

в подземные горные выработки калийных и соляных рудников в случае нарушения водозащитных отложений. Катастрофическое поступление агрессивных пресных вод (рассолов) в нарушенные трещиноватостью водозащитные отложения, содержащие легкорастворимые породы, неотвратимо приводит к затоплению выработанного пространства.

Анализ ведения закладочных работ, их эффективность в районе аварии на руднике БКПРУ-1 ОАО «Уралкалий» показал, что процесс и технология ведения закладочных работ не могли являться самой причиной аварии [1]. Причину аварии на руднике объясняла совокупность геологических и техногенных факторов [18].

К геологическим факторам относятся выявленное в процессе специальных исследований наличие аномальных особенностей геологического строения водозащитной толщи и надсоляных пород, которые впервые обнаружены после аварии и не учитывались в нормативно-технических документах по безопасной эксплуатации месторождения.

К техногенным факторам, способствующим возникновению и развитию аварийной ситуации, следует отнести:

- параметры камерной системы разработки пластов АБ и КрII определены исходя из предполагаемой длительности устойчивости кровли камер и междуканальных целиков на весь период отработки шахтного поля, что на практике не подтвердилось;

- не учтено влияние на активизацию процессов сдвижений горных пород и оседаний земной поверхности в период длительного срока эксплуатации месторождения значительных, постоянно возрастающих площадей отработки и объемов выработанного пространства, а также повторной подработки уже деформированных налегающих пород (в результате отработки пласта АБ) горными работами по пласту КрII.

Перечисленные техногенные факторы обусловлены недостаточным уровнем развития техники и технологии того времени. Техногенные факторы явились следствием использования в первоначальный период отработки шахтного поля рудника БКПРУ-1 несовершенных нормативно-технических документов по безопасному ведению горных работ.

Учитывая наличие на аварийном участке шахтного поля аномального строения, которое было определено и квалифицировано уже после аварии, и то, что новые нормативные технологические документы, регламентирующие закладочные работы, зоны смягчения и другие, были разработаны уже после фактически произведенной отработки этого участка шахтного поля, при сложившемся стечении обстоятельств было невозможно спрогнозировать возникновение аварийной ситуации. Как следствие, при данных условиях, аварию невозможно было и предотвратить.

Итак, учитывая на примере установления причин и обстоятельств аварии на руднике БКПРУ-1 ОАО «Уралкалий» сложность проблемы прогнозирования и защиты рудников от затопления, постоянное возникновение аварийных ситуаций в мировой практике [19], представляется целесообразным выполнять на современном техническом уровне в достаточном объеме организационно-технические мероприятия по минимизации рисков затопления калийных рудников, имеющих следующие цели:

- совершенствование методических положений нормативного документа по защите рудников от затопления в части классификации аномальных особенностей строения ВЗТ и оценке условий ее подработки на потенциально опасных участках;

- расширение рамок геомеханического обеспечения, направленного на применение методов математического моделирования состояния ВЗТ и уточнение адекватных критериев нарушения ее сплошности;

- оценки возможности (допустимости) определения относительных горизонтальных деформаций земной поверхности и горного массива через деформации кривизны в конкретных условиях.

Принимая во внимание вышеизложенное, можно заключить, что актуальными и эффективными средствами предотвращения неконтролируемых водопритоков в горные выработки должны стать предупредительные мероприятия, в частности сооружение гидроизоляционных перемычек, позволяющих изолировать потенциально опасные участки [19].

Особую составляющую снижения геоэкологической нагрузки в районе работ калийных предприятий приобретают вопросы, связанные с разработкой новых способов складирования отходов обогащения при организации хвостовых хозяйств, позволяющих сократить рост площадей, используемых для размещения этих отходов. Снизить техногенную нагрузку можно за счет уменьшения изъятия дополнительных площадей под солеотвалы, используя при этом отработанные шламохранилища в качестве оснований при расширении солеотвалов.

