

МИНЕСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет имени П. О. Сухого»

Кафедра  
«Нефтегазозаготовка и гидропневмоавтоматика»

### **Курсовая работа**

На тему: «Мировой опыт по утилизации и захоронению отходов бурения»

Исполнитель: студент гр. НР-31  
Малашук В.В.  
Руководитель: преподаватель  
Атвиновская Т.В.

Дата проверки:  
Дата допуска к защите:  
Дата защиты:

Оценка работы:

Гомель, 2021

## Содержание

Введение.....	3
1. Характеристика отходов бурения .....	4
2. Методы осветления буровых сточных вод.....	6
3. Пути утилизации отходов бурения .....	8
4. Места захоронения ОБ.....	12
5. Вопросы охраны окружающей среды при проведении утилизации и захоронения ОБ.....	14
6. Практическая часть. Метод расчета объёмов отходов бурения, образующихся при строительстве скважин.....	19
Заключение.....	28
Список использованных источников.....	29

## ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование является необходимым этапом подготовки и обучения студентов, становления их как высококвалифицированных специалистов и играет важную роль в формировании самостоятельного творческого мышления студента.

Курсовая работа представляет собой комплексную учебно-исследовательскую работу студента, которая выполняется на основе теоретических и практических знаний, накопленных в процессе обучения дисциплине «Буровые и тампонажные растворы». Она является многоцелевым элементом учебного процесса и позволяет привить студентам навыки и умения сбора, анализа, обобщения информации по данной предметной области.

Целью данной курсовой работы: научиться собирать необходимый материал, правильно его комплектовать и реферировать, получить необходимые навыки для расчёта объёмов отходов бурения, образующихся при строительстве скважины.

Основными задачами курсового проектирования по дисциплине «Буровые и тампонажные растворы» являются:

- 1) углубление и расширение теоретических знаний по предмету;
- 2) выработка навыков использования научной, методической и справочной литературы, а также способностей к анализу и обобщению собранной информации;
- 3) приобретение навыков самостоятельной работы, исследовательской деятельности при решении конкретных задач;
- 4) формирование способностей самостоятельно и творчески решать
- 5) поставленные задачи;
- 6) оформление работы в соответствии с ГОСТом;
- 7) публичное предоставление полученных результатов.

Процесс создания скважины достаточно сложный, во время бурения образуется достаточно большое количество как отработанного бурового раствора, так и бурового шлама, который нужно перерабатывать, захоронять, хранить. Поэтому нужно знать и применять эти знания на практике.

## 1 Характеристика отходов бурения

Загрязнение окружающей среды - один из самых важных факторов, наиболее существенно влияющих на продолжительность жизни и здоровья людей. Среди объектов техногенного воздействия на компоненты окружающей среды ведущее место занимает топливно-энергетический комплекс. Загрязнение окружающей среды и ее техногенное преобразование приобретает глобальный характер и поэтому поиск оптимальных путей выхода из сложившейся ситуации становится все более актуальным.

Основная доля загрязнения токсичными отходами приходится на предприятия горнодобывающей, металлургической, химической, нефтегазовой промышленности.

**Буровые растворы** - это наиболее токсичная часть буровых отходов.

Понятие «Буровые растворы» охватывает широкий круг жидких, суспензионных и аэрированных сред, выполняющих различные функции: улучшение буримости породы, ее размыв и вынос, сохранение целостности стенок скважины, предохранение бурового оборудования от коррозии и т.д. Принципиально буровые растворы можно разделить на три группы: на нефтяной основе, синтетические и на водной основе (наименее токсичные).

Химический состав бурового раствора зависит от его назначения, типа пород и метода бурения, хотя существует ряд обязательных моментов. Непременным компонентом любого бурового раствора является бентонит (монтмориллонитовая глина). Глина используется как структурообразователь раствора и регулятор вязкости. В некоторых случаях применяется палыгорскитовая глина - атапульгит.

Аномально высокие пластовые давления часто превышают гидростатическое давление столба бурового раствора в скважине, поэтому его необходимо утяжелять, для чего применяется баритовый утяжелитель (безводный сульфат бария), являющийся за рубежом единственным материалом, служащим в этих целях. В качестве регулятора щелочности применяются такие реагенты, как каустическая сода (NaOH). Поверхностно активные вещества (ПАВ) также входят в состав любого бурового раствора. В качестве ПАВ используют сульфанол, дисолван, стеарокс и различные оксиэтилированные спирты. Для дегазации буровых растворов используют реагенты-пеногасители: соасток, карболинеум, синтетические жирные кислоты и т.д.

Для поддержания постоянной плотности бурового раствора используют реагенты-понижители водоотдачи (углещелочной реагент, карбоксиметилцеллюлоза, гидролизованный полиакриламид) и понизители вязкости (феррохромлигносульфонат, нитролигнин, сунил и т.д.). Из зарубежных компонентов применяются Терма Тин и Пал-ли. Кроме того, применяются вещества-ионофоры (известь, бикарбонат натрия), термостабилизаторы, эмульгаторы, смазочные добавки, ингибиторы коррозии и биоциды.

**Шлам** - представляет собой выбуренную в скважине горную породу, поднятую на поверхность с буровым раствором. Насколько известно авторам, состав и количество конкретных загрязняющих (токсичных) веществ в буровых шламах на сахалинском шельфе как следует не изучены. Однако известно точно, что рыбохозяйственные ПДК на этот вид отходов не устанавливаются.

**Пластовые воды** - воды, поступающие из нефтегазоносных подземных пластов вместе с нефтью и газом в процессе нефтедобычи. Как правило, они содержат остаточные количества нефти, загрязнены природными низкомолекулярными углеводородами, неорганическими солями и взвешенными веществами. Объем нефти, в составе пластовых вод, может достигать десятков тонн в год.

