

## **1. Общие сведения**

### **1.1 Заказчики**

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Уфимский Институт химии Российской Академии наук.

Адрес: 450054, г. Уфа, пр. Октября, 71

Тел./факс: (347) 235-55-60, 235-60-66

E-mail: chemorg@anrb.ru

Вр. и.о. директора Р. Л. Сафиуллин

2. Общество с ограниченной ответственностью «Инновационно-производственный центр «Пилот»

Адрес: 115280, г. Москва, ул. Ленинская слобода д. 19

Тел./факс: +7 (499) 638-87-75

E-mail: info@ipc-pilot.com

Генеральный директор С. Н. Греков

### **1.2 Объект проектирования.**

Название объекта проектирования: «Технология утилизации отходов бурения на основе углесодержащего сорбента-деструктора».

Планируемое место его реализации: Российская Федерация (Самарская и Оренбургская области, Республика Башкортостан)

### **1.3 Контактные лица.**

Шерстнев Виталий Владимирович

+7 937 340 60 60

Бадамшин Александр Георгиевич

+7 (347) 235 56 77

## **2. Вводная часть**

На современном этапе развития технологии нефтедобычи при разработке нефтяных месторождений образуются большие объемы отходов, преимущественное количество которых накапливается во временных накопителях отходов бурения (площадка временного накопления отходов бурения, карты временного накопления отходов бурения, временная траншея для накопления отходов бурения, шламовый амбар для накопления/хранения отходов бурения, шламонакопитель отходов бурения и т.п.). В процессе эксплуатации они заполняются БШ, ОБР и БСВ. Процентное соотношение между этими компонентами может быть самое разнообразное в зависимости от геологических условий, технического состояния оборудования, культуры производства и т.д.

В последние годы нефтедобывающими предприятиями в производство внедряются различные технологические решения, направленные на утилизацию отходов бурения. Однако, унифицированного способа переработки буровых амбаров с целью обезвреживания и утилизации не существует.

Все известные технологии переработки буровых амбаров по методам переработки можно разделить на следующие группы:

- термические - сжигание в открытых амбарах, печах различных типов, получение битуминозных остатков;
- физические - захоронение в специальных могильниках, разделение в центробежном поле, вакуумное фильтрование и фильтрование под давлением;
- химические - экстрагирование с помощью растворителей, отверждение с применением (цемент, жидкое стекло, глина) и органических добавок;
- физико-химические - применение специально подобранных реагентов, изменяющих физико-химические свойства, с последующей обработкой на специальном оборудовании;
- биологические - микробиологическое разложение в почве непосредственно в местах хранения, биотермическое разложение.

В настоящее время все большее применение находят биологические методы очистки почвы и воды от органических загрязнений, основанные на применении активных микробных штаммов, проявляющих способность использовать в качестве источника углерода и энергии углеводороды нефти и нефтепродуктов.

Одним из перспективных экологических направлений по созданию новых технологий в области рекультивации накопителей отходов бурения является комплексное применение консорциума микроорганизмов-деструкторов и высокоэффективных сорбентов. Многочисленными исследованиями показано, что активные микроорганизмы-деструкторы нередко вымываются из зоны действия, и существует лишь одна возможность их сохранения в составе биоценоза - закрепление путем иммобилизации на инертном носителе. Иммобилизация позволяет существенно повысить окислительную мощность консорциума микроорганизмов-деструкторов и глубину очистки, сократить время рекультивации накопителей отходов бурения, так как сорбент одновременно является как инкубатором для микроорганизмов-биодеструкторов, так и «насосом» для перекачки к последним углеводородов из твердой или жидкой фазы буровых отходов. На сорбенте создается высокая концентрация клеток и веществ необходимых для их жизнедеятельности. Иммобилизованные микроорганизмы во многих случаях менее чувствительны к токсичным субстратам, их жизнеспособность и активность значительно увеличиваются. Наиболее дешевым, простым, универсальным и не оказывающим стрессовых воздействий на клетки методом иммобилизации микроорганизмов на носителях является физический (адсорбция). Факторы, влияющие на способность клеток к сорбции на носителях многочисленны, и в том числе зависят от свойств самой культуры микроорганизмов и от особенностей твердой поверхности адсорбента. Виды сорбентов, применяемых для закрепления микроорганизмов многочисленны. Выбор носителя для иммобилизации осуществляется эмпирически и является одной из самых трудоемких задач.

Поэтому, с целью повышения окислительной способности и устойчивости клеток микроорганизмов к воздействию токсикантов, а также глубины очистки проведен поиск носителя и выработка условий совместной иммобилизации консорциума микроорганизмов-деструкторов на основе модификации поверхности и структуры разработанного нами сорбента СД-1.

