

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность): «Нефтегазовое дело» («Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»)

Кафедра бурения скважин

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
«Комплексная эколого-геохимическая оценка бурового шлама (на примере нефтегазовых месторождений Томской области)»

УДК 622.276-404.9 (571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Кравченко Анастасия Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ГЭГХ ИПР	Язиков Егор Григорьевич	д.г.-м.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шарф Ирина Валерьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Немцова Ольга Александровна	—		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
бурения скважин	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики).
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности</i> .
P3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.
P4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i> .
P5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов.
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность</i> .
P7	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве <i>члена и руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i> .
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности; активно <i>владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное  
 учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность): «Нефтегазовое дело» («Строительство  
 глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»)  
 Кафедра бурения скважин

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Ковалев А.В.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**  
**в форме магистерской диссертации**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>
2БМ5Д	Кравченко Анастасия Владимировна

Тема работы:

«Комплексная эколого-геохимическая оценка бурового шлама (на примере нефтегазовых месторождений Томской области)»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2017 года
------------------------------------------	------------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Проблема:</b> экологическая составляющая влияния буровых шламов на окружающую среду.</p> <p><b>Объект исследования:</b> нефтегазовые месторождения.</p> <p><b>Предмет исследования:</b> буровой шлам.</p> <p><b>Методы и средства исследования:</b> аналитические и экспериментальные.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования,</i></p>	<p><b>Цель диссертации:</b> оценить буровые шламы (на примере нефтегазовых месторождений Томской области).</p> <p><b>Задачи диссертации:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести литературный обзор по тематике исследований.</li> <li>2. Провести экспериментальные исследования на геохимический и минеральный составы шлама.</li> <li>3. Провести биотестирование шламов в лабораторных условиях.</li> <li>4. Сформулировать выводы и рекомендации по использованию шламов.</li> </ol>

конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	Необходимость в графических материалах отсутствует
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шарф Ирина Валерьевна, к.э.н., доцент каф. экономики природных ресурсов
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна, ассистент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности
Раздел, выполненный на иностранном языке	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Епихин Антон Владимирович, ст. преп-ль каф. бурения скважин;</li> <li>• Ульянова Оксана Сергеевна, к.и.н., доцент каф. иностранных языков ИПР.</li> </ul>
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
1. Литературный обзор	

<b>Дата выдачи задания на выполнение магистерской диссертации по линейному графику</b>	1 февраля 2017 г.
----------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ГЭГХ ИПР	Язиков Егор Григорьевич	д.г-м.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Кравченко Анастасия Владимировна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ5Д	Кравченко Анастасии Владимировне

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>БС</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	131000 «Нефтегазовое дело» «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оценка стоимости материально-технических, человеческих ресурсов на проведение комплекса работ: -полевые работы; -лабораторные работы; -камеральные работы
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2: Геолого-экологические работы. – М.: ВИЭМС, 1992. – 292с.; Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.7– М.: ВИЭМС, 1992. – 360с.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 03.04.2017г. № 117-ФЗ

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Оценка перспективности использования результатов исследований эколого-геохимического анализа бурового шлама для окружающей среды
<i>2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Составление календарного плана проекта с учетом необходимых временных и трудовых затрат
<i>3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Обоснование экономической эффективности проведения работ для эколого-геохимического анализа бурового шлама

**Перечень графического материала**

1. Расчетные формулы 2. Таблицы: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Виды и объемы проектируемых работ (технический план)</li> <li>– Расчет затрат времени и труда</li> <li>– Расчет затрат времени каждого работника</li> <li>– Линейный календарный график проведения работ</li> <li>– Нормы расхода материалов на проведение работ</li> <li>– Затраты на проезд</li> <li>– Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ</li> <li>– Общий расчет сметной стоимости работ</li> </ul>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
-------------------------------------------------------------	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф Ирина Валерьевна	К. Э. Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Кравченко Анастасия Владимировна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ5Д	Кравченко Анастасии Владимировне

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>БС</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	131000 «Нефтегазовое дело» «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: буровой шлам          Метод исследования: биотестирование          Рабочая зона: лаборатория          Область применения: оценка экологического влияния бурового шлама на окружающую среду</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>1. Анализ вредных производственных факторов</p> <p>1.1. Вредные вещества</p> <p>1.2. Показатели микроклимата на рабочем месте</p> <p>1.3. Повышенный уровень шума на рабочем месте</p> <p>1.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны</p> <p>2. Анализ опасных факторов</p> <p>2.1. Электробезопасность.</p> <p>2.2. Пожарная безопасность</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу</li> </ul>	<p>1. Степень вредного воздействия опасных отходов. Вредные воздействия бурового шлама на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ воздействия бурового шлама на атмосферу;</li> <li>- анализ воздействия бурового шлама на гидросферу;</li> <li>- анализ воздействия бурового шлама на</li> </ul>

(отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	литосферу; - анализ воздействия бурового шлама на подземные воды (недра). 2. Утилизация отходов.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	При проведении работ обязательно разрабатывают меры по предупреждению и ликвидации последствий
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Нормативные документы, принятые до введения указанных федеральных законов 2. Организационные мероприятия при работе с буровым шламом в лаборатории

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
-------------------------------------------------------------	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Немцова Ольга Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Д	Кравченко Анастасия Владимировна		



**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность): «Нефтегазовое дело» («Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»)  
 Уровень образования: магистратура  
 Кафедра бурения скважин  
 Период выполнения: осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года  
 Форма представления работы: магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения магистерской диссертации**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2017 года
------------------------------------------	------------------

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1 марта 2017 года	1. Проведение литературного обзора.	25
1 апреля 2017 года	2. Провести экспериментальные исследования на геохимический и минеральный составы шлама.	20
3–7 апреля 2017 года.	3. Промежуточная аттестация выполнения диссертации в виде доклада на XXI Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр».	5
15 мая 2017 года	4. Провести биотестирование шламов в лабораторных условиях.	40
20 мая 2017 года	5. Формулирование выводов и рекомендаций.	5
25 мая 2017 года	6. Предварительная защита диссертации.	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ГЭГХ ИПР	Язиков Егор Григорьевич	д.г.-м.н		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
бурения скважин	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

## РЕФЕРАТ

Диссертационная работа состоит из введения, 9 глав, заключения, списка цитируемой литературы. Работа изложена на 105 страницах, содержит 15 таблиц, дополнена приложением на английском языке. Список литературы содержит 41 источник.

Ключевые слова: буровой шлам, оценка токсичности, утилизация, экологическая безопасность, биотестирование.

Объектом исследования является буровой шлам месторождений Томской области (Катыльгинское, Лугинецкое, Южно-Черемшанское, Первомайское).

Цель работы – оценить токсическое воздействие бурового шлама на окружающую среду (на примере нефтяных месторождений Томской области).

В процессе исследования проводились лабораторные работы по биотестированию бурового шлама с целью получения оценки токсичности объекта исследований.

В результате исследования установлено, что в пробах бурового шлама месторождений Южно-Черемшанское и Лугинецкое полученные данные превышают критическое значение, следовательно, изученные пробы оказали токсическое воздействие. В пробах месторождений Катыльгинское и Первомайское полученные величины не превышают табличного. Это свидетельствует о том, что в составе проб исследуемых шламов токсического воздействия не наблюдается.

Полученные результаты исследования помогают на примере оценить токсическое воздействие бурового шлама на окружающую среду и доказывают их негативное влияние на экологию. Эта проблема и поиск рациональных методов ее решения вызывает серьезный интерес в первую очередь со стороны нефтяных предприятий, а также экологов и геологов в экологическом и экономических аспектах.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

- **буровой раствор:** Сложная многокомпонентная дисперсной система суспензионных, эмульсионных и аэрированных жидкостей, применяемых для промывки скважин в процессе бурения.

- **буровой шлам:** Водная суспензия, твёрдая часть которой состоит из продуктов разрушения горных пород забоя и стенок скважины, продуктов истирания бурового снаряда и обсадных труб, глинистых минералов (при промывке глинистым раствором).

- **шламовый амбар:** Природоохранное сооружение, предназначенное для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов бурения нефтяных скважин (буровой шлам, отработанные буровые отходы, буровые сточные воды).

- **шламонакопитель:** Основная разновидность поверхностных хранилищ, которая сооружается по одно или многокаскадному принципу с созданием плотины, берегов, а также шламохранилища.

- **нефтепродукты:** Смеси углеводородов, а также индивидуальные химические соединения, получаемые из нефти и нефтяных газов.

- **бентос:** Совокупность организмов, обитающих на грунте и в грунте дна водоёмов.

- **гидробионты:** Морские и пресноводные организмы, постоянно обитающие в водной среде.

- **биотестирование:** Процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов.

- **тест-объект:** Организмы, используемые при оценке токсичности химических веществ и их смесей, компонентов окружающей среды

(природные воды, почвы, донные отложения), кормов, а также техногенных сред - сточных вод, отходов производства.

- **drosophila melanogaster (чернобрюхая дрозофила):** Двукрылое насекомое, вид плодовой мухи из рода дрозофил, наиболее часто использующийся в генетических экспериментах.

- **daphnia magna:** Род планктонных ракообразных из надотряда ветвистоусых (Cladocera).

- **токсикант:** Вещества или соединения, способные оказывать ядовитое действие на живые организмы.

- **токсичность:** Токсикометрический показатель, вычисляемый как величина, обратная средней смертельной дозе или средней смертельной концентрации токсичного вещества.

- **токсический эффект:** Результат взаимодействия организма, вредного вещества и окружающей среды.

- **критерии токсичности:** Качественные и количественные показатели отклика организмов на воздействие токсических веществ.

- **морфозы:** Ненаследственное изменение фенотипа организма в онтогенезе под влиянием экстремальных факторов среды.

- **класс опасности:** Условная величина, предназначенная для упрощённой классификации потенциально опасных веществ.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	16
1. Состав и химические свойства бурового шлама	17
2. Экологическое воздействие буровых шламов	19
3. Методы утилизации буровых шламов	26
4. Применение метода биотестирования для определения токсичности среды на различных тест-объекта	32
5. Биотестирование с применением <i>Drosophila melanogaster</i>	37
6. Оценка токсичности буровых шламов методом биотестирования	43
7. Определение токсичности бурового шлама нефтяных месторождений Томской области методом биотестирования	59
7.1 Постановка эксперимента	59
7.2 Методика и материалы	60
7.3 Результаты исследования	66
8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
8.1. Техничко-экономическое обоснование работ	68
8.2. Расчет нормативной продолжительности выполнения работ	69
8.3. Расчет затрат времени и труда по видам работ	71
8.4. Расчет сметной стоимости работ	74
8.4.1. Нормы расхода материалов на проведение работ и расчет затрат на проезд	74
8.4.2. Общий расчет сметной стоимости проекта	76
9. Социальная ответственность	79
9.1. Анализ вредных производственных факторов	79
9.1.1. Вредные вещества	79
9.1.2. Показатели микроклимата на рабочем месте	81
9.1.3. Повышенный уровень шума на рабочем месте	83
9.1.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	85
9. 2. Анализ опасных факторов	87

9. 2.1. Электробезопасность	87
9.2.2. Пожарная безопасность	89
9.3. Экологическая безопасность	91
9.3.1 Анализ влияния бурового шлама на окружающую среду	91
9.3.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	94
9.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	96
9.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	97
9.5.1. Правовые аспекты экологического законодательства при обеспечении безопасности при обращении с буровыми отходами	97
9.5.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	99
Заключение	100
Список использованных источников	102
Приложения А	106
Оптический диск	

## ВВЕДЕНИЕ

Нефтяная и газовая промышленность является потенциально опасной для окружающей среды. Все технологические процессы при соответствующих условиях могут нарушить естественную экологическую обстановку. **Одна из наиболее актуальных проблем** обеспечения безопасности экологии - снижение уровня опасности при образовании отходов. Одним из видов отходов являются буровые шламы. Буровые шламы могут оказывать значительное негативное воздействие как на окружающую среду, так и на здоровье человека, связанное прежде всего с их токсичностью.

Актуальность проблемы подчеркивает серьезный интерес со стороны геологов, экологов, нефтяных предприятий в экологическом и экономических аспектах. В связи с этим необходимо проведение комплекса работ, направленных на оценку эколого-геохимического влияния бурового шлама на окружающую среду.

**Целью** выполненной работы является проведение комплексной эколого-геохимической оценки буровых шламов месторождений Томской области методом биотестирования для определения их токсического воздействия на окружающую среду.

Исходя из поставленной цели, были поставлены следующие основные **задачи** исследования:

1. Провести литературный обзор по тематике исследований по плану:
  - 1.1. Состав, химические свойства, экологическое воздействие и методы утилизации бурового шлама.
  - 1.2. Оценка токсичности бурового шлама методом биотестирования.
2. Провести биотестирование шламов в лабораторных условиях.

Методика решения поставленных задач основана на изучении и обобщении теоретических знаний по рассматриваемой проблеме, проведении лабораторного исследования и поиске решения проблемы безопасной для окружающей среды утилизации бурового шлама.

## **1 Состав и химические свойства бурового шлама**

В процессе бурения скважины образуются буровые отходы: отработанный буровой раствор, частицы выбуренной горной породы, взвешенные в буровом растворе (буровой шлам) и сточные буровые воды. Все эти составляющие в различных пропорциях содержат буровой раствор, воду и породу. Отработанный буровой раствор после прохождения очистки от загрязнений может использоваться снова в качестве бурового раствора. Содержание выбуренной породы достигает 45-55%, бурового раствора 35-45% и 20% приходится на технологические выбросы, воду и нефть.

Буровые отходы представляют собой жидкую маслянистую массу темно-серого цвета с металлическим оттенком, имеющую запах нефти. Плотность этой массы определяется исходя из плотности бурового раствора и выбуренной породы. Вязкость буровых отходов составляет 0,11-4,55 Па\*с. Текучесть зависит прямо пропорционально от содержания воды в растворе и от его очистки. У обезвоженных буровых отходов отсутствует текучесть и их легко превратить в порошок.

Буровые отходы - это коллоидный раствор, состоящий из частиц песка и глины, а также химических реагентов и нефти в воде. В составе данного раствора нефть и нефтепродукты достигают 5,5%, поверхностно-активные вещества – 0,51% . Содержание нефтепродуктов в буровом шламе колеблется в пределах от 2000 до 13880 мг/кг. Нефтяная часть представлена в основном парафино-нафтеновыми углеводородами - 41,7%, из них 21% - твердые парафины. Ароматические углеводороды составляют 20,2 %, смолы - 19,1%, асфальтены - 5,5%. Неорганическую часть представляют в основном окислы кремния и железа, небольшие количества соединений алюминия, натрия, цинка и других металлов.

Также в буровом шламе присутствуют тяжелые металлы, такие как хром, медь, ванадий, свинец, никель. Но, несмотря на их присутствие, буровой шлам относят к отходам с низким содержанием тяжелых металлов[1].

Состав бурового шлама во многом зависит от химического состава бурового раствора. Буровой шлам вместе с выбуренной породой и нефтью включает в себя все химические соединения, используемые для приготовления буровых растворов. Количество глины в шламе составляет от 30 до 90%, утяжелителя -10-30%. В основном в состав бурового раствора входят бентониты. Бентонит представляет собой раствор на основе глинопорошка и не дает оседать выбуренной породе, что позволяет выносить буровой шлам на поверхность во время бурения. Бентонитом принято называть любую глину, содержащую не менее 70% минерала монтмориллонитовой группы. Кроме этого в буровом растворе присутствуют карбоксиметилцеллюлозная, нитроглицерин, гидроокись кальция, полифенол, углещелочные реагенты, взвеси и другие токсические вещества.

В своем составе буровой шлам содержит широкий спектр загрязнителей как органической природы так и минеральной, представленных материалами и химреагентами, используемыми для приготовления и обработки бурового раствора. В составе бурового шлама находится от 40 до 70 различных загрязняющих веществ. При этом в среднем на 1 м<sup>3</sup> отходов приходится до 68 кг загрязняющей органики, не считая нефти и нефтепродуктов и загрязнителей минеральной природы. Эти загрязнители и определяют уровень и характер загрязнения природной среды.

Показателем биоремедиации является рН бурового раствора, который соответствует щелочной среде и составляет 8,5-10,5 в зависимости от технологических особенностей предприятия. Американскими учеными было выяснено, что оптимальный рН для переработки при внесении в почву должен варьироваться от 7,8 до 8,1 [2].

## 2 Экологическое воздействие буровых шламов

Буровые шламы могут оказывать значительное негативное воздействие как на окружающую среду, так и на здоровье человека, связанное прежде всего с их токсичностью. При оценке токсичности шламов решающую роль играет присутствие в нем нефтяных углеводородов, токсичных компонентов буровых растворов и тяжелых металлов.

Главным токсическим агентом в составе буровых шламов считается нефть и ее фракции, которые накапливаются в процессе бурения при их контакте с сырой нефтью. Согласно международным стандартам допустимое содержание нефти в сбрасываемых буровых шламах после их очистки не должно превышать 100 г/кг.

При попадании выбуренного шлама в водоемы повышается мутность воды, что ухудшает водную среду обитания. Токсичные вещества, адсорбированные на частицах бурового шлама, обмываются в водной среде, накапливаясь и растворяясь в ней. Буровой шлам содержит подвижные формы тяжелых металлов, которые при длительном воздействии на него морской воды могут вымываться, создавая значительные концентрации токсикантов [3].

Отдельную проблему представляет негативное воздействие буровых шламов на шельфы, например, на шельфе Северо-Восточного Сахалина. Исследования, проведенные в 1991–1992 гг. на шельфе Восточного Сахалина, показали, что при производстве буровых работ, когда буровые растворы и шлам сбрасываются в море, на расстоянии в 1000 м происходит загрязнение морской среды нефтяными углеводородами, концентрации которых превышают ПДК в несколько раз. Это, в свою очередь, может привести к необратимым изменениям в биологическом сообществе шельфа. Снижение биомассы бентоса, сокращение его видового разнообразия в районе буровых установок отмечаются и в работах американских ученых. Так, большие объемы шлама, бурового раствора, сброшенного с буровой платформы в Северном море, изменили характеристики донных отложений

на расстоянии 3000 м. Макробентос в этих участках остается сильно видоизмененным и истощенным. Испытания воздействия буровых растворов на интенсивность фотосинтеза и выживаемость фитопланктона показали достоверное снижение интенсивности этих показателей. Компоненты буровых растворов органического и неорганического происхождения, а также основные прописи буровых растворов, используемых для бурения на шельфе дальневосточных морей, обладали токсическим действием на эмбрионы и личинки двустворчатых моллюсков, молодь и взрослых мизид и других гидробионтов.

Освоение нефтяных месторождений на морском шельфе требует решения большого числа разнообразных проблем, среди которых особое место принадлежит охране окружающей среды. В свою очередь, проблема охраны окружающей среды имеет множество аспектов, одним из которых является минимизация воздействия отходов бурения на морские экосистемы. Это воздействие может быть достаточно мощным. По данным компании «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.» при бурении на шельфе острова Сахалин происходит сброс 60000 м<sup>3</sup> бурового раствора и 15000 м<sup>3</sup> шлама с одной платформы в год и приблизительно 640 м<sup>3</sup> пластовой воды в сутки. На отдельных платформах объём сбрасываемой пластовой воды может достигать 20000 м<sup>3</sup> в сутки. На Пильтун-Астохском месторождении за двухлетний период первого этапа эксплуатационного бурения в море уже сброшено 70000 м<sup>3</sup> буровых отходов [4].

Однако имеется и иная точка зрения. М. В. Семенюк, изучив данные отечественных и зарубежных исследователей, делает вывод об отсутствии основания утверждать, что отходы бурения, содержащие некоторое количество биофильных элементов (Са, К, Р, Mn, Cu и др.), представляют угрозу для существования растительного и животного мира [5].

Известно, что по технологии бурения при проходке скважин используется целый ряд буровых растворов, различающихся по составу, следовательно, и по физико-химическим и экотоксикологическим

показателям. Буровые растворы, используемые на первом этапе бурения, состоят в основном из глинисто-водяной смеси иногда с некоторыми малоопасными добавками и, следовательно, уже в исходном состоянии малотоксичны. По мере углубления скважины применяются растворы с добавками, призванными скорректировать свойства растворов в соответствии с плотностью и свойствами проходимых пород. Эти добавки могут изменять класс опасности растворов в сторону повышения его токсичности. Однако каждая партия приготовленного бурового раствора многократно рециркулирует, разбавляется пластовыми водами, его компоненты диффундируют в пласты на глубине и смешиваются с выбуренной породой, что в конечном итоге приводит к снижению токсичности раствора и отработанный буровой раствор имеет уже, как правило, более низкие показатели токсичности, чем исходный.