Наблюдение за химическим составом жидких сбросов при буровых работах на шельфе Норвегии показали высокое содержание фенола и его производных - 5,5-5,9 мл/л. Напомним, что фенолы отличаются высокой токсичностью, и предельно допустимая концентрация их в природных водах составляет всего 0,001 мл/л.

Исследования последних лет выявили присутствие в пластовых водах природных радионуклеотидов, таких, как радий-226, радий-228 и продуктов их распада. При контакте с морской водой эти радионуклеотиды, выпадая в осадок, образуют локальные радиоактивные скопления.

## 2 Методы осветления буровых сточных вод

**Очистка буровых сточных вод** осуществляется различными способами, на практике чаще используются механический и физико-механический методы. Механические методы применяются на начальном этапе очистки бурового раствора от выбуренной породы, и включает следующие этапы:

1. Очистку от крупного шлама на виброситах.
2. Очистку от крупнодисперсной фазы на пескоотделителях.
3. Отделение мелкодисперсной фазы происходит на илоотделителях.
4. Очистку на центрифуге.

В качестве песко- и илоотделителей служат гидроциклоны, действие которых основано на выделении твердых частиц из вращающегося потока воды под действием центробежной силы. Использование центрифуги при очистке буровых растворов позволяет провести полное разделение раствора на жидкую фазу и шлам (с размером частиц 2-5 мкм).

Обезвоженный после вибросит и центрифуги шлам транспортером (шнековым, скребковым) доставляется в гидроизолированный накопитель. Выгрузка шлама может производиться непосредственно в транспортные средства для его дальнейшего транспортирования (при безамбарном бурении). Высвобожденная техническая вода поступает для дальнейшей очистки физико-химическими методами.

К физико-химическим методам очистки относятся процессы коагуляции, флокуляции и электрохимической очистки.

**Коагуляция** — это процесс укрупнения дисперсных частиц за счет их взаимодействия и объединения в агрегаты. Вещества, способные вызвать коагуляцию частиц при водоподготовке, называются коагулянтами или гидролизующимися коагулянтами.

Последние не только вызывают коагуляцию частиц загрязнений, но и образуют, гидролизуясь, малорастворимые продукты, способные объединяться в крупные хлопья. Коллоидные (размером 0.001-0.1 мкм) и мелкодисперсные (размером 0.1-10 мкм) частицы при механической обработке практически не удаляются, поэтому для очистки сточных вод используются различные коагулянты (сульфат алюминия, Green Drill CP), которые увеличивают их скорость осаждения.

**Флокуляцией** называют процесс агрегации дисперсных частиц под действием высокомолекулярных соединений, называемых флокулянтами.

Флокулянты (Green Drill FP) используют для расширения оптимальных диапазонов коагуляции (по pH и по температуре), а также для повышения плотности и прочности образующихся хлопьев и снижения расхода коагулянтов.

Процесс *электрохимической очистки* связан с удалением загрязнений средней и мелкой дисперсности (включая коллоидные системы) пузырьками всплывающего через слой жидкости газа. Очищение сточных вод этим методом возможно на очистной установке «ЭХО».

Модуль «ЭХО» производительностью 5 м<sup>3</sup>/час включает: электрокоагулятор, четыре электрофлотатора, два активных фильтра тонкой очистки. В техническую схему для осаждения взвешенных веществ дополнительно введен тонкослойный отстойник, смонтированный в штатной емкости.

Обработка буровых сточных вод (БСВ) на установке включает в себя следующие стадии. Очищаемый раствор сначала проходит модуль электрокоагулятора, где на аноде происходит процесс растворения железа, а на катоде — процесс выделения водорода. Ионы железа, образуя хлопья при реагировании с нерастворимыми примесями и выделяющимся газом, поднимаются в верхнюю часть модуля, где накапливается слой пены, которая из всех блоков установки удаляется системой пеносдува.

После электрокоагулятора буровые сточные воды попадают в первую секцию электрофлотации, а затем в секцию напорной флотации и — на финишную секцию электрофлотации.

Буровой раствор, прошедший механическую очистку, осветление и нейтрализацию растворенных химических соединений до предельно допустимых концентраций, повторно используется для технологических производственных нужд. Многократное использование технической воды в технологическом обороте предотвращает загрязнение окружающей среды и сокращает объем водопотребления при бурении скважин

### 3 Пути утилизации отходов бурения

В связи с увеличением общего объема бурения нарастает количество отходов — бурового шлама.

Наибольшую опасность представляют остатки, накапливаемые и хранящиеся в пределах границы территории буровой.

Чрезмерное количество бурового шлама оказывает негативное влияние на окружающую среду. Поэтому правильная утилизация экологически опасных отходов бурения важна и актуальна.

После появления данных о токсичности буровых шламов (в 70-80 годах 20 века) и о миграции их компонентов в окружающей среде (особенно в грунтах и грунтовых водах) произошла переоценка используемых технологий утилизации и переработки отходов. Появились более совершенные методы и их сочетания.

Известные современные направления утилизации буровых отходов подразделяются на следующие группы (классификационные признаки):

- физические;
- химические;
- физико-химические;
- термические;
- биологические.

#### **Физические методы**

**Это направление представлено технологиями:**

1. Захоронение в специально отведенных местах (могильниках, шламохранилищах, на бросовых землях, в земляных амбарах, карьерах после их разработки, в зонах с многолетней мерзлотой).
2. Закачка в трещины пластов, образовавшиеся в результате гидроразрыва, а также в подземные горизонты глубокого залегания (технология CRI).

Конечной стадией способа захоронения должна служить рекультивация использованной территории или ее самозарастание. **Закачка в пласт — перспективное направление**, не нашедшее распространения в



отечественной отрасли утилизации буровых отходов из-за высоких эксплуатационных затрат.