### **3. Предпосылки для разработки технологии утилизации отходов бурения на основе сорбента – деструктора для ликвидации нефтешламов и иммобилизации тяжелых металлов, высокотоксичных радионуклидов.**

На отечественном рынке предлагаются различные технологии утилизации бурового шлама, которые в конечном итоге требуют необоснованно высоких затрат материальных и финансовых средств или приводят либо к образованию вторичных отходов после обезвреживания буровых шламов, требующих необходимость планирования самостоятельных способов обращения с этими отходами, либо к образованию такой продукции, которая не может быть востребована и размещается в окружающей среде.

В связи с вышесказанным встает вопрос о необходимости и целесообразности разработки новой технологии, которая являлась бы экологически безопасной, экономически выгодной и реализуемой.

Для выполнения комплекса работ по утилизации отходов бурения ФГБУН Уфимский институт химии РАН и ООО «ИнПЦ «Пилот» разработали технологию «Утилизации отходов бурения на основе углесодержащего сорбента-деструктора». В результате процесса утилизации отходов бурения образуется продукт, который относится к грунтам и может быть использован на производственных и вспомогательных объектах нефтегазодобывающих месторождений для засыпки амбаров, траншей и других видов работ, где применяются традиционные природные грунты.

Технология утилизации отходов бурения на основе углесодержащего сорбента-деструктора разработана в соответствии с действующим законодательством РФ и субъектов РФ, в целом устанавливает нормативные и

производственные действия, направленные на минимизацию/исключение негативного воздействия на окружающую среду в части обращения с отходами бурения, образующимися при строительстве скважин.

Сущность предлагаемой технологии «Утилизация отходов бурения на основе углесодержащего сорбента-деструктора» заключается в применении сорбента-деструктора СД-1, который является «инкубатором» для консорциума нефтеокисляющих микроорганизмов и одновременно катализатором окисления органических веществ различного строения. Биодеструкция нефтешламowych компонентов протекает с использованием биомассы консорциума естественных (природных) нефтеокисляющих микроорганизмов, характерных для данного региона. После обработки сорбентом-биодеструктором не нужно вывозить и утилизировать отходы из мест загрязнений.

#### **Состав отходов бурения**

К основным отходам бурения, образующимся при строительстве скважины, относятся:

- буровой шлам (БШ),
- отработанный буровой раствор (ОБР),
- буровые сточные воды (БСВ).

Масштабы возможного загрязнения окружающей среды на этапе строительства скважины определяются принятой технологией бурения, расположением площадки бурения в экосистемах в зависимости от их ценностей и устойчивости, содержанием и качеством работ по утилизации отходов бурения и рекультивации мест их размещения.

Свойства образующегося бурового шлама обусловлены минералогическим составом выбуренной породы, пластовых флюидов и остатками бурового раствора. По данным ВНИЦ «Экология» (г. Тюмень), токсичность отходов бурения определяется главным образом содержащейся в них нефтью. Нефтеосодержащие отходы отнесены к загрязняющим веществам высокой или средней токсичности, второго или третьего класса опасности.

При отсутствии нефти отходы бурения имеют, как правило, четвертый класс опасности.

Буровые отходы в общем случае состоят на 40-50% (вес.) из выбуренной породы (глина, пески, супеси, алевролиты и т.д.), 30-40% бурового раствора и возможных технологических сбросов, подземных вод и нефти. Буровые растворы состоят из воды (85-89%), бентонитовых глинопорошков (10-11%), в оставшиеся 1-5% могут входить различные смазывающие, антисептические, пеногасительные, антифильтрационные и гидрофобизирующие жидкости. Наиболее распространены гидрофобизированная кремнийорганическая жидкость, натриевая соль карбометилцеллюлозы, полиакриламид, гепан, графитовая смазка, каустическая сода, едкий калий, кальцинированная сода. В настоящее время, в зависимости от конструкции скважины, применяют так же полимерные буровые растворы с добавками.

В ходе бурения каждой конкретной скважины составляется карта использования растворов с перечнем используемых компонентов на соответствующей глубине. Тип, состав и физико-механические свойства отработанного бурового раствора напрямую зависят от выбранной рецептуры бурового раствора, представленной в ПСД.

Отходы бурения представляют собой дисперсионную систему из частиц глины, песка, химических реагентов и нефти в воде. Буровые отходы представляют собой текучую пастообразную массу темно-серого с металлическим оттенком цвета, маслянистую на ощупь и имеющую запах углеводородного сырья. Высушенные отходы бурения теряют текучесть и легко размалываются в порошок. Исследования гранулометрического состава показали, что размеры частиц отходов бурения находятся в интервале от 10 до 500 мкм, причем более крупные соответствуют выбуренным породам, а мелкие - бентонитам. Температура замерзания буровых отходов составляет минус 15-10°C.