Так, в настоящее время ОАО «Белгорхимпром» продолжает разработку и реализацию проекта опытно-промышленного участка по складированию галитовых отходов на шламохранилище 3 РУ ОАО «Беларуськалий» способом гидронамыва. Намыв галитовых отходов на поверхность отработанного шламохранилища предусмотрен до образования угла намыва солеплиты (пласт-плиты) 1,5°. Формирование конечного профиля (с точки намыва) осуществляется с дополнительным использованием бульдозерной техники. Реализация проекта начата в 2005 году и осуществляется по настоящее время (рис. 3).

Исследованиями установлено [20; 21], что формирование солеотвала предпочтительно осуществлять гидронамывом галитовых отходов (смеси галитовых и шламовых отходов) рассредоточенно по всей поверхности солеплиты до проектной отметки формируемого солеотвала, но не ниже отметки +207,25 м. Гидронамыв предполагает процесс намыва галитовых отходов вместе с рассолом.

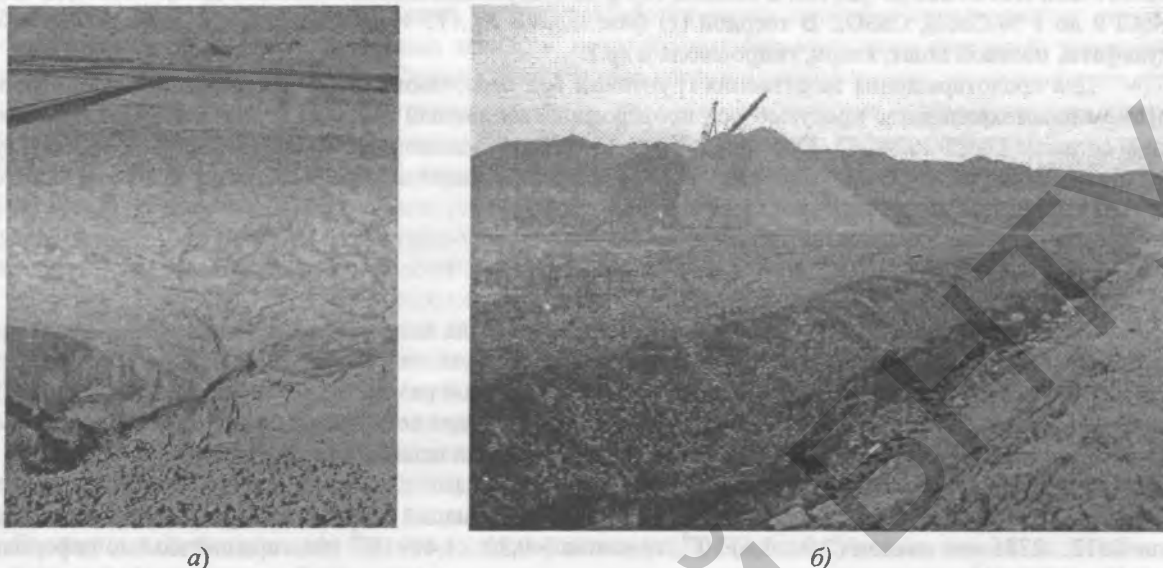


Рис. 3. Общий вид опытно-промышленного участка по складированию солеотходов на отработанном шламохранилище ЗРУ ОАО «Беларуськалий» в июне 2006 (а) и ноябре 2012 года (б)

Угол откоса формируемого отвала не должен превышать 45° , а вдоль ограждающих дамб по периметру формируемого отвала должен быть предусмотрен разрыв между ними и основанием солеплиты, составляющий 10...15 м. На участках наращивания дамб необходимо усилить их бермами шириной не менее 10 м. При достижении мощности намыва 29...30 м на всей площади шламохранилища в случае нарушения состояния намывного грунта и опасности дальнейшего его намыва возможно рассмотреть случай сухой отсыпки из галитовых отходов, а также формирование солеотвала из обезвоженных глинисто-солевых шламов. Установлено, что одним из способов складирования отходов может быть обезвоживание шламовых отходов и их складирование всухую, отдельно от галитовых отходов либо совместно с ними. Исследования показали возможность обезвоживания глинисто-солевого шлама с получением продукта влажностью около 30 %. Обезвоженный продукт имеет физико-химические и механические свойства, дающие возможность транспортировать его и складировать совместно с галитовыми отходами.