**Химические и физико-химические методы включают такие способы утилизации:**

1. Отверждение. С помощью специальных добавок неорганической природы (окись алюминия, жидкое стекло, портландцемент, фосфогипс, доломитовая мука) и органических (смолы фенолформальдегидные, полиуретаны), получают отвержденную смесь буровых отходов для последующего захоронения.
2. Реагентное капсулирование. Буровой шлам перемешивается с реагентом капсулирования, например, негашеной известью. При смешивании шлама с известью образуется порошок, который капсулируется до твердого материала, изолируя токсические отходы от окружающей среды.
3. Гидрофобизация (обезвреживание шламов) происходит с помощью отверждающих композиций, сильно уменьшающих проникновение в воду из шлама органических соединений. Вещества также препятствуют образованию мути. Токсичность отходов снижается в десятки раз.
4. Использование подобранных реагентов для смешивания с буровыми отходами. Цель — изменение физико-химических свойств БО, с дальнейшей обработкой на специальном оборудовании. Возможные реагенты — это известь, песок, торф, гипс, смолы, гипс, навоз, портландцемент.

### **Термические**

Эта группа методов утилизации включает обработку отходов в печах различной конструкции.

## **Возможные термические процессы:**

- сжигание;
- прогрев и сушка;
- высокотемпературный обжиг.

Термические способы обезвоживания, обезвреживания, утилизации буровых шламов за счет высоких температур обеспечивают уменьшение токсичности и избавляют отходы от вирусов, спор, патогенных микробов. Технологии эффективны, но не всегда экономически рентабельны.

### **Биологические**

**Включают микробиологическое и биотермическое разложение в почве и рекультивацию, а именно:**

1. Смешение шлама бурового с гуминоминеральными концентратами (масса, содержащая 15% и более гуминовых кислот).
2. Биодеструкция загрязняющих элементов бурового шлама способом биоремедиации (использование микроорганизмов).
3. Рекультивация загрязненных земель с помощью смесей на основе торфа, песка, буровых шламов и обезвреживающих и мелиорирующих добавок, включая муку доломитовую, гипс, хлористый кальций, мел, доменный шлак.

При выборе метода утилизации бурового шлама учитываются ландшафтные, природно-климатические, геологические условия. Игрет роль удаленность буровых станций друг от друга, энергетические и транспортные затраты на реализацию того или иного способа.

### **Утилизация бурового раствора**

Самым доступным направлением утилизации отработанного бурового раствора (ОБР) считается его повторное использование для бурения новых скважин.

### **Другие методы:**

1. Использование ОБР для крепления скважин. Раствор добавляется к тампонажным материалам, применяемым при цементировании скважин.

2. Регенерация (восстановление) активных компонентов ОБР с целью получения глинопорошка.

3. Экстракционный способ извлечения органических веществ с использованием растворителей. К отработанному буровому раствору добавляются флокулянты и коагулянты с целью обезвоживания вещества и перевода раствора в твердую массу при помощи отвердителя.

Также существует технология подземного захоронения ОБР. Отходы собираются в амбары. В первой секции — шламовом амбаре **оседают механические примеси**, а жидкая субстанция бурового раствора уходит во вторую секцию — накопительный амбар, из которого закачивается в поглощающие пласты.

### ***Возможности повторного использования***

Перспективное направление, связанное с утилизацией буровых отходов — повторное использование переработанного сырья.

**Это получение строительных материалов:**

- керамики;
- кирпича;
- плитки тротуарной;
- керамзита;
- шлакоблоков;
- бордюрного камня;
- гранулированного заполнителя для бетонов;
- продуктов для отсыпки дорог, буровых площадок;
- грунтовых смесей и биостимуляторов роста растений.

#### 4 Места захоронения ОБ

В настоящее время в подавляющем большинстве случаев ОБР и буровой шлам захороняются в земляных амбарах непосредственно на территории, буровой после окончания бурения скважины. Это решение не обеспечивает надежной экологической защиты мест захоронения отходов. Положение еще более усугубляется тем, что такой метод требует длительного времени подсыхания содержимого амбаров перед их засыпкой с последующей рекультивацией, а это невыгодно в плане рационального народнохозяйственного использования земель. Вместе с тем этот метод ликвидации отходов бурения наиболее доступен по сравнению с другим, несмотря на безвозвратные потери бурового раствора. Обезвреживание же отходов позволяет не только повысить экологичность таких работ, но и обеспечить благоприятные условия для своевременной рекультивации отстойников с ОБР и шламом, исключив стадию длительного ожидания затвердевания их содержимого.

Таким образом, при отверждении отходов бурения значительно сокращаются сроки засыпки амбаров, так как исключается стадия ожидания подсыхания их содержимого, упрощается технология засыпки и планировки территории захоронения, упрощаются и улучшаются условия горнотехнической рекультивации, а в ряде случаев исключается биологический этап рекультивации, достигаются высокая экологичность ликвидации шламовых амбаров и экономия средств на восстановление потенциала земельных ресурсов. Это приводит к снижению сроков возврата земель основному землепользователю, что весьма выгодно в плане рационального и народнохозяйственного использования земельного фонда. Поэтому можно считать, что приоритетным направлением в ликвидации шламовых амбаров на современном этапе является обезвреживание их содержимого отверждением с последующим захоронением в котлованах на территории буровой. Приоритетным направлением обезвреживания указанных отходов бурения является их отверждение. Обезвреживающий эффект при этом достигается за счет превращения указанных отходов бурения в инертную консолидированную массу и связывания в ее структуре загрязняющих веществ, что практически исключает миграцию их за пределы отвержденного бурового раствора.