Общеизвестен процесс самоочищения природных экосистем, однако их способность перерабатывать такие объемы загрязнения не безгранична. Вода рек и озер Крайнего Севера, по сравнению с водой умеренных и южных широт, слабо насыщена кислородом, органическая жизнь не столь многообразна и обильна. Поэтому, если в районах средней полосы вода рек может самоочищаться на участках в 200-300 км, то для самоочищения воды в северных условиях часто оказывается недостаточной протяженность реки в 1500-2000 км. Такая низкая эффективность процесса самоочищения рек и озер в условиях Крайнего Севера ограничивает сброс в водоемы буровых отходов [6].

Источники загрязнения при бурении скважин условно можно разделить на постоянные и временные. К постоянным относятся утечки жидких отходов бурения из шламовых амбаров и фильтрация. К временным относятся:

- поглощение бурового раствора при бурении;
- выбросы пластового флюида на дневную поверхность;

- нарушение герметичности зацементированного заколонного пространства, приводящее к межпластовым перетокам и заколонным проявлениям;

-затопление территории буровой вследствие паводка в период весеннего половодья или интенсивного таяния снегов и разлив при этом содержимого шламовых амбаров.

Наибольшую опасность для объектов природной среды представляют производственно-технологические отходы бурения, которые накапливаются и хранятся непосредственно на территории буровой. В своем составе они содержат широкий спектр загрязнителей минеральной и органической природы, представленных материалами и химреакентами, используемыми для приготовления и обработки буровых растворов.

Долгое хранение бурового шлама в шламовых амбарах способствует мощному связыванию нефти и других загрязняющих веществ с почвенными частицами, делая его твердую фазу постоянным источником токсических, мутагенных и канцерогенных загрязнителей. По мере увеличения срока нахождения бурового шлама в нерекультивированных шламовых амбарах возрастает их токсичность для окружающей среды, что приводит к смене растительного покрова, к снижению или полной его ликвидации. Расчетные оценки и натурные исследования, показали, что жидкие отходы бурения фильтруются в основном через боковые стенки земляных шламовых амбаров, не имеющих надежной гидроизоляции. Известно, что загрязнители из буровых амбаров проникают на глубину до 80 м. Жидкие отходы бурения вследствие подвижности и высокой проникающей способности мигрируют в почвогрунты, вызывая в них негативные процессы. Вблизи шламовых амбаров увеличивается минерализация болотных вод.

Кроме того, при переполнении шламового амбара ливневыми водами их содержимое переливается на территорию, загрязняя ее нефтью и растворенными в воде реакентами. Изучение последствий загрязнения наземного растительного покрова отходами бурения показывает, что на всех

пораженных участках наблюдается лишь незначительное восстановление растительного покрова. Даже по истечении 15 лет растительность восстанавливается менее чем наполовину. Во всех случаях сразу после разлива отходов бурения, особенно содержащих нефть, растительный покров практически полностью уничтожается. Основной причиной гибели растений является вытеснение кислорода из почвы.

Особенно велико вредное влияние на почву нефтепродуктов. В почве, загрязненной ими, резко меняется соотношение между углеродом и азотом, что ухудшает азотный режим почв и нарушает корневое питание растений. При углеводородных загрязнениях почв из них вытесняется кислород, почва теряет продуктивность и плодородный слой долго не восстанавливается. Самоочищение почв происходит очень медленно.

Также отрицательно влияют на рост и развитие растений, химические добавки к буровым растворам, которые содержат тяжелые металлы и соли, впоследствии чего нарушаются физиологические процессы растений. При наличии высоких концентраций солей у растений разрушаются цитоплазматические мембраны, уменьшается активность ферментов, происходят изменения белкового обмена и могут образовываться токсические продукты в самих тканях растений. Выделяют особо опасные соли для растений: гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, ионы натрия и хлора [7].

Воздействие буровых шламов может привести к целому ряду негативных последствий:

- токсикологическому воздействию на человека и компоненты биосферы;
- нарушению продукционно-деструкционных процессов в экосистемах;
- уменьшению продолжительности жизни и гибели особей;
- полному исчезновению некоторых видов;

- появлению патологических признаков и гистологических нарушений в организме рыб и беспозвоночных;
- накопление нефтяных углеводородов в органах и тканях растений и животных;
- ухудшению состояния и выживаемости рыб, аномально высокое распространение уродств на эмбриональных и личиночных стадиях развития ряда массовых видов;
- снижению репродуктивного потенциала;
- изменению физико-химических параметров воды – рН, солености, электропроводности; окисляемости;
- хроническому загрязнению водоемов тяжелыми металлами (ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, цинк и др.), содержащимися в буровых растворах и шламах;
- поступлению в воду нефти и ее фракций, низкомолекулярных углеводородов, высокотоксичных, мутагенных и канцерогенных полиароматических углеводородов и органических кислот;
- повышению мутности воды, что нарушает жизнедеятельность молоди рыб, планктонных и бентоносных организмов-фильтраторов;
- физическим воздействиям на донные организмы;
- нарушению экологического равновесия в почвенном биоценозе;
- нарушению температурного режима вод;
- угнетению или деградации растительного покрова;
- изменению структуры почвы;
- снижению продуктивности сельскохозяйственных земель и др. [8].

Воздействие отходов бурения на природные объекты не обязательно может проявляться в токсическом эффекте на биосферу, а способно выражаться в нарушении экологического равновесия биотопов различных трофических уровней при их взаимодействии с абиотической средой, носящей механизм функциональных повреждений экосистемы. При бурении

скважин задача очистки шламов от экологически опасных буровых отходов является наиболее актуальной.

### 3 Методы утилизации буровых шламов

Система исследования и обработки шламов включает следующие основные этапы:

- этап 1: Прогноз целесообразности обработки и утилизации шлама по составу базовых компонентов с использованием токсикологической группы показателей.

- этап 2: Выбор технологической схемы обезвоживания в зависимости от фильтрационных свойств шлама.

- этап 3: Контроль обезвоживания в контейнере по показателям фильтрационной группы.

- этап 4: Контроль упрочнения шлама в контейнере по показателям геомеханической группы.

- этап 5: Выбор направления использования шлама как рекультивационного материала [9].

В 70-80-х годах двадцатого столетия, когда появились данные о токсичности буровых шламов и их основных компонентов, углубились знания об основных закономерностях миграции компонентов буровых шламов в окружающей среде, особенно в подземных (грунтовых водах) и почвогрунтах, произошла переоценка применяемых способов (технологий) утилизации. Появились более сложные и совершенные способы и их сочетания. Все известные технологии переработки буровых шламов 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 цемента, жидкого стекла, глины и органических (эпоксидные и полистирольные смолы, полиуретаны и др.) 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.

На практике методы комбинируются и в зависимости от оснащенности и целей предприятия утилизируются различными способами. Главной задачей на сегодняшний день становится безотходное производство. Применяемая в настоящее время система сбора и хранения отходов не обеспечивает надежной защиты природных объектов от загрязнения [10].

Анализ научно-технической и патентной литературы по проблеме переработки буровых шламов показывает, что существует множество способов утилизации отходов бурения, однако в настоящее время большинство из них сводится к захоронению либо размещению буровых отходов на территории буровой или в специально отведенных местах (шламохранилище, земляные амбары и т.д.).

Захоронение в шламовом амбаре на кустовых площадках. Для сбора и размещения бурового шлама предусматривается строительство шламовых амбаров на территории кустовых оснований. Позволяет быстро и на местах утилизировать буровые отходы, обеспечивая захоронение продуктов, образующихся при разрушении горных пород забоя и стенок скважины. Предусматривает после окончания эксплуатации работы по восстановлению земель, засыпку шламовых амбаров грунтом до уровня поверхности площадки с последующей рекультивацией [11].

Процесс ликвидации амбара с последующей утилизацией бурового шлама можно условно разделить на следующие технологические стадии:

- сбор нефтяной пленки с поверхности амбара;
- очистка жидкой фазы от эмульгированной нефти; - доочистка жидкой фазы (степень очистки зависит от дальнейшего использования очищенной воды);

- обезвоживание и обезвреживание бурового шлама; - утилизация бурового шлама;

- очистка нефтезагрязненного грунта.

Таким образом, весь технологический процесс ликвидации шламового амбара проводится в два этапа: 1) очистка и обезвреживание содержимого амбара; 2) собственно утилизация бурового шлама. Первый этап должен проводиться с учетом особенностей состава отходов, находящихся в шламовом амбаре [12].

Сжигание бурового шлама на установке термического обезвреживания. Для этой цели предлагается модуль центрифугирования бурового шлама, он предназначен для обезвоживания буровых нефтешламов при применении буровых растворов на масляной основе за счет использования центробежной силы. Наглядной схемой данного процесса является получение загрязненного бурового шлама; отмывка его от нефтеуглеводородов горячей водой и паром, водным раствором ПАВ на основе этоксилатов; обезвреживание на центрифуге; осушение и инкапсулирование; очищение на установках образовавшейся водной фазы, содержащей нефтеуглеводороды; окончание процесса – транспортировка до места утилизации.

Накопление и переработка шламов на шламонакопителе буровых шламов. Строительство шламонакопителя буровых шламов для централизованного сбора, накопления и обезвреживания бурового шлама. Образующиеся отходы бурения после системы очистки на месте их образования вывозятся с помощью самосвалов с кустов на специально оборудованный шламонакопитель.

Сейчас проводятся исследования по развивающемуся направлению использования биологических препаратов, результаты апробируются на различного рода нефтедобывающих и перерабатывающих предприятиях. Принцип действия биологических препаратов основан на использовании углеводородоокисляющих микроорганизмов и добавок минеральных

комплексов, а также окисляющихся биосорбентов. Безотходное производство в данном направлении обеспечивается за счет использования полученных продуктов в сельском хозяйстве и в качестве удобрений. Удобрения получают при использовании микроорганизмов-деструкторов. При благоприятных условиях среды (температура, минерализация, рН, минеральное питание) удачно подобранная культура или смесь штаммов способны за короткое время утилизировать нефтяные загрязнения в органическое удобрение.

Перспективным подходом является использование буровых шламов в качестве исходного сырья для получения строительных материалов, грунтовых смесей, материалов для отсыпки внутрипромысловых дорог и буровых площадок. Однако при практической реализации данных подходов возникает ряд трудностей.

В последние годы нефтедобывающими предприятиями в производство внедряются различные технологические решения, направленные на утилизацию отходов бурения. Однако унифицированного способа переработки буровых шламов с целью обезвреживания и утилизации не существует [11].

Гипроморнефтегазом проведены исследования по окислению и гидрофобизации шлама. Окислителем служила перекись водорода, оптимальная концентрация которой составила около 20%. Гидрофобизация частиц бурового шлама направлена на уменьшение диффузии органических веществ с поверхности шлама. В качестве гидрофобизирующего вещества была испытана натриевая соль сополимера малеинового ангидрида со стиролом в присутствии электролитов. После обработки шлама диффузия органики с его поверхности в 25 раз ниже установленных токсичных доз, а токсичность бурового шлама уменьшается примерно в 100 раз [13].

Термический метод нейтрализации бурового шлама считается наиболее эффективным и практически доступным. Исследования, выполненные в Гипроморнефтегазе, показали, что при концентрации

обычного необожженного шлама в морской воде выше 0,5 г/л среда обитания для организмов моря становится опасной. При прокаливании же шлама при температуре 300°C токсичность шлама снижается в 10 раз, а при 500°C шлам обезвреживается полностью. Тестом, проведенным на молоди лосося, весьма чувствительной к токсичным воздействиям, установлена безвредность среды обитания при концентрации обожженного шлама в морской воде до 1000 г/л. При этом выживаемость лосося, интенсивность питания, физиологические и биохимические показатели крови практически не отличались от контрольных. Анализы воды Каспийского моря также указывают на незначительные изменения ее гидрохимического состава под влиянием прокаленного шлама [14].

Американской фирмой Hughes Drilling Fluids разработана автономная установка для очистки и переработки шлама в случае применения буровых растворов на нефтяной основе. Установка состоит из вакуумно-дистилляционного блока, предназначенного для переработки шлама, и компьютерного блока управления. Шлам, поступающий в блок переработки, предварительно измельчается в специальной гидроприводной мельнице до получения частиц размером 100-200 мкм. Образующийся порошок затем подвергают прогреву в роторной печи до 350°C. При этом происходит испарение воды, дизельного топлива и химреагентов. В перегонной секции создается вакуум. Пары конденсируются в теплообменнике и образующаяся жидкая фаза в виде дизтоплива и химреагентов возвращается в циркуляционную систему. Порошкообразный шлам, содержащий 1% загрязняющих компонентов, направляется в выкидную линию для сброса в отходы. Весь процесс переработки и очистки шлама автоматизирован. Рабочий цикл переработки и очистки 2 т шлама длится 30 мин [15].

В БашНИПИНефти сконструирована и испытана передвижная установка по термической обработке шлама. Стоки попадают сначала в первую секцию — шламовый амбар, где оседает значительная часть механических примесей, а затем жидкая часть отходов перетекает во вторую

секцию - накопительный амбар. В поглощающие пласты закачиваются отходы из накопительного амбара. Оставшиеся в котловане твердые отходы (буровой шлам, выпавшие в осадок взвеси) засыпаются минеральным грунтом при рекультивации площади [16].

Таким образом, нефтедобывающим предприятиям для улучшения экологической ситуации и для снижения экологического ущерба следует осуществлять переработку буровых шламов комплексными методами, основанными на вовлечение их в производственные циклы для получения строительных и иных материалов.

#### **4 Применение метода биотестирования для определения токсичности среды на различных тест-объектах**

Многообразные загрязняющие вещества, попадая в окружающую среду, могут претерпевать в ней различные изменения, усиливая при этом свое токсическое действие. Это приводит к необходимости разработки комплексных, интегральных методов контроля качества ряда объектов окружающей природной среды, в том числе воды, воздуха и почвы, позволяющих оценить их качество и возможную опасность различных источников загрязнения. Наиболее эффективным инструментом аналитического контроля при этом является метод биотестирования на тест-объектах для характеристики и оценки токсического эффекта источника загрязнения.

Биотестирование проводится в лабораторных условиях с использованием стандартных тест-систем, которые в контролируемых воспроизводимых условиях дают возможность определить экологическую токсичность отходов. Методы биотестирования достаточно чувствительные, относительно недорогие и экспрессные, но главное достоинство этих методов, что они учитывают степень вредности комплексного воздействия всех загрязняющих веществ исследуемой пробы, дают интегральную оценку. Известны десятки методик биотестирования, но только около двенадцати из них внесены в Реестр методик для государственного экологического контроля и мониторинга.

Биотестирование – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменение жизненно важных функций у тест-объектов. Под тест-объектом понимают живой организм, используемый в биотестировании. При выборе таких организмов приходится соблюдать определенные требования, среди которых возможность фиксировать четкий, воспроизводимый и объективный отклик на

воздействие внешних факторов, чувствительность этого отклика на малые содержания поллютантов и др. [17].

Для оценки параметров среды используются стандартизованные реакции живых организмов (отдельных органов, тканей, клеток или молекул). В организме, пребывающем контрольное время в условиях загрязнения, происходят изменения физиологических, биохимических, генетических, морфологических и иммунных систем. Объект извлекается из среды обитания, и в лабораторных условиях проводится необходимый анализ. Живой организм может тестироваться также в специальных камерах или на стендах, где создаются условия изучаемого загрязнения (что очень важно для выявления реакций организма на то или иное доминирующее загрязнение или целый комплекс известных загрязняющих веществ на данной территории обитания) [18].

Для оценки токсичности изучаемых объектов исследователями разных стран используются в качестве тест-систем различные организмы: от бактерий до млекопитающих. Конечной целью всех биотестов является оценка безопасности или иных свойств исследуемого объекта на организмах-моделях и на основании полученных результатов прогнозирование реакции организма человека и/или животных на этот объект. Наиболее известные тест-объекты: 1) культуры клеток тканей человека и животных; 2) одноклеточные зеленые водоросли (хлорелла, требоуксия из лишайников и прочее); 3) простейшие: инфузория-туфелька; 4) бактерии; 5) членистоногие: рачки дафния и артемия; 6) рыбы; 7) насекомые; 8) мох: мниум; 9) цветковые: злак плевел, кресс-салат. Из всего многообразия разработанных и апробированных тест-систем в нашей стране узаконены лишь биотесты на ракообразных (дафниях или цериодафниях), водорослях (сценедесмус или хлорелла) и рыбах (гуппи или данио). Соответственно, для получения более корректной информации о токсичности исследуемых объектов можно рекомендовать использовать одновременно несколько тест-объектов с учетом их специфики [19].

Для определения токсичности среды используются различные методы, в зависимости от среды, которую нужно проверить. У каждого метода есть свои особенности. В общем, охарактеризовать методы можно по видам используемых тест-объектов и способам анализа их реакций на загрязнение природной среды. Каждый метод использует свой тест-объект. Тест-объекты для биотестирования, используемые в настоящее время, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Применение различных тест-объектов для биотестирования

Исследователи	Тест-объект	Оцениваемые параметры	Оцениваемый объект
Балаян А. Э.; Саксонов М.Н.; Стом Д.И. и А.Д.	губка ( <i>Spongia</i> )	увеличение пузеревидных клеток	водная среда
Фролова Л.Л.; Фирсова С.С.	планктонные организмы	самовосстановлен ие	
Руднева И.И.; Шайда В.Г.; Кузьминова Н.С.	личинки черноморских рыб атерины ( <i>Atherina herpsetus, Atherina mochon pontica</i> )	теплопродукция	
Левина И.Л.; Щербакова Н.И.; Полуян А.Я.	Пестициды	коэффициент пороговых концентраций	
Афанасьев Д.Ф.; Цыбульский И.Е.	микроводоросли вида <i>Scenedesmus apiculatus</i>	флуоресцентные характеристики	вода и донные отложения
Кузьминвоа Н.С.	культуры одноклеточных морских микроводорослей <i>Platymonas viridis</i> Rouch и <i>Dunaliella salina</i> Teod	численность клеток водорослей	водная среда (морская среда)
Азарова С.В.; Жорняк Л.В.; Таловская А.В.	мушка <i>Drosophila melanogaster</i>	мутации	отходы горно- добывающих предприятий; почвы;
Заалишвили В.Б.; Алборов И.Д.;	Лишайники	выживаемость	атмосферный воздух

Из таблицы следует, что в настоящее время для биотестирования водных объектов чаще всего используют различные водные организмы, для

биотестирования атмосферного воздуха добавляются лишайники, мушки, для отходов горно-добывающих предприятий и почв — дрозофилы [20].

В средние века был известен метод биотестирования, основанный на использовании канареек для индикации появления рудничного газа в горных выработках. Поведение птицы или ее гибель оповещали шахтеров о грозящей им опасности.

В начале XX в. метод биотестирования нашел применение как способ оценки качества среды для токсикологической характеристики, в качестве тест-объекта широко использовали «рыбную пробу». Основоположники метода – российские ученые Гримм, Арнольд, Чермак, Долгов, Никитинский. Метод получил широкое распространение и за рубежом; благодаря простоте и удобству его применяют до сих пор. Недостаток метода заключается в необходимости длительного периода адаптации рыб к лабораторному содержанию (15–20 сут.), которое само по себе является стрессом. Дальнейшее развитие метод «рыбной пробы» получил в США после разработки систем для бесконтактной регистрации двигательной активности и некоторых поведенческих реакций рыб, по изменению которых определяли наличие токсикантов в среде.

Первые тесты на дафниях и циклопах были выполнены в 1918 г. В дальнейшем основным тест-объектом служила длительное время *Daphnia Magna*. С конца 30-ых годов стали использовать в качестве тест-объектов гидробионты разного систематического уровня и с разными трофическими связями. В 1940-1941 в систему испытаний включили простейших, ракообразных, червей и рыб. За биологические показатели оценки качества были приняты выживаемость, репродуктивность, выживаемость потомства, дыхательный и сердечный ритмы, потребление кислорода, выделение углекислого газа и аммиака, как конечных продуктов обмена, дыхательный коэффициент, темп роста и питания, кормовой коэффициент, увеличение массы и другое [21].

В биотестировании для характеристики отклика тест-объекта на повреждающее действие среды используют критерий токсичности – тест-функцию. Тест-функции, используемые в качестве показателей биотестирования для различных объектов:

- для инфузорий, ракообразных, эмбриональных стадий моллюсков, рыб, насекомых – выживаемость (смертность) тест-организмов;
- для ракообразных, рыб, моллюсков – плодовитость, появление аномальных отклонений в раннем эмбриональном развитии организма, степень синхронности дробления яйцеклеток;
- для культур одноклеточных водорослей и инфузорий – гибель клеток, изменение (прирост или убыль) численности клеток в культуре, коэффициент деления клеток, средняя скорость роста, суточный прирост культуры;
- для растений – энергия прорастания семян, длина первичного корня и др. [22].

