

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова, Л. В. Рудакова

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
БУРОВЫХ ОТХОДОВ И РАЗРАБОТКА
СПОСОБА ИХ БИОРЕМЕДИАЦИИ**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова, Л. В. Рудакова

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
БУРОВЫХ ОТХОДОВ И РАЗРАБОТКА
СПОСОБА ИХ БИОРЕМЕДИАЦИИ**

Монография

Текстовое (символьное) электронное издание

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья

Тюмень 2024

© Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова, Л. В. Рудакова, 2024
© ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2024

ISBN 978-5-98346-153-6

УДК 502.65:622.244
ББК 33.12

Рецензенты:

профессор кафедры техносферной безопасности, ТИУ, доцент, доктор технических наук О. В. Ударцева;

профессор кафедры общей биологии, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, доцент, доктор сельскохозяйственных наук Г. Ш. Турсумбекова

Гаевая, Е. В.

Экологическая оценка буровых шламов и разработка способа их биоремедиации : монография / Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова, Л. В. Рудакова. – Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2024. – 96 с. – URL: <https://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2024/gaevaya.pdf>. – Текст : электронный.

Монография адресована преподавателям, магистрантам и бакалаврам по направлению 20.03.01 и 20.04.01 «Техносферная безопасность», докторантам, аспирантам и научным работникам.

В монографии представлены результаты исследований утилизации буровых шламов с получением техногенных грунтов для биологического этапа рекультивации нарушенных земель. Представлены результаты физико-химических и токсикологических свойств буровых шламов и техногенных грунтов. Представлены рекомендации по применению техногенных грунтов для биологического этапа рекультивации нарушенных земель.

Текстовое (символьное) электронное издание

© Е. В. Гаевая, С. С. Тарасова, Л. В. Рудакова, 2024

© ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БУРОВЫХ ШЛАМОВ И СПОСОБЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ.....	5
1.1 Состав и свойства буровых отходов Западной Сибири.....	5
1.2 Исследования влияния буровых шламов геосистемы.....	7
1.3 Технологии утилизации буровых шламов.....	15
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	19
2.1 Методы проведения химических, токсикологических и агрохимических исследований.....	22
2.2 Определение биологической активности и оценка качества растений злаковых культур.....	24
2.3 Варианты утилизации буровых шламов с получением техногенных грунтов.....	26
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУРОВЫХ ШЛАМОВ.....	28
3.1 Исследования гранулометрического состава бурового шлама.....	28
3.2 Исследование химического состава буровых шламов.....	31
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРИРУЮЩИХ ДОБАВОК И ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БУРОВОГО ШЛАМА.....	37
4.1 Влияние мелиорантов на химический состав бурового шлама.....	37
4.2 Исследования способов снижения нефтепродуктов в буровых шламах.....	54
ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ.....	57
5.1 Исследование процесса утилизации бурового шлама на химические свойства техногенных грунтов.....	57
5.2 Исследования фитотоксичности техногенных грунтов в процессе утилизации бурового шлама.....	60
ГЛАВА 6. АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ШЛАМОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ.....	64
6.1 Результаты химико-токсикологических исследований техногенных грунтов.....	64
6.2 Исследования биологической активности техногенных грунтов.....	69
6.3 Влияние вариантов утилизации бурового шлама на растения злаковые.....	75
6.4 Рекомендации по применению техногенных грунтов для биологического этапа рекультивации нарушенных земель.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	82
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Производственная деятельность нефтедобывающих предприятий оказывает техногенное воздействие на объекты природной среды. Только на территории Западной Сибири, где добывается более 40% нефти в России, ежегодно образуется более 100 тысяч тонн буровых отходов, представляющих серьезную экологическую опасность для окружающей природной среды.

Бурение представляет собой процесс механической проходки породоразрушающим инструментом горных пород, сопровождающийся выносом выбуренной горной породы выдавливаемой под давлением жидкостью (буровым раствором). Бурение скважин для условий Западной Сибири осуществляется в осадочных отложениях, в которых наиболее распространенными являются глинистые минералы (их доля составляет 70-80%).

Буровые шламы обладают отрицательными физико-химическими, физическими, химическими свойствами: высокое содержание солей, повышенная щелочность, набухаемость, слабая фильтрационная способность и др. [75].

Токсические свойства буровых отходов формируются за счет минералогического состава выбуренной породы и используемого типа бурового раствора. Глинистые минералы выбуренной породы (каолинит, иллит и др.), в процессе прохождения по стволу скважины находясь в непрерывном потоке бурового раствора, адсорбируют на поверхности различные химические реагенты (нефтепродукты, тяжелые металлы, токсичные соли), используемые при приготовлении растворов, оказывающие токсическое воздействие на компоненты окружающей природной среды [76].

В связи с вышесказанным, актуальность исследований направлена на поиск новых способов обращения с буровыми шламами, и возвращением их в окружающую природную среду в виде техногенных грунтов для биологической рекультивации нарушенных земель, и обладающего качественными и количественными характеристиками за счет внесения смеси компонентов, влияющие на создание устойчивого фитоценоза.

ГЛАВА 1. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БУРОВЫХ ШЛАМОВ И СПОСОБЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

1.1 Состав и свойства буровых отходов Западной Сибири

Строительство нефтяных скважин и объектов нефтедобычи является крупнейшим этапом разработки и освоения месторождений, в результате которого создается инфраструктура нефтедобывающих комплексов. Техногенному воздействию подвержены все компоненты окружающей природной среды: атмосфера, гидросфера, почва, животный и растительный мир, геологическая среда [49, 65, 69].

Отходы производства, образующиеся в процессе бурения, обслуживания нефтяных скважин, сборов продуктов добычи, первичной подготовки нефти и газа создают техногенные потоки на нефтяном промысле [67].

Во время строительства буровых скважин значимую опасность представляют буровые отходы, загрязнённые химическими реагентами [65, 84].

Буровые отходы состоят из сточных, пластовых вод, тампонажных, буровых растворов и бурового шлама [10, 76].

Объем отходов, образованных при бурении скважин, зависит прежде всего от глубины самой скважины, технологии бурения, системы водоснабжения, сроков строительства и геологических особенностей разбуриваемого пласта [43].

Авторами установлено, что в процессе бурения горизонтальной скважины при добычи сланцевой нефти образуются около 4,3 млн тонн бурового шлама только в одном штате Пенсильвании и 113 млн тонн бурового шлама в США. В настоящее время образованный буровой шлам утилизируется, захоранивается или вторично используется в строительстве [97, 33].

Согласно исследованиям для условий Западной Сибири в среднем образуется 0,4 м³ отходов бурения на 1 м проходки [6, 35, 46, 66].

В соответствии с представленными данными нефтегазовых компаний в части образования промышленных отходов, в том числе буровых отходов – бурового шлама за 2018-2023 гг. отмечено, что значительная часть отходов представлена образование шлама.

В отчете о деятельности в области устойчивого развития группы ПАО «Лукойл» за 2018-2023 гг. отмечается, что основными видами промышленных отходов являются буровые отходы (буровой шлам, отработанные буровые растворы, буровые сточные воды), которые образуются в процессе нефтяных бурения скважин. Объемы образования отходов, прежде всего, зависят от объемов

бурения нефтяных скважин. Увеличение образования количества отходов связано с ростом объемов проходки эксплуатационного бурения.

Источники и факторы техногенного воздействия на окружающую среду при бурении нефтяных скважин изучены достаточно хорошо [9, 34, 82].