Анализ исследований физико-механических свойств смеси галитовых и стуженных глинисто-солевых шламов показывает, что наиболее рационально складировать в отвал смесь галитовых и шламовых отходов при содержании в смеси шлама 17...20 %. Шлам и галитовые отходы должны поступать в отвал уже перемешанными. Указанное содержание глинистых шламов является оптимальным и не вызывает существенного изменения показателей общей прочности смеси, а по сравнению со свежими чистыми галитами даже несколько ее повышает [22].

Правильное представление об изменении физико-механических свойств отходов обогащения калийного производства имеет существенное практическое значение для прогнозирования развития хвостового хозяйства калийных предприятий и, как следствие, снижения техногенной нагрузки в районе ведения горных работ по складированию отходов калийного производства.

Снижение геоэкологической нагрузки в районе работ калийных предприятий возможно за счет реконструкции действующих шламохранилищ калийного производства.

Так, эксплуатируемое шламохранилище четвертого рудоуправления ОАО «Беларуськалий» (далее – шламохранилище 4РУ), с учетом расчетного объема шламовых отходов 0,7 млн. м³/год до 2015 года и 0,9 млн. м³/год с 2015 года, будет заполнено к 2016 году. Реконструкция северной карты с получением дополнительной емкости 9,9841 млн. м³ для складирования шламов обеспечит 4РУ емкостями до 2027 года. Таким образом, реконструкция обусловлена необходимостью обеспечения поддержания производственных мощностей 4РУ после 2015 года, когда ожидается заполнение существующих карт шламохранилища 4РУ до проектной отметки.

Для поэтапного ввода в эксплуатацию новых емкостей реконструкция северной карты шламохранилища 4РУ предусматривается в три пусковых комплекса. Строительство первого пускового комплекса пла-

нируется завершить к 2016 году, второго – в 2017, третьего – в 2019 году. В результате реконструкции общая емкость северной карты составит 14,27 млн. м³, в том числе дополнительная емкость – 9,984 млн. м³. Шламохранилище будет располагаться на площади 127,7 га, в том числе на вновь отведенной – 67,0 га.

Складированные в шламохранилище 4РУ отходы – глинисто-солевые шламы (ж : т = 1), содержание солей NaCl, KCl от 200 до 220 г/л. В жидкой (ж) фазе содержание шлама составляет до 8,5 % KCl, до 13,5 % NaCl и до 1 % CaCl₂, CaSO₄. В твердой (т) фазе шлама 70...75 % нерастворимого остатка (карбонаты, сульфаты, полевой шпат, кварц, гидрослюда и др.).

Для предотвращения загрязнения грунтовых вод рассолами с содержанием KCl, NaCl в проектируемом шламохранилище предусмотрен противофильтрационный экран из полиэтиленовой пленки марки В согласно ГОСТ 10354-82. Конструкция экрана позволяет использовать материалы, производимые предприятиями Республики Беларусь. Отметим, что в шламохранилище предполагается хранение глинисто-солевых шламов и рассолов, относящихся к четвертому классу опасности (Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 31.12.2010 № 63). После 2036 года шламохранилище будет подрабатываться горными работами, проводимыми на Втором и Третьем калийных горизонтах столбовой системой разработки с валовой выемкой руды.