Основным методом оценки чувствительности тест-организмов к токсикантам является регистрация их смертности. Начальное, оценочное тестирование токсичности различных химикатов – это, как правило, острые опыты с высокими концентрациями добавок продолжительностью до 5 суток. Как отмечают А.Н. Тюрин и Н.К. Христофорова, причина «классической» длительности токсикологических тестов в 96 часов, скорее, социальная, чем фундаментальная, и имеет корни в исторически сложившейся продолжительности рабочей недели ученых разных стран – 5 суток. Такие опыты необходимы, так как они демонстрируют возможную вредность меньших доз вещества при более длительном воздействии. Следовательно, при определении подпороговой концентрации вещества главное внимание в острых токсикологических опытах должно быть уделено поиску наиболее чувствительных организмов [23].

## 5 Биотестирование с применением *Drosophila melanogaster*

Использование мушки в качестве модельного объекта впервые было предложено Морганом, основателем хромосомной теории наследственности. Исследования Меллера (1927) с применением дрозофил в генетических исследованиях, позволили разработать методы оценивания мутагенного действия внешних агентов. Спустя почти 100 лет эксперименты на дрозофилах не утратили своей силы и продолжают развиваться, используя различные методы, одним из которых является оценка загрязнения и токсичности среды [24].

Мушка *Drosophila melanogaster* (чернобрюхая дрозофила) наиболее часто используется в генетических экспериментах. Определение генотоксичности объектов окружающей среды с помощью методики биотестирования на мухах *Drosophila melanogaster* имеет по сравнению с другими тест-организмами ряд преимуществ, которые обусловлены тем, что у дрозофилы можно выявить все типы мутаций. Она имеет малое число хромосом, короткий жизненный цикл, большую плодовитость; метаболическая активация веществ, поступающих в организм, такая как у человека. Данные, полученные при помощи этого насекомого, могут дать возможность продолжения исследований на высокоорганизованных животных, включая млекопитающих, и могут быть использованы как прогноз риска загрязнения окружающей природной среды для здоровья населения.

Тестирование с применением *Drosophila melanogaster* заключается в том, что исследуемый объект помещается в среду, которую необходимо проверить на токсичность. Далее за мушками ведется наблюдение, в ходе которого можно сделать вывод о состоянии данной среды. Тестирование с применением *Drosophila melanogaster* позволяет на более тонком уровне (посредством определения мозаиков) определить отрицательное влияние поллютантов.

С целью установления области использования метода биотестирования на *D.melanogaster* для

определения генотоксичности объектов окружающей среды была проведена апробация на сточных, поверхностных и питьевых водах. В пробах воды определяли наличие или отсутствие генотоксического действия на *D. melanogaster* во время биотестирования. Полученные данные свидетельствуют о преимущественном выявлении с помощью апробированного метода генотоксичности проб сточной и поверхностной воды, из которых все испытанные пробы выявили генотоксичность. Высокий процент генотоксичных проб (68 %) был обнаружен при апробации на питьевых водах. Итоги апробации свидетельствуют о возможности применения биотестирования на *D. melanogaster* для генотоксического анализа вод с высоким уровнем токсичности: сточных, поверхностных, загрязненных питьевых вод [25].

В Тюменском государственном университете были проведены исследования, оценивающие степень влияния химических загрязнителей на процесс онтогенеза у *D. melanogaster*. Для определения токсичности исследовали среды с разной концентрацией пестицидов. Опыт показал низкую выживаемость личинок на загрязненной среде, что свидетельствует о стрессирующем воздействии химических объектов. Также в ходе опыта было подсчитано количество вылетевших самцов и самок, наблюдалась следующая тенденция: в контроле преобладали самцы, а в средах с пестицидами – самки. Были отмечены внешние изменения длины торакса и крыльев [26].

Д.Е. Гавриков и А.С. Новицкая провели эксперимент по влиянию средового стресса на флуктуирующую асимметрию (ФА) морфологических признаков мушки. Для этого было проведено 2 опыта: А) влияние пестицидного загрязнения и Б) пищевого стресса на ФА (среда без сахара и дрожжей). Итогом исследования А стало уменьшение ФА с уменьшением концентраций пестицида. В опыте Б отмечены высокие уровни направленной асимметрии у самцов. В обоих исследованиях в условиях средового стресса наиболее восприимчивыми к ФА оказались самки.

Интенсивное использование в современном информационном обществе электрической и электромагнитной энергии привело к формированию нового фактора загрязнения окружающей среды – электромагнитный. В Кабардино-Балкарском государственном университете было исследовано влияние переменного магнитного поля разной частоты на линии *D. melanogaster*. При увеличении частоты переменного магнитного поля возрастает и количество мух с морфозами. Такие изменения связаны с генотипическими свойствами, так наиболее чувствительными оказались мушки с плосковидными глазами, и мушки с диким генотипом. Более устойчивыми оказались мушки с белыми глазами [27].

Изучением экологических и генетических эффектов ацетилсалициловой и аскорбиновой кислот на *D. melanogaster* занималась В.А. Сидорская. Было установлено, что численность самок при самой высокой концентрации аспирина 0,3% превышает численность самцов, тогда как в концентрациях 0,01%, 0,05%, 0,15% преобладают самцы, причем с повышением концентрации дисбаланс увеличивается, что говорит о наличии стрессового фактора. Что касается вылета мух, то наблюдалась следующая пропорция: чем выше концентрация, тем ниже рождаемость. Комбинирование ацетилсалициловой и аскорбиновой кислот привело к отсутствию потомства вследствие гибели родителей [28].

Проведением исследований адаптивности *D. melanogaster* при нефтяном загрязнении среды занимались Г.А. Петухова, Ю.М. Квашнина. Неадаптированные мухи смогли выжить и продолжить развиваться в среде в 9 раз превосходящую стандартную среду, а мухи адаптированные к среде с нефтезагрязнением отличались низким потенциалом выживаемости. Исходя из этого, можно утверждать, что для особей, постоянно находящихся под действием токсического загрязнения, повышение загрязнителя энергозатратно, чем для неадаптированных дрозофил [29].

Анализ литературных данных показал, что в г. Томске проводилось биотестирование пылеаэрозолей, аккумулярованных в снежном покрове. На

территории г. Томска располагается большое количество предприятий различного назначения (теплоэнергетика, нефтехимический завод, предприятия строительной отрасли, машиностроения). В 15 км от г. Томска расположено предприятие ядерно-топливного цикла (СХК, г. Северск). Это все создает экологическую опасность для населения города и близ лежащих территорий.

В работе для определения токсичности пылеаэрозолей г. Томске в период с 2001 по 2007 гг. впервые были использованы в качестве тест-объектов мушки *Drosophila melanogaster*. Пробы снега отбирались в районах расположения различных промышленных предприятий г. Томска. Для биотестирования были выбраны пробы, отобранные в окрестностях электролампового завода, завода режущих инструментов, Томской «ГРЭС-2», электромеханического завода. В процессе выполнения эксперимента по биотестированию всего было изучено развитие 65023 дрозофилы в 26 пробах твердого осадка снега.

Тестирование с применением мушек заключалось в том, что пробы твердого осадка снега помещали в питательную среду для мушек, а также параллельно проводилось наблюдения и в контрольной группе. Далее за мушками велось наблюдение, в ходе которого был сделан вывод о степени токсичности твердого осадка снега.

По результатам биотестирования твердого осадка снега на *Drosophila melanogaster* было установлено, что токсичными являются пробы из санитарно-защитных зон изучаемых промышленных предприятий г. Томска. Было выявлено, что пробы твердого осадка снега оказывают терратогенное воздействие на живые организмы, что в свою очередь, связано с геохимическими особенностями проб. В повышенных концентрациях относительно фона были выявлены тяжелые металлы, редкоземельные элементы и уран.

Таким образом, можно отметить, что исследование токсичности пылеаэрозолей с использованием *Drosophila melanogaster* служит

эффективным инструментом определения того, как выбрасываемые промышленными предприятиями вещества могут негативно влиять на здоровье и жизнь человека, а также других живых организмов. Эксперименты, проведенные на мушках дрозофилы, могут помочь в составлении программы по снижению уровня выбросов вредных компонентов в атмосферу, которые содержатся в воздухе, а затем осаждаются на снег, в дальнейшем попадая в почву[30].

В Томском политехническом университете на кафедре ГЭГХ с 2004 г. на плодовых мушках проводятся лабораторные исследования по определению токсичности твердой фазы отходов горно-добывающей промышленности. Для постановки эксперимента взяты линии дрозофил yellow (y) и singed (sn). У yellow – желтое тело и прямые щетинки, у singed – тело серого цвета и опаленные щетинки. Признаки y и sn являются сцепленными с полом рецессивными признаками. Истертые до пудры пробы помещали в съедобную среду для дрозофил в процентном соотношении 25 % (проба отхода) и 75 % (съедобная среда), 20 % и 80 %, а также 0,2 % и 99,8 %. Причем, процентные величины 20 % и 25 % содержания пробы в среде определялись после постановки летальной дозы. В пробирках с готовым кормом для размножения оставляли 2 самок и 1 самца. Контрольные и опытные группы формировали одновременно и идентично. В дальнейшем следили за развитием нового поколения.

При биотестировании в эксперименте оценивались следующие биологические показатели: соотношение полов, морфозы, высота подъема куколок, средняя длина тела и крыла по отношению к концентрации пробы в среде (опыт/контроль). При обработке данных был использован математический метод: критерий соответствия.

Критерий соответствия применялся для определения степени соответствия фактических данных к ожидаемым:

1) Соотношение полов. Соотношение полов – это критерий, являющийся доказательством токсичности проб отходов. Меньшее

количество самцов по отношению к самкам свидетельствует о наличии токсического действия пробы. Подтверждением достоверности полученных результатов может служить критерий соответствия, подсчитанный на основе данных по количеству самцов и самок в пробах.

Полученные величины критерия соответствия в нескольких пробах превышали критическое, следовательно, был сделан вывод, что состав проб исследуемых отходов оказал воздействие на соотношение полов дрозо фил. В остальных пробах величина критерия соответствия не превышала критического, что свидетельствует о том, что по данному показателю токсического действия проб не наблюдается.

2) Морфозы. Морфозы – это ненаследуемые отклонения от нормального строения, не имеющие адаптивного значения. Примером может служить отсутствие щетинок, "помятые" крылья и так далее.

В исследуемых пробах отмечалось отсутствие щетинок и "помятые" крылья. Кроме того, было установлено, что среднее число морфоз на одну особь было выше у самцов, но это не было связано с уровнем антропогенной нагрузки.

3) Высота подъема куколок над средой. Для определения вероятности оказываемого влияния пробы на развитие *D. melanogaster* используется параметр, характеризующий высоту подъема куколок. Любые отклонения от нормы, в данном случае от контроля, свидетельствуют о возможном воздействии проб отходов на живые организмы.

Исследования показали, что спектр элементов, находящийся в пробах оказывает воздействие на такой параметр, как максимальное и минимальное поднятие куколок над средой, уменьшая или увеличивая ее.

4) Длина тела и крыльев, сроки развития. Следует учесть, что *D. melanogaster* относится к насекомым с полным превращением, т.е. в своем развитии она проходит стадии яйца, личинки, куколки и имаго.

По результатам биотестирования, токсическим действием обладают все пробы, кроме материала золошлаковых отходов ОАО "Саянмрамор".

Соответственно, элементы, находящиеся в концентрациях превышающих нормативные показатели, могут быть с большей степенью вероятности отнесены к числу, вызывающих токсический эффект [31].

На основе проведенного литературного обзора можно сделать вывод, что плодовая мушка широко и активно используется учеными в качестве тест-объекта при оценивании токсичности среды и ее благоприятности. Причем, основными критериями для наблюдения являются: соотношение полов, количество летальных особей, появление морфоз, продолжительность жизни.

## **6 Оценка токсичности буровых шламов методом биотестирования**

Как известно, размещение в объектах природной среды отходов бурения является основной причиной прогрессирующего ухудшения качества окружающей среды в районах ведения буровых работ. Основным отходом при устройстве нефтегазодобывающих скважин являются буровые шламы. В связи с этим все более актуальными становятся вопросы комплексной экотоксикологической оценки буровых шламов и определение класса опасности для обеспечения экологической безопасности и минимизации их техногенного воздействия на компоненты природной среды.

Определение класса опасности отходов является ключевой задачей при организации работ по их обезвреживанию и утилизации. При оценке класса опасности буровых шламов комплексный подход должен выполняться на основании детального химикоаналитического исследования, выполненного совместно с проведением серии биотестов на живых организмах разного уровня организации: микробных клетках, гидробионтах, растениях и теплокровных животных. При этом решающую роль следует отводить экспериментальным биологическим методам, так как они учитывают степень вредности комплексного воздействия всех загрязняющих веществ исследуемой пробы. Основным способом, позволяющим оценить интегральную токсичность буровых шламов, является биотестирование, в основе которого лежит определение реакции живых организмов на уровень техногенного воздействия и содержание загрязняющих веществ в буровом шламе [32].

В настоящее время известны десятки методик биотестирования почв, грунтов и отходов. Однако в Госреестр методов для государственного экологического контроля и мониторинга внесены не более 10 из них. Чаще всего класс опасности буровых шламов определяют согласно приказу МПР № 536 от 04.12.2014 г. путем биотестирования водной вытяжки из отходов на двух организмах из разных систематических групп (элюатный метод). В то же время сделать значимое заключение, опираясь только на результаты

элюатных биотестов, не совсем правильно. В токсикологические исследования необходимо также вводить контактные методы биотестирования, которые обеспечивают непосредственный контакт тест-организма с исследуемым образцом и, таким образом, позволяют установить уровень воздействия твердых загрязнителей. В виду того, что ни один вид не является универсальным индикатором при экотоксикологической оценке шламов необходимо проводить биотестирование с использованием нескольких тест-организмов из разных биологических таксонов или групп. Если разные тест-системы проявляют неодинаковую реакцию, в качестве результата следует учитывать наиболее чувствительный ответ [33].

В зависимости от места проведения буровых работ приоритетными могут быть те или иные методы и тест-организмы. Так, для заболоченных территорий Западной Сибири приоритетными тест-организмами должны быть гидробионты: дафнии, цериодафнии, инфузории, икринки аквариумных рыб. Для других районов с более сухими местообитаниями, таких как Башкирия и Татария, более целесообразным является биотестирование с использованием млекопитающих – мышей, крыс, клеток крупного рогатого скота, а также биотестирование, основанное на использовании семян высших растений и микроорганизмов [32].

С токсикологической точки зрения принято различать две зоны токсического эффекта – область остротоксических летальных концентраций и зону пороговых (сублетальных) уровней. В первом случае имеют дело с острой интоксикацией в виде быстрой гибели или необратимого поражения жизненно важных систем организма. Во втором случае токсический эффект проявляется в форме достоверного (по сравнению с контролем) нарушения тех или иных показателей состояния организмов.

Токсичность буровых шламов во многом зависит от рецептуры бурового раствора. Оценка степени токсичности бурового шлама затруднена из-за отсутствия универсальной рецептуры приготовления буровых растворов. Универсальные стандартные рецептуры буровых растворов

практически отсутствуют, т. к. их применение зависит от конкретных ситуаций и условий, которые существенно различаются в разных районах. Более того, они могут радикально меняться в процессе каждого бурения по мере нарастания глубины скважины и при прохождении разных по структуре горных пород. Именно это обстоятельство не позволяет давать точную предварительную оценку возможного воздействия бурового раствора. Кроме того, необходимо различать свежие и отработанные буровые растворы, которые очень существенно различаются по составу и, следовательно, по воздействию на среду. Гранулометрический, минералогический и химический состав шлама может сильно меняться в зависимости от типа горных пород, через которые проходит скважина, от режима бурения, рецептуры бурового раствора, а также технологии и оборудования для отделения и очистки шлама. С экологических позиций, помимо дисперсности шлама, решающую роль играют такие показатели, как содержание в нем нефтяных углеводородов, токсичных компонентов буровых растворов и тяжелых металлов. Именно эти показатели являются основой для принятия тех или иных регулирующих мер и решений по обращению с буровым шламом. Все эти показатели могут сильно варьировать, даже при бурении одной скважины, в зависимости от многих обстоятельств технического и технологического характера [34].

В настоящее время большинство крупнейших месторождений предприятий топливно-энергетического комплекса России находятся либо вступают в позднюю стадию разработки, для которой характерна падающая добыча сырья и рост бездействующего фонда скважин. При этом до 80 % добывающих скважин приходятся на место рождения поздней и завершающей стадии разработки с ухудшенной структурой остаточных запасов и трудностью их извлечения. Для решения этой технологической проблемы все чаще при бурении в залежах с трудно извлекаемыми полезными ископаемыми используют солевые биополимерные растворы. Опытным путем доказано, что кратность добычи в горизонтальных скважи-

нах при этом увеличивается в 2,5-8 раз, а для наклонно направленных скважин в 1,5-2 раза. Только на территории Западной Сибири в настоящее время пробурено более 300 новых скважин с использованием солевых биополимерных растворов, которые обеспечивают безаварийное бурение, имеют хорошие флокулирующие свойства к шламу, высокую термостойкость. Поэтому в городе Санкт-Петербурге в Горном университете В.В. Крысой и М.М. Малышкиным была проведена работа по определению класса опасности соленых буровых шламов для дальнейшей разработки защитных мер.

В связи с тем, что токсичность буровых шламов во многом зависит от рецептуры бурового раствора, для проведения комплексного аналитического анализа, в первую очередь, изучалось воздействие на окружающую среду реагентов, входящих в состав супесчаного биополимерного раствора при бурении под хвостовик скважины. Анализ его рецептуры и компонентного состава выявил следующее: раствор является малоглинистым (содержание глин не превышает 4 %), основную массу составляет смесь солей хлористого калия и мраморной крошки, используемой для утяжеления раствора (10 %). При 100-кратном разбавлении рабочих растворов все химические реагенты были нетоксичны для живых организмов, следовательно, могут быть отнесены к IV классу опасности (малоопасные соединения), согласно СП 2.1.7.1386-03. Однако наличие в рецептуре раствора хлористого калия, обладающего отличными мигрирующими свойствами, может отрицательно сказываться на токсичности шламов, образующихся при зарубке боковых стволов и добычи остаточных запасов нефти.

Для оценки токсичности был предложен многоэтапный контроль, включающий химико-аналитический анализ в комплексе с серией биотестов на микроорганизмах, гидробионтах, высших растениях и теплокровных животных. В качестве объекта исследования в опыте по определению класса опасности бурового шлама, образующегося при добыче остаточных запасов

нефти, была выбрана усреднённая проба биополимерного раствора, отобранная на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз».

Абсолютная приоритетность при установлении класса опасности отхода принадлежит экспериментальным методам, основанным на многоуровневом биотестировании отходов. При этом класс опасности отхода устанавливается по кратности разведения водной вытяжки, необходимой для устранения токсичности для живых организмов. Сложный компонентный состав буровых шламов обусловил необходимость проведения при экологической оценке серии биологических тестов на разных объектах с различным уровнем организации.

Для биотестирования буровых шламов в качестве тест-объекта использовался комплекс микроорганизмов, содержащийся непосредственно в исследованном шламе. Уровень токсичности определялся по изменению биологической активности загрязнённых образцов бурового шлама по сравнению с контролем.

Биотестирование гидробионтов проводили на дафниях *Daphnia magna* Straus, хирономидах *Chironomus dorsalis* Meigen и аквариумных рыбках *Brachydanio rerio*. Определение токсичности буровых шламов для зоопланктона осуществляли путем биотестирования водных вытяжек с использованием в качестве тест-организмов рачков *Daphnia magna* Straus. В результате определения острой токсичности водных вытяжек из буровых шламов с использованием в качестве тест-организма *Daphnia magna* Straus установлено, что по показателю средней летальной концентрации (гибель 50 % и более) вытяжки из всех изученных проб буровых шламов являются не токсичными.

Эксперименты по определению токсичности шламов для бентосных организмов проводились на личинках комаров-звонцов вида *Chironomus dorsalis* Meigen (сем. Chironomidae, отр. Diptera). Учитывались следующие индикаторные характеристики: выживаемость личинок, их раздражимость (в ответ на механический раздражитель), этологические и структурные

(морфологические) изменения. В результате экспериментальных испытаний установлено, что изученная проба бурового шлама не токсична для хирономид.

Помимо этого, было проведено исследование влияния бурового шлама на эмбриональное и постэмбриональное развитие аквариумных рыбок *Brachydanio rerio*. Согласно результатам проведенных экспериментов БЫЛО выявлено, что представленный образец не оказал вредного воздействия на икру и личинок рыб. Общий процент выживаемости икры и личинок рыб в водных вытяжках исследованных буровых шламов составил 93,3 %. Следовательно, для эмбрионального и постэмбрионального развития *Br. rerio* водная вытяжка из пробы бурового шлама была не токсична.