Шламовые амбары является наиболее опасными и постоянными источниками загрязнения атмосферного воздуха, почвенного покрова, грунтовых и поверхностных вод, которые представляют собой природоохранное сооружение, предназначенное для централизованного сбора, обезвреживания и утилизации токсичных промышленных отходов бурения нефтяных и газовых скважин [69].

Отходы бурения размещаются в шламовых амбарах. По мнению ряда авторов, шламовые амбары представляют собой источники загрязнения компонентов природной среды, где основную нагрузку принимают почва, поверхностные и подземные воды [5, 49, 67].

Воздействие шламового амбара как источника поступления отходов бурения в окружающую среду, освещено в работах многих авторов [73]. Отмечено, что токсичные компоненты отходов бурения распространяются через обваловку шламовых амбаров с последующим образованием ореола загрязнения грунтовых вод вокруг них [76].

Шламовые амбары также могут быть источником поступления поллютантов в окружающую среду и причиной формирования вторичных очагов загрязнения [49].

Шламовые амбары с токсичным буровым шламом выводят из оборота огромные площади земель. При строительстве амбаров осуществляется рубка деревьев и кустарников, происходит уничтожение надпочвенного покрова, отчуждаются земли [2].

Попадание токсичных отходов бурения в окружающую среду происходит по разным причинам: из-за нарушения или несовершенства технологии, аварийных ситуаций, нарушения гидроизоляции противодиффузионного экрана и т.д. [79].

В исследованиях отмечается, что при правильной эксплуатации шламовых амбаров воздействие на болотные экосистемы, минимальное [3].

В работах затрагивается проблема утилизации отходов бурения и их воздействие на компоненты природной среды. Большое внимание уделяется проблеме образования бурового шлама, его химическому и минералогическому составу, а также вопросам отличия бурового шлама от вырубленной породы [5].

Различают два понятия – «вырубленная порода» и «буровой шлам». В результате углубления на забое скважины образуется вырубленная горная порода. Вырубленная горная порода преобразуется в буровой шлам при гидротранспорте промывочной жидкостью со скважины. Отделение промывочной жидкости от

бурового шлама осуществляется на средствах очистки циркуляционной системы буровой установки. Соответственно, буровой шлам отличается по составу, объему и физико-химическим свойствам от вырубленной породы [7, 10].

Автором установлено, что буровой шлам, образованный при строительстве нефтяных и газовых скважин, весьма существенно отличаются от шлама нефтедобычи, нефтепереработки и нефтехимии. Различия кроются в соотношении основных компонентов (нефть, вода, взвешенные вещества) и в токсичных компонентах, применяемых в технологических процессах [44].

В зарубежной литературе буровые шламы описывают как частицы измельченной породы, полученной шлифовальным действием вращающегося бурового долота. Помимо горной породы, остатков грунтов и бурового раствора, буровой шлам включает в себя эмульгаторы и растворы солей, барит или карбонат кальция [89-118].

Таким образом, буровой шлам – это выбуренная горная порода, насыщенная применяемым типом бурового раствора. Химический состав буровых шламов зависит от геологических условий территории, исходных компонентов буровых растворов, технологического процесса очистки бурового раствора, а также от глубины и интервалов бурения [9].

1.2 Исследования влияния буровых шламов геосистемы

Ежегодное увеличение образования отходов бурения (в том числе буровых шламов) приводит к загрязнению компонентов окружающей среды веществами, входящими в состав буровых шламов [69].

Исследования загрязнения природных экосистем буровыми шламами в период строительства и эксплуатации нефтяных скважин представлены в работах [8, 13, 20, 29].

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 [70, 79].

Воздействие буровых отходов на атмосферный воздух происходит в результате испарения легких фракций нефти с зеркала шламовых амбаров. Воздействие буровых отходов на грунтовые и поверхностные воды возможно при нарушении и/или отсутствии гидроизоляционного материала дна и стенок шламовых амбаров, отсутствии обвалования, при несанкционированном размещении буровых отходов на площадке куста, во взаимодействии с

гидрометеорами и/или подтоплением кустовой площадке в период интенсивного снеготаяния. Нарушение гидроизоляционного материала шламовых амбаров снижает биопродуктивность почвенных ресурсов, загрязняются подземные водоносные горизонты, впоследствии, загрязняются подземные и поверхностные воды [34].

Авторами [16, 38], отмечено, что примерно 20 % жидкой фазы буровых отходов проникают в объекты окружающей природной среды. Применение индикационных способов доказывает связь между шламовым амбаром и контрольными пунктами подземных вод.

Воздействие атмосферных осадков и снеготаяния способствуют переходу водорастворимых солей из буровых шламов в растворы с последующей миграцией экотоксикантов в водоносные пласты. Загрязнение токсичными буровыми отходами поверхностных водных объектов влияет на угнетение и преобразование биоценоза [45].

Воздействие буровых отходов на почвенный и растительный изучено многими авторами [75]. Отмечается, что негативное воздействие отходов бурения на растительный мир. Растительные сообщества на почвах подверженных загрязнению отходами бурения практически не восстанавливаются. Отсутствие или эпизодическое состояние растительного покрова приводит к нарушению ландшафта и заболоченности территорий. Загрязнение почвенного покрова буровыми отходами можно разделить на несколько стадий: входящие в буровые отходы вещества-загрязнители проникают в подземные воды и участвуют в образовании поверхностных ареалов; вертикальная и горизонтальная инфильтрация жидкой фазы буровых отходов; миграция загрязнителей. Наличие в отходах бурения водорастворимых солей, нефтепродуктов, тяжелых металлов на загрязненных участках развивает процесс засоления и формируется фитотоксичность почвенного покрова.

Эколого-токсикологическая оценка негативного воздействия буровых отходов на объекты природной среды (атмосфера, литосфера и гидросфера) проводилась многими учеными [27, 41, 53, 57].

Исследования по геохимической подвижности загрязнителей отходов бурения, показали, что выщелачивание минеральных и органических соединений с разрушением органо-минеральных комплексов с перестройкой структуры миграционного потока загрязнителей происходит при взаимодействии бурового шлама с водой [10].

Нарушение шламовыми амбарами, с содержащими отходы бурения, предложена система геоэкологической оценки территорий, которая обосновывает

возможности освоения нарушенных земель при производстве грунтозамещающих материалов [42].

При буровых работах происходит воздействие на геосистемы, значительный масштаб носит воздействие на приповерхностную гидросферу. Негативное влияние бурового шлама на среду проявляется в загрязнении компонентов природной среды химическими реагентами, тяжелыми металлами, нефтепродуктами, минеральными солями [44, 49, 67].

В литературных данных приводится ряд негативных последствий, связанных с воздействием бурового шлама на компоненты окружающей природной среды. Так, например, атмосферный воздух загрязняется при испарении легких фракций нефтепродуктов и при выделении пыли с поверхности шламовых амбаров [12].

Воздействие бурового шлама на гидросферу обусловлено нарушением температурного режима и изменением физико-химических параметров природной воды – водородного показателя (рН), солености, электропроводности и окисляемости. Загрязнять поверхностные и подземные воды могут тяжелые металлы, различный фракционный состав нефти, низкомолекулярные углеводороды (углеводородные газы), полиароматические углеводороды и органические кислоты, фенолы, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и полимеры. Эти вещества, содержащиеся в буровом шламе, обладают высокой миграционной способностью [11, 82].

