

# КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА жидкой фазы БУРОВЫХ ШЛАМОВ нефтегазодобывающих предприятий: РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОПЫТ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

**Рассмотрена технология глубокой очистки жидкой фазы бурового шлама, включающая реагентную коагуляцию, осветление, микрофильтрацию, обратноосмотическое и термическое обессоливание. Опыт эксплуатации промышленной установки по переработке бурового шлама на буровой вышке показал неэффективность применяемого в настоящее время способа коагуляции с использованием высоких концентраций сульфата алюминия. Для разработки наиболее эффективной технологии предварительной очистки проведены исследования по подбору реагентов и оптимальных условий процесса коагуляции.**

## Введение

**Р**ациональное природопользование и охрана окружающей среды при освоении и эксплуатации месторождений нефти и газа должны базироваться на малоотходных технологиях и, в первую очередь, на территориях с ограниченным режимом природопользования. Традиционно обращение с отходами бурения предполагает решение проблемы их утилизации после завершения бурения скважин, когда на буровой площадке накоплен их максимальный объем. В результате в накопителях-амбарах образуется многотоннажный отход – буровой шлам. Только на территории Западной Сибири ежегодно образуется более 100 тыс. т бурового шлама.

В процессе эксплуатации скважин амбары заполняются буровыми и тампонажными растворами, буровыми сточными водами и шламом, пластовыми водами, продуктами испытания скважин, материалами для приготовления и химической обработки буровых и тампонажных растворов, горюче-

смазочными материалами, хозяйственно-бытовыми сточными водами и твердыми бытовыми отходами, ливневыми сточными водами. Процентное соотношение между этими компонентами может быть самое разнообразное в зависимости от геологических условий, технического состояния оборудования, культуры производства и т.д. Так, по данным ОАО «Когалымнефтегаз» при бурении скважины глубиной 2600 м в амбаре содержится около 65 % воды, 30 % шлама (выбуренной породы), 5,5 % нефти, 0,5 % бентонита и 0,5 % различных присадок, обеспечивающих оптимальную работу буровой установки [1]. Амбарная жидкость причиняет значительный вред окружающей среде. Размывая обваловки шламовых амбаров, она выносит на рельеф нефтепродукты, образуя нефтяные разливы, и, впитываясь в почву, попадает в источники водоснабжения, вызывая на прилежащем ландшафте солевое загрязнение, размер которого определяется особенностями рельефа.

Отработанные буровые растворы содержат загрязнения, имеющие высокий класс опасности, что не позволяет сбрасывать их в природные водоемы и повторно применять в технологическом цикле. Жидкая фаза буровых шламов содержит выбуренную породу, бентонитовые порошки, диспергированную нефть, высокомолекулярные соединения, парафино-нафтеновые углеводороды, асфальтены, смолы, ароматические углеводороды, растворы солей и оснований. Качественный и количественный состав не постоянен, зависит от выбранной технологии бурения и глубины скважин. Все это в совокупности и определяет физико-химические характеристики амбарной жидкости. В соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверх-

**А.Е. Баранов,**  
начальник отдела  
водоподготовки,  
ГНЦ ФГУП  
«Центр Келдыша»

**А.Е. Белов,**  
ведущий инженер,  
ГНЦ ФГУП  
«Центр Келдыша»

**М.А. Ерохин,**  
кандидат технических  
наук, старший  
научный сотрудник,  
ГНЦ ФГУП  
«Центр Келдыша»

**В.А. Мавров,**  
инженер,  
ГНЦ ФГУП  
«Центр Келдыша»

ностных вод» не допускается сбрасывать в водные объекты, на поверхность ледяного покрова и водосборную территорию пульпу и другие отходы, формирующиеся на территории производственных площадок; сточные воды, которые технически невозможно использовать в системах повторного, оборотного водоснабжения в промышленности, допускается отводить в водные объекты только после очистки в соответствии с требованиями санитарных правил и соблюдения нормативов качества воды в пунктах водопользования.

