Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института имени Г.В.Плеханова,
1989. Т. 118

УДК 624.131.1

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БОРЬБЫ С ФИЛЬТРАЦИЕЙ РАССОЛОВ ИЗ ШЛАМОХРАНИЛИЩ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК (ВЕРХНЕКАМСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ)

О.Ю.КРЫСОВ

Анализ работы ряда предприятий по производству калийных удобрений показал, что на прилегающих к ним территориях происходит загрязнение подземных и поверхностных вод, приводящее в отдельных случаях к выходу из строя источников питьевого и технического водоснабжения. В данном случае главными загрязнителями являются накопители жидких отходов производства: хвосто- и шламохранилища, в которые поступают концентрированные рассолы преимущественно хлоридно-натриевого состава с минерализацией 200-300 г/л и выше, содержащие реагенты, применяемые при флотации полезного ископаемого (полиакриламид, кремниевая кислота, алифатические амины, нефтепродукты).

Создавшееся положение объясняется тем, что на стадиях планирования изысканий и проектирования сооружений не были учтены в достаточной мере инженерно-геологические факторы, в первую очередь изменения водопроницаемости естественных глинистых толщ и глинистых экранов при воздействии на них агрессивных промышленных стоков.

При проектировании первых шламохранилищ по результатам изысканий был сделан вывод о ненужности дополнительных мер по экранированию их ложа, так как залегающие в основании сооружений глинистые отложения имеют низкую проницаемость (при фильтрации воды коэффициент фильтрации не превышал 10^{-3}-10^{-4} м/сутки). Но уже в первые годы после начала эксплуатации было отмечено загрязнение подземных вод района, связанное с утечками рассолов из шламохранилища, и было выдвинуто предположение, что утечки происходят на участках с минимальной мощностью глинистых пород.

Исходя из этого, на следующем объекте на участках основания с мощностью глинистых пород менее 5 м было выполнено экранирование с использованием местных суглинков. Однако создание таких экранов не привело к ожидаемым результатам. В данном случае ошибка проектировщиков, отказавшихся от разработки мер по предотвращению утечек рассолов, была предопре-

делена неверными теоретическими предпосылками. Предполагалось, что засоление пород на 3-5 % при фильтрации рассолов приведет к диспергации породы и снижению ее проницаемости. Но это явление наблюдается только у легких разностей глинистых пород и при засолении около I %. Дальнейшее засоление резко увеличивает коэффициент фильтрации K_Φ за счет роста агрегированности породы. По данным наших исследований, на участках размещения шламохранилищ величина K_Φ при фильтрации рассолов на один-два порядка выше, чем при фильтрации пресной воды, и составляет 10^{-1}–10^{-2} м/сутки (табл.I). Помимо упомянутого процесса агрегирования глинистых пород, это обусловлено и плотностной конвекцией более тяжелых, чем вода, рассолов, а также увеличением степени раскрытия макротрещин при осмотическом высасывании влаги из блоков глинистой породы и появлением микротрещин за счет кристаллизации солей в поровом пространстве [4].

Для последующих сооружений проектом было предусмотрено строительство пленочных экранов толщиной 0,2 мм. Но после ввода в строй новых объектов было обнаружено, что загрязнение природных вод за счет утечек рассолов продолжается. Обследования показали, что пленочные экраны фактически выведены из строя. Защитный слой во многих местах размыт, пленка обнажена и имеет многочисленные разрывы длиной от нескольких миллиметров до нескольких метров. Неудача с использованием пленочных экранов объясняется рядом причин:

I) низкое качество строительства, следствием чего стали разрывы пленки при использовании техники;

2) неудачный выбор материала для отсыпки подстилающего и защитного слоев, который содержал значительное количество обломочного материала;

3) отсутствие мер по предотвращению размыва защитного слоя атмосферными водами и потоками сбрасываемой пульпы;

4) неучтенная неравномерность деформируемости пород основания, которая привела к разрывам пленки по мере заполнении шламохранилища;

5) отсутствие контроля за состоянием экрана в ходе эксплуатации сооружения.

Таким образом, экраны накопителей, аккумулирующих промышленные стоки с высокой концентрацией ионов K^+ и Na^+, должны отвечать следующим требованиям: низкой проницаемостью, обеспечивающей защиту окружающей среды от загрязнения; неизменностью экранирующих свойств во времени, по крайней мере на срок эксплуатации сооружения; достаточной пластичностью материала экрана, снижающей возможность его растрескивания при неравномерном деформировании.

Материалом, наиболее полно отвечающим перечисленным требованиям, является глинистая порода, обработанная химическими реагентами, делающими ее устойчивой к воздействию агрессивных стоков при сохранении пластических свойств, что подтверждается рядом теоретических работ и экспериментальных исследований [I,5,6].