Такую отвержденную массу можно захоронить в земляных амбарах непосредственно на территории буровой без нанесения ущерба окружающей среде. Ввод в ОБР активирующих добавок позволяет, кроме того, получать отвержденную массу, выдерживающую нагрузку, которую создает транспортная техника. При этом значительно упрощается процесс захоронения, облегчается последующая планировка и рекультивация

амбаров, а также существенно сокращаются сроки возврата земель основному землепользователю.

Метод сбора отходов бурения заключается в следующем. Для части буровых сточных вод, шлама выбуренной породы и части отработанного бурового раствора, попадающего в отходы, строится шламовый амбар. Он предназначается для сбора, хранения и обезвреживания отходов бурения. Дно и стенки амбара оборудуются гидроизоляционным покрытием, соответствующим требованиям СНиП 2.01.28-85 "Полигон для обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов". Амбар строится с обязательной планировкой откосов и обваловкой по периметру. Гидроизоляционный слой представляет собой глиняную подушку (уплотненный слой глины) толщиной 0,5 - 0,6 м. В конце или сбоку амбара закапывается емкость для сбора сточных вод, где сточные воды отстаиваются, обрабатываются и подаются для повторного употребления в технологических процессах бурения.

## **5 Вопросы охраны окружающей среды при проведении утилизации и захоронения ОБ**

Существенную роль в ухудшении окружающей среды играет загрязнение объектов природы нефтепродуктами. Во всем мире при добыче, транспортировании, переработке и использовании теряется примерно 2 % ежегодно добываемой нефти, при этом 7 млн.т – только при ее добыче. Из 50 млн.т потерь нефти теряется на суше 25 млн.т , в океане - 8 млн.т и выбрасывается в атмосферу – 17 млн.т (в виде паров бензина и других углеводородов). Для сравнения, естественное поступление нефти по разломам земной коры в океанах не превышает 0,5 млн.т в год.

Одна тонна сырой нефти покрывает пленкой 6 км<sup>2</sup> акватории. В случае ее попадания на водную поверхность происходит процесс естественного рафинирования: легкие фракции (примерно 1/3 массы) испаряются, водорастворимые фракции (1/3 массы) выщелачиваются в течение 1-3 недель, отравляя воду. Остаток, имеющий повышенную вязкость, образует «шоколадный мусс», оседает на дне и сохраняется там месяцами.

Необходимо отметить, что человечество за свое недолгое существование уничтожило 70 % естественных экосистем, которые способны были переработать все отходы и выбросы производства.

В настоящее время пожинаем плоды этого в виде разрушения озонового слоя, снижения планктона морей и океанов, уничтожение биосферы и замедленный процесс трансформации и восстановления критически опасных для среды обитания веществ.

Процесс минерализации нефтепродуктов происходит за счет химического и бактериологического окисления. Наиболее быстро, в течение двух недель, процесс окисления идет при температуре воды 25 оС; при 15 оС процесс окисления длится 6 недель, а при 5 оС – в течение года. В полярных водах нефть может сохраняться годами и приводит к гибели 1/3 молодых морских организмов.

В технологических процессах бурения глубоких скважин также применяются нефтепродукты в значительных количествах.

Они используются в стандартных дизельных установках, промышленных и коммунальных котлоагрегатах и при приготовлении нефтеэмульсионных буровых растворов.

Для приготовления и регулирования показателей буровых растворов используются неорганические реагенты, такие как хлориды натрия, калия, кальция, магния, гидроокись кальция, силикат натрия, едкий натр, едкий калий, кальцинированная сода и др. К органическим соединениям относятся нефть, карбоксиметилцеллюлоза, конденсированный сульфит спиртовая барда, углещелочной реагент, дисолван, нитролигнин, гипан, полиакриламид и ряд других поверхностно- активных веществ. По токсичности они относятся к II и IV кл. малоопасных веществ.

Исходя из вышеизложенного, снижение опасности загрязнения природы отходами нефтепромышленного производства, можно представить в виде решения следующих проблем:

- использование экологически чистых и малотоксичных веществ в технологии строительства скважин;
- обезвреживание и утилизация буровых отходов;
- применение биопрепаратов и биосорбентов для ликвидации нефтяных загрязнений.

В настоящее время большое внимание уделяется обезвреживанию и утилизации отработанных буровых растворов (ОБР) на площадях Ванкорского месторождения Восточной Сибири, где производится осветление и утилизация ОБР по разработанным технологиям в больших объёмах (более 15 тыс. м<sup>3</sup>/год).

На сегодняшний день наиболее эффективные решения в области экологии приготовления и утилизации буровых растворов разработаны в морском бурении, где особенно остро стоит вопрос охраны водного бассейна.

Для этого используются катионные поверхностно-активные вещества, биополимеры (декстрин, декстран), нетоксичные эфиры целлюлозы и экзополисахариды, продуцируемые бактериями и микробными ассоциациями. В результате буровых работ при строительстве скважин образуются отходы: выбуренный шлам, отработанный буровой раствор, которые скапливаются в амбаре-накопителе. В амбар-накопитель также стекают, так называемые буровые сточные воды (БСВ) после обмывки бурильного инструмента, оборудования, охлаждения машин и механизмов и площадки буровой. Отходы являются активными источниками загрязнения окружающей среды. Поэтому одной из главных природоохранных мер при бурении скважин

является складирование БСВ, обезвреживание и своевременная ликвидация амбаров-накопителей с отходами бурения.

С этой целью для утилизации отходов производства может быть предложено ряд технологий:

### **1) Термодесорбция**

Принцип технологии термодесорбции заключается в пиролизе отходов производства при двухстадийном процессе.

На первой стадии загрязненные отходы (выбуренный шлам, углеводородные эмульсии, загрязненный горюче-смазочными материалами грунт и пр.) загружается в изолированную термокамеру.

