

УДК 622.514

**ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОГО ВОДОПРИТОКА
НА РАБОТУ СИСТЕМЫ ГЛАВНОГО ВОДООТЛИВА РУДНИКА**

Н. П. Овчинников¹, И. В. Зырянов²

¹Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова,
E-mail: np.ovchinnikov@s-vfu.ru, ул. Кулаковского, 50, 677000, г. Якутск, Россия

²Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова,
E-mail: zyryanoviv@inbox.ru, ул. Тихонова, 5, корп. 1, 678170, г. Мирный, Россия

Рассмотрено влияние водопритока на работу главной водоотливной установки подземного рудника “Удачный” АК “АЛРОСА”. Установлено, что содержание твердых частиц в шахтных водах повышается при росте водопритока в рудник. Предложен способ по недопущению попадания в рудник в теплое время года дополнительного водопритока, обусловленного планируемым демонтажем одной из насосных станций из-за осыпей бортов нерабочего карьера. Рассчитан ожидаемый срок окупаемости предлагаемого технологического решения.

Подземный кимберлитовый рудник, загрязненная шахтная вода, финансовые затраты, главная водоотливная установка, механические примеси, повышенный водоприток, теплое время года, проходка водосборников

DOI: 10.15372/FTPRPI20230217

Для обеспечения безаварийного и бесперебойного функционирования подземного рудника или угольной шахты необходимо на должном уровне уделять внимание вопросам, касающимся безопасности эксплуатации системы водоотведения [1]. После затопления в августе 2017 г. рудника “Мир”, повлекшего за собой гибель шахтеров, и дальнейшей его консервации на неопределенный срок проблемы, связанные с водоотливом на действующих рудниках АК “АЛРОСА”, требуют приоритетных решений.

Наиболее ответственным структурным элементом системы водоотведения любого подземного горного предприятия является главная водоотливная установка, так как она обеспечивает откачку общего водопритока.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

К настоящему времени откачка насосным оборудованием главной водоотливной установки шахтных вод из подземного кимберлитового рудника “Удачный”, представленных преимущественно хлоридными кальциевыми рассолами [2, 3], характеризуется высокой стоимостью. Основные затраты при эксплуатации насосного оборудования данной водоотливной установки приходятся: на его электропотребление S_1 , капитальные ремонты S_2 и ремонты узла гидравлической пяты S_3 , составляющие 80 % от текущих ремонтов [4, 5]. За семь лет (2016–2021 гг.) сумма статей затрат S выросла более чем в 2 раза (рис. 1).

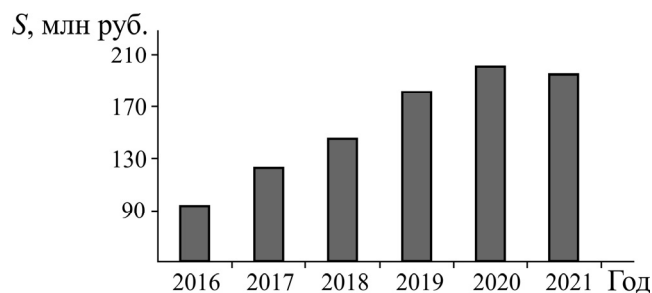


Рис. 1. Распределение затрат по основным статьям расходов на эксплуатацию насосного оборудования главной водоотливной установки

В [4] установлено, что одна из ключевых причин повышения затрат на эксплуатацию насосов рудника — ухудшение их работоспособности в результате активизации гидроабразивного изнашивания деталей проточной части. Скорость протекания во многом определяется содержанием твердого продукта в откачиваемых шахтных водах [6–10]. За наблюдаемый период времени среднее значение концентрации механических примесей k в шахтных водах, откачиваемых из водосборников рассматриваемой водоотливной установки, повысилась с 7 до 17 г/л.

В связи с ухудшением условий работы насосного оборудования в настоящее время на горнорудном предприятии рассматриваются различные технологические решения, направленные на снижение негативного воздействия загрязненных шахтных вод и недопущение его дальнейшего роста.

Наблюдается тесная взаимосвязь между средней концентрацией примесей k и затратами на эксплуатацию насосного оборудования (рис. 2).