Сбросные воды нефтедобывающей отрасли в настоящее время не имеют достаточно эффективной и нормативно закрепленной технологии утилизации. Утилизация жидкой фазы в настоящее время сводится к частичному извлечению нефти и взвешенных веществ с последующей закачкой в подземные горизонты для поддержания внутрискважинного давления или захоронения. Применение такого способа имеет ограничения по горно-геологическим и организационно-техническим причинам. Повторное использование технической воды, получаемой при очистке жидкой фазы, несколько уменьшает объемы сброса, но не решает проблему окончательно. Большие объемы грубо очищенных жидких стоков сбрасываются на поверхность земли, попадают в водоемы. Особенно тревожное положение складывается при освоении сырья Крайнего Севера, где процесс самоочищения экосистем затруднен из-за слабого насыщения воды природных источников кислородом.

Нормативно-техническая документация содержит требования по обезвреживанию буровых отходов и называет возможные методы очистки: механические, химические, физико-химические, биологические – практически все известные в настоящее время, но не дает рекомендаций по их выбору и применению. Причина сложившейся ситуации в большом разнообразии состава и свойств буровых отходов, а также условий природно-климатического и ландшафтного характера. Главным направлением в снижении отрицательного влияния промышленных предприятий на водный бассейн страны является максимальное сокращение потребления свежей воды, базирующееся на применении замкнутых систем водопользования: минимизируется забор природной воды для обеспечения технологических нужд предприятия и практически полностью исключаются сбросы в окружающую среду сточных вод, не соответствующих законодательным требованиям. Работы по этому направлению ведутся во всех развитых странах мира, что обуслов-

**И.В. Муравьев,**  
инженер, ГНЦ ФГУП  
«Центр Келдыша»

**С.В. Кузнецов,**  
заведующий сектором,  
ГНЦ ФГУП  
«Центр Келдыша»

**Н.И. Филатов,**  
начальник отделения,  
ГНЦ ФГУП  
«Центр Келдыша»

**Н.Н. Казанцева\*,**  
кандидат  
технических наук,  
ведущий научный  
сотрудник,  
ГНЦ ФГУП  
«Центр Келдыша».

лено ужесточением норм по количеству и качеству сбросных вод, но на данный момент практически нет систем глубокой очистки воды столь сложного состава.

Технология переработки буровых вод развивается в двух направлениях [1]:

- ◆ различные методы термической обработки с последующей закачкой дистиллята в горизонт [2, 3]. Упаривание больших количеств бурового раствора является крайне энергозатратным и потому экономически неэффективным;

- ◆ реагентная коагуляция с последующим фильтрованием или центрифугированием, после чего очищенная вода закачивается в скважины, используется для приготовления буровых растворов, сбрасывается на поверхность. В настоящее время это основной способ обработки жидкой фазы, при этом частично извлекаются нефть и взвешенные вещества. В очищенных таким способом водах содержание растворимых солей достигает 20–25 г/дм<sup>3</sup>, также высоки остаточные концентрации нефтепродуктов, тяжелых металлов, взвешенных и поверхностно-активных веществ.

Уровень современных разработок в последнем направлении показан на примере следующего патента [4].

Предложена система замкнутого оборотного водоснабжения при бурении скважин, в которой блок очистки жидкой фазы буровых стоков включает узел отбойных гидроциклонов, электрокоагулятор, электрофлотатор, секционную распределительную емкость и узел фильтрации. Очищенная вода возвращается в блок приготовления буровых растворов. Недостаток метода: различная рецептура буровых растворов для разных глубин бурения требует разного солевого состава исходной воды, которую данная технологическая цепочка не обеспечивает. Поэтому для приготовления новых порций бурового раствора может использоваться только часть очищенной воды, тогда как остальная часть раствора также подвергается захоронению, а зачастую просто выливается на поверхность.

Ни один из приведенных приемов, а также и их комбинации не позволяют достигнуть высокоэффективной утилизации. В связи с этим можно сказать, что на сегодняшний день мы имеем дело с крайне низкоэффективными и неэкономичными процессами переработки бурового раствора, несущими к тому же значительный экологический ущерб.

