Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XCI, 1982 г.

УДК 556.33.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЛОЖА ШЛАМОХРАНИЛИЩ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Р.Э.ДАШКО, Л.П.КРАВЧЕНКО, О.Ю.КРЫСОВ

Расширение производства калийных удобрений влечет за собой рост мощностей обогатительных фабрик. В связи с этим возникают серьезные проблемы охраны природных вод при складировании жидких отходов калийного производства. В настоящее время в пределах вышеназванного месторождения эксплуатируются три шламохранилища на БКРУ-I, БКРУ-2 и БКРУ-3 и строятся два накопителя на БКРУ-4 и Новосоликамском руднике. Практически из всех шламохранилищ наблюдаются утечки рассолов, особенно интенсивно эти процессы протекают на БКРУ-2 и БКРУ-3, что создало угрозу загрязнения подземных и поверхностных вод.

Анализ условий эксплуатации шламохранилищ показал, что радикальные мероприятия по борьбе с утечками должны разрабатываться в двух направлениях: I) создание новых типов накопителей с полным использованием сбрасываемых рассолов в оборотном цикле; 2) разработка противофильтрационных экранов из местных материалов (следует отметить, что существующие, а также проектируемые экраны недостаточно надежны).

По данным полевых исследований рассолопроницаемости уложенного суглинистого экрана на Новосоликамском руднике и лабораторных экспериментов с супесчано-суглинистыми отложениями из буртов, приготовленных для укладки экранов на БКРУ-4, коэффициент фильтрации варьировал от 10^{-1} до n ($10^{-2} \div 10^{-3}$) м/сутки. Более высокие значения этих коэффициентов получены для отложений БКРУ-4, более низкие - для экрана Новосоликамского рудника.

Необходимо также обратить внимание на постепенное ухудшение свойств глинистых пород при их постепенном засолении в ходе фильтрации рассолов: повышение степени агрегированности приводит к увеличению размера пор и постепенному росту коэффициента фильтрации на порядок и выше. При $K_ф$ = = 0,01-0,1 м/сутки потери на фильтрацию могут достигать существенных значений по всей площади шламохранилища. Возлагать особые надежды на по-

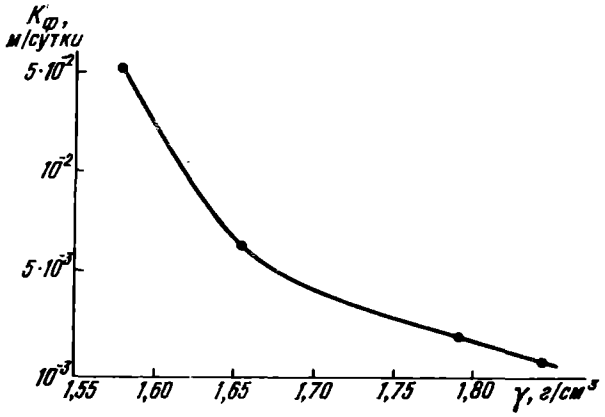


Рис.1. Изменение коэффициента фильтрации $K_ф$ делювиальных суглинков в зависимости от плотности скелета γ

химерные пленки нельзя, поскольку порезы, проколы и швы могут служить местом сосредоточенной фильтрации и привести к размыву или суффозионным процессам в породах, служащих основанием пленочного материала.

Для окончательного решения вопроса о возможности использования четвертичных глинистых отложений, развитых в пределах Верхнекамского месторождения, в качестве противофильтрационных экранов были проведены специальные лабораторные исследования в широком диапазоне изменения плотности этих пород (рис.I). Характер зависимости свидетельствует, что коэффициент фильтрации изменяется в довольно узких пределах, т.е. уплотнение несущественно влияет на проницаемость суглинков при фильтрации рассолов. Приблизительно те же значения коэффициента фильтрации получены по данным наливов в шурфы в суглинках естественного сложения. Следует также помнить об ухудшении свойств глинистых пород в результате длительного засоления, о чем говорилось выше.

Разумеется, использование местных четвертичных глинистых материалов в качестве экранов не может гарантировать от фильтрационных утечек рассолов из накопителей жидких отходов обогатительных фабрик калийного производства. Поэтому необходимы поиски других глинистых материалов для противофильтрационной защиты.