На объектах ПО "Уралкалий" кафедрой инженерной геологии ЛГИ были вы-

Таблица 1

Результаты наливов на суглинки в условиях естественного залегания

H, м	Фильтрующая жидкость	J_p, %	ρ, г/см^3	$\rho_д$, г/см^3	t, сутки	$K_ф$, м/сутки
0,35	Вода	12	1,97	1,63	2	$9 \cdot 10^{-3}$
0,30	-"-	11	2,08	1,78	3	$6 \cdot 10^{-3}$
0,40		12	2,08	1,69	3,5	$3 \cdot 10^{-3}$
0,25	Рассол	14	1,93	1,69	18	$2 \cdot 10^{-1}$
0,34	-"-	15	1,99	1,66	4	$2 \cdot 10^{-1}$
0,36	-"-	11	2,03	1,75	4	$4 \cdot 10^{-1}$
0,30	-"-	17	1,97	1,66	2	$1 \cdot 10^{-2}$
1,00		8	2,09	1,79	1,5	$5 \cdot 10^{-2}$
1,90	-"-	13	2,01	1,53	2	$1 \cdot 10^{-2}$

Примечание. H – глубина налива от поверхности; J_p – число пластичности; ρ плотность породы; $\rho_д$ – плотность скелета; t – продолжительность налива.

полнены работы по созданию гидрофобизированных экранов из местных глинистых пород. В качестве гидрофобизатора использовался водный раствор ацетатов алифатических аминов, выбор которого определялся следующими его качествами: низкой вязкостью, способствующей более равномерной обработке им слабопроницаемых пород; доступностью, так как алифатические амины используются при обогащении полезного ископаемого; прочностью их закрепления на глинистых частицах, подтвержденной исследованиями [2,3].

Результатом гидрофобизации является снижение проницаемости обработанной породы за счет появления водоотталкивающих свойств в результате сорбции полярных органических молекул. Молекулы сорбата закрепляются на глинистых частицах своей полярной группой, вызывая при этом утоньшение пленок адсорбированной воды, что способствует увеличению сил взаимодействия между частицами и самоуплотнению породы в целом. Углеводородные радикалы, повернутые в сторону от глинистых частиц, создают гидрофобную поверхность, кольматируя поровое пространство между ними. Кроме того, длинноцепочечные органические молекулы обладают значительным дипольным моментом, результатом чего являются структурирование поровой воды и снижение ее подвижности, что несомненно способствует уменьшению проницаемости гидрофобизированного материала.

Выбор концентрации раствора ацетатов алифатических аминов производился по результатам исследований их сорбции на порошке глинистой породы. Выяснилось, что наиболее быстрая и полная их сорбция происходит при концентрации раствора 10^{-5} моль/л. Оптимальность данной концентрации подтверждают и фильтрационные опыты, выполненные на образцах суглинков, обработанных растворами солей аминов концентрацией 10^{-3}–10^{-6} моль/л при фильтрации хло-

ридно-натриевого рассола концентрацией 300 г/л. Наименьшие значения коэффициентов фильтрации (10^{-6} м/сутки) были получены именно у образцов, обработанных раствором концентрацией 10^{-5} моль/л. Начиная уже с третьих суток опыта (при общей его продолжительности 200 суток), отмечалась тенденция к снижению проницаемости глинистых пород до значений, близких к указанному выше.

С целью повышения надежности, долговечности и безопасности эксплуатации гидрофобизированного экрана было предложено дополнительно обрабатывать глинистые породы (помимо раствора ацетатов алифатических аминов) водным раствором хлорида цинка. Последний, образуя с ацетатами алифатических аминов комплексные соединения, способствует повышению прочности их закрепления на глинистых частицах. Благодаря этому надежность экрана повышается, что гарантирует защиту природных вод от загрязнения и стоками, и реагентами, применяемыми при создании экрана.

В полевых условиях методом опытных наливов в шурфы исследовалась проницаемость различных типов экранов и способность к сохранению ими фильтрационных свойств во времени. Экраны готовились на основе местных суглинков при послойной укладке и укатке ручным катком. В качестве фильтрующейся жидкости использовались рассолы пруда хвостохранилища. Наиболее низкие значения коэффициента фильтрации были получены для пород, обработанных раствором-гидрофобизатором (концентрация 10^{-5} моль/л). Увеличения их проницаемости не произошло и за три года, в течение которых экраны находились под воздействием атмосферных осадков и сезонных колебаний температур. Оказалось также, что гидрофобизированные породы лучше уплотняются по сравнению с другими типами экранов: при одинаковых условиях укатки их плотность оказалась выше.