\* Адрес для корреспонденции: [natalya\\_kazantseva@rambler.ru](mailto:natalya_kazantseva@rambler.ru)

В последние годы большое внимание уделяется разработке систем с нулевым сбросом воды; созданы высокоэффективные технологии переработки сбросных вод широкого спектра, в том числе нефтеперерабатывающей промышленности, а также попутных вод нефтяных месторождений, однако для сбросных буровых вод подобная система до сих пор не создана.

При разработке комплексной технологии утилизации бурового шлама поставлены следующие основные задачи:

- ♦ существенное сокращение площадей, отвоящихся под захоронение отходов;
- ♦ очистка жидкой фазы до уровня требований, предъявляемых к воде, сбрасываемой в водоемы рыбо-хозяйственного назначения;
- ♦ концентрирование выделенных загрязняющих веществ до 90 %;
- ♦ повышение экономической эффективности процесса очистки.

На основе значительного опыта в области водоподготовки специалистами ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» была предложена схема переработки бурового раствора на основе обратноосмотического обессоливания. Полученная в результате обессоливания чистая вода может как направляться на сброс в поверхностный водоем, так и использоваться в технических целях. Образующийся обратноосмотический концентрат, с целью уменьшения объема, подается на упаривание термическим методом. Упаренный концентрат подвергается обезвреживанию и захоронению совместно с твердой фазой бурового шлама.

## Материалы и методы исследования

Объектом исследования служила жидкая фаза бурового шлама, образовавшегося при эксплуатации куста нефтедобывающих скважин в Ненецком АО. Жидкая фаза подвергалась осветлению по широко распространенной в настоящее время технологии на основе коагуляции и отстаивания, которая представляет собой последовательность следующих операций:

1. Гравитационное осаждение крупных частиц твердой фазы и частичное выделение диспергированной нефти при длительном отстаивании в шламовом амбаре.
2. Удаление нефтяной пленки с поверхности жидкой фазы бурового шлама.
3. Коагуляция с использованием сернокислого алюминия.
4. Гравитационное осаждение скоагулированных мелкодисперсных частиц в технологических емкостях (отстойниках). Полученный осадок подвергается обезвреживанию и захоронению совместно с твердой фазой бурового шлама.

Состав бурового раствора после осветлительных фильтров представлен в *табл. 1*.

Для утилизации жидкой фазы бурового шлама была построена установка производительностью 60 т/сут, структурная схема которой представлена на *рис. 1*.

Назначение модулей комплекса утилизации жидкой фазы буровых шламов:

- ♦ *Модуль предварительной фильтрации* – предназначен для доочистки осветленной воды от осадка, выносимого с потоком жид-