Нагрев камеры осуществляется косвенным путем до точки кипения исходного материала, тем самым выпаривая углеводороды.

На второй стадии продукты испарения поступают в конденсатор, охлаждаются и переходят в жидкую фазу. Углеводородное сырье после этого не ухудшает своих свойств и повторно используется по назначению. Твердая фаза охлаждается и тестируется на наличие углеводородных и химических загрязнений. При отсутствии последних продукт утилизируется (инертная зола, кокс, не токсичная горная порода). Данная технология позволяет извлекать до 99 % углеводородной основы.

### **2) Инертизация углеводородных эмульсий**

После окончания строительством скважины отработанные буровые растворы (ОБР) на основе углеводородов утилизируются при бурении очередной скважины.

При невозможности утилизации этим способом, из-за значительных расстояний, эмульсия разделяется на углеводородную и твердую фазы путем добавки поверхностно-активных веществ (деэмульгаторов).

Затем обезвоженные углеводороды сжигаются в котельной установке, а твердый осадок консолидируется портландцементом или органическим полимером. Водородный показатель водной вытяжки отвержденных отходов находится в пределах 7...9. Отвержденные и обезвреженные отходы в земляном котловане засыпаются грунтом с последующей рекультивацией нарушенной земли в соответствии с



инструкцией по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ.

### **3) Сжигание эмульсий под факелом**

Сжигание ОБР на нефтяной основе осуществляется под горящим факелом в земляном котловане. После подогрева эмульсии и создания относительно высокой температуры факел гасится. Дальнейший процесс горения поддерживается самостоятельно.

По данной технологии методом сжигания на одной из скважин ПГО «Енисейнефтегазгеология» ликвидировано 160 м<sup>3</sup> утяжеленного инвертного эмульсионного раствора. Полученная твердая фаза объемом около 50 м<sup>3</sup> в виде инертного шлама и барита, термически обработанного, засыпана грунтом с рекультивацией земли. На рекультивированной площадке проведена посадка кустарников и многолетних трав.

### **4) Применение биопрепаратов и биосорбентов для ликвидации нефтяных загрязнений**

Наряду с химическими и механическими методами ликвидации нефтяных загрязнений при строительстве скважин имеются биологические.

Принцип действия его основан на использовании углеводородоокисляющих микроорганизмов и добавок минеральных комплексов, а также окисляющихся биосорбентов.

Микроорганизмы-деструкторы углеводородов известны давно и выделены из различных сред: пресных и морских вод, донных загрязнений, пластовых вод нефтяных месторождений, загрязненных нефтью почв.

При создании благоприятных условий среды (температура, минерализация, рН, минеральное питание) удачно подобранная культура или смесь штаммов способны за короткое время (1 м-ц) утилизировать нефтяные загрязнения толщиной 10см в органическое удобрение.

При возникновении чрезвычайных происшествий, связанных с розливом углеводородов, например, при разрыве трубопроводов и других ситуациях эффективным способом сбора углеводородов являются биосорбенты.

## **5) Закачка отработанных буровых растворов в пласт**

Метод широко применяемый в нефтяной промышленности, как средство утилизации отработанных буровых растворов и эмульсий, бурового шлама, образующегося в процессе бурения скважин.

Предлагаемая технология на сегодняшний день является наиболее распространенным методом утилизации отходов, как на суше так и при бурении на морском шельфе.

Этот метод запатентован компанией «Арко» в 1986 г. За последние 17 лет технология усовершенствована за счет комплексного представления услуг, позволяющих оптимизировать все операции по подготовке отходов и закачке с применением буровых растворов на месторождении.

Технологический процесс включает планирование и подготовку проекта с определением подходящей покрышки изолирующей зону поглощения, подготовку пульпы из шлама и процесс закачки в пласт. Оборудование используется типовое. Контролирующие и отслеживающие приборы и аппараты за состоянием окружающей среды приобретаются дополнительно.

Данная технология успешно применяется во многих странах мира (США /Аляска/, Великобритания, Габон, Дания, Канада, Норвегия)

## **6 Практическая часть. Методика расчета объемов отходов бурения, образующихся при строительстве скважин**

### **1.Определения**

- амбарная технология строительства скважин – технология, при которой все отходы бурения (буровой шлам (БШ), отработанный буровой раствор (ОБР) и буровые сточные воды (БСВ)) захороняются на территории буровой в амбарах для пресных и соленых отходов;
- безамбарная технология строительства скважин – технология, заключающаяся в раздельном сборе отходов бурения и их вывозе с территории буровой для утилизации или захоронения;
- буровой шлам – смесь выбуренной породы и бурового раствора, удаляемых из циркуляционной системы буровой различными очистными устройствами;
- буровые сточные воды – водная суспензия, образованная при промывке бурового оборудования и инструмента, содержащая остатки бурового раствора;
- кек БСВ – осажденная центрифугой твердая часть буровых сточных вод;
- коэффициент кавернозности – отношение фактического объема скважины к объему, рассчитанному по значению диаметра долота (или возведенное в квадрат отношение значения фактического среднего диаметра скважины к значению диаметра долота);
- коэффициент разуплотнения -показатель увеличения объема выбуренной породы за счет измельчения породоразрушающим инструментом и системой очистки;
- малоамбарная технология строительства скважин – технология, при которой пресные отходы бурения захороняются на территории буровой в пресном амбаре, соленые отходы – вывозятся с территории буровой на утилизацию или захоронение;
- наработка раствора – увеличение объема бурового раствора за счет диспергирования частиц выбуренной глинистой породы в процессе бурения и циркуляции;
- отработанный буровой раствор – буровой раствор, исключаемый из технологического процесса бурения, который накапливается на