Отходы бурения содержат воду (20-50%), оксиды: кремния (40-60%), алюминия (10-20%), углерода (7-9%), железа (5-8%), кальция (2-5%), магния

(1,5-3%), натрия (0,5-1%), калия (0,4-2%), бора (0,3-0,5%), фосфора (0,03-0,05%), марганца (0,03-0,1%) и других элементов, сульфаты и хлориды вышеуказанных элементов. В составе отходов бурения содержание нефти и нефтепродуктов может достигать 10 %, поверхностно-активных веществ (ПАВ) 0,5%. Обычные показатели для углеводородов 50-100 мг/кг, ПАВ 1-10 мг/кг.

Основные факторы воздействия отходов бурения на окружающие элементы биоценоза определяются составом бурового раствора и попадающими в буровой раствор из забойного пространства нефтепродуктами и минерализованными водами. Как правило, опасность отходов бурения связана с высоким рН, взвешенными частицами, нефтью, тяжелыми металлами и токсичностью.

Для оценки вклада того или иного вещества в составе отходов бурения используется в качестве показателя отношение процентного содержания к величине ПДК. Показатели ПДК принимаются для почвы, если речь идет о твердой фазе отходов бурения, для соответствующих водоемов, если предполагается сброс жидкой фазы отходов бурения в водоемы.

Физико-химические характеристики отходов бурения напрямую зависят от:

- геологических особенностей разреза скважины;
- типов и параметров применяемых буровых растворов;
- системы очистки буровой установки.

#### **4. Описание технологии утилизации отходов бурения на основе углесодержащего сорбента-деструктора.**

При использовании технологии переработки бурового шлама используются следующие основные компоненты:

Содержание в получаемом грунте (объемные доли)

- 1 Шлам буровой - 44
- 2 Песок ГОСТ 8736 0,35 - 22
- 3 Фосфогипс - 3
- 4 Сорбент-деструктор – 1

Готовый продукт представляет собой однородную грунтоподобную смесь от текучепластичной до рыхлой консистенции в зависимости от влагосодержания исходного сырья. Грунт не оказывает негативного воздействия на компоненты природной среды, не препятствует протеканию процессов почвообразования, не препятствует заселению и произрастанию растительности, имеет достаточную несущую способность для выдерживания механической нагрузки от почвенного слоя и древесной растительности.

## **5. Принципы и схемы технологических процессов**

Переработка бурового шлама в Грунт осуществляется в три этапа: подготовительный, технический, биологический этапы.

### **5.1 Подготовительный этап**

На подготовительном этапе анализируются документы обследования временного накопителя отходов бурения для принятия решения о возможности применения технологии. На подготовительном этапе оцениваются:

1. Категория земель, в границах которых находится земельный участок, нарушенный в связи с обустройством временного накопителя отходов бурения.
2. Геометрические характеристики временного накопителя отходов бурения:
  - 1) площадь; 2) глубина; 3) длины сторон; 4) место подъезда техники; 5) объем отходов бурения, в том числе бурового шлама; 6) объем смеси природного песка, фосфогипса и сорбента-деструктора «СД-1» для формирования разрезающих полос; 7) объем ранее извлечённого грунта, используемого для укладки поверх «Грунта искусственного»; 8) объем грунта, применяемого на биологическом этапе рекультивации.

В соответствии с проектами строительства скважин до начала технологического этапа производится откачка жидкой фракции. Оставшийся во временном накопителе отходов бурения буровой шлам должен соответствовать критериям применения технологии.

Аккредитованной лабораторией производится отбор проб бурового шлама в соответствии с требованиями ПНД Ф 12.1:2.2.2:2.3:3.2-03 «Методические рекомендации «Отбор проб почв, грунтов, донных отложений, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления». Отбор и анализ проб производится персоналом аккредитованных лабораторий.

По результатам лабораторных испытаний принимается решение о возможности применения данной технологии для утилизации бурового шлама в «Грунт искусственный». При принятии решения о применении технологии «Утилизация отходов бурения на основе углесодержащего сорбента-деструктора» производится планирование производства работ, готовится руководящий документ – план производства работ, и рабочая площадка под завоз материалов в рамках отведенного под строительство участка.

## **5.2 Технологический этап**

1. Утилизация бурового шлама в «Грунт искусственный» производится путем перемешивания бурового шлама (44 объемных части) с природным песком ГОСТ 8736 (22 объемных части), фосфогипсом (3 объемных части) и сорбентом-деструктором «СД-1» ТУ 23.99.19 – 001 – 13276131 – 2016 (взамен ТУ 2160 – 001 – 13276131 – 2013) (1 объемная часть) с помощью экскаватора на всю мощность залегания бурового шлама.
2. При необходимости, если ширина временного накопителя отходов бурения превышает две длины стрелы экскаватора, производится создание разрезных полос, для возможности выполнения работ по всей площади временного накопителя отходов бурения. Разрезные полосы создаются путем отодвигания ковшом экскаватора, заполненного смесью природного песка, фосфогипса и сорбента «СД-1», шлама с последующим высыпанием смеси вместо бурового шлама. Смесь природного песка, фосфогипса и сорбента «СД-1» должна высыпаться на поверхность, очищенную от бурового шлама. Расстояния между полосами не должны превышать двух длин стрелы экскаватора.