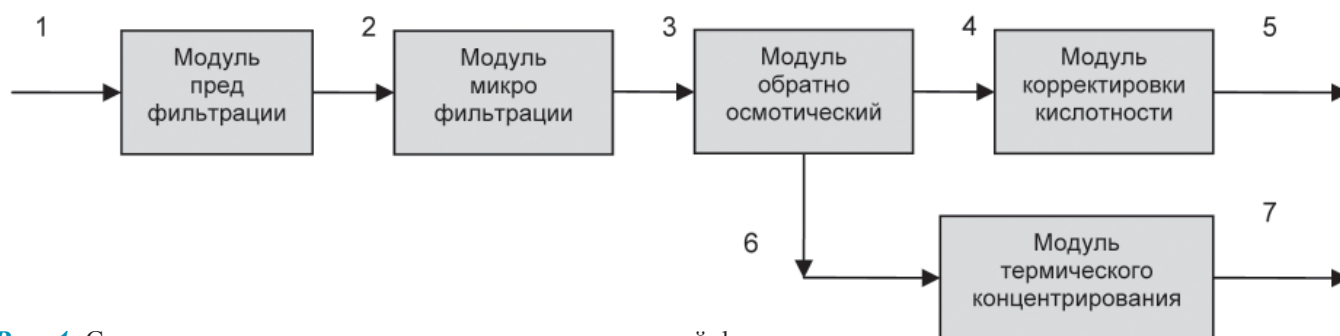


**Таблица 1**

Основные показатели качества бурового раствора на различных стадиях утилизации

Наименование показателя	Значение показателя				
	Буровой раствор после осветлительных фильтров	Фильтрат микрофильтров	Пермеат	Обратно-осмотический концентрат	Упаренный концентрат
Водородный показатель, ед. рН	3,5–4,4	3,5–4,4	3,2–3,5 (7,5–7,7*)	4,0–4,5	3,7–4,2
Электропроводность, мСм/см	17,2–27,1	17,2–27,1	0,3–0,5	74,4–82,2	111,5–113,2
Общая минерализация, мг/л	10762	10762	215–320	47160	74433
Мутность, NTU	3,0–6,0	0,05–0,1	–	–	–
Нефтепродукты, мг/л	1,1	0,005	–	0,17	0,06
Сульфаты	791,2	791,2	7,2	3919	6209
Хлориды	4420	4420	94,5	18 803	30 430
Кальций	218,1	218,1	1,3	713,9	952,3
Магний	9,10	9,10	0,6	30,3	53,41
Натрий	501,2	501,2	63,3	1997,6	3361,9
Калий	4102	4012	47,3	16783	28067

\* – после кондиционирования



**Рис. 1.** Структурная схема комплекса утилизации жидкой фазы буровых шламов.

1 – осветленная жидкая фаза бурового шлама из блока осветления; 2 – осветленная вода; 3 – фильтрат микрофильтров; 4 – пермеат; 5 – обезвреженная вода на сброс в водоем; 6 – концентрат обратноосмотический; 7 – упаренный концентрат на обезвреживание и захоронение совместно с твердой фазой бурового шлама.

кой фазы из отстойников блока осветления. Конструктивно модуль предварительной фильтрации является группой параллельно включенных напорных фильтров с загрузкой из фильтрующего материала Filter AG.

◆ *Модуль микрофильтрации* – предназначен для доочистки осветленной воды от мелкодисперсных и коллоидных примесей; подготавливает воду для последующего обратноосмотического обессоливания. Используются разработанные в ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» фильтрующие элементы рулонного типа на основе микрофильтрационных полимерных трековых мембран с номинальным размером пор 0,6 мкм, которые гарантируют очистку природных вод (речных, скважинных) до качества, соот-

ветствующего требованиям к воде, подаваемой на опреснение [5–7].

◆ *Модуль обратноосмотический* – предназначен для глубокого обессоливания фильтрата микрофильтров. Обессоливание осуществляется на мембранных элементах Filmtec (селективность до 99,8 %) по двухступенчатой схеме с дополнительным подъемом давления концентрата между ступенями. В результате обессоливания происходит разделение раствора на пермеат, который из-за низкого содержания солей можно сбрасывать в природные водоисточники и использовать в технологических целях, и концентрат с высоким солесодержанием. Степень концентрирования в разработанном модуле может составлять до 80 %.

◆ *Модуль термического концентрирования* – предназначен для выпаривания солевого концентрата, поступающего из обратноосмотического модуля. Выпаривание осуществляется с применением атмосферного испарителя пленочного типа (циркуляция

концентрата по контуру, включающему в себя нагреватели и вентиляторный испаритель), который позволит испарять воду горячим воздухом до получения влажного осадка солей с существенно более низким расходом энергии, чем при упаривании другими способами. Раствор концентрируется не менее чем в 2 раза.

♦ *Модуль корректировки кислотности (кондиционирования)* – обеспечивает поддержание водородного показателя обезвреженной воды (пермеата) в пределах pH 6,5–8,5. Модуль представляет собой засыпные фильтры, загруженные кальцитом. Подключается в случае, если пермеат имеет значение pH ≤ 7,0 и планируется его дальнейший сброс в водоемы рыбо-хозяйственного назначения. При пропускании воды через фильтры происходит взаимодействие избыточной кислоты с кальцитовой загрузкой, в результате чего ее значение pH повышается до требуемого уровня.

Внешний вид основных модулей комплекса показан на рис. 2–5.

## Результаты и их обсуждение

Эксплуатация комплекса в течение трех месяцев подтвердила его заявленную высокую эффективность и производительность. Так, при подаче раствора на обработку в количестве 60 м<sup>3</sup>/сут объем очищенного раствора (пермеата) составил 37,5 м<sup>3</sup>/сут, а упаренного концентрата всего 6 м<sup>3</sup>/сут.