территории буровой и подлежит утилизации (повторному использованию) или захоронению;

- рабочий раствор – объем раствора на поверхности в емкостях для создания необходимой циркуляции при бурении и восстановлении скважин;
- система циркуляции бурового раствора – это система, состоящая из надземной и подземной участков, по которым буровой раствор циркулирует по замкнутому циклу. Функции надземного участка: приготовление, обработка и очистка раствора, нагнетание его в скважину и поддержание режима промывки. Функции подземного участка: подведение гидравлической энергии к долоту и транспортировка шлама на поверхность. Этот участок состоит из канала для нисходящего потока бурового раствора в бурильной колонне и канала для восходящего потока, образуемого внешней поверхностью бурильной колонны и стволом скважины (или обсадной колонной);
- суспензия – мутная жидкость с находящимися в ней во взвешенном состоянии частичками твердого вещества;
- утилизация отходов бурения – вывоз на растворный узел для регенерации и повторного использования.

## **1.Обозначения и сокращения**

АКЦ – акустический каротаж цементированья;

БЖ – буферная жидкость;

БСВ – буровые сточные воды;

БШ – буровой шлам;

ВП – выбуренная порода;

КФУ – коагуляционно-флокуляционная установка;

МКФУ – мобильная коагуляционно-флокуляционная установка;

ОБ – отходы бурения;

ОБР – отработанный буровой раствор;

ОПХ – опытно-промышленное подземное хранилище;

ППД – поддержание пластового давления.

## **1 Общие положения**

1.1 Настоящая методика позволяет определить объемы отходов бурения, образующихся в процессе строительства скважин с использованием технологий: амбарной, малоамбарной и безамбарной.

1.2 Отходы бурения содержат в своем составе химические реагенты, минеральные примеси и нефтепродукты и, попадая в почву и водные объекты, загрязняют их. В целях предотвращения загрязнения объектов природной среды в рабочих проектах на строительство скважин предусматриваются утилизация (полезное повторное использование) и захоронение отходов бурения.

1.3 Настоящая методика позволяет обосновать в проектах на строительство скважин количество технических средств и сооружений, необходимых для сбора, хранения, транспортировки, утилизации или захоронения отходов бурения.

1.4 Основным принципом, которым необходимо руководствоваться при определении объемов ОБР, является принцип расчета ОБР по интервалам бурения, заданных конструкцией скважины.

1.5 Объем ОБР, уходящего в отходы, складывается из избыточных объемов растворов, накапливаемых при поинтервальном бурении. При этом основными причинами образования и накопления избыточных объемов растворов являются:

- наработка раствора при бурении интервалов, сложенных глинистыми породами;
- замена одного типа бурового раствора на другой.

3.6 Количество отходов зависит:

- от эффективности очистки бурового раствора от выбуренной породы;
- от применения ресурсосберегающих технологий (оборотного водоснабжения, повторного использования бурового раствора, использования технологии раздельного сбора отходов бурения).

3.7 Для перевода объемного показателя отходов бурения в весовой принимать плотность бурового шлама  $1,7 \text{ г/см}^3$ .

## **4. Общие формулы для расчетов объемов отходов бурения,**

## **образующихся при использовании разных технологий строительства скважин**

**4.1** Объем выбуренной породы или скважины в  $i$ -ом интервале определяется по формуле:

$$V_{\text{вп}i} = V_i = 0,785 \times D_i^2 \times H_i \times k_i, \quad (1)$$

где  $V_{\text{вп}i}$  – объем выбуренной породы в  $i$  – ом интервале,  $\text{м}^3$ ;  $V_i$  – объем скважины в  $i$ -ом интервале,  $\text{м}^3$ ;  $D_i$  – диаметр долота в  $i$ -ом интервале бурения, м;  $H_i$  – длина интервала ствола скважины, м;  $K_i$  – коэффициент кавернозности  $i$ -ом интервале бурения.

**4.2** Исходный объем для бурения  $i$ -го интервала определяется по формуле:

$$V_{\text{исхБР}i} = 120 + V_{\text{БРскв}}, \quad (2)$$

где  $V_{\text{исхБР}i}$  – исходный раствор бурового раствора перед началом бурения  $i$  – го интервала, т.е. сумма объема рабочего бурового раствора на поверхности (согласно СТП 09100.17015.042-2006 – 120  $\text{м}^3$ ) и объема бурового раствора в стволе или колонне в вышележащих интервалах,  $\text{м}^3$ ; 120 – объем рабочего бурового раствора на поверхности) 60 - при восстановлении скважин бурением боковых стволов),  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{БРскв}}$  - объем бурового раствора в скважине перед началом бурения  $i$ -го интервала,  $\text{м}^3$ .

**4.3** Объем бурового раствора общий, необходимый для бурения  $i$ -го интервала, определяется по формуле:

$$V_{\text{БР}i} = 0,55 \times N_i \times H_i + V_{\text{исхБР}i}, \quad (3) \text{ где } V_{\text{БР}i} -$$

объем раствора общий, необходимый для бурения  $i$ -го интервала,  $\text{м}^3$ ; 0,55 – коэффициент, характеризующий применение ресурсосберегающих технологий;  $N_i$  – норма расхода бурового раствора для бурения  $i$ -го интервала согласно СНиП IV-2-82 [1] с учетом проектной коммерческой скорости бурения скважины.

**4.4** Объем бурового шлама, образующегося при бурении  $i$ -го интервала, определяется по формуле:

$$V_{\text{БШ}i} = 0,785 D_i^2 \times H_i \times k_i \times K_n \times 0,8, \quad (5)$$

где  $V_{\text{БШ}i}$  – объем бурового шлама, образующегося при бурении  $i$ -го интервала,  $\text{м}^3$ ;  $K_n$  – коэффициент потери бурового раствора при очистке, учитывающий разуплотнение горной породы, численно равный: для бурения под кондуктор -2, под другие колонны – 1,5 (определены

эмпирически); 0,8 – коэффициент ( $C_0$ ), характеризующий максимальную степень очистки бурового раствора от породы при использовании трех ступеней согласно РД 39-3-819-82 [2].

