on Acid Rock Drainage & IMWA Annual Conference. – Santiago, 2015. Vol. 1. P. 1671–1680.
10. Епанцева Л. А., Фоменко С. В. Особенности формирования водопритоков к месторождению алмазов им. В. Гриба (Архангельская область) // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. 2020. № 4. С. 67–74.

11. Котлов С. Н., Шамшев А. А. Численное геофильтрационное моделирование горизонтальных дренажных скважин // ГИАБ. 2019. № 6. С. 45–55.
12. Еланцева Л. А., Зайцев Д. А., Фоменко С. В. Гидрогеологические прогнозы в целях осушения месторождения алмазов им. В. Гриба // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 7. С. 53–61.
13. Арсеньев А. И., Букин И. Ю., Мироненко В. А. Устойчивость бортов и осушение карьеров. — М.: Недра, 1982. — 165 с.
14. Kotlov S., Saveliev D., Shamshev A. Peculiarities of numerical modeling of the conditions for the formation of water inflows into open-pit workings when constructing the protective watertight structures at the Koashvinsky quarry // *Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: Proceedings of the 2018 European Rock Mechanics Symposium*. — London: Taylor & Francis Group, 2018. Vol. 1. P. 827–832.
15. Еланцева Л. А., Фоменко С. В. Повышение фильтрационной устойчивости бортов карьера им. В. Гриба // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022. № 3. С. 242–250.
16. McFadden T. T., Bennett F. L. *Construction in Cold Regions: A Guide for Planners, Engineers, Contractors, and Managers*. — New York: John Wiley & Sons, Inc., 1991. — 615 p.
17. Гузенков С. Н., Стефанишин Д. В., Финагенов О. М., Шульман С. Г. Надежность хвостовых хозяйств обогащительных фабрик. — Белгород: Везелица, 2007. — 674 с.
18. Береславский Э. Н., Александрова Л. А., Пестерев Е. В. Математическое моделирование фильтрационных течений под гидротехническими сооружениями // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Математика. Физика. 2009. Вып. 16. № 5(60). С. 32–46.
19. Joshi P., McLeod H. Effectiveness of geomembrane liners in minimizing seepage in tailings storage facilities — New knowledge // *Proceedings of the 26th International Congress on Large Dams*. — London: CRC Press, 2018. P. 368–381.
20. Gazzarini P., Siu D., Jungaro S. Construction of a Jet-Grouted Backup Seepage Cut-Off Wall in the John Hart North Earthfill Dam // *Grouting 2017: Jet Grouting, Diaphragm Walls, and Deep Mixing: Proceedings of the 5th International Conference*. — Honolulu, 2017. P. 92–101. 

«GORNYI ZHURNAL», 2022, № 11, pp. 33–38
DOI: 10.17580/gzh.2022.11.05

Horizontal well dewatering systems in mining: Experience and prospects

Information about authors

D. A. Zaitsev¹, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, zaitsev_d@bsu.edu.ru

G. N. Genzel², Deputy Director of Science and Design, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences

D. A. Edakin³, Head of Engineering Office

I. N. Fedorenko⁴, CEO

¹Institute of Earth Sciences, Belgorod State University, Belgorod, Russia

²NOVOTEK Technology and Expertise, Belgorod, Russia

³AGD Diamonds, Arkhangelsk, Russia

⁴Belspetsmontazh, Belgorod, Russia

Abstract

Almost all mineral deposits being currently mined occur in the zones of risk governed by difficult geology, geomechanics, hydrogeology and engineering geology. The main complication factor is often groundwater. The choice of a dewatering system depends on the natural conditions and mining technology at each specific deposit.

The article addresses issues of waterproof at an open pit mine of AGD Diamonds; the critical point here is pitwall rock mass dewatering. The performance of a horizontal well dewatering system as the internal pit drainage facility is described. The scope of the analysis embraces the current technology used in construction of horizontal wells of the optimized 'telescopic' structure and the size of stricken water inflows.

The visual effectivity of pitwall drainage using the horizontal dewatering wells consists in the reduced seepage of groundwater on the pitwall and in the decreased gravity moisture of overburden rocks. The horizontal dewatering wells create conditions for the controllable groundwater removal from the Pandun rock mass at the drainage depth to 150–200 m, which greatly reduces the overall number of flowing water sources on pitwall in the test surface mine of AGD Diamonds.

The concept is formulated for the efficient use of the horizontal well dewatering system as the permanent water protection of ultimate pitwall. The horizontal dewatering wells can be used as independent drainage elements and can be included in more complex systems generating an extended horizontal drainage at a certain depth from ground surface.

Keywords: drainage system, horizontal dewatering well, open pit mine, groundwater, water influx, drill rig ULB-130.