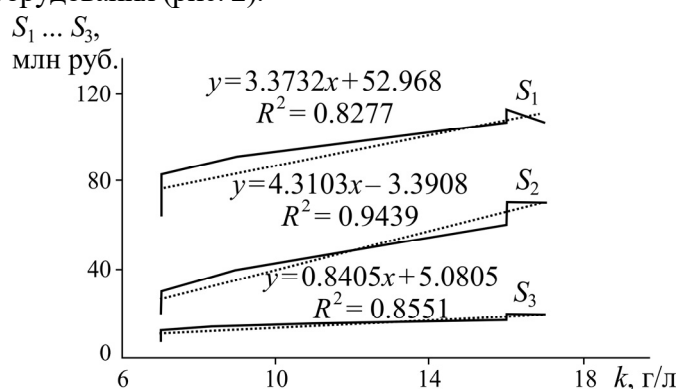


Рис. 2. Зависимость затрат на эксплуатацию насосного оборудования главной водоотливной установки $S_1 \dots S_3$ от средней концентрации механических примесей в шахтных водах k

Наибольшие затраты на эксплуатацию насосного оборудования наблюдались в 2020 г. (рис. 1), когда загрязненность шахтных вод не достигала максимального значения. Одной из причин данному факту могла послужить изменчивость годового водопритока в рудник q в течение наблюдаемого периода времени (рис. 3).

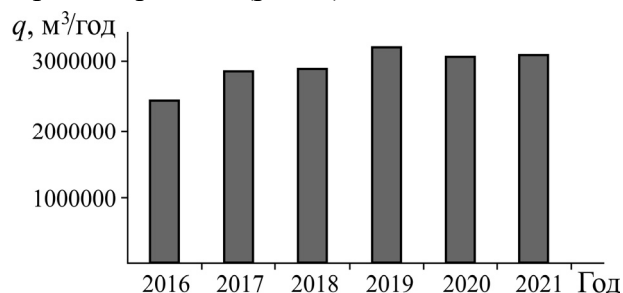


Рис. 3. Динамика изменения годового водопритока в рудник q

Цель настоящей работы — исследование влияния повышенного водопритока в рудник на содержание твердого продукта в шахтных водах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно наблюдениям, одним из источников формирования твердой фазы шахтных вод является кимберлитовая руда, просыпанная с лент конвейеров в результате отказов очистителей. В дальнейшем она увлекается в водосборные горные выработки потоком шахтных вод по водоотливным канавкам со скоростью v_b :

$$v_b = \frac{q_{\text{ч}}}{s},$$

где $q_{\text{ч}}$ — водоприток в рудник, $\text{м}^3/\text{ч}$; s — поперечное сечение водоотливной канавки, м^2 .

Практика показывает, что для рудника в период с мая по сентябрь характерно существенное повышение водопритока. Пиковые значения обычно приходятся на июль. Скорость v_b в июле увеличивается в среднем в 1.5 раза по сравнению с месяцами с отрицательными температурами, что приводит к увеличению выноса в водосборные горные выработки главной водоотливной установки механических примесей.

Результаты мониторинга, проведенного с января 2019 г. по октябрь 2020 г., свидетельствуют, что при водопритоке $q_{\text{сут}}$, достигающем пиковых значений, объемное содержание твердых частиц в шахтных водах c может составлять до 9 % при средних 5–6 % (рис. 4). С ростом водопритока в рудник наблюдается увеличение количества механических примесей, перекачанных вместе с водой насосным оборудованием.



Рис. 4. Динамика изменения объемного содержания твердых частиц в шахтных водах c и суточного водопритока в рудник $q_{\text{сут}}$ за период с января 2019 г. по октябрь 2020 г.

В настоящее время проводится демонтаж насосных станций вследствие осыпей бортов нерабочего карьера “Удачный”. В ближайшей перспективе планируется демонтаж насосной станции, расположенной на горизонте “отм. +115”. В теплое время года водоприток в рудник может значительно увеличиться, так как вывод насосных станций из рабочего состояния будет способствовать дополнительному прохождению талых (поверхностных) вод. Из рис. 5 видно, что суточный водоприток в рудник q_d при таких обстоятельствах в среднем дополнительно повысится на $930 \text{ м}^3/\text{сут}$.

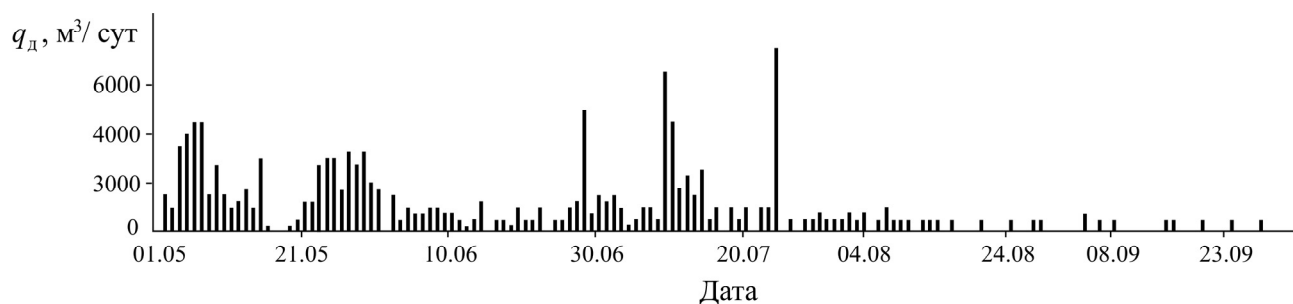


Рис. 5. Водоприток поверхностных вод q_d , откаченных насосной станцией в теплое время года (данные на 2021 г.)