Согласно прогнозным данным, площадка строительства подвержена вредному влиянию деформаций земной поверхности на конец процесса сдвижения от отработки Второго (горизонт –440 м) и Третьего (горизонт –670 м) калийных горизонтов столбовой системой разработки с валовой выемкой руды. Так, очистная выемка руды горизонта –440 м (2038–2061 гг.) будет вестись лавами длиной ~250 м и вынимаемой мощностью ~2,3 м. Очистная выемка руды (отработка целиков) горизонта –670 м (2062–2077 гг.) будет вестись в сложных горно-геологических условиях лавами длиной от 100 до 200 м и вынимаемой мощностью ~2,2 м. Проектные величины ожидаемых деформаций составят следующие значения: оседание 2012...2386 мм, наклон $(2,9...3,6) \cdot 10^{-3}$, кривизна $(-0,30...1,41) \cdot 10^{-4}$ 1/м, горизонтальные деформации $(-0,35...2,80) \cdot 10^{-3}$.

В этой связи особую актуальность приобретают задачи исследований, связанные с геоэкологической оценкой возможности применения противофильтрационного экрана из полиэтиленовой пленки в условиях прогнозируемого воздействия на него пригрузки от шламов и деформаций от подработки горными работами для обеспечения геоэкологической безопасности реконструируемых шламохранилищ калийного производства, в частности района эксплуатации северной карты шламохранилища 4РУ.

В этой связи исследованы прочностные характеристики полиэтиленовой пленки, их изменение в условиях воздействия нагрузок; изучена возможность использования противофильтрационного экрана из полиэтиленовой пленки в условиях воздействия на него пригрузки от шламов и деформаций от подработки горными работами.

Установлено [23], что применение противофильтрационного экрана из полиэтиленовой пленки в условиях прогнозируемого воздействия на него давления от шламов и деформаций от подработки горными работами Второго (горизонт –440 м) и Третьего (горизонт –670 м) калийных горизонтов, где очистная выемка руды будет соответственно вестись лавами длиной ~250 м с вынимаемой мощностью ~2,3 м и лавами длиной от 100 до 200 м с вынимаемой мощностью ~2,2 м, при эксплуатации северной карты шламохранилища 4РУ обеспечивает геоэкологическую безопасность при толщине пленки как минимум 0,20 мм.

Исследование прочностных свойств полиэтиленовой пленки в условиях воздействия на нее давления от шламов и деформаций от подработки горными работами, а также испытания пленки на водонепроницаемость, позволили установить, что предусмотренная проектом [24] полиэтиленовая пленка марки В толщиной 0,20...0,35 мм полностью обеспечивает защиту грунтовых вод от минерализации и не требует увеличения ее толщины при условии обеспечения проектных требований по ее укладке.

Учет прочностных свойств противофильтрационного экрана позволит оптимизировать затраты на реконструкцию шламохранилищ, прогнозировать и снижать геоэкологические последствия при складировании шламовых отходов в условиях их подработки.

Заключение. Интенсификация подземной разработки калийных месторождений, принимая во внимание возрастающий мировой спрос на калийную продукцию, влечет негативные геоэкологические последствия, являющиеся катализаторами социально-экономических ущербов. Снижение или предотвращение геоэкологических последствий в процессе эксплуатации калийных месторождений может быть реализовано только при системном подходе к прогнозированию результатов техногенных воздействий.

Так, снизить геоэкологические последствия в процессе ведения подготовительных и очистных работ возможно минимизацией эксплуатационных потерь калийной руды за счет внедрения беспеликовой выемки калийных пластов с использованием технологических схем подготовки и отработки участков шахтных полей ограниченных размеров, в том числе на локальных участках, для условий ограниченных объемов шахтного строительства, для сложных условий разработки, принимая во внимание применение эффективных дегазационных мероприятий и мероприятий по разгрузке массива от горного давления.

Минимизацию рисков затопления калийных рудников следует рассматривать за счет эффективных средств предотвращения неконтролируемых водопритокков в горные выработки, которыми должны стать предупредительные мероприятия, в частности сооружение гидроизоляционных перемычек, позволяющих изолировать потенциально опасные участки.