Основываясь на том, что при определении класса опасности за окончательный принимается результат, выявленный на тест-объекте, проявившем более высокую чувствительность к анализируемому отходу, заключили, что исследуемый буровой шлам относится к III классу опасности (умеренно опасные).

Следовательно, необходимо разрабатывать новые методы складирования и обезвреживания отходов, отличные от утилизации буровых шламов на основе глинистых буровых растворов, и обеспечить правильный выбор защитных мер с учетом фильтрационных свойств почвогрунтов в районе шламовых амбаров [35].

В.Н. Крючковым и А.А. Кураповым было проведено биотестирование проб отходов бурения с целью изучения влияния бурового раствора и бурового шлама на гидробионтов. При проведении экспериментальных работ использовались тест-объекты различных экологических групп водного сообщества: ракообразные (*Daphnia magna*, *Artemia salina*), хирономиды (*Chironomus* gr. *salinarius*), моллюски (*Dreissena rostriformis*). Экспериментальная оценка токсичности буровых отходов проводилась в лабораторных условиях в диапазоне концентраций 0,5–10,0 г/л. Каждому

опыту соответствовал контроль. В качестве контроля использовали отстаиванную, аэрированную воду.

В начале проведения опытов по биотестированию контролировали чувствительность тест-объектов к раствору стандартного токсиканта – бихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) с целью определить пригодность использованных организмов к экспериментальным работам. При оценке острой токсичности продолжительность опытов равнялась 96 часам. Температурный режим поддерживался на уровне 20–24 °С, который является оптимальным для подобных организмов. Критерием токсичности в острых экспериментах для рачков являлась выживаемость. Продолжительность хронических опытов составляла до 25 суток.

В качестве тест-объекта из бентосных организмов были использованы личинки хирономид *Chironomus gr. salinarius*. В каждый из контрольных и опытных сосудов помещали по 10 личинок. Фильтрационную активность моллюсков определяли по методике, разработанной С. А. Остроумовым, с некоторыми изменениями. Скорость фильтрации определяли по снижению оптической плотности среды инкубации при длине волны фотометрии 550 нм. Среду создавали внесением одноклеточных водорослей.

Опыты проводили в 3-кратной повторности. Каждому опыту соответствовал контроль. В процессе работы регистрировали следующие показатели: выживаемость, поведение исследуемых организмов.

Биотестирование бурового шлама с использованием дафний показало следующее. В экспозиции 96 ч острый токсический эффект отмечен в максимальной концентрации – 2,0 г/л, смертность составила 90 %. В растворах с концентрацией 1,0 г/л жизнестойкость рачков была значительно выше, смертность составляла 25 %. Отсутствие смертности отмечено в контроле и при минимальной концентрации. Увеличение экспозиции до 25 суток усилило негативное действие бурового шлама на дафний. На 10-е сутки при максимальной концентрации погибли все особи. К концу

эксперимента гибель дафний при концентрации 1,0 и 0,5 г/л составила 50 и 10 % соответственно.

При использовании в качестве тест-объекта науплий артемии в том случае, когда буровой шлам находился в воде в течение одних суток, острая токсичность (гибель более 50 % организмов) была обнаружена на 2-е сутки эксперимента при концентрации 5,0 и 10,0 г бурового шлама на 1 л воды. При этих концентрациях 100 %-я гибель артемий была зафиксирована на 3-и сутки эксперимента. При концентрации 0,5 г/л в первые двое суток все подопытные артемии были живы. На 3-и сутки была отмечена гибель 15 %, а еще через двое суток погибли 56 % рачков.

Более длительное нахождение бурового шлама в воде повышает токсичность последней. Был рассмотрен вариант опыта, когда буровой шлам находился в воде четверо суток, после чего вода была испытана на артемии. Уже через 24 часа при концентрации 2,0–10,0 г/л была отмечена гибель артемий от 45 до 56 %. При концентрации 10,0 г/л на 2-е сутки все артемии были мертвые. При концентрации 5,0 г/л 100 %-я гибель зафиксирована на 4-е сутки. Присутствие бурового шлама в воде в течение 14 суток показало следующее. При концентрации 0,5 г/л в течение первых двух суток токсического эффекта отмечено не было. На 3-и сутки была отмечена гибель 6,0 % артемий, а еще через 2 дня – 12 %. При концентрации 2,0 г/л в течение первых суток погибло 29 % рачков, через 5 суток – 94 %. При концентрации 10,0 г/л 100 %-я гибель артемий была отмечена через 4 дня эксперимента.

Таким образом, можно отметить, что продолжительное нахождение бурового шлама в воде приводит к усилению токсичности среды для планктонных организмов. Это связано с тем, что происходит выделение нефтяных углеводородов (и других веществ) из отходов бурения в воду.

Биотестирование образцов воды, в которой находился буровой шлам, с использованием личинок хирономид *Chironomus gr. salinarius*, показало отсутствие острого токсического действия на исследуемые тест-организмы в первые сутки эксперимента при концентрации шлама 0,5 мг/л. Токсический

эффект при минимальной исследуемой концентрации был отмечен на 4-е сутки (при 9 днях присутствия в воде бурового шлама), когда гибель личинок составила 29 %. Большие концентрации шлама оказывали действие уже через 24 часа, причем наблюдался отчетливо выраженный дозозависимый эффект. Кроме того, наблюдалось изменение в поведении тест-объектов (личинки становились малоподвижными и менее активно реагировали на тактильные раздражения по сравнению с контрольными).

Оценка влияния бурового шлама на моллюсков показала отсутствие острого токсического эффекта. В связи с этим была проведена функциональная оценка моллюсков после воздействия бурового шлама.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют: несмотря на то, что моллюски при экспериментальной интоксикации во всех вариантах опыта оставались живыми, налицо заметное ухудшение их физиологического состояния.

Из результатов проведенных экспериментов было заключено, что в результате попадания в водоёмы и накопления в донных осадках твердых фракций буровых отходов нарушения в бентосе будут носить точечный, временный и обратимый характер. Для наиболее уязвимых, неподвижных форм бентоса (губки, гидроиды) губителен слой осадка около 5 мм, тогда как гибель крупных моллюсков происходит лишь при толщине слоя покрытия более 10–15 см. Поражающее действие взвеси проявляется при концентрациях более 1 000 мг/л. Такие условия на дне и в придонном слое воды могут возникать лишь в непосредственной близости (10–20 м) от точки сброса буровых отходов [36].

В городе Иркутске были рассмотрены сложности использования результатов биотестирования отходов при установлении их классов опасности. Работа по определению класса опасности отходов производства компаний ОАО «Русиа Петролеум», ОАО «Иркутскэнерго», ООО «Усольехимпром», ОАО «Ангарская нефтехимическая компания» и др. в аккредитованной лаборатории свидетельствует о том, что результат

биотестирования пробы отходов во многом определяется выбором методики биотестирования. Для определения класса опасности отходов использовали две методики биотестирования, основанные на выживаемости ветвистоусых низших ракообразных *Daphnia magna* и на изменении биолюминесценции светящихся бактерий (препарат «Эколюм»). При разном характере загрязнения пробы, как правило, несколько более чувствительным был биотест по выживаемости дафний. К достоинствам биотеста с использованием светящихся бактерий следует отнести: экспрессность метода (экспозиция 0,5 часа), удобство работы с лиофилизированным препаратом светящихся бактерий «Эколюм» на биолюминометре «Биотокс», высокую чувствительность к загрязнению пробы тяжелыми металлами.

В работе описан разработанный комплекс биотестов для токсикометрии буровых растворов и водных вытяжек шлама. В комплекс входили экспрессные методы (продолжительность определения - 5-30 минут): по гашению люминесценции светящихся бактерий, по иммобилизации инфузорий, по изменению сердечной деятельности дафний. Проведен токсикологический анализ с использованием комплекса биотестов серии буровых растворов различного состава.

Для оценки токсичности был предложен 2-х этапный контроль, когда на первом этапе отмыва шлама определяют концентрацию солей по электропроводности и доводят ее до безопасного уровня, а на втором – экспрессными методами биотестирования определяют токсичность уже слабо минерализованного раствора. Второй этап необходим, так как невысокие концентрации тяжелых металлов не вносят заметный вклад в увеличение электропроводности, но могут быть высокотоксичны. Опыты свидетельствуют, что после отмыва шлама от солей токсичность их водных вытяжек, определяемая с помощью комплекса биотестов, была близка к токсичности отстойной водопроводной воды.

В процессе работы по определению класса опасности отходов, содержащих нефтепродукты, был отмечен необратимый подъем дафний в

присутствии эмульсии нефтепродуктов в воде вверх на границу раздела жидкость-воздух и на основе этой поведенческой реакции разработана биодиагностика присутствия микроколичества эмульсии нефтепродуктов в воде.

Возвращаясь к неоднозначности процедуры установления класса опасности отхода следует отметить, что лабораториями могут быть использованы разные методы биотестирования (входящие в их область аккредитации), чувствительность которых может быть различна к токсикантам, содержащимся в пробе отхода, т.е. установленный экспериментальным способом класс опасности может отличаться при применении разных методов биотестирования на единицу (например, 4 или 5 класс). В двух достаточно часто используемых методиках биотестирования допущенных для целей государственного экологического контроля, прописано проведение теста на биохимическую разлагаемость осадков сточных вод, отходов. Проведение теста на биохимическую разлагаемость отхода не является обязательным при экспериментальном методе определения класса опасности отхода, и это определение, выполненное в разных лабораториях может привести к неодинаковому результату для одной и той же пробы отхода.

В ходе проделанной работы, был сделан вывод, что существует острая необходимость усовершенствования нормативных правовых актов, регламентирующих применение результатов биотестирования отходов при установлении их класса опасности [37].

Томским политехническим университетом совместно с институтом природопользования Югорского государственного университета методом биотестирования была проведена оценка токсичности образцов бурового шлама, собранных на территории амбара, в природных условиях ХМАО-Югры. Местом отбора бурового шлама был выбран куст на территории месторождения типичного месторождения ХМАО-Югры. Всего в первой

секции амбара было отобрано 152 пробы шлама с 21 точки. Пробы шлама отбирались по глубине 10 или 20 см.

Определения токсичности водных вытяжек из отходов с использованием в качестве тест-объекта инфузорий – *Parameciumcaudatum*. Параметры поведенческой реакции инфузорий определяется с помощью приборов серии «Биотестер». Принцип метода основан на способности тест-объектов реагировать на присутствие в водных вытяжках веществ, представляющих опасность для жизнедеятельности, и направленно перемещаться по градиенту концентраций этих веществ (хемотаксическая реакция), избегая их вредного воздействия.

Критерием токсического действия является значимое различие в числе клеток инфузорий, наблюдаемых в верхней зоне кюветы в пробе, не содержащей токсических веществ (контроль), по сравнению с этим показателем, наблюдаемым в исследуемой пробе (опыт). Количественная оценка параметра тест-реакции, характеризующего токсическое действие, производится путем расчета соотношения числа клеток инфузорий, наблюдаемых в контрольной и исследуемой пробах и выражается в виде безразмерной величины – индекса токсичности.

Результаты исследования образцов шлама, отобранных в разных слоях, показали высокую степень неоднородности степени токсичности, как по глубинам, так и по площади. Это, в первую очередь, связано с высокой неоднородностью элементного и компонентного состава шлама и не может быть увязано с каким-то одним компонентом или показателем электропроводности. Вступает в силу так называемый кумулятивный эффект. Попытка выявить отдельные показатели, которые оказывают большее влияние на токсичность, не дали результата [38].

Капелькина Л.П. представила доклад об экотоксикологической оценка бурового шлама с помощью аттестованных методик контактного и элюатного биотестирования, в том числе разработанными в НИЦЭБ РАН, с использованием тест-организмов различного уровня организации. Объектами

исследования являлись пробы буровых шламов, образующиеся при бурении нефтяных скважин на одном из месторождений Западной Сибири. Сложный многокомпонентный состав бурового шлама обусловил необходимость проведения для их экотоксикологической оценки серии биотестов (элюатных и контактных) с использованием в качестве тест-культур гидробионтов, семян высших растений и микроорганизмов.

В серии элюатных биотестов были использованы методики токсикологического анализа, включенные в Федеральный реестр, где в качестве тест-организмов применялись представители гидробионтов: дафнии и инфузории. Для биотестирования использовалась водная вытяжка из проб бурового шлама в соотношении 1:10. Критерием острой токсичности вытяжки на дафниях является гибель 50% и более особей в тестируемых пробах по сравнению с контролем (культивационная вода) за период времени до 96 часов. По результатам проведенного тестирования и кратности разведения водной вытяжки определялся класс опасности. Параметры поведенческой реакции инфузорий определяли с помощью прибора «Биотестер-2». Критерием токсичности служил индекс – безразмерная величина, принимающая значения от 0 до 1 в соответствии со степенью токсичности анализируемой пробы.

Контактное биотестирование проводилось непосредственно в пробах шлама с использованием аттестованных методик, разработанных в НИЦЭБ РАН для буровых шламов, в которых в качестве тест-культуры использовались семена пшеницы мягкой и природный комплекс микроорганизмов, содержащийся в самих исследованных шламах. Фитотоксический эффект согласно методике определяется путем сопоставления показателей тест-функции в контрольном и опытных вариантах. Критерием определения класса опасности по результатам микробных биотестов служили статистически значимые различия между максимальным суточным уровнем выделения  $\text{CO}_2$  микроорганизмами, содержащимися в шламе и контрольном субстрате, после добавления в них

глюкозы. Контролем при контактном биотестировании служили образцы нетоксичной природной глины. Согласно данным методикам определяются 5 классов опасности отходов.

Проведенное биотестирование на дафниях показало, что водные вытяжки из всех проб буровых шламов не оказывали угнетающего действия (количество выживших особей в этих вариантах достоверно не отличались от контроля). Таким образом, согласно Приказу МПР РФ № 536 от 04.12. 2014 г. пробы проанализированных буровых шламов являются нетоксичными и могут быть отнесены к V классу опасности отходов.

Как свидетельствуют приведенные данные, большинство водных вытяжек для использованной тест-культуры являлись нетоксичными. Водные вытяжки двух проб оказались токсичными и требовали разведения. Разбавление одной из токсичных вытяжек в 10 раз снимало ее токсичность, а другая - требовала разведения в 100 раз. Таким образом, при биотестировании водных вытяжек из исследуемых проб бурового шлама с использованием в качестве тест-организма инфузорий, установлено, что все исследуемые пробы, кроме одной, согласно «Критериям отнесения опасных отходов», могут быть отнесены к V классу опасности (практически не опасные). И только одна проба по результатам биотеста относится к IV классу опасности (малоопасные).

В результате проведенного биотеста было установлено отсутствие токсического воздействия проб бурового шлама на всхожесть и длину корней проростков пшеницы. Следовательно, данные шламы являются практически не опасными (V класс). Результаты фитотестирования также показали, что буровые шламы являются малоопасными (IV класс). Буровой шлам, отнесенный ранее к малоопасным показал явное угнетение роста корней. Согласно шкале токсичности по данной методике данный буровой шлам относится к умеренно опасным отходам (III класс). В то же время хотелось бы подчеркнуть, что при установлении 3-4 класса опасности отхода, необходимо проведение дополнительного опыта по хроническому

фитотестированию, так как в практике были варианты, когда вначале эксперимента наблюдалась хорошая всхожесть и рост корней за счет питательных веществ, содержащихся в семени, и последующее угнетение всходов при переходе на субстратное питание.

В результате проведения микробных тестов было установлено, что активность комплекса микроорганизмов пробы, ранее определенной как малоопасная, снижалась по сравнению с контрольным уровнем менее, чем на 20%, а активность остальных значительно его превышала, поэтому согласно разработанной шкале токсичности, данные шламы относятся к V классу опасности – практически не опасные.

Проведенные экотоксикологические исследования буровых шламов показали, что примененные биотест-системы характеризуются различной чувствительностью к присутствию разнообразных токсикантов.

Элюатное биотестирование шлама с помощью двух аттестованных методик на двух тест-организмах (дафнии и инфузории) выявило наличие умеренной токсичности лишь у одной исследуемой пробы. Поэтому при оценке экологического состояния таких сложных объектов, как буровые шламы, использование только элюатных методов биотестирования недостаточно.

Проведение контактных биотестов с использованием двух аттестованных методик, разработанных в НИЦЭБ РАН, показало, что по сравнению с микроорганизмами семена пшеницы являются более чувствительной тест-культурой к наличию загрязняющих веществ в буровых шламах [33].

Таким образом, для объективной оценки качества буровых шламов в экотоксикологические исследования необходимо включать методы как элюатного, так и контактного биотестирования, и использовать в качестве тест-организмов представителей различных систематических групп.

## **7 Определение токсичности бурового шлама нефтяных месторождений Томской области методом биотестирования**

### **7.1 Постановка эксперимента**

Для определения токсичности бурового шлама методом биотестирования в качестве тест-объекта использовались мушки *Drosophila melanogaster*. Для постановки эксперимента взяты линии дрозофил yellow (y) и singed (sn). Пробы бурового шлама отбирались с нефтяных месторождений Томской области: Первомайское, Катильгинское, Южно-Черемшанское и Лугинецкое. Концентрация исследуемого бурового шлама в пробах составляла 0,2 %. В процессе выполнения эксперимента по биотестированию всего было изучено развитие 2686 дрозофилы в пробах всех четырех месторождений. Тестирование с применением мушек заключается в том, что истертые до пудры пробы бурового шлама помещают в питательную среду для мушек. Контрольные и опытные группы формируют одновременно и идентично. Далее за мушками ведется наблюдение, в ходе которого можно сделать вывод о степени токсичности бурового шлама. Затем следят за развитием нового поколения: выявляют изменение внешнего облика, соотношение полов в сравнении с контрольной группой.

## 7.2 Методика и материалы

### 1. Приготовление питательной среды

Главными составными частями среды, на которых разводят дрожифилу в лабораториях, являются сахар и дрожжи. Сахар вносят в среду в чистом виде или в виде изюма, патоки и т.п., он является тем субстратом, на котором развиваются дрожжи. Последние составляют главный элемент пищи дрожифилы, кроме того они предохраняют среду от поражения плесенью. В качестве компонента в питательную среду входят также агар-агар, который придает среде желеобразную консистенцию.

Кроме этих обязательных компонентов в состав среды могут входить картофель, кукурузная мука, манная крупа, бананы.

Разработаны рецепты синтетических сред. Среда разного состава применяют для соответствующих целей. Рецепт, используемой питательной среды представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Рецепт питательной среды

Вода	100 мл.	350 мл.
Агар-агар (г)	1,3	4,5
Дрожжи (г)	11,4	40
Манная крупа (г)	4,3	15
Сахар (г)	3,7	13
Пропионовая кислота (мл)	0,3	1

Количество агар-агара может быть увеличено или уменьшено в зависимости от его качества. Среда не должна разжижаться и вытекать из флакона, но и в то же время она не должна быть слишком густой или твердой, чтобы личинки могли в ней легко передвигаться.

Варить среду необходимо в алюминиевой посуде, чтобы среда не пригорала или в любой другой на водяной бане. Соответствующие навески делают на технических весах. К навеске агар-агара приливают воду при периодическом помешивании, доводят до кипения и растворения агара, после чего добавляют дрожжи и варят среду еще 40 минут. По мере выкипания воды ее нужно доливать до первоначального уровня. Затем добавляют сахар

и манную крупу одновременно и варят еще 15 минут. Готовую среду немного охлаждают и разливают по флаконам. В пенициллиновые флаконы наливают по 3 мл среды (1-1,5 см). После остывания среду засеивают дрожжами. Для этого дрожжи разводят в воде (до консистенции молока), и мягкой кисточкой, смоченной этим раствором, смазывают всю поверхность среды.

При отсутствии свежих прессованных дрожжей для приготовления среды можно использовать сухие дрожжи, учитывая, что в сырых содержится 75% воды. Среду во флаконах можно хранить несколько дней. Во избежание прилипания мух к влажной поверхности лучше использовать свежеприготовленную среду через сутки. Для пробок можно использовать вату или поролон.

Приготовление в СВЧ-печи:

- 1) Налить воду в чашку для СВЧ-печи, довести до кипения.
- 2) Добавить дрожжи. Хорошо размешать и дать постоять 5 минут, взять шприцом 5 мл смеси. Эту порцию отложить до пункта 5.
- 3) Помешивая смесь, высыпать в нее агар-агар, манку и сахар, после чего варить до закипания при мощности 600-800W (чтобы манка разварилась), помешать 1-2 раза.
- 4) Остудить среду до температуры 60°C. Добавить в нее пропионовую кислоту, после чего тщательно размешать и разлить по пенициллиновым флаконам.
- 5) Добавить в каждый флакон по 1 капле из шприца.
- 6) Закрыть флаконы ватными пробками.
- 7) По возможности, дать флаконам со средой отстояться при комнатной температуре 1-2 часа, затем убрать в холодильник.