Хорошие результаты получены и при использовании глинистых шламов и смеси глинистых шламов и суглинков (при изменении содержания последних от 20 до 80 %), что объясняется тем, что шламы были гидрофобизированы при флотации полезного ископаемого (табл.2). Можно использовать и экраны с добавками гидрофобизированных бентонитов и бентонитов без обработки гидрофобизатором. Однако экономически вряд ли целесообразно использовать отсутствующие в данном районе материалы (бентонит).

Выводы

Работу по устранению фильтрации концентрированных рассолов из шламохранилищ обогатительных фабрик по производству калийных удобрений следует вести в следующих направлениях:

I. Использование глинистых шламов, поступающих в накопители в составе пульпы, в качестве дополнительных экранов. Перспективность этого направления определяется следующим:

I) формирование свойств этого типа отложений происходило в рассолах и, следовательно, изменения их свойств при фильтрации промышленных стоков не произойдет;

Таблица 2

Значения коэффициента фильтрации по данным лабораторных исследований

Порода	W, %	ρ, г/см^3	$\rho_д$, г/см^3	$K_ф$, м/сутки
Глинистый шлам	34 / 34	1,81 / 1,89	1,42 / 1,41	$2 \cdot 10^{-5}$ / 10^{-4}
Смесь глинистого шлама и суглинков соответственно				
80 + 20 %	32 / 31	1,83 / 1,87	1,39 / 1,43	$6 \cdot 10^{-5}$ / $2 \cdot 10^{-5}$
50 + 50 %	31 / 30	1,84 / 1,86	1,43 / 1,43	$4 \cdot 10^{-5}$ / $2 \cdot 10^{-5}$
20 + 80 %	27 / 29	2,02 / 2,02	1,59 / 1,56	$2 \cdot 10^{-5}$ / 10^{-5}

Примечание. 1. В числителе и знаменателе – соответственно при фильтрации рассола и воды.

2. W – влажность.

2) глинистые частицы обработаны гидрофобизатором в ходе обогащения полезного ископаемого, что, как было показано, способствует снижению их проницаемости и неизменности свойств при взаимодействии с рассолами.

Разрушение экрана при неравномерных деформациях основания исключается при намыве глинистого материала достаточной мощности ввиду его высокой пластичности. Ведение намывных работ должно быть организовано так, чтобы обеспечить достаточно быстрый замыв всего ложа сооружений и в первую очередь участков, опасных с точки зрения возможности утечек.

2. Использование глинистых шламов в качестве материала для строительства экранов в смеси с суглинками и без них. В лабораторных исследованиях установлена неизменность их свойств при фильтрации пресной воды и при попеременной фильтрации воды и рассола, по крайней мере, в течение 10–20 суток (табл.2).

3. Экранирование ложа шламохранилищ гидрофобизированными местными суглинками. Опыт работы на Верхнекамском месторождении позволяет рекомендовать в качестве гидрофобизатора алифатические амины.

4. Комбинированный метод – строительство рассолонепроницаемого экрана и последующий замыв всего ложа шламохранилища глинистыми шламами. Экраны (в этом случае возможно использование гидрофобизированного и пленочного экранов) должны исключить утечки рассолов в начальный период эксплуатации сооружения. За это время на них должен быть намыт чехол глинистых шламов, что обеспечит залечивание экрана в случае его разрушения (например, за счет неравномерной деформируемости основания).

Несомненно, что для предотвращения загрязнения природных вод все работы по строительству и эксплуатации шламохранилищ должны вестись при постоянном контроле за состоянием экрана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адамович А.Н. Закрепление грунтов и противофильтрационные завесы. М.: Энергия, 1980.

2. Александрович Х.М. Основы применения реагентов при флотации калийных руд. Минск: Наука и техника, 1973.

3. Большакова Ю.С., Исмайлова Р.А. Искусственные грунтовые смеси в качестве материалов экранов накопителей промстоков // Материалы УП Всесоюзного совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Л.: Энергия, 1971.

4. Дашко Р.Э., Крысов О.Ю. Теоретическое и практическое обоснование рациональных мероприятий по борьбе с утечками рассолов из шламохранилищ калийного производства // Физические процессы горного производства. Фильтрационные и миграционные процессы в массиве горных пород: Сб. науч. трудов / Ленинградский горный ин-т. Л., 1985.

5. Ротькин С.Н., Алексеенко Е.А. Охрана природы от воздействия калийных производств в СССР и за рубежом // Обзорная информация / НИИТЭХИМ. Вып. 6. М., 1976.

6. Семенюк В.П., Батюк В.П., Стасюк П.П., Евстратов В.Н. Складирование отходов химической промышленности. М.: Химия, 1983.