Снижение геоэкологической нагрузки в районе работ калийных предприятий в процессе обогащения калийных руд следует рассматривать за счет разработки новых способов складирования отходов обогащения при организации хвостовых хозяйств, позволяющих сократить рост площадей, используемых для размещения этих отходов. Снизить техногенную нагрузку можно за счет уменьшения изъятия дополнительных площадей под солеотвалы, используя при этом отработанные шламохранилища в качестве оснований при расширении солеотвалов. Одновременно снижение геоэкологической нагрузки в районе работ калийных предприятий возможно за счет реконструкции действующих шламохранилищ калийного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ уровня развития техники и технологий ведения горных работ в рамках проведения комплексной экспертизы по установлению причин и обстоятельств аварии на опасном производственном объекте БКПРУ-1 ОАО «Уралкалий» в октябре 2006 года: отчет о НИР / БНТУ; рук. темы В.И. Глуховский; исполн.: А.А. Кологривко [и др.]. – Минск, 2009. – 72 с.
2. Анализ состояния проблемы складирования отходов калийных предприятий на поверхности земли в мировой практике: отчет о НИР / БНТУ; рук. темы В.И. Глуховский; исполн.: А.А. Кологривко [и др.]. – Минск, 2009. – 56 с.
3. Смычник, А.Д. Геоэкология калийного производства / А.Д. Смычник, Б.А. Богатов, С.Ф. Шемет. – Минск: ЗАО «Юнипак», 2005. – 204 с.
4. Колпашников, Г.А. Техногенез и геологическая среда / Г.А. Колпашников. – Минск: Белорус. нац. техн. ун-т, 2006. – 182 с.
5. Гледько, Ю.А. Геоэкологические последствия горнодобывающей деятельности в Белорусском Полесье / Ю.А. Гледько, Е.Б. Антипин // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. – 2003. – № 1. – С. 69–78.
6. Андрейко, С.С. Оценка возможности формирования скоплений свободных газов в выработанном пространстве карналлитового пласта «В» при затоплении рудника БКПРУ-1 ОАО «Уралкалий» / С.С. Андрейко // Горная механика. – 2009. – № 3. – С. 12–17.
7. Шемет, С.Ф. Прогнозирование и предотвращение геоэкологических последствий подземной разработки калийных месторождений / С.Ф. Шемет, А.А. Кологривко // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 8-й междунар. конф. по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, Тула, 1–2 нояб. 2012 г.: в 2 т. / Тул. гос. ун-т; ред.: Р.А. Ковалев. – Тула, 2012. – Т. 1. – С. 105–112.
8. Пономаренко, Т.В. Характер и масштабы последствий крупных аварий на горных предприятиях: корпоративный, региональный и национальный уровни / Т.В. Пономаренко // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 8-й междунар. конф. по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, Тула, 1–2 нояб. 2012 г.: в 2 т. / Тул. гос. ун-т; ред.: Р.А. Ковалев. – Тула, 2012. – Т. 2. – С. 271–278.
9. Петровский, Б.И. Перспективы бесцеликовой выемки калийных пластов на Старобинском месторождении / Б.И. Петровский, В.С. Зубович // Горный журнал. – 2003. – № 1. – С. 31–34.
10. Бесцеликовые технологические схемы слоевой выемки Третьего калийного пласта / Б.И. Петровский [и др.] // Вопросы геомеханики подземной добычи калийных солей: сб. ст. Горного информационно-аналитического бюл. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2003. – № 10. – С. 3–16.
11. Повышение эффективности отработки калийных пластов Старобинского месторождения на глубоких горизонтах / В.Я. Щерба, В.Я. Прушак, Б.И. Петровский // Экономика и организация калийного производства: сб. ст. Горного информационно-аналитического бюл. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2003. – № 10. – С. 3–10.
12. Кологривко, А.А. Технологические схемы бесцеликовой отработки калийных пластов в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях / А.А. Кологривко, С.Н. Дакуко // Горная механика. – 2009. – № 4. – С. 48–59.
13. Дакуко, С.Н. Технология отработки калийных пластов с минимальными потерями полезного ископаемого: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / С.Н. Дакуко. – Минск, 2010. – 190 с.
14. Кологривко, А.А. Возможность повышения добычи энергетических углей в условиях шахты «Шахтерская-Глубокая» (Донбасс) / А.А. Кологривко // Энергетика... Изв. высш. учеб. заведений и энергетических объединений СНГ. – 2001. – № 6. – С. 88–91.