References

1. Stanchenko I. K. (Ed.). Reference book on dehumidifying of rocks. Moscow: Nedra, 1984, 575 p.
2. Voronin A. A., Ponomarenko Yu. V. Application of radial drainages to drain heterogeneous rock mass. *Nauchnye ведомosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*. 2013. No. 24(167). pp. 162–168.
3. Belyakov S. I., Kalyagin I. A., Timoshkov I. A., Peshkov A. I., Dubrovskiy V. Ya. Mining and boring technologies in context of quarries protection from underground water. *Gornyi Zhurnal*. 2011. No. 6. pp. 29–32.
4. Kryuchkov A. V., Genzel G. N., Zaitsev D. A., Fedorenko I. N. Stabilization of sand pit wall permeability using Ranney wells. *Gornyi Zhurnal*. 2021. No. 6. pp. 27–31. DOI: 10.17580/gzh.2021.06.01
5. Tran D. H., Drebenstedt C. Effect of cavities shapes on the roughness friction factor in perforated and slotted horizontal wells used to dewater opencast mines. *Mining Science and Technology*. 2018. No. 2. pp. 9–13.
6. Struzina M., Müller M., Drebenstedt C., Mansel H., Jolas P. Dewatering of Multi-aquifer Unconsolidated Rock Opencast Mines: Alternative Solutions with Horizontal Wells. *Mine Water and the Environment*. 2011. Vol. 30, Iss. 2. pp. 90–104.
7. Shorokhov V. P., Radchenko A. T., Borodinsky opencast mine field drainage with horizontal drainage boreholes as an alternative to the underground method. *Ugol*. 2013. No. 6. pp. 18–21.
8. Eichler R. A., Drebenstedt C. Innovative Dewatering Concepts for Open Cast Mines Using Horizontal Wells (HDD-Wells). *Mine Planning and Equipment Selection: Proceedings of the 22nd MPES Conference*. Cham: Springer, 2014. Vol. 1. pp. 697–706.
9. Mansel H., Eichler R., Nitz M., Biedermann M., Blankenburg R. et al. Dewatering of Opencast Mines Using Model-Based Planned Horizontal Wells. *10th International Conference on Acid Rock Drainage & IMWA Annual Conference*. Santiago, 2015. Vol. 1. pp. 1671–1680.
10. Elantseva L. A., Fomenko S. V. Origin of the water inflow at the Drib diamond mine (Arhangelsk region). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geologiya*. 2020. No. 4. pp. 67–74.
11. Kotlov S. N., Shamshev A. A. Numerical geo-flow modeling of horizontal drainage holes. *GIAB*. 2019. No. 6. pp. 45–55.
12. Elantseva L. A., Zaytsev D. A., Fomenko S. V. Hydrogeological forecasts for dewatering diamond deposit named after V. Grib. *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georresursov*. 2019. Vol. 330, No. 7. pp. 53–61.
13. Arsentev A. I., Bukin I. Yu., Mironenko V. A. Pitwall stability of drainage in opencast mines. Moscow: Nedra, 1982. 165 p.
14. Kotlov S., Saveliev D., Shamshev A. Peculiarities of numerical modeling of the conditions for the formation of water inflows into open-pit workings when constructing the protective watertight structures at the Koashvinsky quarry. *Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: Proceedings of the 2018 European Rock Mechanics Symposium*. London: Taylor & Francis Group, 2018. Vol. 1. pp. 827–832.
15. Elantseva L. A., Fomenko S. V. Improving of filtration stability of the quarry sides named by V. Grib. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2022. No. 3. pp. 242–250.
16. McFadden T. T., Bennett F. L. *Construction in Cold Regions: A Guide for Planners, Engineers, Contractors, and Managers*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1991. 615 p.
17. Guzenkov S. N., Stefaniшин D. V., Finagenov O. M., Shulman S. G. Reliability of tailings farms of processing plants. Belgorod: Vezelitsa, 2007. 674 p.
18. Bereslavskii E. N., Aleksandrova L. A., Pesterev E. V. Mathematical modeling of some filtration currents under hydraulic engineering constructions. *Nauchnye ведомosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Matematika. Fizika*. 2009. Vol. 16, No. 5(60). pp. 32–46.
19. Joshi P., McLeod H. Effectiveness of geomembrane liners in minimizing seepage in tailings storage facilities—New knowledge. *Proceedings of the 26th International Congress on Large Dams*. London: CRC Press, 2018. pp. 368–381.
20. Gazzarini P., Siu D., Jungaro S. Construction of a Jet-Grouted Backup Seepage Cut-Off Wall in the John Hart North Earthfill Dam. *Grouting 2017: Jet Grouting, Diaphragm Walls, and Deep Mixing: Proceedings of the 5th International Conference*. Honolulu, 2017. pp. 92–101.