

УЧЕТ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНЫХ РУД В ПРОЦЕССЕ ИХ СКЛАДИРОВАНИЯ

Кологривко А. А., к.т.н., доцент,
декан факультета горного дела и инженерной экологии,
Астапенко Т. С., ст. преподаватель каф. «Горные работы»
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Отходы калийного производства, образующиеся при флотационном и галургическом способах обогащения, складированы в солеотвалы и шламохранилища, устраиваемые вблизи промышленных площадок. Хранение на поверхности земли в больших количествах и на значительных площадях легко растворимых солевых отходов, особенно в районах относящихся к климатической зоне с избыточным увлажнением, приводит к образованию насыщенных по NaCl рассолов в результате растворения отходов атмосферными осадками.

Так, например, в условиях третьего рудоуправления ОАО «Беларуськалий» с учетом балансовых запасов рудоуправления 261280 тыс.т. и вовлекаемых запасов Дарасинского рудника ($B+C_1+C_2$ 513022,8 тыс. т.) общий объем галитовых отходов может составлять около 400 млн. т. в течение 30–40 лет. При этом существующем контуре солеотвала объем возможного складирования составляет около 50,46 млн. т. В этой связи, необходимо оперативно решать вопрос с отводом новых площадей под складирование отходов обогащения калийных руд.

Анализ результатов исследований по оценке геоэкологической ситуации на калийных предприятиях, разработок природоохранных мероприятий для условий Солигорского горнопромышленного района показывает, что на современном этапе развития калийного производства проводится большой комплекс исследований по снижению негативного влияния производства на окружающую среду [1–3]. Вместе с тем, эти исследования не учитывают пространственно-временные изменения прочностных характеристик отходов обогащения в процессе складирования.

Масштабность пространственно-временного формирования новых объемов складирования галитовых и глинисто-солевых шламовых отходов обогащения калийного производства требует системного подхода к решению актуальной проблемы в части учета прочностных свойств отходов обогащения калийных руд в процессе их складирования.

Проведенные исследования авторов позволяют констатировать, что надежность эксплуатации противofильтрационных экранов шламоохранилищ калийного производства определяется способностью предотвращать в процессе складирования жидких глинисто-солевых шламовых (ГСШ) отходов фильтрацию рассолов и диффузионное проникновение солей в подстилающие грунты и грунтовые воды, тем самым не усложнять проблему техногенеза в районе размещения шламоохранилищ.

Фильтрация рассолов из шламоохранилищ, ложе которых не обустроено противofильтрационным экраном, имеет затухающий характер. Это связано с формированием твердой фазы ГСШ, обладающей меньшими фильтрационными свойствами, чем основания шламоохранилищ, вследствие дифференциации твердой и жидкой фаз на стадии их осаждения и последующего уплотнения осадка и происходящих физико-химических процессов, сопровождающихся кристаллизацией галита из насыщенного рассола на поверхности глинистых частиц, служащих центрами кристаллизации в результате его перенасыщенности. Твердая фаза ГСШ вследствие диагенеза осадка по мере заполнения шламоохранилища постепенно уплотняется, превращаясь в шламовые грунты, по инженерно-геологическим характеристикам близким к текуче-пластичному суглинку с низким коэффициентом фильтрации.

Так, например, результаты промышленных и лабораторных исследований процессов, протекающих в картах шламоохранилищ ОАО «Беларуськалий» показывают, что плотность твердой фазы ГСШ через 45 дней после осаждения составляет $1,59 \text{ г/см}^3$, плотность твердой фазы ГСШ, отобранного из шламоохранилищ через 6-7 лет с момента заполнения составляет $1,83-1,91 \text{ г/см}^3$. Водонепроницаемость твердой фазы ГСШ при плотности $1,59 \text{ г/см}^3$ изменяется в пределах $0,3-1,5 \text{ см/сут}$, при плотности $1,83-1,91 \text{ г/см}^3$ не превышает 2 мм/сут . Скорость оседания твердой фазы ГСШ в первые сутки колеблется в пределах $1,8-5,4 \text{ см/сут}$, во вторые – $1,05-$

2,1 см/сут, в последующие – не превышала 0,80–0,91 см/сут. Средняя скорость оседания твердой фаза ГСШ за 45 суток не превышает 0,38 см/сут.