**4.5** Объем бурового раствора в буровом шламе при бурении  $i$ -го интервала, рассчитывается по формулам:

$$V_{БРШi} = V_{БШi} - 0,8V_{ВПi}, \quad (6)$$

где  $V_{БРШi}$  – объем бурового раствора в буровом шламе при бурении  $i$ -го интервала,  $\text{м}^3$ .

**4.6** Объем ОБР после  $i$ -го интервала определяется по формуле:

$$V_{ОБРi} = V_{БРi} - V_{исхБР(i+1)} - V_{БРШi}, \quad (4)$$

где  $V_{ОБРi}$  – объем ОБР после бурения  $i$ -го интервала,  $\text{м}^3$ ;  $V_{исхБР(i+1)}$  – исходный объем бурового раствора перед началом бурения  $(i+1)$  интервала,  $\text{м}^3$ , не учитывается, если раствор полностью меняется.

**4.7** Объем БСВ при бурении  $i$ -го интервала определяется по формуле:

$$V_{БСВи} = 6V_{ОБРi} / 12 = 0,5V_{ОБРi}, \quad (7)$$

где  $V_{БСВи}$  – объем БСВ, образующийся при бурении  $i$ -го интервала,  $\text{м}^3$ ; 6 – средний коэффициент разбавления ОБР водой при осветлении, значение которого определено из опыта работы; 12 – средний коэффициент, определяющий долю бурового раствора в составе БСВ, значение которого определено из опыта работы.

**4.8** Объем воды после проведения АКЦ определяется по формуле:

$$V_{В} = 0,785d_{\kappa}^2 \times L, \quad (8)$$

где  $V_{В}$  – объем воды после проведения ОКЦ и АКЦ,  $\text{м}^3$ ;  $d_{\kappa}$  – внутренний диаметр колонны, м;  $L$  – длина колонны, м, заполненная водой при проведении АКЦ, численно равная: для кондуктора и технических колонн – 200м; для эксплуатационной колонны – всей ее длине; в колоннах–хвостовиках принимается по проекту.

**4.9** Объем буферной жидкости с зонами смешения  $V_{БЖ}$  равен 12 м.

**4.10** Объем кека, образующегося в результате осветления БСВ при

бурении  $i$ -го интервала, определяется по формуле:

$$V_{\text{кек}i} = 0,2 \times V_{\text{БСВ}i}, \quad (9)$$

где  $V_{\text{кек}i}$  – объем кека,  $\text{м}^3$ ; 0,2 – коэффициент, определяющий долю объема кека в объеме БСВ $_i$  (определен из опыта работы).

Пример расчета объемов отходов бурения, образующихся при разных технологиях строительства скважин, приведен в таблице 1.

## **5. Порядок проведения расчета объемов отходов бурения, образующихся при амбарной технологии строительства скважин**

**5.1** Объем отходов бурения при амбарной технологии строительства скважины складывается из объемов образующегося бурового шлама, отработанного бурового раствора, буровых сточных вод и определяется по формуле:

$$V_{\text{ОБ}} = V_{\text{БШ}} + V_{\text{ОБР}} + V_{\text{БСВ}} + V_{\text{В}} + V_{\text{БЖ}}, \quad (10)$$

где  $V_{\text{ОБ}}$  – объем отходов бурения,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{БШ}}$  – объем бурового шлама,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{ОБР}}$  – объем отработанного бурового раствора,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{БСВ}}$  – объем буровых сточных вод,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{В}}$  – объем воды после проведения АКЦ,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{БЖ}}$  – объем буферной жидкости с зонами смешения,  $\text{м}^3$ .

**5.2** Рабочим проектом на строительство скважины должны предусматриваться пресный и соленый амбары для раздельного захоронения отходов бурения.

## **6. Порядок проведения расчета объемов отходов бурения, образующихся при безамбарной технологии строительства скважин**

**6.1** При безамбарной технологии строительства скважины производится раздельный сбор отходов бурения, которые вывозятся с территории буровой для утилизации (повторного использования) или захоронения.

**6.2** После прохождения БСВ через КФУ образуется осветленная вода и кек. Весь объем воды утилизируется на нужды буровой и не учитывается как отход бурения для сброса на рельеф местности или в водные объекты.

**6.3** Объем отходов бурения (пресных и соленых) при безамбарной технологии, который необходимо вывезти с территории буровой, рассчитывается по формуле:



$$V_{\text{ОБ}} = V_{\text{БШ}} + V_{\text{ОБР}} + V_{\text{кекБСВ}} + V_{\text{В}} + V_{\text{БЖ}}, \quad (11)$$

где  $V_{\text{кекБСВ}}$  – объем кека, образующегося при осветлении БСВ в результате осаждения твердой фазы центрифугой КФУ (МКФУ), м<sup>3</sup>.

где  $V_{\text{БШ}i0}$  – объем бурового шлама (общий), образующийся при бурении  $i$ -го интервала, м<sup>3</sup>.

## 7. Порядок проведения расчета объемов отходов бурения, образующихся при малоамбарной технологии строительства скважин

7.1 При малоамбарной технологии строительства скважины в процессе бурения надсолевого комплекса осветление БСВ с помощью КФУ не производится, поэтому кек не образуется.

7.2 Объемы пресных ОБ рассчитываются по амбарной технологии строительства скважины.

7.3 Объемы соленых ОБ рассчитываются по безамбарной технологии строительства скважины.