15. Кологривко, А.А. Перспективы применения бесцеликовых схем подготовки пластов при ограниченных объемах шахтного строительства / А.А. Кологривко // Горная механика. – 2008. – № 4. – С. 41–51.
16. Андрейко, А.А. Борьба с газодинамическими явлениями из почвы подготовительных выработок при ведении горных работ на I калийном горизонте рудника 1РУ / А.А. Андрейко // Горная механика. – 2009. – № 4. – С. 5–10.
17. Кологривко, А.А. Применение способа взрывоуплотнения горных пород в промышленности / А.А. Кологривко // Горная механика. – 2003. – № 1. – С. 79–81.
18. Шемет, С.Ф. Предотвращение водопритоков на калийных рудниках / С.Ф. Шемет, А.А. Кологривко // Наука – образованию, производству, экономике: материалы десятой междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19 апр. 2012 г.: в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: Б.М. Хрусталева, Ф.А. Романюк, А.С. Калининченко. – Минск, 2012. – Т. 3. – С. 14–15.
19. Новые способы защиты от рудничных водопритоков с помощью гидроизоляционных перемычек / А.Д. Смыччик [и др.]. // Горная механика и машиностроение. – 2010. – № 3. – С. 41–45.
20. Оценка технического состояния пласт-плиты на шламохранилище ЗРУ и расчет устойчивости солеотвала на слабом основании для архитектурного проекта «ОПУ по складированию галитовых отходов на шламохранилище ЗРУ способом гидронамыва. Вторая очередь»: отчет о НИР / БНТУ; рук. темы А.А. Кологривко; исполн.: А.А. Кологривко [и др.]. – Минск, 2012. – 137 с. – № ГР 20123395.
21. Формирование солеотвала из галитовых отходов способом гидронамыва / М.А. Журавков [и др.]. // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сб. науч. тр. 9-й междунар. конф. по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики / Белорус. нац. техн. ун-т; ред. А.Б. Копылов, И.А. Басалай. – Минск, 2013. – С. 246–253.
22. Исследование прочностных характеристик обезвоженного глинисто-солевого шлама и смеси шлама с галитовыми хвостами (шлама до 20 %) в зависимости от нагрузок и во времени, расчет устойчивости откоса формируемого из отходов отвала: отчет о НИР / БНТУ; рук. темы А.А. Кологривко; исполн.: А.А. Кологривко [и др.]. – Минск, 2010. – 37с. – № ГР 20101950.
23. Исследование прочностных свойств противодиффузионного экрана из полиэтиленовой пленки в условиях воздействия на него пригрузки от шламов и деформаций от подработки горными работами: отчет о НИР / БНТУ; рук. Кологривко А.А.; исполн.: Кологривко А.А. [и др.]. – Минск, 2014. – 129 с. – № ГР 20132426.
24. Архитектурный проект «Техпереворужение СОФ 4РУ. Реконструкция северной карты шламохранилища. Первый пусковой комплекс. Второй пусковой комплекс. Третий пусковой комплекс». Пояснительная записка. Т. 1 / ОАО «Белгорхимпром», Минск, 2012. – 180 с.

Поступила 13.11.2014

DECREASE IN GEOECOLOGICAL CONSEQUENCES BY UNDERGROUND MINING OF POTASH FIELDS

A. KOLOGRIVKO

Relevance of a problem of decrease in geoeological consequences of underground mining of potash fields is stated. Results of researches are presented and practical solutions regarding minimization of losses at production of potash ores, ways of prevention of flooding of potash mines, applications of technologies of warehousing of galitovy and slurry waste for mining-and-geological and mining conditions of underground mining of the Starobinsky field of potash salts are proposed.