Исследования фильтрационных свойств глинистых и шламовых грунтов с различными физико-механическими свойствами в целях использования их в качестве материалов противофильтрационного элемента при экранировании ложа шламохранилища показывают принципиальную возможность разработки рациональных конструкций противофильтрационных элементов с толщинами, обеспечивающими требуемые коэффициенты фильтрации. Так, например, противофильтрационный элемент может быть выполнен из суглинистого и глинистого грунтов, уложенных с плотностью, обеспечивающей требуемый коэффициент фильтрации рассола экранирующего материала, при этом толщина экрана должна быть не менее 30 см. Экранирующий элемент шламохранилища может быть выполнен также из сгущенных шламов, при этом толщина экрана при консолидированном состоянии должна быть не менее 1,5 м. Однако, необходимое значение коэффициента фильтрации слоя экранирующего элемента, обусловленное консолидацией шлама, можно достичь за период 5–7 месяцев. Кроме того, липкость шламовых грунтов при выполнении производственных операций по их выемке, транспортировке и укладке на 25–30 % снижает производительность оборудования. Использование сгущенных шламов в качестве экранирующего элемента может быть либо путем восстановления отработанных шламохранилищ, либо путем организации промежуточных складов, куда подается и отстаивается пульпа. Рассол удаляется, а сгущенные шламы перемещают и укладывают на карту экранирования.

Считаем, что фактор достижимой низкой фильтрации глинистых и шламовых грунтов не столько показывает возможность их использования в качестве материалов противофильтрационного элемента шламохранилища, сколько демонстрирует трудности в выполнении производственных операций и производственного получения грунтовых материалов с требуемым коэффициентом фильтрации и консистенции, продиктованные, прежде всего, значительным периодом времени консолидации грунта. Неблагоприятную следует считать начальную стадию заполнения шламохранилища, когда слой неконсолидированного грунта не оказывает противофильтрационного влияния.

В этой связи, в целях ускорения формирования противодиффузионного экрана и предотвращения фильтрации рассолов и диффузионного проникновения солей в подстилающие грунты и грунтовые воды, тем самым недопущения засоления геологической среды в районе размещения шламохранилища, по его ложе и на откосах ограждающих дамб устраивается противодиффузионный экран из полиэтиленовой пленки (или геомембраны толщиной 1,5–3,5 мм) с подачей на первом этапе глинисто-солевой смеси, жидкая фаза которой имеет минерализацию не менее 250 г/л. При таком составе в основании осажденной толщи шламов будет сформирован защитный экран, который в процессе эксплуатации пленки будет служить барьером на пути фильтрации рассолов и диффузии.

Принимая во внимание, что фильтрация рассолов из шламохранилищ в процессе складирования ГСШ имеет затухающий характер, а устройство противодиффузионного экрана из полиэтиленовой пленки служит надежной преградой на пути фильтрации рассолов и диффузии дальнейшие исследования в части прогнозной оценки техногенеза в районе размещения шламохранилищ должны определяться с учетом появления новых условий влияния на противодиффузионный экран из полиэтиленовой пленки деформаций, связанных с подработкой шламохранилищ и нагрузкой от появления литогенного и геофильтрационного барьеров, препятствующих нормальной фильтрации в процессе заполнения ГСШ эксплуатируемых шламохранилищ.

Другим направлением решения проблемы накопления отходов калийного производства является их переработка и утилизация. С позиций ресурсосбережения и рационального природопользования вопросы переработки и использования отходов калийного производства требуют не менее серьезного подхода, чем основного продукта производства (калийных удобрений). Необходима разработка новых технологий, дополняющих основное производство калийных удобрений и позволяющих переработать отходы в целевые продукты.