Отметим, что прогнозируемое ухудшение гидрогеологической обстановки может негативно сказаться не только на затратах на эксплуатацию главной водоотливной установки рудника, но и на надежности ее функционирования.

ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Основным источником формирования талых вод являются снегоотложения, расположенные выше поверхности карьера. При наступлении теплого времени года образовавшаяся в результате таяния снега вода стекает с бортов карьера на нижележащие горизонты преимущественно в местах наибольшего уклона (рис. 6). Именно в данных зонах, которые отмечены на рисунке, с целью минимизации объема поступающих талых вод в рудник предлагается строительство двух водосборников.

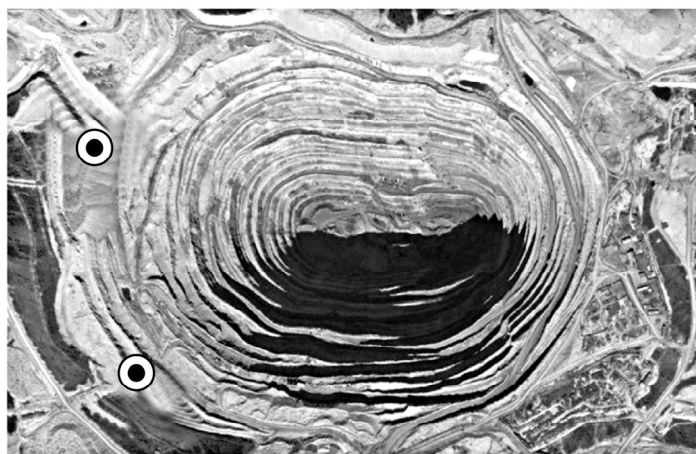


Рис. 6. Предлагаемые места для строительства водосборников в бортах карьера

Расчетная минимальная вместимость каждого из проектных водосборников $V_{\text{п}}$ определяется следующим образом $V_{\text{п}} = q_{\text{дmax}} \cdot t / 24 = 7500 \cdot 1 / 24 = 312.5 \text{ м}^3$, где $q_{\text{дmax}}$ — максимальный суточный водоприток поверхностных вод, откаченных насосной станцией, $\text{м}^3/\text{сут}$ (см. рис. 5); t — минимальное время пребывания максимального водопритока в проектном водосборнике, ч.

Исходя из емкости водосборников, рассчитаны их геометрические размеры (с учетом рельефа местности): вместимость 312.5 м^3 ; длина $\sim 20 \text{ м}$; ширина $\sim 5 \text{ м}$; глубина $\sim 3 \text{ м}$. Поступающие в проектные водосборники поверхностные воды будут перекачиваться в резервуары насосной станции отведения шахтных вод, а оттуда — в узел обратной закачки шахтных и дренажных вод.

РАСЧЕТ ОКУПАЕМОСТИ ПРЕДЛАГАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

Ожидаемый срок окупаемости предлагаемого технологического решения T составил один год и определялся следующим образом: $T = (S_{\text{в}} + S_{\text{э}}) / (S_{\text{н}} + S_{\text{пдм}}) = (6.25 + 1.9) / (8.85 + 0.91) \approx 1$ год, где $S_{\text{в}}$ — ожидаемые финансовые затраты на проходку проектных водосборников, млн руб.; $S_{\text{э}}$ — ожидаемые финансовые затраты на электропотребление и ремонты насосного оборудования, проектной насосной станции, млн руб.; $S_{\text{н}}$ — ожидаемые финансовые затраты на электропотребление и ремонты насосного оборудования главной водоотливной установки рудника в теплое время года, обусловленные дополнительным водоприток в рудник, млн руб.; $S_{\text{пдм}}$ — ожидаемые финансовые затраты на ремонты ПДМ подземного механоэнергетического участка (ПМЭУ), обусловленные откаткой в теплое время года дополнительного объема ило-шламовых отложений, млн руб.