## 2. Наркотизация мух.

Для наркотизации используют серный эфир (эфир для наркоза). Вату, слегка смоченную эфиром (жидкий эфир при попадании на мух моментально их губит), кладут в пенициллиновый флакон и ставят его на другой пустой чистый сухой флакон (горлышко к горлышку).

Это морилка. Мух из культурального флакона перетряхивают в пустой флакон и закрывают его флаконом с ватой, смоченной эфиром. Внимательно следят за мухами и, как только последняя перестает шевелиться, высыпают на лист белой чистой бумаги (10\*10). При необходимости наркотизацию можно повторить.

От большой дозы эфира мухи могут погибнуть. Об их гибели можно заключить по поднятым кверху крыльям и вытянутым лапкам.

### 3. Скрещивание мух

Жизнеспособная сперма сохраняется в половых путях самки в течение нескольких суток после спаривания, поэтому каждая оплодотворенная самка в любой данный момент может содержать в семяприёмнике некоторое количество спермы от предыдущей копуляции. Возникает необходимость брать для скрещивания заведомо девственных самок не старше 6-8 часов от рождения (мухи такого возраста не способны спариваться).

Для этой цели из тех культур, из которых необходимо взять девственных самок за несколько часов до начала массового вылета мух следует удалить родительских особей. После этого культуру просматривают через каждые 6-8 часов, виргинных самок изолируют и используют для скрещивания. Большая часть неудач в опытах бывает связана с несоблюдением этих условий. Морфологические особенности только что вылупившихся мух также служат гарантией их девственности.

Оптимальными условиями для успешного размножения мух является температура 24-26°C, относительная влажность 70-80%, хорошая аэрация.

Мух двух скрещиваемых линий наркотизируют, рассматривают под микроскопом. Необходимо убедиться в чистоте исходных родительских линий, в том, что они отличаются по одной паре альтернативных признаков.

Двух-трех самок одной линии помещают (мух можно переносить пинцетом за крыло и лапку или мягкой рисовальной кисточкой) во флакон со средой с таким же количеством самцов другой линии. Это родительское поколение. При увеличении количества родителей появляется опасность

перенаселения, в результате чего плодовитость мух падает. Одна самка может отложить до 200 яиц, но в перерыве 1,5-2 суток после отрождения самки обычно не откладывает яиц или откладывают их очень мало. Максимальное количество яиц откладывают 3-4 суточные самки. Кладка яиц лучше всего происходит на питательную среду с хорошо проросшими дрожжами, т.е. спустя 1-2 суток после приготовления. Для откладки мухи в пробирке должны находиться 3-5 суток, после чего их удаляют. Подсчет мух нового поколения целесообразно производить на 2-3 сутки после начала вылета, в более ранние сроки вылетают в основном самки, а в более поздние происходит гибель мух.

Все надписи на флаконах (название линий, номер опыта и дата) делаются маркером по стеклу.

#### 4. Подсчет мух второго поколения

Мух, вылетевших через 10-12 дней, усыпляют и рассматривают под микроскопом. Определяют пол по морфологическим признакам и подсчитывают отдельно самок и самцов.

Морфологически, самки и самцы отличаются друг от друга по целому ряду признаков. Самки несколько крупнее самцов, хотя величина и тех, и других может сильно колебаться в зависимости от условий питания, особенно на это влияет личиночный период развития. Брюшко у самки несколько округлое, с заостренным концом; у самца оно цилиндрическое, с притупленным концом. Также самца можно легко отличить от самки по нескольким последним сегментам, которые у него сплошь пигментированы. Верхние хитиновые щитки груди у насекомых называются тергитами (они вместе со стернитами и плейритами участвуют в движении крыльев). Половой диморфизм у дрозофилы проявляется в том, что у самки имеется восемь хорошо развитых тергитов, а у самца - шесть, причём шестой и восьмой тергиты слиты, а восьмой вошёл в состав полового аппарата. Стерниты – такие же хитиновые пластинки с брюшной стороны. У самки их также на один больше, чем у самца, и у представителей каждого пола не

развиты первый, второй, седьмой и восьмой стерниты. К числу вторично-половых признаков у самца относятся половые гребешки, представляющие собой крепкие хитиновые щетинки на первом членике лапки передних ног. У самки подобные образования отсутствуют.

Помимо подсчета мух, под микроскопом смотрят не появились ли морфозы. Морфозы – это ненаследуемые отклонения от нормального строения, не имеющие адаптивного значения. Примером может служить отсутствие щетинок, "помятые" крылья.

Всю работу с дрозофилой и результаты наблюдений фиксируют: все расчеты заносят в таблицу (таблица 3) для дальнейших вычислений.

Ненужных мух усыпляют эфиром и выбрасывают.

#### 5. Расчет критерия ХИ-квадрат

Соотношение полов – это критерий, являющийся доказательством токсичности проб отходов. Меньшее количество самцов по отношению к самкам свидетельствует о наличии токсического действия пробы. Подтверждением достоверности полученных результатов может служить критерий соответствия ХИ-квадрат, подсчитанный на основе данных по количеству самцов и самок в пробах.

Критерий соответствия ХИ-квадрат применяется для определения степени соответствия фактических данных к ожидаемым. Расчет осуществляется по формуле:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-T)^2}{T}; \quad (1)$$

где  $\chi^2$  – критерий соответствия ХИ-квадрат;

$\Sigma$  – знак суммы;

O – число особей, полученное в опыте;

T – число особей, теоретически ожидаемое;

O-T – отклонение.

Полученное значение ХИ-квадрат сравнивают с критическим значением  $\chi^2=3,84$  (при числе степеней свободы равном 1, вероятности 0,05).

Если полученная величина превышает критическое значение 3,84, следовательно, предположение о том, что соотношение самок к самцам в контрольной среде и среде с добавлением пробы одинаково (1:1), неверно. Соответственно, можно сделать вывод, что состав пробы бурового шлама оказал воздействие на соотношение полов дрозофил. Если полученная величина не превышает 3,84, это свидетельствует о том, что по данному показателю токсического действия проб не наблюдается.

### 7.3 Результаты исследования

Весной 2017 года в эколого-биологической лаборатории на кафедры Геоэкологии и геохимии, ИПР, ТПУ было проведено биотестирование буровых шламов нефтяных месторождений Томской области. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Подсчет мух второго поколения

Мест-е Пол	Катыльгинское	Южно- Черемшанское	Лугинецкое	Первомайское	Контроль
Самцы	174	191	226	198	475
Самки	146	254	308	218	496
Всего	320	445	534	416	971

Для определения токсического воздействия рассчитаем критерий соответствия фактического и ожидаемого результатов - критерий Хи-квадрат.

Рассчитаем  $\chi^2$  для Катыльгинского месторождения:

$$\chi^2 = \frac{(174-160)^2}{160} + \frac{(146-160)^2}{160} = 2,45.$$

2,45 меньше 3,84, следовательно, проба не токсична.

Рассчитаем  $\chi^2$  для Южно-Черемшанского месторождения:

$$\chi^2 = \frac{(191-222,5)^2}{222,5} + \frac{(254-222,5)^2}{222,5} = 8,92.$$

8,92 больше 3,84, следовательно, проба токсична.

Рассчитаем  $\chi^2$  для Лугинецкого месторождения:

$$\chi^2 = \frac{(226-267)^2}{267} + \frac{(308-267)^2}{267} = 12,59.$$

12,59 больше 3,84, следовательно, проба токсична.

Рассчитаем  $\chi^2$  для Первомайского месторождения:

$$\chi^2 = \frac{(198-208)^2}{208} + \frac{(218-208)^2}{208} = 0,96.$$

0,96 меньше 3,84, следовательно, проба не токсична.

Рассчитаем  $\chi^2$  для контроля:

$$\chi^2 = \frac{(475-485,5)^2}{485,5} + \frac{(496-485,5)^2}{485,5} = 0,45.$$

0,45 меньше 3,84.

Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Рассчитанные значения критерия соответствия ХИ-квадрат

Месторождение	Значение $\chi^2$
Катыльгинское	2,45
Южно-Черемшанское	8,29
Лугинецкое	12,59
Первомайское	0,96
Контроль	0,45

В ходе проведения исследования, установлено, что полученные величины ХИ-квадрат в пробах бурового шлама месторождений Южно-Черемшанское (8,29) и Лугинецкое (12,59) превышают критическое значение 3,84, следовательно, изученные пробы оказали токсическое воздействие, выраженное в непропорциональном соотношении полов. В пробах месторождений Катыльгинское (2,45) и Первомайское (0,96) полученные величины ХИ-квадрат не превышает 3,84. Это свидетельствует о том, что состав проб исследуемых шламов не оказал воздействие на соотношение полов дрозофил и по данному показателю токсического действия не наблюдается.

## 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 8.1 Техничко-экономическое обоснование работ

Нефтяная и газовая промышленность является потенциально опасной по загрязнению окружающей среды и ее отдельных объектов. Все технологические процессы при соответствующих условиях могут нарушить естественную экологическую обстановку. Особенно воздействуют на геоэкологическую среду буровые шламы. Актуальность проблемы подчеркивает серьезный интерес со стороны геологов, экологов, нефтяных предприятий в экологическом и экономических аспектах. В связи с этим необходимо проведение комплекса работ, направленных на оценку эколого-геохимического влияния бурового шлама на окружающую среду.

Место проведения работ: эколого-биологическая лаборатория кафедры ГЭГХ Томского политехнического университета.

Время проведения работ: март-май 2017 года.

Объект исследований: буровой шлам.

Метод и вид исследований: биотестирование (тест-объект *Drosophila melanogaster*).

Объем работ: пробы бурового шлама с 4 месторождений (Катыльгинское, Лугинецкое, Южно-Черемшанское, Первомайское).

Виды намечаемых работ:

- 1) отбор проб образцов шлама из амбаров;
- 2) лабораторные работы по первичной обработке проб (просушивание, просеивание, истирание);
- 3) лабораторные работы по подготовке проб;
- 4) создание условий жизнедеятельности, подготовка и разведение дрозофил для проведения биотестирования;
- 5) биотестирование бурового шлама на дрозофилах (второго поколения);
- 6) обработка результатов.

## 8.2 Расчет нормативной продолжительности выполнения работ

Одним из важнейших принципов выполнения исследовательских работ является минимум затрат, который соответствует максимальной эффективности исследований и обеспечивает работу достаточным количеством информации для решения поставленных задач.

Таким образом, для определения материальных затрат, связанных с выполнением разработанного технического задания, необходимо определить время на выполнение отдельных видов работ, спланировать их последовательное проведение и определить продолжительность выполнения всего комплекса работ, представленных в таблице 5.

Таблица 5 – Виды и объемы проектируемых работ (технический план)

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ
		Ед. изм.	Кол-во	
1	Отбор проб	проба	4	Отбор проб шлама
2	Лабораторные работы	проба	4	Пробоподготовка материала
		-	50	Подготовка тест-объектов
		проба	50	Биотестирование
3	Обработка результатов	-	-	Обработка данных, анализ полученной информации

### 1. Отбор проб

Отбор проб шлама проводился согласно плану на территории месторождений Томской области. Отбор проб образцов шлама проводился по всей площади амбара и с разных глубин. Исследуемый амбар первой секции кустовой площадки имеет следующие размеры: длина 90,0 метров, ширина 50,0 метров. Общая глубина шламового амбара 350 см. Мощность отходов бурения в нем составляет 280-290 см. Глубина слоя исследуемого шлама в период отбора проб была в пределах от 80 до 150 см с одной стороны и 80 до

90 см в противоположной стороне. Пробы шлама отбирались пробоотборником. Конструкция пробоотборника позволила отбирать пробы с возможностью разделения их по глубине с сохранением естественной структуры и влажности. Пробы шлама отбирались по глубине 10 или 20 см, помещались в целлофановые герметичные пакеты, каждой пробе присваивался свой индивидуальный шифр.

## 2. Лабораторные работы

На данном этапе работ отобранные пробы подготавливались к дальнейшему изучению путем просушивания, просеивания и истирания.

Далее подготавливались водные вытяжки из проб для добавления в питательную среду дрозофилы. Истертые до пудры пробы помещали в съедобную среду для дрозофил в процентном соотношении 2% (проба отхода) и 98% (съедобная среда). Для постановки эксперимента взяты линии дрозофил yellow (y) и singed (sn). В пробирках с готовым кормом для размножения оставляли в течение суток 2 самок и 1 самца. Контрольные и опытные группы формировали одновременно и идентично. В дальнейшем следили за развитием нового поколения.

Биотестирование проб на содержание соединений, обладающих токсическим эффектом проводилось в соответствии с рекомендациями и под руководством в лаборатории на мухах, вылетевших через 10-12 дней (второе поколение). Дрозофил усыпляли эфиром и рассматривали под микроскопом для поиска мутаций и разделения по половому признаку.

## 3. Обработка результатов

Для определения токсического воздействия проб бурового шлама на возникновение морфозов был рассчитан критерий соответствия фактического и ожидаемого результатов - критерий хи-квадрат.

### 8.3. Расчет затрат времени и труда по видам работ

Для расчета затрат времени и труда были использованы нормы, изложенные в ССН-93 выпуск 2 «Геолого-экологические работы». Они представляют собой два параметра:

- норма времени, выраженная на единицу продукции;
- коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N = Q \times H_{BP} \times K, \quad (2)$$

где: N-затраты времени;

Q-объем работ;

$H_{BP}$ - норма времени из справочника сметных норм (бригада/смена);

K- коэффициент за ненормализованные условия;

Все работы были выполнены одним геоэкологом и одним лаборантом 1 категории под руководством геоэколога.

Используя технический план (таблица 5), на основании всех видов и объемов работ, определялись затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах. Полученные результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет затрат времени и труда

№	Вид работ	Объем		Норма времен и по ССН (НВР)	Коэф- ты (K)	Докуме нт	Итог време ни на объем (N)
		Ед. изм.	Кол- во (Q)				
1.1	Эколого- геохимические работы по отбору проб шлама	проба	4	0,0488	1	ССН, вып.2,та бл.27, стр.1, ст.4	0,195
1.2	Проведение маршрутов при эколога – геохимических работах	км	315	2,17 на 100 км	1	ССН, вып.2,та бл.31, стр.41,с т.4	6,8
Итого на эколого-геохимические работы:							7 Смен

2.1	Лабораторные работы по первичной обработке проб (просушивание, просеивание, измельчение)	проба	4	За 1 смену 4 пробы	1,2	ССН, вып.7	1,2
2.2	Лабораторные работы по подготовке проб для биотестирования	проба	4	За 1 смену 1 проба	1,2	ССН, вып.7	4,8
2.3	Лабораторные работы по подготовке тест-объектов для биотестирования	проба	50	За 1 смену 10 проб	1,2	ССН, вып.7	6
2.4	Биотестирование	проба	50	За 1 смену 10 проб	1,2	ССН, вып.7	6
Итого на лабораторные работы:							18 смен
3.1	Обработка результатов биотестирования	проба	50	33,7	1	ССН, вып. 2, табл. 61, стр. 3, ст. 3	1,5
Итого на обработку данных:							2 смены
Итого:							27 смен

Рабочий месяц составляет 20 смен, расчет затрат времени на каждого работника представлен в таблице 7. Период проведения работ составляет 1,35 месяца.

Таблица 7 – Расчет затрат времени каждого работника

№	Виды работ	Т	Эколог	Лаборант
			чел/смен	чел/смен
1	Эколого-геохимические работы по отбору проб	7	7	7
2	Лабораторные работы	18	18	18
3	Обработка данных	2	2	2
Итого:		27	27	27

Выполнение работ запланировано в течение 1,35 месяца в соответствии с разработанным линейным календарным графиком выполнения работ, представленным в таблице 8. В одном рабочем месяце предусмотрено 20 рабочих смен.

Таблица 8 – Линейный календарный график проведения работ

Наименование работ	сутки	Месяцы	
		март	Апрель
Полевые работы	7		
Лабораторные работы	18		
Обработка данных	2		

## 8.4 Расчет сметной стоимости работ

### 8.4.1 Нормы расхода материалов на проведение работ и расчет затрат на проезд

Нормы расхода материалов для полевых, лабораторных работ и расходы на материалы для обработки конечных результатов определялись в соответствии с инструкциями и методическими рекомендациями (таблица 9).

Таблица 9 – Нормы расхода материалов на проведение работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
<b>Полевые работы</b>				
Журнал регистрационный	шт.	128,00	1	128,00
Карандаш простой	шт.	6,00	2	12,00
Резинка ученическая	шт.	6,00	1	6,00
Пакеты полиэтиленовые фасовочные	шт.	170,00	4	680,00
Перчатки латексные нестерильные	шт.	20,00	8	160,00
Пробоотборник (лопатка)	шт.	58,00	2	116,00
Итого:				1102,00
<b>Лабораторные работы</b>				
Холодильник лабораторный (стеклянный)	шт.	900	1	900,00
Эфир	мл.	3,00	5	15,00
Флаконы с питательной средой	шт.	24,00	100	2400,00
Вата	уп.	20,00	1	20,00
Препаровальные иглы	шт.	54,00	2	108,00
Чистая бумага	Пачка	165,00	1	165,00
Колбы	шт.	250,00	4	1000,00
Химические стаканы	шт.	300,00	1	300,00
Агар-агар	г.	0,10	5	0,50
Сахар	г.	0,10	13	1,30
Манная крупа	г.	0,05	14	0,70
Дрожжи	г.	0,10	40	4,00
Пропионовая кислота	мл.	0,50	1	0,50
Карандаш простой	шт.	6,00	2	12,00
Карандаш по стеклу	шт.	45,00	2	90,00
Итого:				5017,00
<b>Обработка данных</b>				
Бумага офисная	пачка	165,00	1	165,00

Карандаш простой	шт.	6,00	2	12,00
Резинка ученическая	шт.	6,00	1	6,00
Линейка чертежная	шт.	25,00	2	50,00
Итого:				233,00
Итого:				6352,00

В таблице 10 представлен расчет затрат на проезд к пунктам отбора проб с учетом проезда до фоновой территории.

Таблица 10 – Затраты на проезд

№	Транспортное средство	Количество поездок	Количество человек	Стоимость (руб.)	Итого
1	Билет на маршрутный автобус по г. Томску	8	2	18,00	288,00
2	Билет на автобус Томск-Первомайское (Первомайское месторождение)	2	2	260,00	1040,00
3	Билет на автобус Томск-Парабель (Лугинецкое месторождение)	2	2	810,00	3240,00
4	Билет на автобус Томск-Каргасок (Катыльгинское месторождение)	2	2	4292,00	17168,00
5	Авиабилет Томск-Стрежевой (Южно-Черемшанское месторождение)	2	2	6400,00	25600,00
Итого					47336,00

#### 8.4.2. Общий расчет сметной стоимости проекта

Общий расчет сметной стоимости проекта оформляем по типовой форме, его базой служат расходы, связанные с выполнением работ, запланированных по проекту.

На эту базу начисляем проценты, которые обеспечивают организацию и управление работ по проекту, то есть расходы, за счет которых осуществляются содержание всех функциональных отделов структуры предприятия.

Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 20% суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %. Расчет стоимости на проектно-сметные работы выполняется на основании данных организации, составляющей проектно-сметную документацию. Оклад берем условно.

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = \text{Окл} * Т * К, \quad (3)$$

где ЗП – заработная плата (условно);

Окл – оклад по тарифу (р);

Т – отработано дней (дни, часы);

К – коэффициент районный (для Томской области 1,5 на 2017 г).

$$\text{ДЗП} = ЗП * 7,9\%, \quad (4)$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = ЗП + \text{ДЗП}, \quad (5)$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%, \quad (6)$$

где СВ – страховые взносы.

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ}, \quad (8)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$R = ЗП * 3\%, \quad (9)$$

где R – резерв (%).

$$\text{СПР} = \text{ФОТ} + \text{М} + \text{А} + \text{R}, \quad (10)$$

где СПР – стоимость проектно-сметных работ.

Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ

№	Статьи основных расходов	Коэффициент загрузки	Оклад за месяц	Районный коэффициент	Итого руб./мес.
1	Эколог	1	25000,00	1,5	37500,00
2	Лаборант	1	15000,00	1,5	22500,00
3	Итого в месяц				60000,00
4	ДЗП (7.9%)				4740,00
5	Итого: ФЗП				64740,00
6	Страховые взносы (30% от ФЗП)				19422,00
7	ФОТ (ФЗП+СВ)				84162,00
Итого за месяц					84162,00
Итого за 1,35 месяца					113443,00

Общий расчет сметной стоимости всех работ представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Общий расчет сметной стоимости работ

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		ед. изм	%	
<b>Основные расходы (ОР)</b>				
1	Проектно-сметные работы			113443,00
2	Транспортные расходы			47336,00
3	Материалы			6352,00
Итого основные расходы				167131,00
Амортизация		% от ОР	2	3342,62
Резерв		% от ОР	3	5013,93
Накладные расходы (НР)		% от ОР	15	25069,65
Итого НР+ОР				192200,65
Плановые накопления		% от ОР+НР	20	38440,13
Затраты и компенсации		% от ОР	8	13370,48
Всего по объекту				252367,81
НДС		%	18	45426,21
Итог с учетом НДС				297793, 69

Общая сметная стоимость всех выполняемых работ составила 297793,69 рублей.

Таким образом, в данной главе было составлено экономическое обоснование проведенных работ, включающее в себя расчет затрат времени и труда, а также сметы по всем видам проведенных работ, суммирование которых дало представление об общей стоимости проведенных исследований.

## **9 Социальная ответственность**

### **9.1 Анализ вредных производственных факторов**

#### **9.1.1 Вредные вещества**

Выделение вредных веществ в воздушную среду возможно при проведении технологических процессов и производстве работ, связанных с применением, хранением, транспортированием бурового шлама.

Буровые шламы могут оказывать значительное негативное воздействие, как на окружающую среду, так и на здоровье человека, связанное, прежде всего с их токсичностью. В буровом шламе в значительном количестве содержатся нефтяные углеводороды, токсичные компоненты буровых растворов. Главным токсическим агентом в составе буровых шламов считается нефть и ее фракции.

Следствием действия вредных веществ на организм могут быть анатомические повреждения, постоянные или временные расстройства и комбинированные последствия.

В результате воздействия вредных веществ могут иметь место острые или хронические заболевания. Частным случаем заболевания является отравления. Хронические отравления развиваются медленно в результате накопления в организме токсических веществ или суммирования функциональных изменений, вызванных действием таких веществ. Острые отравления возникают быстро при наличии относительно высоких концентраций вредных веществ.

Предельно допустимые концентрации некоторых химических реагентов, входящих в состав бурового шлама регламентируются для воздуха рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88, таблица 13.

Таблица 13– Предельно-допустимые концентрации химических реагентов в воздухе рабочей зоны

Наименование реагентов	Цемент	ОП <sub>7</sub> (ПАВ)	Нефть	КМЦ	Глино-порошок	Асбест	Сода Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
ПДК, мг/м <sup>3</sup>	6,0	3,0	10	10	4	6	2
Класс опасности	4	4	3	3	4	4	3

Основная мера защиты от вредного воздействия химических веществ на работающих в условия возможного загрязнения рабочей зоны — это систематический контроль содержания этих веществ в рабочей среде.

В том случае, если содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны превышает ПДК, принимают специальные организационные и технические меры по предупреждению отравления.

Для уменьшения опасности вредных веществ, для человека ограничивают применение их по числу и объему, а где возможно, заменяют высокотоксичные на менее токсичные, сокращают длительность пребывания людей в загрязненном воздухе и следят за эффективным проветриванием производственных помещений.

Коллективный защитный характер носят мокрота переработки, герметизация, вентиляция, отделка помещений особыми материалами, медосмотры.

При неэффективности коллективных средств защиты применяют средства индивидуальной защиты (защита дыхания, кожи, отдельных органов). В особо опасных условиях применяют следующие индивидуальные средства защиты: фильтрующие противопылевые средства защиты, газопылезащитные средства, шланговые противогазы ПШ-1, изолирующие кислород приборы, автономные дыхательные аппараты, очки, маски, светофильтры, противопылевые комбинезоны, перчатки и т.д.

### 9.1.2 Показатели микроклимата на рабочем месте

Комплекс метеорологических условий (микроклимат) в производственных помещениях - климат внутренней среды этих помещений.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются: температура, влажность, скорость воздуха и тепловое излучение.

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учётом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Работа в лаборатории относится к категории работ Ib (по уровню энергозатрат 140-174 Вт) согласно СанПиН 2.2.4.548-96. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочем месте, соответствующие данной категории работ представлены в таблице 14.

Таблица 14– Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	22-24	21-25	60-40	0,1

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 15 применительно к выполнению работ категории Ib (по уровню энергозатрат 140-174 Вт) в холодный и теплый периоды года.

Таблица 15–Допустимые величины показателей микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	Период года	Температура воздуха, °С
	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин				диапазон ниже оптимальных величин
Холодный	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	Холодный	19,0-20,9
Теплый	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	Теплый	20,0-21,9

Для регламентации времени работы в пределах рабочей смены в условиях микроклимата с температурой воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых величин используется защита временем. В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата используют: введение современных технологических процессов, правильную организацию воздухообмена и отопления.

### 9.1.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте

С физиологической точки зрения шумом является всякий нежелательный, неприятный для восприятия человека шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные явления: снижается острота зрения, слуха; повышается кровяное давление; понижается внимание. Сильный продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем, что приводит к заболеваниям сердца и повышенной нервозности.

Шум на производстве создают различные механизмы и машины. Шум также может возникать при работе электромагнитных устройств, при истечении воздуха и газов, а также при движении воды и жидкости.

Гигиенические нормы допустимых уровней звукового давления и уровня звука на рабочих местах приводятся в СН 2.2.4./2.1.8.562-96.

Интенсивность шума – главная его характеристика. Она тождественна громкости и измеряется в децибелах (дБ). Нормальный уровень шума: до 50-55 дБ. Соответствует разговору умеренной громкости, низкому фоновому шуму работающих механизмов. Повышенный уровень шума: 55-70 дБ. Соответствует навязчивому шуму автомобилей, заметному шуму работающих механизмов (жужжание швейных машин, например). Вредный уровень шума: 70-95 дБ. Соответствует громкой музыке, непрерывному шуму автомобилей рядом с шоссе, шуму работающего заводского цеха. Опасный уровень шума: более 95 дБ. Чтобы представить эту интенсивность шума, можно вспомнить звук отбойного молотка или штамповочного станка. При 120 дБ человек получает акустическую травму. Такая громкость соответствует звуку реактивного двигателя вблизи, взрыву, выстрелу рядом с ухом и т.д.

Итак, при уровне шума более 80 дБ вашему здоровью наносится определенный вред, но задуматься о защите следует уже при громкости 60-70 дБ.

Если уровень шума на работе превышает 80 дБ, используют индивидуальные средства защиты (затычки для ушей, специальные наушники). В обеденный перерыв обязательно покидают рабочее место и отправляются в более тихое место, чтобы слух немного отдохнул и адаптировался к нормальному уровню громкости.

### 9.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Согласно ГОСТ 12.0.003.-86 недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму.

Влияние освещенности особенно сильно чувствуется в производственных помещениях. Недостаточная освещенность и пульсация освещенности могут привести к ухудшению зрения у людей в помещении. Нормирование освещенности во многом сделано для предотвращения травм на рабочем месте.

Нормированная минимальная освещенность по стандарту DIN 5035 составляет 15лк и допустима для ориентации в пространстве. Установленная минимальная освещенность для длительного пребывания людей составляет 120лк. Нормативы освещенности производственных помещений колеблются в диапазоне от 60 до 2000лк. На данном производстве комбинированное освещение может составлять согласно нормам и правил, 750 лк для работ высокой точности в том числе общее 200 лк, а коэффициент пульсации не более 15%. Минимальное нормированное значение коэффициента естественного освещения для данного случая составляет 2,4%.

В соответствии со СНиП 23-05-95 освещение должно обеспечить: санитарные нормы освещенности на рабочих местах, равномерную яркость в поле зрения, отсутствие резких теней и блескости, постоянство освещенности по времени и правильность направления светового потока. Освещенность на рабочих местах и в производственных помещениях должна контролироваться не реже одного раза в год.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся: источники света, осветительные приборы, световые проемы, светозащитные устройства, светофильтры, защитные очки.

## **9.2 Анализ опасных производственных факторов**

### **9.2.1 Электробезопасность**

При проектировании рабочего места учитываются все возможные риски при использовании электроэнергии и применяются методы избегания опасностей. Электробезопасность на рабочем месте контролируется ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», согласно которому во избежание поражения электрическим током следует применять такие технологические приемы, как заземление, зануление, защитное отключение, контроль изоляции. Эти приемы можно отнести к коллективным средствам защиты. К индивидуальным средствам защиты относятся изолирующая одежда и соблюдения техники безопасности на рабочем месте.

Электрические датчики систем контроля и управления технологическим процессом должны быть во взрывозащищенном исполнении.

Обо всех обнаруженных дефектах в изоляции проводов, неисправности рубильников, штепсельных вилок, розеток, а также заземления и ограждений следует немедленно сообщить электрику.

В целях предотвращения электротравматизма запрещается:

- работать на неисправных электрических приборах и установках;
- перегружать электросеть;
- переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;
- работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;
- загромождать подходы к электрическим устройствам.

При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Отключение производится с помощью отключателя или рубильника. При невозможности быстрого отключения электроприбора необходимо освободить пострадавшего от

токоведущих частей деревянным или другим не проводящим ток предметом источник поражения. Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача.

## 9.2.2 Пожарная безопасность

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

Лаборатория должна быть оснащена пожарными кранами (не менее одного на этаж) с пожарными рукавами. В каждом рабочем помещении должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами - дополнительные средства пожаротушения. В помещении лаборатории на видном месте должен быть вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара.

В помещениях лаборатории и в непосредственной близости от них (в коридорах, под лестницами) запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, загромождающие проходы и доступ к средствам пожаротушения. Для поступающих в лаборатории проб должно быть отведено специальное помещение или стеллаж с обязательной маркировкой проб.

Без разрешения начальника лаборатории и лица, ответственного за противопожарные мероприятия, запрещается установка лабораторных и нагревательных приборов, пуск их в эксплуатацию, переделка электропроводки. Все нагревательные приборы должны быть установлены на термоизолирующих подставках. Запрещается эксплуатация неисправных лабораторных и нагревательных приборов.

Все сотрудники лаборатории должны быть обучены правилам обращения с огне- и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также должны уметь обращаться с противоголоном, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории.

Каждый сотрудник лаборатории, заметивший пожар, задымление или другие признаки пожара обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону;

- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;

- поставить в известность начальника лаборатории, который в свою очередь должен известить сотрудников, принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара.

Пожары при проведении лабораторных работ могут произойти от неисправности лабораторных приборов, нагревательных приборов, неисправности нагревательных элементов, электрических проводов и газопроводов.

При возникновении пожара в лаборатории все огнеопасные и взрывоопасные предметы должны быть перенесены в безопасное место. Надо помнить, что горящие нерастворимые в воде вещества нельзя тушить водой (битум, масло, бензин, бензол), а также загоревшуюся электропроводку тушить водой нельзя. В этих случаях нужно применять углекислотный огнетушитель, сухой песок, или покрывать очаг пожара асбестом. Растворимое в воде горящее вещество можно тушить водой (ацетон, спирт). Струю воды требуется направлять на низ пламени. Для тушения легко воспламеняющихся материалов в лаборатории должен быть открытый ящик с сухим песком и металлическим совком.

## **9.3 Экологическая безопасность**

### **9.3.1 Анализ влияния бурового шлама на окружающую среду**

При бурении нефтяных скважин в окружающую среду поступает большое количество загрязняющих веществ различной степени токсичности, которые оказывают значительный вред всем компонентам окружающей среды. Источники поступления загрязняющих веществ от объектов нефтедобычи в окружающую среду достаточно разнообразны.

Постоянными источниками загрязнения атмосферы, почвы, подземных и поверхностных вод являются шламовые амбары, которые представляют собой природоохранные сооружения, предназначенные для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов бурения нефтяных скважин.

При строительстве амбаров вырубаются деревья, кустарники, уничтожается надпочвенный покров, происходит отчуждение земель. Шламовые амбары с токсичным буровым шламом выводят из оборота значительные площади земель. Общие объемы отходов зависят от применяемой технологии бурения, глубины и продолжительности строительства скважины, систем водоснабжения и водоотведения, природно-климатических факторов и т. д.

Рассмотрим подробнее воздействие бурового шлама на окружающую природную среду. Так как в составе бурового шлама присутствует порода (60–80 %), органическое вещество (8–10 %), водорастворимые соли (6 %), нефть, разнообразные реагенты и т. п., то основное воздействие на окружающую среду будет заключаться в загрязнении объектов природной среды химическими реагентами, минеральными солями и нефтепродуктами.

Воздействие бурового шлама на атмосферу происходит путем испарения легких фракций нефтепродуктов с поверхности шламового амбара, а также при таянии снега на загрязненной шламом территории.

Воздействие бурового шлама на подземные и поверхностные воды обусловлено, в основном, ненормативным обустройством шламового амбара

(нарушение либо отсутствие гидроизоляции амбара, отсутствие обваловок, водоотводных канав и т. п.), а также при контакте бурового шлама, расположенного на территории буровой вне шламового амбара, с атмосферными осадками, подтоплении территории буровой в период интенсивного снеготаяния.

При нарушении гидроизоляции шламового амбара снижается продуктивность почвенного покрова, происходит загрязнение подземных водоносных горизонтов и, как следствие, загрязнение подземных и поверхностных вод.

В результате атмосферных осадков и снеготаяния происходит переход растворимых солей из бурового шлама в водные растворы с миграцией этих веществ в водоносные горизонты.

В результате загрязнения подземных и поверхностных вод нефтепродуктами происходит угнетение и подавление нормальной органической жизни, изменение состава биоценозов, заморы рыбы и гибель нерестилищ.

Воздействие бурового шлама на почву, растительный и животный мир в основном сводится к загрязнению нефтепродуктами. При загрязнении почв нефтепродуктами происходит нарушение воздушного режима и водных свойств почв.

В результате воздействия на почвенный покров нефтепродуктов отмечается изменение населяющих почву живых микроорганизмов: снижается численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов и бактерий, усваивающих соединения азота. Происходит угнетение окислительно-восстановительных ферментативных процессов, что в конечном счете снижает биологическую активность и плодородие почв. Буровые шламы в большинстве случаев имеют щелочную реакцию, что способствует образованию легкорастворимых гуматов, которые вымываются из поверхностного слоя почв, снижая общее содержание гумуса.

Растительность на участках загрязнения буровыми шламами погибает полностью. При толщине слоя шлама 5–10 см вред, причиняемый лесу, сопоставим с нефтяным загрязнением сильной степени.

Таким образом, размещение бурового шлама в шламовом амбаре или на территории буровой может наносить значительный ущерб окружающей среде.

### **9.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

Для обеспечения эффективной защиты окружающей среды и надежной охраны недр от загрязнения буровыми отходами необходимо иметь данные о предполагаемых объемах буровых растворов и образующихся отходов бурения. Особое внимание должно быть уделено принятию мер по сохранению участков земель от загрязнения, их обезвреживанию и полному восстановлению в первоначальное состояние, пригодное для дальнейшего использования.

Для сбора жидких отходов бурения и шлама строятся шламовые амбары, объем которых зависит от глубины и диаметра скважин. Для обеспечения буровой чистой водой в количестве 400 м<sup>3</sup>/сут и более необходимо бурение дополнительной скважины на воду, которая потом в виде сточных буровых вод попадает в амбар. Сюда же могут поступать и нефть, отработанные отходы и шлам. Таким образом, в амбарах скапливаются жидкие и твердые отходы бурения сложного состава, имеющие агрессивные компоненты, представляющие большую опасность для окружающей среды.

В процессе бурения скважин необходимо прогнозировать и предусматривать реализацию комплексных технологических мер по предотвращению возможных осложнений и аварий, особое внимание уделяя межпластовой изоляции, заканчиванию и ликвидации скважин и амбаров после окончания буровых работ, а также организации систематических наблюдений за состоянием окружающей среды после рекультивации нарушенных земель.

К природоохранным мероприятиям относятся:

- профилактические меры по предупреждению нарушений природной среды;
- сбор, очистка, обезвреживание, утилизация и захоронение отходов строительства скважин;
- охрана атмосферного воздуха;

- рекультивация земель;
- ликвидация и консервация скважин.

Предусматриваемые в проектах технические средства, технологические процессы и материалы должны иметь инженерные обоснования, обеспечивающие предупреждение (исключение) нарушений природной среды.

Профилактические меры по предупреждению нарушений природной среды:

- разработки и применения нетоксичных химреагентов и систем буровых растворов;
- снижения объемов (исключения) применения нефти для обработки растворов в качестве профилактической противоприхватной добавки и замены ее не токсичными смазками (ГКЖ, спринт и т.д.);
- применения ингибированных буровых растворов, уменьшающих объемы наработки отходов бурения;
- разработки новых рецептов буровых растворов, снижающих степень токсичности каждого компонента и системы в целом.

По окончании бурения скважины производятся отборы проб отходов бурения из амбара, в том числе бурового шлама, в соответствии с РД 39-0147001-741-92, с целью выявления потенциальной опасности для экосистем окружающей среды и определения класса опасности и токсичности. Основываясь на этом, существует множество мероприятий по переработке буровых отходов, направленных в первую очередь на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

#### 9.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

Специфической особенностью большинства объектов нефтегазовой промышленности является наличие значительного объёма нефти и газа, что обуславливает возникновение аварий, пожаров, взрывов, затоплений опасного поражения местности и атмосферы сильнодействующими ядовитыми веществами. Наибольшую опасность при ведении спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на объектах нефтегазовой промышленности представляют пожары, возникающие при разрушении технологических ёмкостей, аппаратов, трубопроводов и оборудования, сильная загазованность, грозящая отравлениями и взрывами, задымлённость и затопленность нефтью или нефтепродуктами территории.

В результате разрушений технологических емкостей, аппаратов и оборудования происходит разлив больших количеств легковоспламеняющихся жидкостей, что создаёт опасность затопления защитных сооружений, а в некоторых случаях и исключает возможность проведения работ. В таких ситуациях предотвращают разлив горящих жидкостей устройством дополнительного обваловывания, ловушек, отводом её в безопасные места или ликвидации повреждения на аппарате, путём его отключения от общей системы.

Разрушения технологического оборудования приводит к загазовыванию территории сильнодействующими ядовитыми веществами или взрывоопасными парами и газами. Поэтому, при проведении работ в таких условиях обязательно используют изолирующие противогазы и специальный инструмент, не применяют открытый огонь, а аварийные аппараты остужают и охлаждают, с целью снижения давления.

## **9.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **9.5.1 Правовые аспекты экологического законодательства при обеспечении безопасности при обращении с буровыми отходами**

Экологическое законодательство крайне противоречиво в отношении регулирования загрязнения окружающей среды. Допускают сброс вредных веществ и нормативные документы, принятые до введения указанных федеральных законов. Полный запрет на сброс даже очищенных сточных вод устанавливается в целях охраны от загрязнения и других негативных последствий хозяйственной деятельности, имеющих особую хозяйственную ценность — охрана мест обитания занесенных в Красную книгу видов животных и растений.

Несмотря на это, Государственная экологическая экспертиза не считает сброс технологических отходов бурения нарушением законодательства.

Основные требования по охране качества водной среды, изложенные в Водном кодексе РФ, сводятся к запрещению сброса в водные объекты неочищенных в соответствии с установленными нормативами сточных вод, в том числе, содержащих вещества, для которых не установлены ПДК. Федеральным Законом “О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации” запрещены захоронение отходов и других материалов, а также сброс вредных веществ. Однако в нем содержится некорректная формулировка сброса вредных веществ или стоков, содержащих такие вещества. Исключается из запрета выброс вредных веществ, происходящий вследствие разведки, разработки и связанных с ними процессов обработки минеральных ресурсов.

Следует отметить, что в соответствии с федеральными законами “О континентальном шельфе Российской Федерации” и “О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации” любое преднамеренное удаление отходов и других материалов с судов и

иных плавучих средств, установок и сооружений квалифицируется как захоронение.

Вопрос с захоронением технологических отходов бурения однозначно решен лишь применительно к скважинам на континентальном шельфе. Согласно “Правилам безопасности при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе” выбуренная порода должна утилизироваться в соответствии с проектом на строительство скважины и требованиями охраны окружающей среды. Это представляется не вполне обоснованным, поскольку экологически оправданным и экономически целесообразным может быть и захоронение отходов (подземное или на суше).

Вопрос правового регулирования загрязнения окружающей среды в настоящее время актуален в связи с принятием Федерального закона “О техническом регулировании”, в рамках которого предусмотрена разработка специальных технических регламентов, в том числе, по вопросам экологической безопасности.

## **9.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Ответственность за технику безопасности в лаборатории несет заведующий. К работе в лаборатории допускаются лица после прохождения ими вводного инструктажа и сдачи экзамена по технике безопасности. Лица, не изучившие правила обращения с приборами, к работе с ними не допускаются.