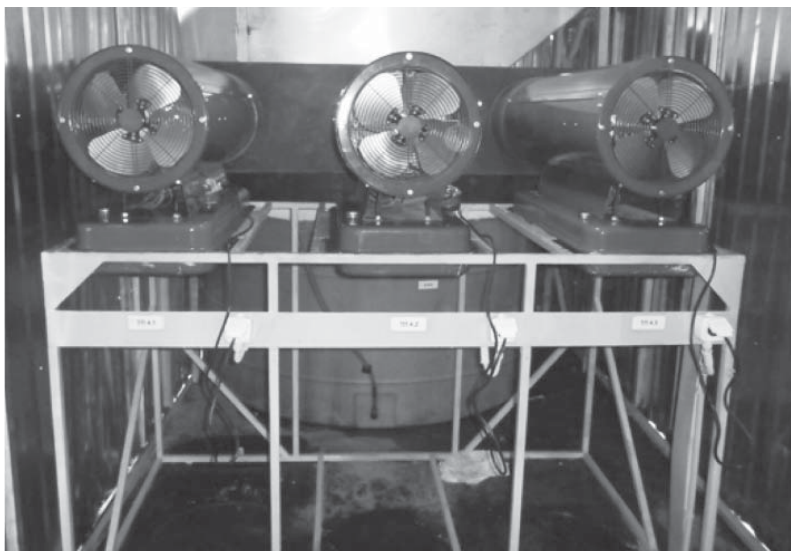
Рис. 2. Модуль предварительной фильтрации.



Рис. 3. Модуль микрофильтрации.



Рис. 4. Модуль обратноосмотический.



**Рис. 5.** Модуль термического концентрирования.

Таким образом, суммарная степень концентрирования бурового раствора по жидкой фазе составила ~ 90 %. Данные по основным показателям качества бурового раствора на разных стадиях переработки представлены в *табл. 1*. Часть полученного пермеата с проводимостью ~ 300–500 мкСм/см использовалась для приготовления растворов реагентов.

По представленным в *табл. 1* данным можно отметить существенную величину минерализации раствора (доходящую в обратноосмотическом концентрате до 50 г/л). Это обуславливает необходимость двухступенчатой гибридной технологии обратноосмотического обессоливания с промежуточным поднятием давления концентрата, а также применение высокостойких коррозионноустойчивых материалов.

Необходимо особо подчеркнуть, что при первом запуске комплекса до подачи раствора на обессоливание использовалась существовавшая ранее технология осветления бурового раствора на основе коагуляции и отстаивания. Анализ работы блока осветления показал, что достаточно высокая степень осветления жидкой фазы бурового шлама перед подачей раствора на установку достигалась при использовании предприятием высоких доз коагулянта (сульфата алюминия). На это указывает и низкое значение pH коагулированного бурового раствора, доходящее иной раз до 3,5. Применение высоких доз коагулянта послужило причиной описанных ниже негативных явлений.

В ходе опытной эксплуатации наблюдалось снижение производительности модуля микрофильтрации, компенсируемое за счет увеличения трансмембранного давления.

Проведение штатных гидравлических и химических промывок не привело к повышению производительности. В дальнейшем отмечалось также и снижение качества фильтрата микрофильтров.