При избытке атмосферных осадков, отработанные буровые растворы могут с последующей миграцией попадать в водоносные горизонты [78].

Основной причиной воздействия бурового шлама на поверхностные и подземные воды является неправильное обустройство шламовых амбаров, используемых для сбора буровых отходов. Зачастую нарушена их герметичность или отсутствует гидроизоляция, не выполняется обвалование [81].

Утечка стоков из шламовых амбаров является наиболее распространенной причиной загрязнения педосферы и гидросферы [29].

При поступлении бурового шлама в поверхностные воды увеличивается мутность воды, что в свою очередь нарушает жизнедеятельность молоди рыб, планктонных и бентоносных организмов. В случае загрязнения поверхностных вод нефтепродуктами из бурового шлама происходит угнетение состояния рыб, снижается их выживаемость. Отмечается изменение состава биоценозов, заморы рыбы, гибель нерестилиц [55].

При воздействии бурового шлама на живые организмы отмечается уменьшение продолжительности жизни особей, проявляются патологические признаки и гистологические нарушения в организмах рыб и беспозвоночных. Нефтяные углеводороды также могут накапливаться в органах и тканях растений,

вследствие чего происходит деградация и угнетение растительного покрова. Отмечается нарушение продукционно-деструкционных процессов в экосистемах. Состояние и выживаемость рыб заметно ухудшаются, отмечается аномальное высокое распространение уродств на эмбриональных и личиночных стадиях развития ряда массовых видов [4].

Буровой шлам оказывает негативное влияние на почвенный биоценоз, изменяет структуру почвы, снижает продуктивность сельскохозяйственных земель. По большей мере, воздействие бурового шлама на почву сводится к загрязнению нефтепродуктами. Из-за нарушения воздушного режима и угнетения окислительно-восстановительных процессов снижается биологическая активность и плодородие почв. Щелочная среда бурового шлама может способствовать образованию легкорастворимых гуматов, которые вымываются из поверхностного слоя почв, уменьшая общее содержание гумуса [27].

Многие из промышленных отходов, связанных с бурением нефтяных скважин, влияют на состояние окружающей природной среды. По мнению авторов [94] характеристика буровых отходов и их способность влиять на окружающую природную среду определяется физическими и химическими свойствами. Химические свойства в значительной степени зависят от состава горной породы, от технологии бурения, в частности, от типа применяемого бурового раствора и метода бурения [32].

Химические свойства бурового шлама зависят от его состава, которые определяются характеристиками выбуренной горной породы и типом применяемого бурового раствора [36]. Так, авторами установлено, что буровой шлам включает жидкие и твердые составляющие фазы бурового раствора [99].

Нефтяные месторождения состоят из осадочных пород, которые представляют собой механические и химические продукты разрушения метаморфических пород. К этим породам относятся мономинеральные (гипс, доломиты и др.) и полиминеральные (глины, песчаники и др.) породы [9].

Буровые растворы используются для транспортировки вырубленной горной породы, поддержания пластового давления в нужных пределах, а также охлаждения оборудования [94]. Буровой раствор представляет собой сложную многокомпонентную дисперсную систему жидкостей, включающих твердые вещества, растворенные в жидкости (например, в воде или в нефти) или в эмульсиях с химическими добавками. Подобные добавки нужны для придания раствору различных свойств [83]. В составе буровых растворов очень часто присутствуют металлы: мышьяк, барий, хром, кадмий, медь, свинец и ртуть. Металлы добавляют в буровой раствор в виде солей металлов и органо-металлических соединений [64].

Состав буровых растворов может меняться в широком диапазоне в зависимости от производителя. Буровой раствор на синтетической основе и на нефтяной основе пробуривает более чистую скважину с меньшими затратами и с меньшим образованием объема бурового шлама по сравнению с буровыми растворами на водной основе. Тем не менее, обращение с отходами, в основе имеющих нефтяную основу, более сложное из-за высокого содержания дизельного топлива, нефтепродуктов и полиароматических углеводородов, тогда как отходы, в основе которых синтетические растворы, имеют более низкую токсичность, более быструю биоразлагаемость и более пригодны для вторичной переработки [91].

Буровой раствор является поликомпонентной смесью веществ. Компоненты буровых растворов относятся к III и IV классам опасности [2].

По данным автора химический анализ отходов бурения свидетельствует о несколько повышенной минерализации бурового шлама. Нефтепродукты обнаруженные в буровых шламах соответствовали 120-680 мг/кг. Анализ буровых сточных вод показал, что это, как правило, слабо щелочные среды с $pH = 7-8,2$ со значительным количеством органики [37].

Степень токсичности бурового шлама обусловлена как неорганическими соединениями, входящими в состав разбуриваемых пластов, так и содержанием углеводородов, которые присутствуют в продуктивных пластах [46]. В буровой шлам углеводороды могут поступать из буровых растворов на углеводородной основе, или из геологических слоев, проникающих при бурении [96].

По данным различных авторов, содержание нефтепродуктов в буровом шламе существенно изменяется с минимальных до максимальных значений [85, 87]. Нефтепродукты в шламе представлены в основном парафино-нафтеновыми углеводородами (из которых 20% – твердые парафины), асфальтенами (5,6%), смолами (19,2%), полициклическими ароматическими углеводородами (20,1%).

Наличие тяжелых металлов в буровом шламе становится важным критерием, влияющим на токсичность данного вида отхода, помимо содержания нефтепродуктов и минерализованных вод. В первую очередь, на химический состав бурового шлама влияет литологический состав разбуриваемых пород и добавки, входящие в состав буровых растворов [43].

Буровые шламы содержат макроэлементы (Ca, Mg, K, Na) и микроэлементы (Cu, Co, Fe, Mn, Zn, As, Al, Ba, Cr, Cd, Pb, Ni, Hg). Отмечается, что элементы Ba, Ni, Co, Cu и Zn представляют угрозу из-за долговременной подвижности этих элементов [32].

По данным авторов, содержание валовых форм тяжелых металлов в буровом шламе меняется в широком диапазоне [44, 50, 75]. Большинство металлов,

связанных со шламом, находятся в неподвижной форме в минеральных образованиях из геологических структур [33].

По данным авторов тяжелые металлы не подвергаются биологическим процессам разложения и сохраняются в неизменном виде [94].

Авторы отмечают, что металлы (Cu, Ni, Zn, Cd, Co), входящие в состав бурового шлама, связаны с окисляемыми фазами. Металлы, присутствующие в структуре кристаллической решетки минералов вмещающих пород, находятся в нерастворимой форме [98].

Исследователями отмечается, что при оценке бурового шлама стоит особое внимание уделять валовому содержанию тяжёлых металлов [15, 21, 55].

В тоже время происходит миграция подвижных элементов тяжелых металлов, из-за чего буровой шлам становится источником вторичного загрязнения [66].

В шламе содержание подвижных форм тяжелых металлов превышает нормативные значения. При прогнозах поступления тяжелых металлов в природные геосистемы имеет значение оценка степени их растворения в водной среде. К числу наиболее подвижных и мобильных соединений бурового шлама относятся Cu, Ni и Cr, низкая мобильность отмечается у Mn и Fe. Исследования содержания подвижных форм тяжелых металлов в буровом шламе в шламовых амбарах исторического наследия свидетельствует о вымывании подвижных форм металлов [18].