7.4 Рабочим проектом на строительство скважины должен предусматриваться пресный амбар для захоронения пресных отходов бурения объемом, включающим расчетное количество пресных БШ, ОБР, БСВ, БЖ и воды для проведения АКЦ.

7.5 Соленый буровой шлам (общий, т.е. с кеком) хоронится в ОППХ.

7.6 Соленые ОБР и БСВ утилизируются, т.е. вывозятся на растворный узел для регенерации и повторного использования.

8. Результаты расчетов представлены в табличном виде (таблица 1).

**Итоговая таблица расчета объемов отходов бурения** Таблица 1

Пункт метод ики	Параметры	Бурение под колонну					Ит ого	Приложения
		конду ктор	1 техн ич.	2 техн ич.	хвост овик	эксп луат.		
	Интервал бурения, м	0-250	250- 1770	1770 - 2700	2700- 3890	3890- 4500		
	Проходка в интервале, Н <sub>и</sub> , м	250	1520	930	1190	610		
	Диаметр долота, D <sub>и</sub> , м	0,490	0,39 4	0,29 5	0,216	0,165		

	Внутр. диам. предыдущ. колонны, $D_K$ , м	0	0,40 4	0,30 3	0,222	0,172		
	Длина предыдущей колонны, $L$ , м	0	250	1770	2700	1290		$H_i$ хвостовика+1 00м на перекрытие колонны хвостовиком
	Коэффициент кавернозности, $k_i$	1,25	1,25	1,3	1,25	1,15		
	Коэффициент разуплотнения, $k_n$	2	1,5	1,5	1,5	1,5		
	Норма расхода бурового раствора на 1 м бурения (СНИП, $m^3/m$ ), $N_i$	0.92	0.6	0.32	0.17	0.11		
	Степень очистки, $C_o$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		
4.1	Объем выбуренной породы, $m^3$ $V_{вп} = V_i = 0,785 \times D_i^2 \times H_i \times k_i$	58,9	231, 5	82,6	54,5	15	442 ,5	
4.2	Исходный объем для бурения интервала, $m^3$ , $V_{исхБРi} = 120 + V_{БРом} = 120 + 0,785 D_K^2 \times L$	120	152	247, 6	224,5	150		$H_i$ хвостовика+1 00м на перекрытие колонны хвостовиком
4.3	Объем бурового раствора на бурение интервала обший, $m^3$ , $V_{БРi} = 0,55 \times N_i \times H_i + V_{исхБРi}$	246,5	653, 6	411, 3	335,8	186,9		
4.6	Объем ОБР, $m^3$ , $V_{ОБРi} = V_{БРi} - V_{исхБР(i+1)} - V_{БРШi}$ (если раствор не меняется) $V_{ОБРi} = V_{БРi} - V_{БРШi}$ (если раствор полностью меняется)	79,5	409	130, 7	341	179,3	111 2,5	Тип раствора поменяли при бурении под хвостовик и эксплуатационную колонну
4.4	Объем бурового шлама, $m^3$ , $V_{бшi} = 0,785 D_i^2 \times H_i \times k_i \times K_n \times C_o$	94,2	277, 8	99,1	65,4	19,6	556 ,1	
4.5	Объем бурового раствора в шламе, $m^3$ , $V_{БРШi} = V_{бшi} - 0,8 V_{впi}$	47	92,6	33,0	21,8	7,6	202	
4.7	Объем БСВ, $m^3$ ,	39,8	204, 5	65,4	157	89,7	556 ,4	

	$V_{БСВі} = 6V_{ОБРі} / 12 = 0,5V_{ОБРі}$							
4.9	Объем буферной жидкости с зонами смешения, м <sup>3</sup> , $V_{БЖ}$	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	60,0	
4.10	Объем кека, м <sup>3</sup> , $V_{КЕКі} = 0,2 \times V_{БСВі}$	8	41	13	31,4	12	105,4	
5.1	Объем отходов бурения всего по амбарному способу бурения, м <sup>3</sup> , $V_{ОБ} = V_{БШ} + V_{ОБР} + V_{БСВ} + V_{БЖ}$	178,3	718,1	241,1	504,8	288,6	1930,9	
6.3	Объем отходов бурения всего по безамбарному способу бурения, м <sup>3</sup> , $V_{ОБ} = V_{БШ} + V_{ОБР} + V_{КЕКБСВ} + V_{БЖ}$	193,7	739,8	254,8	428,8	222,9	1834	

### **Заключение**

В ходе данной курсовой работы я выполнил все поставленные цели, а именно: научился собирать необходимый материал, правильно его комплектовать и реферировать; получил необходимые навыки для расчёта объёмов отходов бурения, образующихся при строительстве скважины. Так же мной были выполнены основные задачи курсового проектирования по дисциплине «Буровые и тампонажные растворы». В ходе работы я:

- углубил и расширил теоретические знания по предмету «Буровые и тампонажные растворы»;
- выработал навыки использования научной, методической и справочной литературы, а также способности к анализу и обобщению собранной информации;
- приобрел навыки самостоятельной работы, исследовательской деятельности при решении конкретных задач;
- сформировал способности самостоятельно и творчески решать поставленные задачи;
- оформил курсовую работу в соответствии с ГОСТом.

Так же во время выполнения курсовой работы мной был изучен вопрос Утилизации отходов бурения, а именно методов и путей решения загрязнения окружающей среды.

Выполнил практическую часть работы, которая заключалась в расчёте объёмов отходов бурения.

### **Список использованных источников**

- 1.** Булатов А.И. Тампонажные материалы и технология цементирования скважин. М., Недра, 1991. И др. учебники этого автора.
- 2.** Данюшевский В.С - Учебные пособия.
- 3.** Журналы "Бурение", "Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море".