За IO лет эксплуатации шламохранилища обогатительной фабрики БКРУ-2, на котором в основном и были сосредоточены все исследования, накопилось свыше 2,4 млн.м^3 шламов. Часть этих отложений слагает проходимый участок шламохранилища - пляжевую зону, остальная территория накопителя занята прудком, под рассолами которого залегают донные шламовые образования. Пляжевая зона составляет I3 % всей площади шламохранилища. В разрезе техногенных образований этой зоны выделяются три типа шламов: глинистые, соляно-глинистые и соляные. Особенности их разреза связаны со спецификой технологического процесса флотации калийных руд. В настоящее время идет накопление преимущественно глинистых шламов.

По состоянию и свойствам шламы пляжевой зоны и донные образования различны, аналогичен только их гранулометрический состав (рис.2 и 3). Формирование свойств шламовых отложений во многом определяется физико-химическими процессами взаимодействия пылевато-глинистого материала с реагентами, используемыми в ходе обесшламливания и флотации калийной

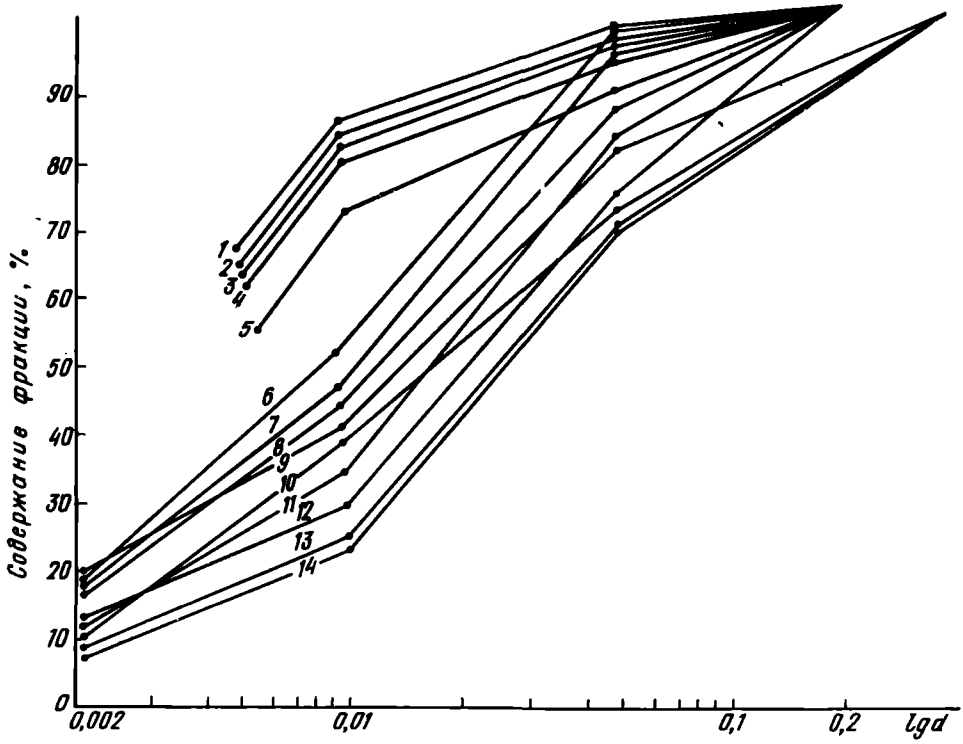


Рис.2. Интегральные кривые гранулометрического состава глин соляной толщи и шламовых отложений

1-5 - глины соляной толщи; 6-8, 11, 12 - шламы прудковой зоны; 9, 10, 13, 14 - шламы пляжевой зоны

руды. Основное воздействие оказывают реагент-флокулянт (полиакриламид) и реагент-собиратель (высокоалифатические соли аминов $C_{17}-C_{21}$), действующие как гидрофобизатор сильвина при его отделении от галита. Эти органические соединения активно сорбируются на пылевато-глинистых частицах, при этом их десорбция весьма незначительна[x].