В работе определены химические различия бурового шлама, керна и бурового раствора. По данным исследования на основной элементный состав бурового шлама влияет состав исходной горной породы и бурового раствора. Концентрации большинства основных элементов (например, Al, Ba, Fe, K и Si) в буровом шламе совпадает с содержанием в буровом растворе и керне, за исключением для Ca и Na. Концентрация Ca в буровом шламе (2,98-13,5%) значительно выше, чем в керне (0,9-1,5%), что связано скорее всего с поступлением минерализованного кальцита из вертикальных трещин, перехваченных скважиной или привноса известковых пород, а также с высоким содержанием Ca в остаточном буровом растворе.

Автором исследован минеральный состав бурового шлама, при этом отмечается, что токсичные элементы накапливаются на поверхности частиц бурового шлама [16].

Авторами разработана методика мониторинга состояния отходов бурения с помощью комплекса современных аналитических методов, подобная оценка экологической опасности отходов бурения основана на определении гранулометрического, химического, минерально-фазового состава [65].

На состав бурового шлама влияют применяемые буровые растворы, используемые в процессе бурения, а также особенности геологического строения разреза [77].

Таким образом, большинство исследователей пришли к выводу, что буровые отходы, оказывают комплексное негативное воздействие на компоненты природной среды [81, 83].

Токсичность бурового шлама зависит от его состава и свойств, которые определяются характеристиками выбуренной горной породы и составом буровых растворов. Так, установлено, что буровой шлам включает жидкие и твердые составляющие буровых растворов [39, 43, 45, 56].

Оценку влияния бурового шлама на живые организмы и определение классов опасности изучали [73, 75, 82].

В диссертационной работе Светличной Т.В. (2004) буровой шлам исследован с помощью метода биотестирования. Автор использует ряд тест-объектов: рачки дафния *Daphnia magna*, моллюски дрейссена *Dreissena polymorpha*, хирономиды *Chironomus plumosus* Meig, *Chironomus thummi* Kieff, рыбы данио *Brachydanio rerio*, бактериопланктон морской, водоросль *Thalassiosira weissflogii*, коловратки *Brachionus plicatilis*, артемия *Artemia salina*, аквариумная рыбка Меланотения трехполосая или Радужница *Melanotaenia trifasciata*. Результаты исследования показывают, что пелитовая фракция бурового шлама с дагестанского побережья Каспийского моря относится ко II классу опасности. Хроматы, входящие в состав отхода, обладают мутагенным и канцерогенным действием [36, 47, 56, 58].

Авторами изучено острое и хроническое влияние буровых отходов на разные систематические группы гидробионтов: ракообразных (*Daphnia magna*, *Artemia salina*), моллюсков (*Dreissena rostriformis*), хирономид (*Chironomus* gr. *Salinarius*). Результаты биотестирования показали наличие токсического действия только в зоне прямого воздействия размещения буровых отходов, где наблюдаются их высокие концентрации [36].

Автором проведена оценка экологической опасности отходов методом биотестирования с применением тест-организма *Drosophila melanogaster*, полученные данные указывают, что химические компоненты, присутствующие в пробах в повышенных количествах, оказывают влияние на появление морфоз [1].

Биотестирование авторы проводили на следующих гидробионтах: хирономиды *Chironomus dorsalis* Meigen, дафнии *Daphnia magna* Straus, и аквариумные рыбки *Brachydanio rerio*. Установлено, что водные вытяжки из проб бурового шлама являются нетоксичными для выбранных тест-объектов. Тем не менее, фитотестирование водных вытяжек из бурового шлама с применением метода определения скорости прорастания семян показало, что пробы бурового

шлама вызывают некоторое угнетение семян, из-за повышенного содержания легкорастворимых солей [35].

Авторами определена токсичность бурового шлама нефтегазовых месторождений Томской области методом биотестирования, установлено вредное действие шлама на рост корней семян овса [79].

В работе авторов оценка фитотоксического действия выбуренной породы проводилась также с помощью проращивания семян овса с использованием водного, буферного и кислотного экстрактов [82].

Метод биотестирования с применением инфузорий *Paramecium caudatum* для оценки цитотоксичности бурового шлама показал неоднородность степени токсичности шлама [50].

В работе авторов изучена фитотоксичность водных вытяжек бурового шлама. Для определения токсичности использовались водоросли *Scenedesmus quadricauda* и редька *Raphanus sativus.*, в результате исследований токсического действия не было отмечено [76, 83].

Исследования химической токсичности компонентов бурового раствора и бурового шлама показали, что наблюдаемый эффект увеличения биотурбации при низких и умеренных дозах, является результатом физических свойств, таких как размер частиц бурового шлама. Токсичность шлама варьируется в зависимости от свойств бурового раствора [93].

Физические факторы, такие как форма частиц бурового шлама, должны учитываться как потенциальные факторы воздействия влияющие на токсичность бурового шлама [91].

Существует ряд исследований по определению токсичности буровых отходов с использованием различных микроорганизмов в качестве тест-объектов, например, личинки тигровой креветки *Penaeus monodon* и бактерии *Bacillus*. В ходе исследования отмечено, что при увеличении концентрации загрязняющих веществ в отходах, уменьшается количество бактерий *Bacillus* [99].

Токсичность выбуренной породы обусловлена не только неорганическими соединениями, входящими в состав разбуриваемых пластов. Основная опасность выбуренной породы заключается в высоком содержании углеводов и водорастворимых солей, которые присутствуют в продуктивных пластах [52].

Автором определена токсичность бурового шлама на территории Томской области методами биотестирования для оценки возможности его дальнейшего использования, было выявлено, что буровые шламы относятся к 4 классу опасности для окружающей природной среды [32].

Учеными было изучено влияние бурового шлама на отдельные виды морских и пресноводных гидробионтов. Выявлено, что наиболее токсичными для

гидробионтов являлись баритовый утяжелитель, каустическая сода, бихромат калия и другие реагенты, применяемые для бурения скважин [76].

Исследование токсичности буровых шламов различного исторического наследия по отношению к тест-объектам (дафнии, высшая водная растительность – валлиснерия, высшие растения – лук) проведенные И.А. Макаренко (2007), показали, что буровые шламы сохраняют свои токсические свойства на протяжении 7 лет, после чего токсичность резко снижается [66].

Автором проведены исследования влияния буровых шламов на микроорганизмы и гидробионты (дафнии – *Daphnia magna* Straus, аквариумные рыбы – *Brachydanio rerio*, хирономиды – *Chironomus dorsalis* Meigen). Установлено, что ряд буровых шламов обладают малой токсичностью ввиду содержания в составе буровых шламов карбоната калия [41].

Однако, несмотря на все выше изложенное, степень опасности буровых шламов для окружающей среды определяется составом буровых растворов, используемых при бурении [72].

Каждый химический реагент, входящий в состав буровых растворов, обладает разнообразным токсическим эффектом на различные живые организмы [47].

Таким образом, токсичность буровых шламов напрямую связана с компонентами, входящими в состав буровых растворов. При этом, литературные данные указывают, что именно состав буровых растворов, главным образом, определяет токсичность буровых шламов в целом.

1.3 Технологии утилизации буровых шламов

Биологический метод утилизации буровых шламов позволяет одновременно снизить воздействие нескольких загрязнителей, например полимерных добавок и нефти, тяжелых металлов и т.д.

В литературных данных по созданию и применению биологических способов утилизации буровых шламов незначительно. Технологии утилизации буровых шламов в основном основаны на физико-химических способах обезвреживания [10, 17, 26, 37, 81, 83].