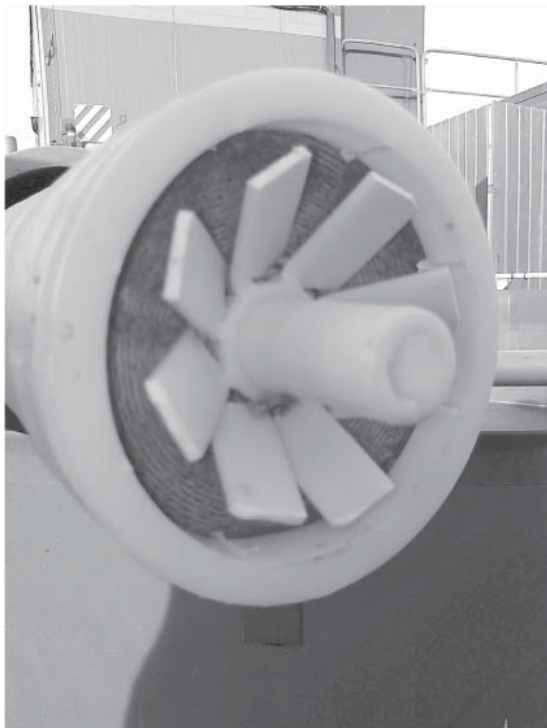
Для восстановления производительности и селективности оборудования модуля микрофильтрации была проведена замена фильтрующих элементов. При обследовании использованных микрофильтрационных фильтроэлементов на поверхности мембран обнаружены отложения гидроксида алюминия, что послужило основанием для проведения ревизии оборудования модулей предварительной фильтрации и обратноосмотического. Ревизия осветлительных фильтров модуля предварительной фильтрации показала сильное загрязнение толщи фильтрующей загрузки осадком гидроксида алюминия, не устранимое штатными промывками, что привело к необратимому снижению эффективности работы.

Проведенная ревизия фильтроэлементов модуля обратноосмотического также показала наличие отложений осадка гидроксида алюминия на поверхности мембран (*рис. 6*), вызвавшее частичное разрушение фильтроэлементов вследствие телескопического эффекта (*рис. 7*).

Действительно, как показали проведенные лабораторные тесты, применение сульфата алюминия в качестве коагулянта обеспечива-



**Рис. 6.** Отложение осадка на торце обратноосмотического фильтроэлемента.



**Рис. 7.** Разрушение обратноосмотического фильтроэлемента.

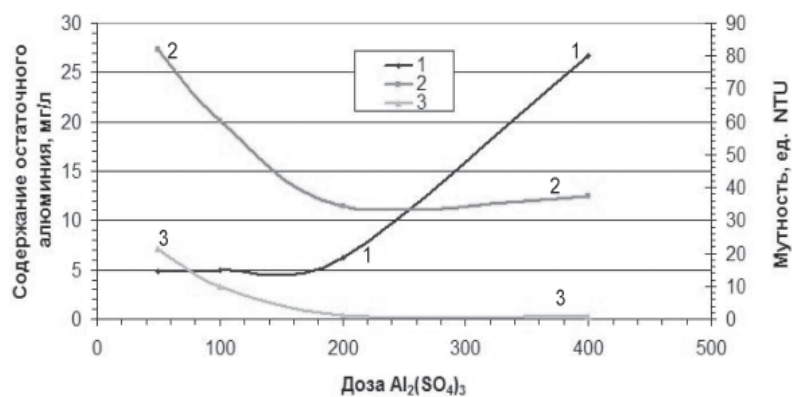
ет значимый эффект осветления лишь при дозах от 200 мг/л по  $Al_2(SO_4)_3$  и выше, в оптимальной области pH 5,0–7,5 (рис. 8). При дозах ниже 100 мг/л коагуляция не эффективна - мутность раствора снижалась с 50 до 20 ед. NTU (после фильтрования пробы). При этом раствор оставался мутноватого бело-желтого цвета. Использование доз выше 200 мг/л приводит к интенсивному образованию хлопьев, которые в течение 5-10 мин практически полностью оседают на дно. Минимальная достигаемая мутность осветленного раствора при дозе  $Al_2(SO_4)_3$  400

мг/л составила 0,71 NTU (после фильтрования пробы), визуально раствор выглядел полностью прозрачным. Однако содержание остаточного алюминия в растворе после коагуляции доходило до 26 мг/л, что недопустимо, так как подача такого раствора на обратноосмотическое обессоливание неизбежно приводит к отложению осадка гидроксида алюминия на поверхности мембран.