Результатом таких реакций является необратимое изменение гранулометрического и вещественного состава глинистой составляющей калийных руд в ходе ее обесшламливания и флотации. В естественных условиях залегания глинистые отложения характеризуются высоким содержанием глинистой фракции (более 45-50 %), в шламовых отложениях среднее содержание тонкодисперсного материала ($d < 0{,}002$ мм) составляет лишь 17 %, при этом увеличивается содержание пылеватой и песчаной фракций. Таким образом, глины соляной толщи, пройдя через несколько циклов обогащения превращаются в органо-глины, имеющие высокую степень агрегированности, что позволяет их отнести к суглинкам или к пылеватым супесям (см. рис.2).

[x] Александрович Х.М. Основы применения реагентов при флотации калийных руд. Минск, Наука и техника, 1973.

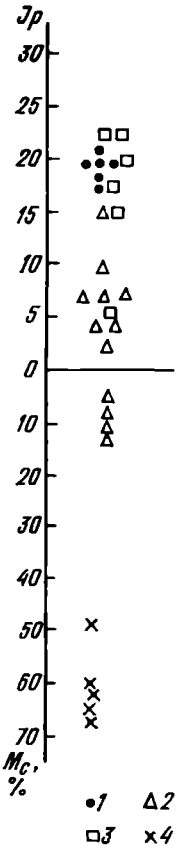


Рис.3. Изменение числа пластичности J_p и содержания глинистой фракции M_c в глинах соляной толщи и шламовых отложениях
1 – твердая часть пульпы; 2 – отложения пляжевой зоны; 3 – отложения прудковой зоны; 4 глины соляной толщи

Кроме того, физико-химическое взаимодействие органических реагентов флотации с тонкодисперсным материалом приводит к снижению его гидрофильности. Процессы гидрофобизации способствуют утоньшению пленок воды и усилению сил притяжения между гидрофобными агрегатами, которое получило название „гидрофобное взаимодействие"[x]. Последнее определяет интенсивно развивающиеся процессы самоуплотнения и синеретического изменения шламовых образований. Действительно, несмотря на то, что возраст шламовых отложений лишь 10 лет, плотность глинистых и соляно-глинистых шламов соответственно 1,47-1,50 и 1,70-1,79 г/см^3 при средней естественной влажности 24 %. Коэффициент фильтрации естественных шламовых отложений пляжевой зоны, определенный методом налива в шурф, равен $n \cdot 10^{-5}$ м/сутки. Довольно низкое значение коэффициента фильтрации для подобного типа отложений может быть объяснено неоднородным гранулометрическим составом, предопределяющим относительно высокую плотность осадков при их седиментации в рассолах, содержащих коагулянты, а также интенсивно протекающими процессами самоуплотнения.

Была рассмотрена также возможность использования аминизированных донных шламовых отложений в качестве материала для противофильтрационных экранов. В лабораторных условиях изучалась фильтрация рассолов через эти образования. При влажности 34 % и плотности 1,31 г/см^3 $K_ф = n \cdot 10^{-5}$ м/сутки. Исследования проводились при градиентах напора 17-23. При меньших градиентах фильтрация прекращалась (рис.4). Следовательно, только в шламовых отложениях при фильтрации рассолов удалось обнаружить начальный градиент, равный 16. Понятно поэтому, что в ходе фильтрации рассолов через шламовые отложения, дополнительного их засоления не происходит, поскольку их формирование происходило в рассоле.

Ни в одном из опытов, проводившихся с четвертичными суглинками, не удалось зафиксировать начальный градиент при фильтрации рассолов. Небольшие значения начального градиента (до 2) были получены в ходе фильтрации воды через уплотненные суглинки.

Такие особенности фильтрации рассолов через шламовые отложения могут быть объяснены с точки зрения влияния органических соединений, сорбированных на поверхности дисперсных частиц, на структуру воды в поровом про-

[x] Пчелин В.А. Гидрофобные взаимодействия, их физическая природа и значение в коллоидной химии. – В кн.: Связанная вода в дисперсных системах. М., Изд-во МГУ, 1974.