Перспективным для ликвидации буровых шламов является биотехнологический метод, основанный на использовании активных микробных штаммов-деструкторов органических загрязнителей буровых отходов [59, 60].

Применение гумино-минерального мелиоранта для утилизации бурового шлама улучшает физико-химические свойства отхода [87].

Автор отмечает, что достоинствами биологического метода обезвреживания бурового шлама является возможность утилизации нескольких загрязнителей одновременно, например, ПАВ и углеводов, а также отсутствие необходимости в специальной подготовке бурового шлама (отделения твердой и жидкой фаз, отверждения, отмыва, нейтрализации), что позволяет осуществлять обезвреживание буровых отходов непосредственно на месте (in situ) [7].

Важным условием для проведения работ по биологической рекультивации является оценка состояния буровых шламов, включающая определение потенциально опасных, токсичных и загрязняющих веществ.

Внесение фосфогипса улучшает химические и физико-химические свойства бурового шлама и обеспечивает условия прорастания семян, роста и развития растений. Применение сорбента и гуминового препарата «Росток» благоприятно сказывается на развитии растений, при этом происходит формирование жизнеспособного фитоценоза с высокими значениями фитомассы вегетативных надземных побегов. Возможность применения технологии по рекультивации бурового шлама при амбарном и безамбарном методах бурения, с последующим использованием полученного грунта для рекультивации шламовых амбаров и прилегающих (примыкающих) к ним производственной и вспомогательной инфраструктуры, нарушенных земель временного и постоянного отвода, с проведением биологического этапа рекультивации [99].

Результаты исследований авторов показали, что при предварительной обработке бурового шлама известью процесс биоремедиации субстрата протекает со значительно большей интенсивностью, чем без обработки шлама известью. Это связано с тем, что микроорганизмы способны использовать углеводороды бурового шлама (альфа-олефины) в качестве единственного источника углерода и энергии. Гомогенизация шлама при обработке известью способствовала активной деятельности почвенных микроорганизмов, использующих альфа-олефины в качестве субстратов углеродного питания, что в свою очередь благоприятно воздействует на деградацию, разложение углеводов в шламе [17].

Фиторемедиация является экономически эффективной технологией, которая использует способность растений концентрировать элементы и соединения из окружающей среды и метаболизировать различные молекулы в своих тканях.

Для оценки возможности использования злаковых культур для биологической рекультивации бурового шлама, использован посевной материал растений: кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub), мятлик луговой (*Poa pratensis*), овсяница красная (*Festuca rubra* L.). Энергия прорастания у мятлика лугового при 5%-15% загрязнении превышает энергию прорастания контрольного образца на 10-20%, при 20% концентрации наблюдался фитотоксический эффект

на рост и развитие проростков мятлика лугового (65%). Высокий показатель энергии прорастания у костреца безостого наблюдался при содержании бурового раствора 15% и составил 70%. С последующим увеличением концентрации 20% происходило заметное снижение энергии прорастания семян. Энергия прорастания овсяницы красной при 5% и 15% загрязнении находилась на уровне контрольного образца (65%), при концентрации раствора 20% это значение составило 60%. Мятлик луговой проявил более устойчивые свойства к загрязнению по сравнению с кострецом безостым. Наименьшей всхожестью, в сравнении с контролем обладал кострец безостый. При содержании бурового раствора от 5 до 10% всхожесть костреца безостого снижалась, концентрация 20% оказывала влияние на прорастание семян данной культуры, всхожесть составила 50%. Исследования показали, что значение всхожести у овсяницы красной при концентрации раствора 5% и 10% было 70% и 75% соответственно [77].

В патентной литературе известны способы утилизации буровых шламов, заключающиеся в смешивании отходов с различными минеральными добавками, мелиорантами и сорбентами, а также применение установок по утилизации отходов [59, 60, 61, 62, 63].

Известен способ очистки бурового шлама от нефти и полимерных реагентов, включающий обезвреживание активной ассоциацией микроорганизмов-деструкторов нефти и органических добавок при добавлении в буровой шлам *Rhodococcus erythropolis* AC-1339Д и *Fusarium* sp. №56 в соотношении 1:1 в присутствии пламилон и диаммофоса. В последствии полученный экологически безопасный органо-минеральный субстрат (рН 6-7), может быть использован для экологического экранирования (в т.ч. создания биологического фильтра) буровых скважин, буровых и шламовых амбаров, расслаивания грунтов, в качестве органо-минерального удобрения для сельского хозяйства и т.д., что создает замкнутый природоохранный цикл нефтегазодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности [6].

Известен способ утилизации бурового шлама, который заключается в производстве искусственного дерна, который обустривается последовательно – наложением однородной смеси бурового шлама и торфа (в количестве 10-60 % от массы бурового шлама) с травосмесью семян растений (в расчете 10-50 кг/га в зависимости от вида растений) и армированием смеси синтетической, быстрорастворимой органической либо металлической сеткой. Торфяной грунт в составе смесей выполняет роль наполняющего и сорбирующего материала, связывающего, деструктурирующего нефтяные компоненты и др. загрязняющие вещества и препятствующего их миграции в окружающую среду, а также роль гумуссированного субстрата, обуславливающего плодородие смеси, создание

оптимальных условий для произрастания растений – трав, кустарников и деревьев на биологическом этапе рекультивации [61].

Известен способ, рекультивации шламовых амбаров заключающийся в следующем: по периметру амбара (кроме стороны буровой установки) устраивается противофильтрационная траншея, в которую укладывается гидроизоляционная пленка с последующей засыпкой грунтом и возведением периметрального обвалования высотой не менее 1,0 м над уровнем заполнения шламового амбара; дно и стенки шламового амбара изолируются глинистым раствором толщиной не менее 0,1 метра; в шламовом амбаре размещаются отходы бурения не выше IV класса опасности; поверхность отходов бурения в шламовом амбаре не засыпается, а остается открытой для воздействия ультрафиолетового излучения солнца и кислорода атмосферного воздуха на отходы бурения; после осветления жидкой фазы и консолидации отходов бурения производится посадка черенков ивы на полочках, откосах обвалований и межсекционных перемычках, рогоза по урезу воды. В последующем буровые шламы трансформируются в почвообразующую породу, на которой развиваются зональные почвы и формируются устойчивые фитоценозы. Применение данного изобретения позволяет эффективно вовлечь в хозяйственный оборот выбуренную горную породу, исключив разработку и добычу дополнительных объемов песка и торфа (для засыпки шламового амбара), тем самым сохранив ненарушенными большие площади болотных ландшафтов [59].

Известен способ получения грунта при обезвреживании шламов, пригодного для использования в различных областях, в том числе и в сельском хозяйстве. Технический результат достигается за счет способа получения грунта при обезвреживании шламов с последующей рекультивацией, включающего извлечение нефтепродуктов из амбара или из резервуара, которое производят с последующим откачиванием из него бурового раствора, нейтрализацию шлама с помощью известняка, после чего шлам в амбаре подвергают перемешиванию с минеральными удобрениями и вносят биодеструктор для удаления остаточного содержания нефтепродуктов в соотношении 1:1, или кокосовый абсорбент в соотношении 1:0,5, или композицию, содержащую оксид кальция в количестве 70-75% и отработанный силикагель в количестве 25-30%, затем осуществляют перемешивание шлама с активированной торфяной крошкой, и/или песком, и/или суглинком, и/или опилками, после чего полученную смесь подвергают аэрации с последующим увлажнением [63].