3. По окончании утилизации (биоремедиации) бурового шлама в «Грунт искусственный» производится контроль на показатели, указанные в Таблице 1 «Характеристика грунта искусственного» Технических условий ТУ 23.99.19 – 002 – 13276131 – 2016 (взамен ТУ 2160 – 002 – 13276131 – 2013). После получения протокола химического анализа проб, удостоверяющего, что содержание нефти и других анализируемых веществ в «Грунте искусственном» не превышает установленного допустимого уровня, результатов физических исследований, удовлетворяющих предъявляемым требованиям, протокола радиационного контроля об отсутствии радиационного загрязнения, принимается решение о выполнении биологического этапа рекультивации.

При соответствии грунта требованиям ТУ 23.99.19 – 002 – 13276131 – 2016 (взамен ТУ 2160 – 002 – 13276131 – 2013) производится выемка защитной пленки из временного накопителя отходов бурения для выполнения биологического этапа рекультивации.

### **5.3 Биологический этап**

На биологическом этапе выполняются следующие виды работ:

- Создание плодородного слоя. Нанесение плодородного слоя с помощью бульдозера. По окончании засыпки земельного участка с временным накопителем отходов бурения его поверхность может иметь превышение над окружающим рельефом местности не более чем на 0,5 м. Плодородный слой создается слоем 10-20 см на рекультивируемой поверхности. Для создания плодородного слоя используются почвогрунт для повышения плодородия. После создания плодородного слоя производится фрезерование на 20 см с одновременным внесением при необходимости расчетных норм удобрений с использованием механических средств или вручную.

- Посадка травянистой растительности на нарушенной территории. Посадка травянистой растительности на земельном участке с временным накопителем отходов бурения после проведения технического этапа рекультивации производится для закрепления ее поверхности. В качестве

многолетних трав целесообразно использовать смесь различных по биологическим особенностям трав, что обеспечивает более надежное и долговечное закрепление площадки. Используется травосмесь для биологической рекультивации исходя из рекомендаций, указанных в проекте рекультивации, в зависимости от площади участка.

После проведения всех работ по рекультивации нарушенного при строительстве скважин участка, включая участок с накопителем отходов бурения, участок сдается в соответствии с требованиями к порядку приемки и рекультивации нарушенных земель, действующему на момент завершения работ по рекультивации нарушенного участка. Основанием для сдачи-приемки является его соответствие требованиям, предъявляемым к качеству рекультивации земель.

## **6. Отходы.**

Процесс утилизации бурового шлама относится к безотходным, так как результатом является продукт. Образование отходов от комплекса работ по утилизации бурового шлама возможно в процессе эксплуатации техники, деятельности сотрудников предприятия, а также уборки территории.

В связи с непродолжительностью процесса эксплуатации техники отходы не образуются.

## **7. Обоснование выбора предлагаемой технологии «Утилизация отходов бурения на основе углесодержащего сорбента-деструктора» для рекультивации земель, нарушенных созданием временных накопителей отходов бурения, из существующих способов обращения с буровым шламом.**

Анализ существующих технологий утилизации буровых шламов, направленных на снижение содержания в них нефтепродуктов и повышение механической устойчивости, показывает их значительное разнообразие. Существующие описанные способы обращения с буровыми шламами позволяют достичь результатов, характеризующихся, в том числе, отрицательными показателями. Выбор технологического решения

рекультивации земель определяется оптимальным соотношением оценок трех показателей: экологический, экономический и технологический.

Экологическая оценка существующих технологических решений определяется возможностью достижения установленных таких нормативов качества компонентов окружающей среды на рекультивируемом земельном участке, при котором отсутствует негативное воздействие на компоненты окружающей среды.

Экономическая оценка заключается в определении величин всех затрат при реализации рассматриваемого технологического решения с выбором наименее затратных. Технологическая оценка определяется возможностью приобретения и доставки всего необходимого оборудования, сырья и материалов, их легитимностью в Российской Федерации (соответствие документации требованиям российского законодательства) и возможностью применения в рассматриваемых природно-климатических условиях.

Рекультивация земель, нарушенных временным складированием отходов бурения, сопряженная с их утилизацией (отходов бурения) в продукцию, имеет то преимущество, что устраняет негативное воздействие бурового шлама, что является положительной оценкой.

## **8. Законодательство.**

Применение разработанной технологии утилизации бурового шлама соответствует действующим нормативным правовым актам и нормативно-техническим документам Российской Федерации.