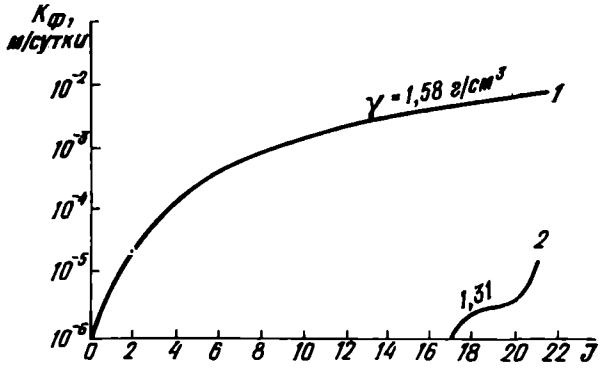


Рис.4. Зависимость величины коэффициента фильтрации глинистых шламов (2) и делювиальных суглинков (1) от градиентов напора J

странстве шламовых отложений. Известно, что присутствие углеводородов (амины) вызывает упорядочение структуры воды, т.е. уменьшение степени ее энтропии. Следствием такого упорядочения является увеличение числа водородных связей в слое воды, окружающей молекулы углеводорода. Для алифатических углеводородов число водородных связей в воде увеличивается на 30 %; исследование методом ЯМР показало, что вблизи молекул углеводородов вода имеет вдвое больший период релаксации[x]. Кроме того, следует иметь в виду и особое строение молекул углеводородов в виде цепочечных структур. При гидрофобизации дисперсного материала, о которой шла речь выше, отдельные частицы и агрегаты частиц сближаются, что способствует взаимодействию сорбированных углеводородов между собой и образованию в поровом пространстве глинистых шламов длинноцепочечных мостиков, которые в конечном результате дают сетку, состоящую из молекул углеводородов. Образование такой структуры порового пространства подтверждается электронно-микроскопическими исследованиями.

Кроме того, в растворах углеводородов на границе разделов фаз наблюдается увеличение постоянного электрического потенциала до +500 мВ, что должно усилить электростатические связи в шламовых отложениях и способствовать дополнительному их уплотнению и упрочнению.

Вместе с тем неорганические электролиты ($NaCl$ и KCl) действуют разрушающе на структуру воды, увеличивая количество молекул и ассоциаций молекул с разорванными водородными связями. Следовательно, постепенное увеличение содержания солей в суглинках приводит к ослаблению структуры воды в поровом пространстве и росту коэффициента фильтрации глинистых пород, что и наблюдалось практически во всех экспериментах по оценке проницаемости четвертичных суглинков.

Создание экранов из шламовых отложений может вестись с помощью рассредоточенного намыва или путем укатки шламовых отложений до определенных значений влажности и плотности.

Первый способ позволяет создать значительную пляжевую зону при обеспечении стока рассолов в специальные собиратели, из которых рассол будет поступать на обогатительную фабрику для использования в оборотном цикле.

---

[x] Пчелин В.А. Гидрофобные взаимодействия, их физическая природа и значение в коллоидной химии. - В кн.: Связанная вода в дисперсных системах. М., Изд-во МГУ, 1974.

Исследование процесса седиментации твердой части пульпы при ее сбросе в накопитель показало, что этот процесс происходит в течение нескольких часов, чему способствует присутствие полиакриламидов и аминов в рассоле пульпы. Кроме того, как выше отмечалось, самоуплотнение шламовых отложений протекает весьма интенсивно, особенно в пляжевой зоне в субаэральных условиях. Уже в первые месяцы достигается такая плотность и влажность шламовых отложений, что их фильтрационная способность вполне удовлетворяет требованию минимума утечек ($K_ф = n \cdot 10^{-5}$ м/сутки). При рассредоточенном намыве низкие скорости растекания пульпы способствуют ускорению процесса формирования свойств шламов в нужном направлении.

Полевые исследования летом 1981 г. показали, что укатка шламовых отложений даже ручными катками позволяет получить довольно легко плотность скелета равной 1,5-1,6 г/см^3. Следовательно, сохранение коэффициента фильтрации, равного 10^{-5} м/сутки, может быть гарантировано. Необходимо также отметить, что экраны из органо-глинистых образований обладают достаточной прочностью и пластичностью.

Эти рекомендации готовы для внедрения на действующих предприятиях Верхнекамского месторождения. Они позволяют не только решить вопрос об охране природных вод от загрязнения, но и предполагают утилизацию отходов производства.