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования является процесс преобразования бурового шлама в техногенных грунтов, не оказывающий негативного влияния на компоненты окружающей среды.

Предметом исследования является техногенных грунтов – грунтов, измененный, перемещенный или образованный в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека (улучшенные техногенно (переотложенные) грунты (антропогенно-образованные)).

Грунт это любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и как часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Отбор проб буровых шламов производился на территории Ханты-Мансийского автономного округа ПАО «ЛУКОЙЛ Западная Сибирь» Тевлинско-Русскинского, Нивагальского, Поточного, Урьевского и Покаческого месторождений, со шнекового конвейера или мест его накопления – шламового амбара, в зависимости от способа бурения нефтяных скважин – амбарное или безамбарное. Общее количество образцов буровых шламов на разных типах буровых растворов составило более 30 проб (ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03). В таблице 1 представлены образцы буровых шламов с применением разных типов буровых растворов.

Таблица 1

Перечень образцов буровых шламов на разных типах буровых растворов

Наименование образца бурового шлама	Расшифровка образцов буровых шламов
БШ _{с1}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением солевого бурового раствора на водной основе
БШ _{с2}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением солевого бурового раствора на водной основе
БШ _{с3}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением солевого бурового раствора на водной основе
БШ _{гр1}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением полимер-глинистого бурового раствора на водной основе
БШ _{гр2}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением полимер-глинистого бурового раствора на водной основе
БШ _{гр3}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением полимер-глинистого бурового раствора на водной основе
БШ _{ингр1}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением ингибированного полимер-глинистого бурового раствора на водной основе

БШ _{инг2}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением ингибированного полимер-глинистого бурового раствора на водной основе
БШ _{РУО1}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением бурового раствора на углеводородной основе
БШ _{РУО2}	буровой шлам, образованный в процессе бурения с применением бурового раствора на углеводородной основе

Примечание: с – солевой буровой раствор на водной основе; пг – полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; инг – ингибированный полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; РУО – буровой раствор на углеводородной основе.

Климатическая характеристика района принята по метеостанции Сургут согласно научно-прикладному справочнику по климату СССР, Серия 3, Многолетние данные, Части 1 – 6, Выпуск 17, Тюменская и Омская области.

Климат данного района резко континентальный. Зима суровая, холодная, продолжительная. Лето короткое, теплое. Короткие переходные сезоны – осень и весна. Поздние весенние и ранние осенние заморозки. Безморозный период очень короткий. Резкие колебания температуры в течение года и даже суток.

Среднегодовая температура воздуха – минус 5,2 °С, среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца января – минус 24,2 °С, а самого жаркого июля – 16,3 °С. Абсолютный минимум температуры – минус 53 °С, абсолютный максимум – 32 °С. Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца – 21,2 °С.

Температура воздуха наиболее холодной пятидневки 0,98 обеспеченности минус 48 °С; 0,92 обеспеченности – минус 46 °С. Температура воздуха наиболее холодных суток 0,98 обеспеченности минус 51 °С; 0,92 обеспеченности – минус 49 °С.

Продолжительность безморозного периода в среднем 101 день, максимальная – 122 дня, продолжительность с температурой воздуха ≤ 0 – 243 дня.

Осадков в районе выпадает много, особенно в теплый период с апреля по октябрь – 381 мм, в холодное время с ноября по март – 117 мм, годовая сумма осадков – 498 мм. Соответственно держится высокая влажность воздуха, средняя относительная влажность меняется от 71 до 85%.

Средняя дата образования снежного покрова 11.10, дата схода 18.05.

Сохраняется снежный покров 218 дней.

Средняя годовая скорость ветра – 4,1 м/с, средняя за январь – 3,7 м/с и средняя в июле – 4,4 м/с. В течение года преобладают ветры южного и юго-западного направления, в январе – южного и юго-западного, а в июле – северного и северо-восточного.

Согласно схеме инженерно-геологического районирования Западно-Сибирской плиты район относится к области (первого порядка) среднечетвертичных озерно-аллювиальных (перигляциальных) аккумулятивных равнин, сложенных многолетнемерзлыми и тальми сильноувлажненными породами. Как область второго порядка – Пим-Аганская область развития невысоких плоских очень сильно заболоченных среднечетвертичных озерно-аллювиальных равнин (рисунок 1).

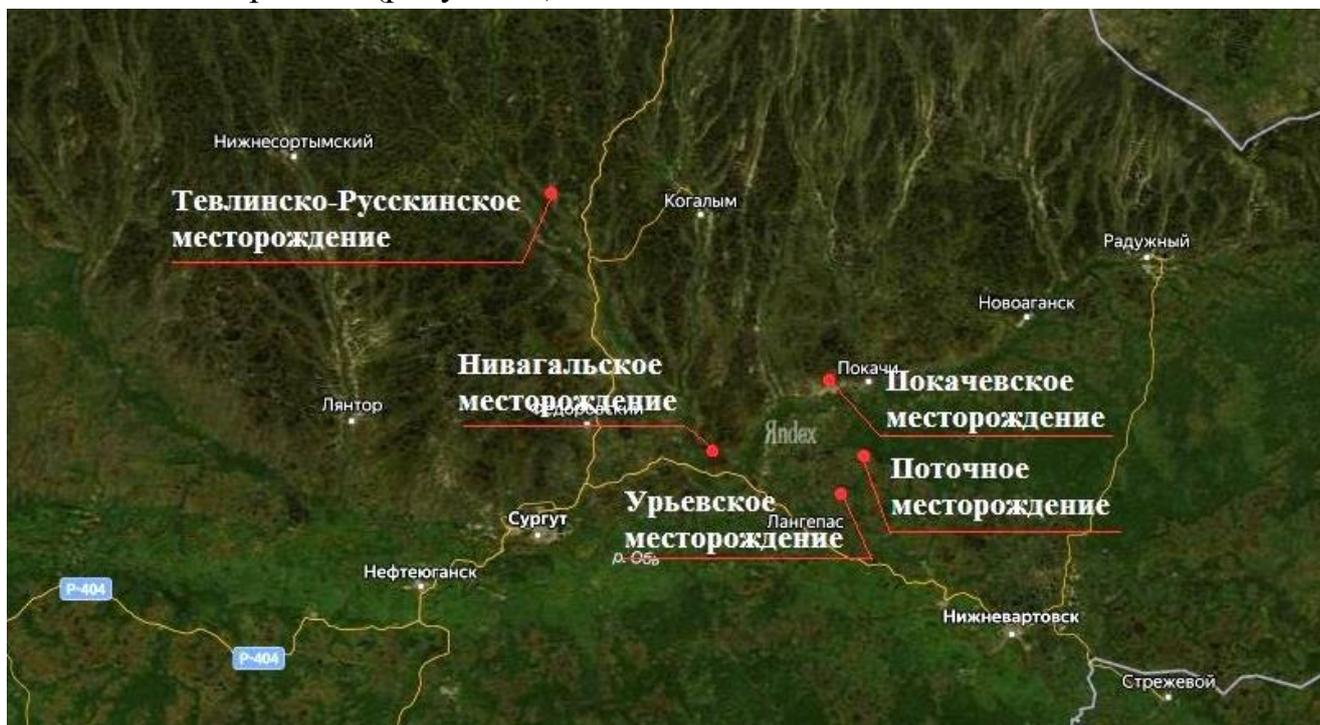


Рисунок 1 – Карта-схема мест отбора проб образцов буровых шламов

Используемые компоненты для утилизации буровых шламов:

мелиорирующие добавки:

Доломитовая мука (состоит из кристаллов (или их агрегатов) доломита рыхлая или сыпучая масса, применяемая в сельском хозяйстве для известкования почв. Природная доломитовая мука залегает среди доломитов, доломитизированных известняков, дедоломитов, других минералов и является продуктом их разрыхления и выщелачивания при выветривании).