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

Так, разработанный способ переработки глиносодержащих отходов калийного производства, основанный на разделении шламов на жидкую (солевую) и твердую (глинистую) фазы позволяет производить фазовое разделение путем флокуляции шламов полимером с последующим механическим «отжимом» сфлокулированной шламовой суспензии и отделением солевого раствора. Полученный после отделения солевого раствора глинистый минерализованный продукт (ПГМ), содержит 75–80 масс. % глинистых минералов и 20–25 масс. % водорастворимых солей (хлоридов калия и натрия), имеет влажность 28–30 %.

В ПГМ содержится полимер 0,1–0,2 масс. %, введенный на стадии флокуляции глинистой дисперсии. При флокуляции частицы глины контактируют через адсорбированные макромолекулы полимера и агрегируют в крупные флокулы. При последующем отжиме флокулированной глинистой дисперсии и удалении из нее жидкой фазы контакты между глинистыми частицами сохраняются и упрочняются. Благодаря присутствию полимера, структура и свойства нового продукта ПГМ, полученного после флокуляции ГСШ и отделения жидкой солевой фазы, существенно отличаются от физико-механических свойств исходного ГСШ, который не удастся перевести в гранулированную форму. ПГМ легко гранулируется, что позволяет перевести этот продукт в форму, удобную для хранения, транспортирования и использования.

Благодаря высокому содержанию глины ПГМ может быть использован как глиносодержащий материал для устройства оснований противофильтрационных экранов шламохранилищ калийного производства, противофильтрационных экранов на полигонах захоронения твердых коммунальных отходов, противопожарных барьеров лесным пожарам, насыпей и слоев оснований в конструкциях лесных автомобильных дорог, рекультивации карьеров путем заполнения части выработанного пространства глинистым материалом.

При хранении материала на открытом воздухе в течение 40 суток и снижении его влажности в 2–3 раза увеличиваются значения сопротивления вращательному срезу в 2,5 раза, угла внутреннего трения в 1,3 раза и модуля деформации на 12–14 %. Сжимаемость образцов после хранения под нагрузкой уменьшается на 8 и 12 %. При одинаковой влажности (29,7 %) модуль деформации продукта переработки отходов выше в 1,4 раза, сцепление – в 1,9 раза по сравне-

нию с ГСШ без переработки. Полученные результаты свидетельствуют об упрочнении структуры материала в процессе хранения и сушки, что обусловлено образованием полимерных и кристаллизационных контактов между глинистыми частицами.

Итак, интенсификация складирования отходов обогащения калийных руд, принимая во внимание возрастающий мировой спрос на калийную продукцию, влечет негативные геоэкологические последствия. Их снижение зависит от пространственно-временного учета и прогнозирования прочностных свойств отходов обогащения калийных руд.

Список литературы

1. Кологривко, А. А. Снижение геоэкологических последствий при подземной разработке калийных месторождений / А. А. Кологривко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2014. – № 16. – С. 101–110.

2. Лаевская, Е. В. Физико-механические свойства новых материалов, полученных из глиносодержащих отходов калийного производства / Е. В. Лаевская, Е. В. Воробьева, Д. В. Чередниченко, П. Д. Воробьев, А. А. Кологривко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 148–155.

3. Кологривко, А. А. Исследование и учет прочностных свойств противofильтрационного экрана из полиэтиленовой пленки при прогнозных нагрузках и деформациях в процессе эксплуатации шламохранилищ калийного производства / А. А. Кологривко, О. Г. Галузо, Д. В. Романов // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 16. – С. 156–161.

4. Способ переработки глинисто-солевых шламов, образующихся при производстве калийных удобрений : пат. 012304 Евразия, МПК С 05D 1/00, В 01D 21/01/ Е. В. Воробьева, Д. В. Чередниченко, П. Д. Воробьев, Н. П. Крутько и др.; заявитель ГНУ «Институт общей и неорг. химии НАН Беларуси», РУП «Производственное объединение «Беларуськалий»; заявл. 06.07.07; опубл. 28.08.09.