Затраты составляют $S_{\text{в}} = 2V_{\text{п}}z = 2 \cdot 312.5 \cdot 0.01 = 6.25$ млн руб., здесь z — ожидаемые финансовые затраты на проходку проектных водосборников, млн руб. Затраты $S_{\text{э}}$ приняты равными фактическим затратам на эксплуатацию насосного оборудования насосной станции в 2021 г.

Для расчета показателей $S_{\text{н}}$ и $S_{\text{пдм}}$ использовались данные за 2021 г.:

$$S_{\text{н}} = \frac{A_{\text{д}} S}{A_{\text{г}}} = \frac{141512 \cdot 195.2}{3121000} = 8.85 \text{ млн руб.},$$

$A_{\text{д}}$ — суммарный объем карьерных вод, откачанных в теплое время года насосной станцией, м³; S — финансовые затраты на электропотребление и ремонты насосного оборудования главной водоотливной установки рудника, млн руб.; $A_{\text{г}}$ — суммарный годовой объем шахтных и карьерных вод, поступающих в рудник, м³.

$$S_{\text{пдм}} = \frac{kxV_1A_{\text{д}}}{VA_{\text{г}}} = \frac{0.35 \cdot 117.7 \cdot 8352 \cdot 141512}{17100 \cdot 3121000} = 0.91 \text{ млн руб.},$$

где k — коэффициент, учитывающий среднюю долю отказов погрузочно-доставочных машин ПМЭУ, наступивших в результате контакта с ило-шламовыми отложениями во время их погрузки (согласно производственным данным, такие отказы составляют 30–40 % от общего числа); x — затраты на текущие и капитальные ремонты погрузочно-доставочных машин ПМЭУ, млн руб.; V_1 — суммарный годовой объем вывозимых ило-шламовых отложений из главных водосборных горных выработок, м³; V — суммарный годовой объем вывозимых из рудника ило-шламовых отложений, м³.

ВЫВОДЫ

Для эффективной эксплуатации насосного оборудования главной водоотливной установки рудника “Удачный” исследовано влияние на его работу повышенного водопритока. Показано, что рост водопритока в рудник влечет за собой увеличение количества механических примесей, перекачанных насосным оборудованием. В связи с планируемым демонтажем одной из насосных станций по причине осыпей бортов карьера предложен способ минимизации попадания в теплое время года дополнительного водопритока в рудник, составляющего в среднем 930 м³/сут. Согласно выполненным расчетам, предлагаемое технологическое решение окупится в течение одного года эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Никольский А. М.** Комплексный подход в рассмотрении вопросов современного водоотлива // ГИАБ. — 2001. — № 8. — С. 141–144.
2. **Дроздов А. В.** Оценка возможности закачки дренажных рассолов карьера и рудника “Удачный” в среднекембрийский водоносный комплекс // Вестн. ИГТУ. — 2013. — № 7. — С. 32–40.
3. **Дроздов А. В.** Горно-геологические и технологические проблемы при строительстве подземного рудника “Удачный” // ГИАБ. — 2015. — № 2. — С. 125–131.
4. **Овчинников Н. П., Зырянов И. В.** Комплексная оценка последствий влияния загрязненных шахтных вод на эффективность системы водоотведения из рудника “Удачный” // Горн. журн. — 2022. — № 7. — С. 95–99.
5. **Овчинников Н. П., Зырянов И. В.** Оценка долговечности секционных насосов подземных кимберлитовых рудников АК “АЛРОСА” // Горн. журн. — 2017. — № 10. — С. 41–44.
6. **Тимохин В. Ю., Паламарчук Н. В.** Результаты исследований осевой силы ротора и параметров автоматических уравнивающих устройств центробежных секционных насосов // Сб. науч. тр. Донецкого института железнодорожного транспорта. — 2017. — № 45. — С. 32–42.
7. **Долганов А. В.** Влияние износа элементов проточной части шахтных насосов ЦНС(К) 300-360 на режимы их работы // Изв. УГГУ. — 2012. — Т. 27-28. — С. 110–113.
8. **Долганов А. В.** Влияние гидроабразивного износа элементов проточной части на эксплуатационные качества центробежных насосов медно-колчеданных рудников // ГИАБ. — 2015. — № 8. — С. 181–186.
9. **Сосновский С. В., Селькин В. П.** Влияние перекачиваемой среды на интенсивность изнашивания щелевых уплотнений центробежных насосов // Трение и износ. — 2013. — Т. 34. — № 2. — С. 171–174.
10. **Олизаренко В. В., Мингажев М. М.** Определение времени заиливания и периодичности очистки главных водосборников подземных рудников // ГИАБ. — 2010. — № 6. — С. 27–30.

Поступила в редакцию 15/XII 2021

После доработки 10/III 2023

Принята к публикации 16/III 2023