Известь негашеная (оксид кальция, белое кристаллическое вещество используемое в основном в производстве строительных материалов, таких как цемент, силикатный кирпич и прочее).

Гипс (минерал из класса сульфатов, по составу гидрат сульфата кальция. Используется для недорогих ювелирных изделий, предметов интерьера, как удобрение и в целлюлозно-бумажной промышленности, в химической для получения красок, эмали, глазури).

Фосфогипс (кальций сульфат 2-водный ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$): фосфогипс представляет собой порошок белого или от светло-серого до тёмно-серого цвета, имеющий влажность 27-30% и не обладающий вяжущими свойствами. По химическому составу фосфогипс представляет собой двуводный гипс с примесями веществ как растворимых (фосфорная и серная кислоты, моно-и дикальцийфосфат, фторсиликаты, соли натрия и калия), так и нерастворимых (кремнезем, сокристаллизованные фосфаты, нерастворимые фосфаты и фториды и др.)).

Карналлит (минерал, двойная соль: водный хлорид калия и магния с примесями брома, рубидия и цезия. Является сырьём для получения калийной соли, удобрений, важный сырьевой источник для производства калия (K), брома (Br). Незначительный источник магния (Mg) в большинстве стран, но основное сырьё для производства магния в России; магний используется как восстановитель при производстве стратегического продукта – титана).

природные минеральные сорбенты:

Глауконит (минерал, водный алюмосиликат железа, кремнезема и оксида калия непостоянного состава. Химический состав: непостоянный. Сорбент обладает высокими абсорбционными и катионообменными свойствами. Ионообменная способность 0,1-0,4 моль/кг, пористость 20-25%, твердость 1,3-2,0, плотность 1,8-3,0, размер частиц от 0,03 до 0,65мм).

Диатомит (рыхлые или сцементированные кремнистые отложения, осадочная горная порода белого, светло-серого или желтоватого цвета, состоящая более чем на 50 % из панцирей диатомей. Используют в качестве натуральных инсектицидов, применяют в сельском хозяйстве, в металлургии, в водоочистке, в нефтехимии и строительстве).

2.1 Методы проведения химических, токсикологических и агрохимических исследований

Проведение исследований на физико-химические, механические, токсикологические свойства, осуществлялось в соответствии с методиками (методами), внесенными в федеральный реестр аттестованных методик (методов) выполнения измерений.

Методики проведения испытаний в лаборатории представлены в таблице 2. Рентгенофазовый анализ проводился на рентгеновском дифрактометре XRD-7000 фирмы «Shimadzu».

Таблица 2

Методики проведения испытаний в лаборатории

Наименование определяемого показателя	Нормативный документ на метод испытаний	Метод испытаний
рентгенофазовый анализ	Руководство по эксплуатации к прибору дифрактометру XRD-7000 фирмы «Shimadzu»	рентгеновской дифракции
гранулометрический состав	Руководство по эксплуатации к прибору Лазерный анализатор частиц «Analysette 22» MicroTecPlus	лазерной дифракции
нефтепродукты	ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.64-10 (ФР 1.31.2010.07598)	гравиметрический
водородный показатель рН	ГОСТ 26423-85	кондуктометрический
плотный остаток водной вытяжки	ГОСТ 26423-85	выпаривания
удельная электрическая проводимость	ГОСТ 26423-85	кондуктометрический
карбонат-ион (водорастворимая форма анионов)	ГОСТ 26424-85	титрования
хлорид-ион (водорастворимая форма анионов)	ПНД Ф 16.1:2.2.3:2.2.69-10	капиллярный электрофорез (КЭ) с косвенным детектированием при длине волны 254 нм
фторид-ион (водорастворимая форма анионов)	ПНД Ф 16.1:2.2.3:2.2.69-10	капиллярного электрофореза (КЭ) с косвенным детектированием при длине волны 254 нм
сульфат-ион (водорастворимая форма анионов)	ПНД Ф 16.1:2.2.3:2.2.69-10	капиллярного электрофореза (КЭ) с косвенным детектированием при длине волны 254 нм
кадмий (валовая форма)	М-МВИ 80-2008	атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС), атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС-ЭТ, ААС пламя)
мышьяк	ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.48-06	инверсионной вольтамперометрия
марганец (валовая форма)	М-МВИ 80-2008	атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС), атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС-ЭТ, ААС пламя)
ртуть	МИ 2878-2004	атомно-абсорбционный

свинец (валовая форма)	М-МВИ 80-2008	атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС), атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС-ЭТ, ААС пламя)
кобальт (валовая форма)	М-МВИ 80-2008	атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС), атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС-ЭТ, ААС пламя)
медь (валовая форма)	М-МВИ 80-2008	атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС), атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС-ЭТ, ААС пламя)
никель (валовая форма)	М-МВИ 80-2008	атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС), атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС-ЭТ, ААС пламя)
хром (валовая форма)	М-МВИ 80-2008	атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС), атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС-ЭТ, ААС пламя)
цинк (валовая форма)	М-МВИ 80-2008	атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС), атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС-ЭТ, ААС пламя)
токсичность острая	ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12-06 (Т16.1:2:2.3:3.9-06) ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (Т16.1:2:2.3:3.7-04) ФР.1.39.2015.19244 ФР.1.39.2007.03221	токсикологический
всхожесть и энергия прорастания	ГОСТ 12038-84	-
отбор проб	ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03	инструментальный

2.2 Определение биологической активности и оценка качества растений злаковых культур

Образец бурового шлама или техногенного грунта перемешивался и измельчался до однородного состояния. Для всех образцов определялась влажность, с учетом которой далее рассчитывали численность микрофлоры на 1 грамм сухой почвы.

Общее число микрофлоры определялось посевом в толщу мясопептонного агара (МПА). Для этого 1 мл исследуемой суспензии вносился в стерильную чашку Петри и заливался 25-30 мл теплой среды МПА. Перемешивался покачиванием и инкубировался при 30 °С в течение 3-5 суток. Численность выражается в миллионах клеток или колониеобразующих единиц на один грамм сухой пробы (млн КОЕ/г).

Численность *сапрофитной микрофлоры* (синонимы – гнилостной, аммонифицирующей белки) определялась посевом 0,1 мл разведений суспензии на поверхность МПА. Посевы подсчитывались через 3-5 суток термостатирования при 30 °С.

Численность *актиномицетов, микромицетов и бактерий, использующих органическое вещество без азота*, определялась посевом 0,1 мл разведений суспензии на поверхность крахмало-аммиачного агара (КАА). Посевы подсчитывались через 5-7 суток термостатирования при 30 °С.

Численность *углеводородокисляющих бактерий (УОБ)* определялась посевом 0,1 мл разведений суспензии на поверхность агаризованной минеральной среды Мюнца с нефтью в качестве единственного источника углерода и энергии. Посевы подсчитывались через 7-10 суток термостатирования при 30 °С.