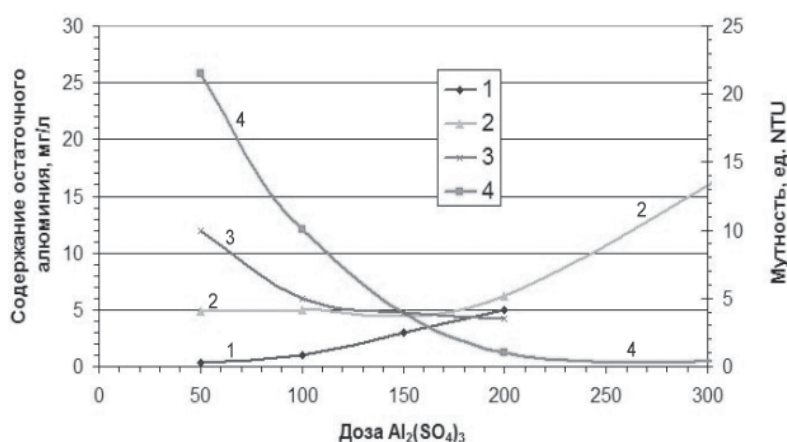
Неэффективность низких доз коагулянта в данном случае обуславливается присутствием в буровом растворе сложного комплекса органических соединений, обладающих диспергирующими свойствами, которые не позволяют провести полное осаждение мелкодисперсной фазы. Именно этот фактор и создает основные трудности при предварительной подготовке, которая должна обеспечить качество воды, соответствующее требованиям к последующему обессоливанию обратноосмотическим и термическим методами. Так, отстаивание необработанного реагентами бурового раствора в течение двух недель привело лишь к выпадению тяжелой части нефтяных фракций в первые минуты отстаивания. Далее никаких изменений цветности и мутности раствора не наблюдалось.

Соответственно, возникает задача ликвидации действия разбавителей, диспергирующих агентов и поверхностно-активных веществ, входящих в состав буровых растворов. Одним из наиболее простых, дешевых и доступных веществ, позволяющих это осуществить, является щелочь. Ряд поставленных лабораторных тестов по введению щелочи в буровой раствор подтвердил это предположение. Было установлено, что эффективность воздействия щелочи определяется, в основном,





**Рис. 8.** Параметры раствора после коагуляции при разных дозах коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$ : 1 – остаточное содержание алюминия; 2 – мутность нефильтрованного раствора через 5 мин после коагуляции; 3 – мутность отфильтрованного раствора через 5 мин после коагуляции.



**Рис. 9.** Параметры раствора после коагуляции с подщелачиванием при разных дозах  $Al_2(SO_4)_3$ :

1 – остаточное содержание алюминия (коагуляция после подщелачивания); 2 – остаточное содержание алюминия (коагуляция без подщелачивания); 3 – мутность отфильтрованного раствора через 5 мин после коагуляции (коагуляция после подщелачивания); 4 – мутность отфильтрованного раствора через 5 мин после коагуляции (коагуляция без подщелачивания).

значением pH раствора. Наиболее эффективное воздействие наблюдалось при pH выше 12,5: возникало интенсивное хлопьеобразование и в течение получаса мутность раствора снижалась в различных пробах с ~ 100–200 NTU до ~ 5–7 NTU в нефильтрованном растворе и до ~ 5–7 NTU в растворе после фильтрации. Одновременно уменьшалось и содержание ионов жесткости примерно на 30 %.

Коагуляция осветленного после подщелачивания раствора проводилась также раствором сульфата алюминия при предварительном доведении pH раствора до оптимального значения. Как представлено на рис. 9, эффективность коагуляции существенно увеличилась по сравнению с коагулированием необрабо-

танного щелочью бурового раствора. При дозе сульфата алюминия от 50 до 100 мг/л мутность отфильтрованного раствора составила от 10 до 5 NTU, что по сравнению с вариантом коагуляции без подщелачивания ниже на 50 %. Содержание остаточного алюминия также заметно уменьшилось и составило от 0,3 до 1,0 мг/л вместо 4,8–5,0 мг/л. Такие параметры раствора уже достаточны для проведения обратнoсмотического обессоливания с предварительной микрофильтрацией.