В химической лаборатории запрещается:

- работать при неисправности вентиляции;
- оставлять без присмотра нестационарные нагревательные приборы, открытое пламя, работающие установки;
- работать с неисправным оборудованием;
- работать без спецодежды (халат);
- работать в лаборатории одному.

Все личные вещи должны находиться в специально отведенном месте.

Работа с электрическими приборами и оборудованием. Все производственные помещения по степени опасности поражения людей электротоком разделяются на 3 группы: без повышенной опасности, с повышенной опасностью и особо опасные. Помещения отделения теххимического контроля относятся к группе с повышенной опасностью.

Основными техническими мерами защиты людей от поражения током в лаборатории являются – защитное заземление и зануление.

Запрещается вытирать мокрой тряпкой оборудование, находящееся под напряжением; загружать сушильный шкаф легковоспламеняющимися веществами (бензин, спирт, эфир и т. п.); работать с незаземленными приборами.

При окончании работы необходимо выключить силовую электросеть, привести в порядок рабочее место, посуда, освободившаяся от приготовления продуктов, должна быть тщательно вымыта, закрыть водяные краны, поставить все на место.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы в результате исследований буровых шламов можно сделать следующие выводы:

1. Изучены данные о составе и свойствах буровых шламов, на основании которых возможен теоретический анализ и предложены варианты практической разработки технологий их дальнейшей переработки.

2. Проведен анализ экологического воздействия буровых шламов. Проведенный литературный обзор показывает, что буровые шламы оказывают негативное воздействие как на окружающую среду так и на человека.

3. Рассмотрены способы утилизации буровых шламов. В то же время показано, что в каждом конкретном случае имеются особенности, которые необходимо учитывать при разработке технологий по переработке буровых отходов.

4. Методика биотестирования рассмотрена как способ определения токсичности среды с применением множества различных тест-объектов. У каждого метода есть свои особенности в зависимости от оцениваемого объекта, а также среды, которую нужно проверить.

5. Также отдельно приведены примеры биотестирования с использованием мушек в качестве модельного объекта, на которых и проводились дальнейшие исследования токсичности бурового шлама. На основе проведенного литературного обзора можно сделать вывод, что плодовая мушка широко и активно используется учеными в качестве тест-объекта при оценивании токсичности среды и ее благоприятности.

6. Изучены различные методики биотестирования буровых шламов. Таким образом, для экотоксикологической оценки качества буровых шламов необходимо включать разные методы биотестирования, и использовать несколько видов тест-объектов из различных групп организмов.

Лабораторные исследования бурового шлама позволили сделать следующий вывод:

Изученные пробы оказали токсическое воздействие, что говорит о том, что буровой шлам имеет негативное влияние на окружающую среду и работа с буровыми шламами требует кардинальных решений, так как данный продукт подлежит обязательной утилизации по причине своей токсичности и непригодности для дальнейшего использования.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Голубев Е.В., Соромотин А.В., Вепренцева Н.А., Микушина Н.Б. Состав и свойства буровых отходов Западной Сибири//Мир науки, культуры, образования № 6 (25), 2010. С. 319-320.
- [2] Рядинский В.Ю. Состав и свойства буровых отходов Западной Сибири // ТГУ № 3, 2004. С. 51-55.
- [3] Мазлова Е.А. Экологические характеристики нефтяных шламов // Химия и технология топлив и масел, 1999. Вып. 1. С. 40-42.
- [4] В.Г. Семёнычев В.Г., Мазлова Е.А., Савонина Е.Ю., Марютина Т.А. Оценка потенциальной опасности для морской экосистемы буровых отходов, образующихся при бурении в море// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе №12, 2014. С.73-77.
- [5] Левшин В.А. Охрана окружающей среды при строительстве скважин// Газовая промышленность, 1997. № 2. С. 48-51.
- [6] Петухова Г.А. Влияние нефтяного загрязнения на биохимические и физиологические показатели растений // Теоретические и прикладные аспекты современной науки, 2014. С. 131-135.
- [7] Ягафарова Г.Г., Барахнина В.Б. Утилизация экологически опасных отходов//М.: – Нефтегазовое дело, 2006. С. 1-3.
- [8] Пичугин Е.А. Оценка воздействия бурового шлама на окружающую природную среду // Молодой ученый № 9, 2013. С. 122-123.
- [9] Косаревич И.В., Шеметов В.Ю., Гончаренко А.П. Экология бурения // Под ред. Рябченко В.И. Мн.: Наука и техника, 1994. 119 с.
- [10] Король В.В. Утилизация отходов бурения скважин / В.В. Король, Г.Н. Позднышев, В.Н. Маньрин // Экология и промышленность России № 1, 2005. С. 40-42.
- [11] Мишунина А.С. Методы утилизации буровых отходов//ТПУ. Секция 2. Бурение нефтяных и газовых скважин, 2015. С. 125-128.

- [12] Шеметов В.Ю. Ликвидация шламовых амбаров при строительстве скважин. - М.: ВНИИОЭНГ, 1989. 33 с.
- [13] Полигон по утилизации и переработке отходов бурения и нефтедобычи: Принципиальные технологические решения. Кн. 3. Разработка принципиальных технологических решений по обезвреживанию и утилизации буровых шламов и нефтезагрязненных песков. Сургут, 1996.
- [14] Баширов В.В. Способы переработки нефтешламов // Защита от коррозии и охрана окружающей среды № 10, 1994. С. 7-14.
- [15] Король В.В., Позднышев Г.Н., Манырин В.Н. Утилизация отходов бурения скважин. Экология и промышленность России, №1, 2005. С. 40-42.
- [16] Булатов А.И., Левшин В.А., Шеметов В.Ю. Методы и техника очистки и утилизации отходов бурения. - М.: ВНИИОЭНГ, 1989. 56 с.
- [17] Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний //ФР. 1.39.2007.03222. М.: «Акварос», 2007. 51 с.
- [18] Токсикологические методы анализа. Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв и отходов производства и потребления // ПНД Ф Т 14.1:2:4.10-2004 Т 16.1:2.3:3.7-2004 ФБУ «ФЦАО», Сибирский федеральный университет, 2012г. 43 с.
- [19] Гродницкая, И.Д. Эколого-микробиологическая индикация и биоремедиация почв естественных и нарушенных Лесных экосистем Сибири//Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Красноярск, 2013. 42 с.
- [20] Гузев В.С. Перспективы эколого-микробиологической экспертизы состояния почв при антропогенных воздействиях // Почвоведение № 9, 1991. С. 50-62.
- [21] Маячкина, Н.В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки// Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского №1, 2009. С. 84-93.

- [22] Васильев А.В., Заболотских В.В., Тупицына О.В., Штеренберг А.М. Экологический мониторинг токсического загрязнения почвы нефтепродуктами с использованием методов биотестирования // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело» № 4, 2009 С. 242-249.
- [23] Горленко А.С. Об опасности отходов: размышления эколога // Экология производства № 12, 2008. С. 33-37.
- [24] Драчев С.М. Дрозофила в экспериментальной генетике. Новосибирск, 1978.
- [25] Бочков Н.П. Чеботарев А.Н. Наследственность человека и мутагены внешней среды//М: Медицина, 1989. С. 163-167.
- [26] Кузнецова Т.Ю., Демчук Е.В., Пак И.В. Влияние пестицидов на онтогенетическую изменчивость *Drosophila melanogaster*//Вестник Тюменского государственного университета, 2009.
- [27] Гавриков Д.Е., Новицкая А.С. Влияние средового стресса на флуктуирующую асимметрию морфологических признаков *Drosophila melanogaster* ,2010.
- [28] Сидорская В.А. Изучение экологических и генетических эффектов ацетилсалициловой кислоты и аскорбиновой кислоты на *Drosophila melanogaster*//Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. Современные наукоемкие технологии №10, 2013
- [29] Петухова Г.А., Квашнина Ю.М. Адаптивный потенциал *Drosophila melanogaster* при нефтяном загрязнении среды//Вестник Кемеровского государственного университета №1, С. 61.
- [30] Таловская А.В. Оценка эколого-геохимического состояния районов г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей// Автореф.дис. на соиск. учен. канд. геолого-мин. наук. Томск- 2008.185 с.
- [31] Азарова С.В., Языков Е.Г., Ильинских Н.Н. Оценка экологичной опасности отходов горнодобывающих предприятий республики Хакасия с применением метода биотестирования//Известия Томского политехнического университета № 4, Томск-2014. С. 55-59.

- [32] Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физикохимические и биологические методы / М.Н. Саксонов, А.Д. Абалаков, Л.В. Данько, О.А. Бархатова, А.Э. Балаян, Д.И.Стом //Учебное пособие. - Иркутск: Иркут. ун-т, 2005 – 114 с.
- [33] Капелькина Л.П. Биотестирование как интегральный метод оценки нефтезагрязненных почв и буровых шламов// Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург. ОАО «Сургутнефтегаз», Россия, 2013.
- [34] Патент № 2152612 РФ, С 1 7 G 01 N 33/18 Способ биотестирования нефтепродуктов /Балаян А.Э., Стом Д.И., Саксонов М.Н. № 96114126/04; Заявл. 96114126; Оpubл. 10.07.2000, Бюлл. № 19.
- [35]Крыса В.В., Малышкин М.М. Методика определения класса опасности соленых буровых шламов// Записки Горного института. Санкт-Петербург. 2013. С. 50-54.
- [36]Крючков В.Н., Курапов А.А. Оценка влияния отходов бурения на гидробионтов//Вестник АГТУ. Рыбное хозяйство №1, 2012. С. 60-64.
- [37] Саксонов М.Н., Балаян А.Э., Бархатова О.А. Определение класса опасности отходов методами биотестирования// Иркутск: Иркут. ун-т, 2005.
- [38] Нехорошева А.В., Киржаков И.Ф., Авдеева И.И., Р.Р. Ахмеджанов Р.Р. Оценка цитотоксичности образцов бурового шлама, собранных на территории амбара, в природных условиях ХМАО-Югры// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 17, №5(2), 2015. С. 690-694.
- [39] Токарев М.А., Ахмерова Э.Р., Файзуллин М.Х. Контроль и регулирование разработки нефтегазовых месторождений: Учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. -61 с.
- [40] Булатов Н.А. Охрана окружающей среды. М.: Недра, 1990.
- [41] Куцын П.В. Охрана труда в нефтяной и газовой промышленности: Учебник для техникумов.- М.: Недра. 1987. - 247 с.

## Приложение А

Environmental impacts and methods of treating drill cuttings

(Воздействие на окружающую среду и методы обработки бурового шлама)

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2БМ5Д	Кравченко Анастасия Владимировна		

Консультант кафедры БС:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ст. преподаватель	Епихин Антон Владимирович	–		

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Ульянова Оксана Сергеевна	к.и.н.		

# **1. Environmental impacts and methods of treating drill cuttings**

## **1.1. Introduction**

Drilling mud also called drilling fluid is an essential component of the drilling process. Drilling mud aids in the process of drilling a borehole into the earth. Such holes are drilled for oil and gas extraction, core sampling and a variety of other purposes. The fluid is used to lubricate the drill bit and transport the drill cuttings to the surface.

There are three main types of drilling mud: water-based, oil-based and synthetic-based. The synthetic-based muds are more frequently used because they have less environmental impact and are quicker to biodegrade than water-and oil-based fluids [1].

Drilling waste and its treatment is an increasingly important part of any oil drilling operation. These wastes, which typically include drill fluid cuttings and well bore clean-up fluid. Drill cuttings are broken bits of solid material that are produced as the drill bit breaks the rock. As it circulates up from the drill bit, the drilling mud carries drill cuttings up to the surface, where the mud and the cuttings are separated. Drill cuttings may be contaminated in either water-based mud or oil-based mud. Well bore cleanup fluids are typically hydrocarbon contaminated and will also require the filtering of contaminants prior to disposal or reuse [2].

Ready and waste drilling muds are chemical products, which are an integral part of the drilling process in the oil industry. For their preparation, a wide range of organic and non-organic substances, chemicals and additive compounds are used. In the USA more than 1900 different enterprises are produced by about 100 enterprises. The used materials are sent to a sludge reservoir (a pit) after the operating cycle in the well. According to some authors' data, the production activity is connected with the drilling muds, which are the part of the drilling waste, affects negatively some environmental components. Transfer of drilling muds, drilling flush fluids and other chemical products into the environment is dangerous in spite of its self-purification capacity. Drilling cuttings and waste

water contact the drilling mud and become toxic. The stored drill cuttings components are toxic by themselves. Besides, it is impossible to prevent the potential accidents [3].

## **1.2. Methods of treating and reuse of drill cuttings**

Throughout the drilling process, drilling mud is recirculated, which helps decrease waste by reusing as much mud as possible. When the drilling process is finished, the drilling waste must be disposed of in some way. Pit burial is a very common technique, in which the waste is placed in a manmade or natural excavation. However, burial is not a good method for waste that contains high concentrations of oil and industrial chemicals. The waste can easily contaminate soil and groundwater when the hydrocarbons and other chemicals leach into the earth, and polluted groundwater can take years or even decades to dissipate and often spreads to other areas. Recycling drill cuttings and drilling muds can help operators meet disposal regulations, and the proper disposal of such waste prevents the contamination of water supplies and the soil. Through this process, muds and cuttings may be reused, saving money and contributing to the health of the environment.

Drill cuttings are made up of ground rock coated with a layer of drilling fluid. Most drill cuttings are managed through disposal, although some are treated and beneficially reused. Before the cuttings can be reused, it is necessary to ensure that the hydrocarbon content, moisture content, salinity, and clay content of the cuttings are suitable for the intended use of the material. Some cuttings, particularly when a saltwater-type mud was used to drill the well, may need washing to remove dissolved salts prior to beneficial use. Water used for washing can be disposed of in an injection well.

Most water-based muds are simply disposed of after the drilling job is completed, but many oil- and synthetic-based muds can be recycled. Drill cuttings can also be recycled and reused, after the hydrocarbons are removed.

Recovered drill cuttings have numerous uses. They can stabilize surfaces that are more vulnerable to erosion, like roads and drilling pads. Cuttings can also be used as aggregate or filler in concrete, brick or block manufacturing. The U.S. Department of Energy has even researched the possibility of using drill cuttings as

a substrate for restoring coastal wetlands, and some trials have been conducted in the United Kingdom using cuttings as power plant fuel.

Recovering drill cuttings and drilling muds is often practical and cost-effective and is an environmentally sustainable process. The most efficient and successful way to remove volatile contaminants from muds and cuttings is thermal desorption. Indirect rotary kilns like the Vulcan IDR 8440 from Worldwide Recycling Equipment Sales, LLC are ideal for recovering drill cuttings and drilling muds.

The Vulcan IDR 8440 rotary drum is housed in a combustion chamber with four 5 MMBtu burners mounted to its side, delivering a total of 20 MMBtu of heat. The drum itself is a 40' long x 7' diameter COR-TEN or Stainless Steel drum. COR-TEN steel also known as weathering steel is especially resistant to corrosion and eliminates the need for painting, as it takes on a rust like appearance after being exposed to the weather for an extended period of time.

The Vulcan IDR 8440 also comes equipped with a vapor recovery system, which recovers vaporized hydrocarbons from the primary thermal desorption unit. The system is capable of recovering drill cuttings or up to 100 MMBtu per hour of energy for reuse as fuel, reducing the total operating cost and improving total return from projects [4].

The management of drill cuttings involves using thermal desorption method among others. Thermal desorption is the separation and recovery process resulting in three stream; water, oil and solid. The heating volatilizes liquid and the vapour is cooled and separated into water-oil phases. The liquid phase can be recovered and made into a new drilling-fluid system or used as a fuel source, while the solids could be disposed of or reused. It is safe, reliable and economical. A case study of thermal desorption procedure using a TCC-Rotomill cutting plant was undertaken in this study in Port Harcourt, Nigeria.

Samples of drill cuttings were collected from total waste management company. The drill cuttings samples were collected from two different mixing tank using auger and cups. In the pre-treatment stage, the weight and relative percentage

of each component of oil, water and solids in the given material was determined. The treatment was done according to the procedure described by TWMMMA (Total waste management alliance, 2008). In the process of treatment of drill cuttings, three distinct components were produced. Oil, water and solid (dry power).

From the analysis of the two samples of drill cuttings used as raw material, the results show that the drill cuttings were heavy and good for treatment in the thermal desorption unit plant and the cuttings would regulate the mill temperature, and also conserve the oil and water produced from being destroyed by excessive heat.

The result shows that there is no water content in the recovered oil. The suspended solid and hydrocarbon level were minute and are below discharge limits. The oil recovered by the process is unaffected by the thermal desorption because of relatively low temperature used in the process, and are free from any odour and can be recycled back into the drilling mud system or used as fuel for thermal desorption engine or resold for other purposes. The superior quality of the recovered oil compares favourably to its original state and therefore holds its original economic value.

The pH and PAH content determined from the produced solids shows that the values of these parameters were small and below the WHO discharge limit. So the inert solid phase can be used in industry as filler or bulking agent and can be used for concrete work.

The result of recovered water analysis indicate that the pH, PAHs and suspended solids are minute and below WHO standard. The temperature is slightly above the standard but still appropriate and could be discharged and re-used.

Treatment of drill cuttings is very important because of the potential threat it poses to the environment and human health by extension. This waste contains some hazardous substances which if not properly treated and disposed of will cause serious harm in the environment.

There are many methods of treating drill cuttings, but thermal desorption method has shown comparative advantage over others. This is demonstrated in its

ability to conserve base liquid contents especially the base oil which has high economic value.

This research further shows that the method is most effective, economical and environmentally friendly. The recovery of the products and subsequent recycling and selling help reduce stress on the environment and avoidable economic loss [5].

Reuse of cuttings as construction material. After primary separation on shale shakers, cuttings are still coated with mud and are relatively hard to reuse for construction purposes. Various further treatment steps can be employed to render the cuttings more innocuous. Some cuttings are thermally treated to remove the hydrocarbon fractions, leaving behind a relatively clean solid material. Other cuttings are screened or filtered to remove most of the attached liquid mud. If cuttings contain too much liquid, they can be stabilized by adding fly ash, cement, or some other materials to improve their ease of handling.

Treated cuttings have been used in various ways:

- fill material,
- daily cover material at landfills,
- aggregate or filler in concrete, brick, or block manufacturing.

Other possible construction applications include use in road pavements, bitumen, and asphalt or use in cement manufacture.

One use of cuttings is to stabilize surfaces that are subject to erosion, such as roads or drilling pads. Oily cuttings serve the same function as traditional tar-and-chip road surfacing. Not all regulatory agencies allow road spreading. Where it is permitted, operators must obtain permission from the regulatory agency and the landowner before spreading cuttings. Some jurisdictions limit road spreading to dirt roads on the lease, while others may allow cuttings to be spread on public dirt roads, too. Operators should make sure that cuttings are not spread close to stream crossings or on steep slopes. Application rates should be controlled so that no free oil appears on the road surface.

At least one state oil and gas agency reports that cuttings can be used for plugging and abandoning wells. The economics of this approach is rarely based on the value of the finished product, but rather on the alternative cost for the other disposal options. Properly done, drilling waste can be used as a filler or base material to make other products; however, the legal liability will always stay with the company who produced the waste initially.

Another new application for drilling wastes involves using them as a substrate for restoring coastal wetlands. The DOE funded several projects to test the feasibility of treating cuttings and using them to help restore damaged wetlands in Louisiana. The first phase of work involved greenhouse mesocosm experiments, in which several species of wetlands plants were grown in treated cuttings, topsoil, and dredged sediments (the typical substrate used in wetlands restoration operations). The results indicated that properly treated cuttings grew wetlands vegetation as well as the dredged material. However, neither the U.S. Army Corps of Engineers nor the EPA would issue a permit to conduct a field demonstration of the approach. To date, no field demonstrations of this promising waste management approach have been tried in the United States or elsewhere, but it is likely that over the next decade the approach will be tested somewhere.

Several trials have been conducted in the United Kingdom using oily cuttings as a fuel at a power plant. Cuttings were blended in at a low rate with coal, the primary fuel source. The resulting ash was much the same as the ash from burning just the coal. Generating stations should be located near the point where cuttings originate or are landed onshore from offshore operations, to minimize the need to transport cuttings.

In most situations, reusing or recycling wastes or byproducts is a desirable practice. The Drilling Waste Management Information System supports and encourages legitimate recycling and reuse, where it is practical and cost-effective. However, there are some cases in which individuals or companies may attempt to circumvent legitimate waste management regulations or laws by "sham recycling" in order to avoid costly waste management requirements (e.g., some wastes are

recycled for end uses with little value solely to avoid complex and expensive hazardous waste management rules).