## Заклучение

**Д**ля глубокой очистки жидкой фазы бурового шлама предложена технология, включающая реагентную коагуляцию, осветление, микрофильтрацию, обратнoсмотическое и термическое обессоливание, которая обеспечивает 90 % концентрирование бурового раствора по жидкой фазе и получение очищенной воды, соответствующей требованиям к воде, сбрасываемой в водоемы рыбо-хозяйственного назначения. Опыт эксплуатации промышленной установки по переработке бурового шлама на буровой вышке показал неэффективность применяемого в настоящее время способа коагуляции с использованием высоких концентраций сульфата алюминия. На основании результатов данных исследований возникает необходимость в модификации существующего модуля коагуляции на стадии предварительной очистки буровых растворов. Предполагается введение двухступенчатой очистки: на первой стадии щелочная обработка с разрушением стабилизирующего действия присадок, на второй стадии – осаждение взвешенных веществ вводом коагулянта.

Продолжаются исследования по усовершенствованию технологии утилизации жидкой фазы буровых отходов, в том числе по применению иных реагентов в качестве коагулянтов и разработке эффективных технологий предварительной очистки.

## Литература

1. Ягафарова Г.Г. Утилизация экологически опасных буровых отходов. Нефтегазовое дело. / Г.Г. Ягафарова, В.Б. Баряхнина // Электронный научный журнал. Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2006. Электронный ресурс: <http://www.ogbus.ru>.
2. Пат. 899840 СССР. /Ягафаров Р.Г., Абдуллин В.Р., Мавлютов М.Р. и др. Устройство для регенерации компонентов бурового рас-



твора. Опубликовано 23.01.1982. Бюл. № 3. Приоритет 05.05.1980.

3. Пат. 2215871 РФ. Кресняк С., Браун А. Способ удаления загрязняющих примесей из поступающего потока. Опубликовано 10.11.2003. Бюл. № 31. Приоритет 03.05.2001.

4. Пат. 2331752 РФ. /Ахмадиев Р.Г., Бра-тишко Ю.А., Джабраилова О.С. и др. Система замкнутого оборотного водоснаб-жения при бурении скважин. Опубликовано 20.08.2008. Бюл. № 23. Приоритет 22.03.2004.

5. Desyatov A.V. Application of spiral wound microfilter elements to natural water purification /A.V. Desyatov, A.Ye. Baranov, N. N. Kazantseva //IWA Regional Conference on Membrane Technologies in Water and Waste Water Treatment. Conference Proceedings. Moscow, June 2008. P. 54–59.

6. Десятов А.В. Использование микрофиль-трационной технологии для очистки речной воды // А.В. Десятов, А.Е. Баранов, Н.Н. Казанцева, А.Е. Белов, И.А. Прохоров, А.Б. Григорьев // Водоснабжение и канализация. 2010, январь-февраль, С. 78–86.

7. Десятов А.В. Реализация микрофильтра-ционных технологий в системах водоподго-

**Ключевые слова:**

буровой шлам,  
жидкая фаза,  
утилизация,  
реагентная  
обработка,  
мембранные  
технологии,  
выпаривание



товки / А.В. Десятов, А.Е. Баранов, Н.Н. Казанцева. // Сборник докладов конферен-ции Международной водной ассоциации (IWA) «Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке: Технологи-и, Проектные решения, Эксплуатация станций» (2-4 июня 2010 г., Россия, Москва). М.: ЗАО «Фирма СИБИКО Интернэшнл», 2010. ISBN: 978-5-9900677-9-0.



A.E. Baranov, A.E. Belov, M.A. Erokhin, V.A. Mavrov, I.V. Murav'ev, S.V. Kuznetsov, N.I. Filatov, N.N. Kazantseva

## INTEGRATED TREATMENT OF LIQUID PHASE OF DRILLING CUTTINGS OF THE OIL-GAS -PRODUCTION ENTERPRISES: PROCESS DEVELOPMENT AND APPLICATION EXPERIENCE

The treatment technology of liquid phase of drilling cuttings including coagulation by reagents, microfiltration, and desalination by reverse osmosis and evaporation have been analysed. Common

coagulation with high concentrations of aluminum sulfate was shown to be ineffective in the field. To work out the more effective technology of pretreatment the research investigation at choosing reagents

and optimal conditions for coagulation was carried out.

**Key words:** drilling cuttings, liquid phase, utilization, reagent treatment, membrane technologies, evaporation