Where drill cuttings from a hydrocarbon based drilling operation do not contain oil, or any other constituent in an amount or concentration that would result in designation of the waste as “hazardous waste” as defined in the HWR, discharge on to land may be allowed in accordance with Sec. 7 of the OGWR, “Requirements for discharges from specific operations”. If, because of oil or any other constituent of the waste, the waste is designated as a hazardous waste, the waste must be handled pursuant to the requirements of the Hazardous Waste Regulation (HWR). Prior to disposal, hazardous wastes must be treated at an approved treatment facility. The treated waste cannot be discharged from the facility until the owner of the facility can demonstrate to the satisfaction of a Director pursuant to Section 19 of the HWR, that the residue no longer poses a hazard to human health or to the environment.

After the drilling job is finished, the mud and cuttings must be disposed of in some way. The U.S. EPA classifies drilling muds as “special waste,” meaning that they are exempt from many federal regulations. As a result, laws concerning the disposal of drilling muds vary from state to state. The state of California, for example, has a strict set of regulations and requires operators to obtain approval before they may begin any sort of disposal (California Dept. of Conservation, [conservation.ca.gov](http://conservation.ca.gov)). Last year in Texas, an oil company had to pay a \$1.35 million fine after drilling waste that was disposed of on their “landfarm” contaminated nearby water sources (Dave Fehling, State Impact, [stateimpact.npr.org](http://stateimpact.npr.org), 12 Nov. 2012). Landfarms are privately-owned, state-regulated fields where drilling waste is spread, and while they are legal, they often cause damage to the surrounding environment [6].

### **1.3. Environmental impacts of drill cuttings in the North Sea**

Water-based and non-aqueous drilling fluids and drill cuttings are the largest waste streams generated in offshore drilling operations.

Regulations in many countries permit the disposal of these wastes by discharge into the marine environment under certain conditions. Although disposal by overboard discharge has the potential to cause some environmental disturbance, it can be a preferred waste management option when the overall operational risks, life cycle economics and environmental impacts, are compared against those of alternative waste management techniques [7].

Many of the oil and gas installations in the northern North Sea are reaching the end of their economic production life, and proposals for decommissioning them are being prepared by the operators. In 1995, proposals by Shell to dispose of the Brent Spar oil storage facility provoked an extensive campaign of protest. The result was a change of plan, with the facility being towed inshore to be dismantled. The material has been recycled as a harbour at Mekjarvik, near Stavanger, Norway.

On 22<sup>nd</sup> October 1999, Phillips Petroleum Norway announced their plans to decommission 15 installations in the Ekofisk field, an operation on a much bigger scale than the Brent Spar. If these proposals are accepted by the Norwegian government (full parliamentary approval was given October 2002), and The Oslo and Paris Commissions (OSPAR), 14 steel structures will be returned onshore for recycling and a large concrete storage tank will be left in situ. Perhaps most controversially, Phillips plan to leave the drill cuttings piles in situ. Drill cuttings consist of the fragments of rock that are removed as each oil or gas well is drilled, mixed with so called "drilling muds" which are used to lubricate the drill bit, carry rock fragments back to the surface and maintain pressure in the well as it is drilled. The drill cuttings are usually discharged into the sea adjacent to the platforms and although some of the drilling muds are recovered and re-used, some adhere to the cuttings and are also discharged.

In the shallow waters of the Southern North Sea, the strong tidal currents disperse the drill cuttings and any environmental impacts from their discharge rapidly dissipate. In the deeper waters of the Northern North Sea, tidal currents are much weaker and the drill cuttings remain in distinct accumulations around the platforms from which they have been discharged, forming so called "cuttings piles", which may contain as much as 40 000 tonnes of contaminated sediment. In the early days of the exploration of the North Sea, drilling muds were based on diesel oil which has a relatively high content of toxic aromatic compounds. As shown by the work of Professor John Gray of Oslo University, adverse effects of these cuttings discharges on the ecology of the adjacent sea bed may extend out to more than 5km from the point of discharge. Early concern about the environmental effects of these oil based drilling muds has led to replacement of oil based cuttings with less toxic alternatives wherever possible. In difficult drilling conditions, oil based muds are still used, but current legislation in the North Sea prevents discharge of cuttings containing more than 1% oil. Current platform based technologies cannot remove sufficient oil to meet this limit, so cuttings containing oil based muds are either re-injected down the well or removed to shore for treatment.

These piles of contaminated sediment can remain toxic to marine life up for 20 or more years after discharge, but there is no proven technology that could cleanly remove the large amounts of heterogeneous sediments from the deep water of the northern North Sea. In the UK, the seriousness of this problem was recognised by the UK Offshore Operators Association (UKOOA), who collaborated on a large R&D programme to examine the environmental impacts of drill cuttings and the options for their management. The reports from the first phase of this UKOOA programme were made available on the internet in January 2000. Areas covered include detailed summaries of cuttings pile volume, contents and toxicity and discussion of management options and their potential environmental impacts. A second phase included field trials of methods to lift

material from cuttings piles to the surface, using BP-Amoco's North West Hutton pile as a case study.

Discharges of contaminated drill cuttings have caused appreciable ecological change of the benthos adjacent to many oil and gas platforms in the North Sea. Many platforms have large piles of cuttings lying beneath them and these probably present the greatest potential hazard to the environment during platform decommissioning and removal. There is, however, a lack of consensus on which aspects of drill cuttings are responsible for the adverse ecological effects. This hinders risk assessment of management options [8].

Data on the toxicity of sediments from around the North West Hutton platform to the amphipod *Corophium volutator*, the polychaete *Arenicola marina* and the Microtox®, acute test system (which uses a light emitting bacterium). Sediment was acutely toxic to *Corophium* out as far as 600 m from the platform. Sediment from 100 m from the platform remained acutely toxic to *Corophium* when 3% contaminated sediment was mixed with clean sediment. A 10% dilution of this sediment also inhibited *Arenicola* feeding almost completely. Sediment elutriates did not inhibit Microtox light output, but organics extracted by dichloromethane were very toxic. Fifteen minute EC50 values were as low as 0.25 mg/ml and were strongly correlated with hydrocarbon concentrations. Metal concentrations in whole sediments were correlated with their toxicity to *Corophium* but the relationship was much weaker when data on dilutions were included.

Except at sites immediately adjacent to the platform, metal concentrations were well below Effects Range Low values from the literature, so were too low to explain sediment toxicity. Toxicity of sediments to *Corophium* was closely correlated with their hydrocarbon content, even when tests on dilutions were included in the analysis. Hydrocarbons are the most significant cause of toxicity in these sediments contaminated with oil based drill cuttings and that polar organics, sulphide, ammonia and other water soluble substances are of much lower significance. Applying OSPAR guidelines to our data on the toxicity of cuttings

pile material to Corophium data would give a maximum allowable concentration of 0.03% in clean sediments. The Microtox data indicate that sediments from deeper in the pile would require an even greater dilution than this [9].

Decommissioning of offshore installations came to international prominence as a result of Shell's proposals to dispose of the Brent Spar oil storage tank by dumping it in deep water beyond the edge of the continental shelf. The Brent Spar was occupied by protesters from the pressure group Greenpeace and in response to large scale protests the disposal plans were altered.

The United Kingdom Offshore Operators Association (UKOOA) is funding a collaborative R&D project on the environmental effects and management options.

Regulation of disposal at sea, including decommissioning of offshore installations is governed by the Oslo and Paris Commissions (OSPAR). In July 1998, the OSPAR meeting at Sintra in Portugal resolved that the great majority of offshore installations should be returned onshore for disposal. A document giving a summary of main results of Sintra meeting, July 1998 and guidance notes on decommissioning produced by the UK Department of Trade and Industry, including material on the implementation of the Sintra agreement, are both available.

The largest decommissioning project proposed so far is the abandonment and removal by Phillips Petroleum Norway of 15 installations in the Ekofisk field, collectively referred to as "Ekofisk I". These proposals were submitted to the Norwegian government on 22nd October 1999 and approved on 21st December 2001 [8].

## **2. Biotesting of modeled drilling mud as an indicator of environmental risk**

The biotesting methods of environmental management have found wide application in the sphere of detection of pollutants hazard. Such methods are known to be widely implemented abroad by environmental monitoring and protection organizations. One of the advantages of biotesting is detection of toxic substances, most of which are not specified by the operating standards, but can lead to the toxic or mutagenic effects. Today, a wide range of test objects have been studied: from microorganisms to animals. Each of them has its own characteristics, advantages and disadvantages, knowledge of which helps to choose an indicator with appropriate “sensitivity” to definite pollutants. For example, since 1985 in the USA there has been an obligatory toxicological biotesting for drilling fluids with the use of mysids as a test object. In Russia, water biotesting using daphnids and infusoria is included in the obligatory list of the National State Standard 17.1.2.04-77 for fishery waters [10].

The research conducted in 2000 by P.S. Chubik in Tomsk Polytechnic University proved the urgency for development of environmental friendly drilling fluid. In his paper it was mentioned that the ecotoxicity assessment of drilling flush fluids should be made at all stages of their “life cycle” to obtain reliable data, which can be achieved only by instrumental biotesting. The authors examine the “first” life cycle of drilling muds. These are modeled drilling muds produced in the chemical laboratory of non-production cycle. Actually, there is no universal standard composition of drilling muds. Their application depends on location. Besides, they can drastically differ in terms of a well depth and different ore structure. Currently, no special universal methods of hazard assessment of drilling muds or their compounds for the environment have been developed. The characteristics of mud cellulose esters-based components are estimated as non-hazardous. The reagents of Russian origin (polyanionic cellulose (PAC)) and those of foreign origin (carboxymethylcellulose (CMC 85/1000)) were selected for

analysis. It is generally accepted that the polyanionic cellulose reagents are not toxic [11].

Polymer-containing drilling muds started to be applied in the first half of the 1970s, and at the moment, they are the most commonly and widely used reagents in drilling. So, for biotesting, reagents most of which are polysaccharides were chosen. Production of water-soluble cellulose ethers reaches about 380 thousands of tons per year, with 180 thousand tons of carboximethyl cellulose (CMC). The use of polymeric reagents (CMC) in mud composition has made it possible to improve the wellbore wall conditions, limit the oil content in the mud, and enhance the well cementing quality.

CMC is an imported reagent, which is an interaction product of cellulose with monochloroacetic acid. Dry sodium salt CMC has a weak corrosive action. The main property of the reagent is a gelation.

Polyanionic cellulose (PAC) is made from the same basic substances as a typical CMC. There are various modifications of the production technologies, which allow obtaining PAC with different degrees of substitution. PAC is characterized by increased bioresistance to the polymineral exposure.

“Polypac R” contributes to formation of a thin, dense, firm and tight filter cake, reducing the area of filtrate invasion into the reservoir, preventing the invasion of solids; it also reduces the risk of differential sticking. The reagent is resistant to bacterial exposure; it does not require any bactericide that complicates its further processing by the bacterial recycling.

PAC (BB, HV) is a multi-purpose reagent used as a thickener, clay inhibitor, lubricating staff, and agents to reduce the loss of drilling fluid. The substitution degree is not less than 90; Brookfield viscosity ranges from 120 to 4500. The country of origin is Russia. The type of reagent is a surfaceactive agent. In terms of salt resistance the reagent is 10% NaCl salt resistant. Regarding heat resistance the reagent is resistant. In terms of application the reagent is a clay rock inhibitor.

CMC. The polymerization degree of up to 1200 is used to increase viscosity of CMC drilling mud with the polymerization degree of up to 85 / 1000-85 / 1200 in drilling deep wells. The country of origin is Russia. The reagent type is a surface-active agent. In terms of salt resistance the reagent is limited 3 - 10% NaCl salt resistant. In terms of heat resistance the reagent is estimated as resistant. As for application the reagent is used as a filtrate reducer.

“Polypac R” is polyanionic cellulose of high quality, water-soluble polymer used for control of water-based muds filtration, manufacturer is MI-SWACO. The country of origin is the USA. “Polypac R” is used to reduce water loss of fresh, salted, potassium chloride and salt-saturated muds as well as sea water muds. It promotes the formation of a thin, dense, firm, and tight filter cake, reducing the area of filtrate invasion into the reservoir, preventing the invasion of solids; it also reduces the risk of differential sticking. The reagent is resistant to bacterial exposure; it does not require the use of bactericides. “Polypac R” is cost-effective and efficient [12].

For the first time *Chlorella vulgaris* weed and *Drosophila melanogaster* fly are used as test objects to study the biological effect of drilling muds. The toxicity was experimentally estimated in the analytical laboratories (Tomsk Polytechnic University) following the requirements of the guidance. According to “Toxicity detection of drink, natural and waste waters, soil-water extracts, sewage sludge production and consumer waste for optical density measurement of *Chlorella vulgaris* weed”, a series of experiments were conducted (8 samples) to determine toxicity of drilling mud water extracts in the Fundamental Research Laboratory of Hydrogeochemistry (analyst: Vorobieva D.A.). The analysis includes measurement of optical density of weed suspension. The special multiple-cell propagator allows timely revealing the changes in cell number in the reference and experimental samples in acute toxicological condition. A criterion is a growth inhibition or promotion in values of weed optical density.

To detect content of the toxic substances sample biotesting was conducted using *Drosophila melanogaster* fly as a test object in the Department of

Geocology and Geochemistry according to the recommendations applied for the extractive industry waste, medicines, and urban dust. The results were statistically processed with the fitting criterion –  $X^2$ . During biotesting 5 samples were studied at 1% concentration of basic material in the medium. For the experiment, yellow (y) and singed (sn) *Drosophila* lines were taken. The yellow ones had yellow bodies and straight bristles, the singed ones had grey bodies and scorched bristles. Two females and one male were placed in the test-tubes with the prepared medium for two days. Then, the development of new generation was controlled. The changes in external features and ratio of males indicated the impact of studied muds. The reference and experimental groups were formed simultaneously and identically. The lethal dose (LD50) was determined for every sample [13].

Methods of toxicological analysis using *Chlorella vulgaris* Beijerinck were approved for the state environmental monitoring purposes. It can be applied to certify drilling muds in combination with other test objects for the comparative evaluation of drilling mud toxicity and hazard class definition. Using the Kichemasov's method, the quality of the water extract of the studied components was determined in terms of their toxicity. For this purpose, the relative difference (in %) of the optical density value for each dilution in comparison with the reference one was calculated. As a result, in all the studied samples the toxicity is indicated.

Based on the research results, it can be concluded that the toxicity degree of studied components is increasing with the addition of salts in spite of the fact that salts are generally not toxic. Presumably, the interaction of additional components with the drilling mud base (cellulose esters) may cause increased toxic effects.

For a long time, biotesting on *Drosophila* flies has been used in the medicine. *Drosophila melanogaster* is the most studied object, which helps to identify the effect of a substance on the living organisms. Different parameters of *Drosophila melanogaster* are widely used for hazard assessment of chemicals.

Using fruit flies in the experiments with the drilling mud components, the following biological factors are estimated: sex ratio and morphoses in relation to sample concentration in the medium. The values of these factors in the experiment groups are compared with the values in the control groups. When processing the data, the statistical index  $\chi^2$  is used to determine the conformity degree of experimental data to expected ones.

Obtained  $\chi^2$  values in the components: Polypac R, Duo-vis exceed the critical value of 3.84 ( $p = 0.05$ ; at the number of freedom degree equal to 1) for Polypac R. Hence, the suggestion that male/female ratio in the reference medium and in the medium with sample addition is equal (1:1), is incorrect for Duo-vis. So, it can be concluded that the studied compound samples have influenced the *Drosophila* flies sex ratio. In the components of PAC-BB, CMC  $\chi^2$  value does not exceed 3.84; it shows that there are no samples with toxic effect for this factor. The “morphoses presence” factor was calculated in a similar way. The drilling mud components Polypac R, PAC-BB, Duo-vis belong to the toxic substances. Therefore, the use of *Drosophila melanogaster* fly as a test object allows referring Polypac R, PAC-BB and Duo-vis to the substances with toxic effect.

The analysis performed shows that toxicity was detected in all studied samples using different test objects.

The research findings confirm the presence of the toxicity in drilling mud components. *Chlorella vulgaris* beijer weed and *Drosophila melanogaster* fly can be reliable environmental risk indicators of drilling mud components. Biotesting can be recommended for certification of drilling muds for the purpose of state environmental control [14].

### **3. Biotesting of Tomsk drill cuttings to determine toxicity**

To determine the toxicity of drill cuttings by the method of biotesting, *Drosophila melanogaster* flies were used as a test object. For the experiment, lines of the *Drosophila* yellow (y) and singed (sn) are taken. Samples of drill cuttings were taken from the oil fields of the Tomsk region: Pervomaiskoye, Katylginskoye, Yuzhno-Cheremshanskoe and Luginetskoye. The concentration of the drill cuttings in the samples was 0.2%. In the course of the biotesting experiment, the development of 2,686 *Drosophila* in the samples of all four deposits was studied. Testing with flies is that samples of drill cuttings worn down to the powder are placed in the nutrient medium for flies, and in parallel, observations are made in the control group. Control and experimental groups form simultaneously and identically. Further behind the flies is observed, during which it is possible to conclude the degree of toxicity of drill cuttings. Then they follow the development of a new generation: they reveal a change in appearance, sex ratio in comparison with the control group.

In the spring of 2017 biotesting of drilling sludges of oil fields in the Tomsk region was carried out in the ecological and biological laboratory at the Department of Geoecology and Geochemistry, IPR, TPU. To determine the toxic effect, the criterion of correspondence between the actual and expected results was calculated – criterion- $X^2$ .

In the course of the study, it was found that the CI-square values obtained in the cuttings samples of the Yuzhno-Cheremshanskoe (8.29) and Luginetskoe (12.59) deposits exceed the critical value 3.84. Therefore, the studied samples had a toxic effect, expressed in a disproportionate sex ratio. In the samples of the deposits Katylginskoye (2.45) and Pervomaiskoye (0.96), the obtained values of the criterion- $X^2$  do not exceed 3.84. This indicates that the composition of samples of the investigated sludge did not affect the sex ratio of *Drosophila* and no toxic effect was observed for this indicator.

## References

- [1] TWMA (Total Waste Management Alliance). TCC-Roto Mill. Manual, 2008.
- [2] R.M. Atlas and R. Bartha R. Fate and Effect of Petroleum in the Marine Environment. Microbiological Review Vol. 49, pp49-80, 1993.
- [3] Balsler K, Hoppe L, Eicher T, Wendel M and Astheimer AJ 1986, in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th ed W Gerhartz, YS Yamamoto, FT Champbell, R Pfefferkorn, JF Rounsaville Eds VCH Weinheim New York pp. 419.
- [4] K.M. Bansal and Sugiarto. "Exploration and Production Operations-Waste Management: A Comparative Overview. US and Indonesia Cases". SPE54345, SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference, Jakarta, Indonesias. April 20-22, 1999.
- [5] SDF (Speciality Drilling Fluid). Thermal Desorption System for Treating Drilling Cuttings. Nigeria SDF, 2008.
- [6] Page, P.W., C. Greaves, R. Lawson, S. Hayes, and F. Boyle, 2003, "Options for the Recycling of Drill Cuttings," SPE 80583, SPE/EPA/DOE Exploration and Production Environmental Conference, San Antonio, TX, March 10-12.
- [7] Veil, J.A., 2002, "Drilling Waste Management: Past, Present, and Future," SPE 77388, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, TX, September 29-October 2.
- [8] Gerrard, S., Grant, A., London, C., Marsh, R., 1999. Drill Cuttings Piles in the North Sea: Management Options during Platform Decommissioning .UEA Centre for Environmental Risk, Research Report 31, 224 pages.
- [9] Grant, A. and A.D. Briggs, 2002, Toxicity of sediments from around a North Sea oil platform: Are metals or hydrocarbons responsible for ecological impacts? Marine Environmental Research, 53, 95-116.
- [10] Abdullin R A 1990 Moscow: Izd VNIIEgazprom. New technological tools and processes providing the drilling costs reduction and environmental protection Drilling of gas and gas-condensate wells. Pp. 52.

- [11] Chubik P S 2000 Methodological fundamentals of the quality optimization of drilling flush fluids: the dissertation of the doctor tehn. sciences: 05.15.14: protected 04.05.00 pp. 370.
- [12] Drovnikov P G 1992 Moscow: Publishing house VNIIOENG. Methods for neutralization of drilling wastewater by the construction of deep wells Construction of oil and gas wells by land and by sea. Vol. 5 pp. 18-20.
- [13] Azarova S V, Yazikov E G and Ilyinskikh N N 2004 Tomsk, Tomsk Polytechnic University news. Assessment of environmental risks of mining enterprises waste in the Republic of Khakassia using the biotesting method. Vol. 4 pp. 55-59.
- [14] Kozak M F 2007 Drosophila - the model of genetics: study guide (Astrakhan: Astrahan University Press) pp. 8.