Численность микромицетов отдельно определялась посевом 0,1 мл разведений суспензии на поверхность среды Чапека. Посевы подсчитывались через 3-5 суток термостатирования при 30 °С.

Всхожесть и энергия прорастания семян

Для оценки всхожести и энергии прорастания семена вида многолетних растений семейства злаковых – овсяница красная (*Festuca rubra*), мятлик луговой (*Poa pratensis*) и вида однолетних растений семейства злаковых – кострец безостый (*Brōmus inermis*) раскладывались на двух слоях увлажненной бумаги в чашках Петри. Чашки Петри помещались в термостаты с поддержанием установленной температуры, которая проверялась трижды в день (утром, в середине дня и вечером) с отклонением не более чем на $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Состояние увлажненности ложа проверялось ежедневно, при необходимости смачивалось водной вытяжкой комнатной температуры, не допуская переувлажнения. Также обеспечивалась постоянная вентиляция в термостатах – ежедневно на несколько секунд приоткрывались крышки чашек Петри (ГОСТ 12038-84).

Лабораторный опыт всхожести семян

Лабораторный опыт всхожести семян делали в трех кратной повторности, объем сосуда до 1 дм³. Сосуды закрывали пленкой для снижения испарения и проращивали в условиях искусственного освещения при температуре 22-24⁰С. Ежедневно делали контрольные взвешивания сосудов и добавляли по массе,

испарившейся за сутки, количество воды. Сосуды контрольных вариантов увлажняли водой.

Через 10-14 суток подсчитывали число проростков, вытаскивали их из техногенного грунта и учитывали следующие морфометрические параметры: число зародышевых корней и длину растения.

Контроль состояния растительного покрова на опытных участках при полевом опыте проведен на основании разработанных методик полевых наблюдений, учитывающих следующие показатели:

1. Проективное покрытие почв растительностью;
2. Высота надземной части побегов;
3. Масса вегетативных надземных побегов;

Оценку качества проведения работ необходимо проводить после завершения посевных мероприятий в конце вегетационного периода текущего года, а также на 2-ой и 3-ий год.

1. Проективное покрытие почв растительностью

При проведении точных инструментальных измерений проективного покрытия почв растительностью используется сетка Раменского или рамка-квадрат площадью 1 м², 0,25м².

2. Морфометрические показатели растений

Наиболее показательным критерием состояния растений в данном случае является высота надземных побегов. Для определения высоты злаков производят измерение образцов растений равномерно распределенных по участку наблюдений с использованием мерной линейки, установленной от узла кущения на уровне почвы до верхушки наиболее высокого надземного побега.

3. Масса вегетативных надземных побегов

Для определения массы надземных побегов с определенной площади срезают надземные побеги, затем проводят взвешивание сырой массы и рассчитывают на определенную единицу измерения. В диссертационной работе расчеты проведены в граммах на 1 кв.м.

2.3 Варианты утилизации буровых шламов с получением техногенных грунтов

Варианты проведенных экспериментов по утилизации бурового шлама с получением техногенных грунтов в лабораторных условиях, заложенных в трехкратной повторности представлены в таблице 3.

По результатам оценки проведения лабораторных исследований было выделено несколько наилучших вариантов утилизации с их последующем

проведением в полевых условиях (таблица 4). Делянки были размерами 1м x 3м, высота слоя техногенных грунтов – 0,2 м, опыт проведен в трехкратной повторности.

Для закладки опытов была использована смесь многолетних злаковых растений: мятлик луговой, кострец безостый, овсяница красная. Посев семян трав проводился из расчета 120 кг/га.

Таблица 3

Варианты утилизации буровых шламов в лабораторных условиях

Наименование компонента	Номер варианта, объемная доля %												
	<i>Контроль</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
<i>Диатомит</i>	-	10						-					
<i>Глауконит</i>	-	-						10					
Буровой шлам	100	80	40	80	40	80	40	80	40	80	40	80	40
Доломитовая мука	-	-	-	10	10	-	-	-	-	10	10	-	-
Гипс	-	10	10	-	-	-	-	10	10	-	-	-	-
Фосфогипс	-	-	-	-	-	10	10	-	-	-	-	10	10
Торф низовой	-	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40
Гум. пр-т. «Росток»	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+

Таблица 4

Варианты утилизации буровых шламов в полевых условиях

Вариант	Компонент						
	БШ	доломит	гипс	диатомит	глауконит	торф низовой	гум. пр-т. «Росток»
1	100	-					
2	80	10	-	10	-	-	-
3	40					40	+
4	80	-	10	-	10	-	-
5	40					40	+

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУРОВЫХ ШЛАМОВ

Бурение представляет собой процесс механической проходки породоразрушающим инструментом горных пород, сопровождающийся выносом выбуренной породы выдавливаемой под давлением жидкостью (буровым раствором). Бурение скважин для условий Западной Сибири осуществляется в осадочных отложениях, в которых наиболее распространены являются глинистые минералы (их доля составляет 70-80%) [73].

Глинистые минералы выбуренной породы (монтмориллонит, каолинит, иллит) в процессе забоя скважины пропитываются буровым раствором и выносятся на дневную поверхность. Частицы глинистых минералов выбуренной породы находятся в буровом растворе, в результате этого происходит адгезионное присоединение к частицам водных коллоидно-суспензионных систем из буровых растворов. На изменение физико-химических свойств частиц выбуренной породы при превращении их в буровые отходы влияет тип бурового раствора. Поры частиц породы заполняются дисперсионной средой бурового раствора, поверхность глинистых частиц модифицируется, на внешней и внутренней поверхности частиц выбуренной породы адсорбируются вещества различной природы (тяжелые металлы, хлориды, сульфаты, нефтепродукты) [4163].

Химические реагенты, вводимые в буровой раствор используются для регулирования щелочности, ингибирования глинистых сланцев и обуславливают щелочную реакцию и засоленность буровых шламов в сравнении с природными поверхностными суглинистыми отложениями таежной зоны Западной Сибири.

3.1 Исследования гранулометрического состава бурового шлама

Фазовым анализом называется установление числа фаз в данной системе и их идентификация.

Рентгеновский метод фазового анализа основан на том, что каждое кристаллическое вещество дает специфическую интерференционную картину с определенным количеством, расположением и интенсивностью интерференционных линий, которые определяются природой и расположением атомов в данном веществе. Так как почти нет двух кристаллических веществ, которые обладали бы одинаковой во всех отношениях кристаллической структурой, то рентгенограммы почти однозначно характеризуют данное вещество и никакое другое. В смеси нескольких веществ каждое из них дает свою картину рентгеновской дифракции независимо от других. Полученная рентгенограмма

смеси представляет собой сумму ряда рентгенограмм, которые получились бы, если бы на одну и ту же пленку поочередно снимали каждое вещество в отдельности.

Различные особенности кристаллической структуры глинистых минералов обуславливают их весьма разнообразные физико-химические свойства. Емкость катионного обмена (обменная емкость) служит косвенным показателем способности глинистых минералов оказывать влияние на процессы, протекающие в породах, в том числе на формирование экранирующих свойств пород [4663].

Наибольшую роль в свойствах буровых шламов играют глинистые минералы – способствуют набуханию за счет мелкодисперсных частицы. К данному ряду минералов можно отнести по способности к набуханию: монтмориллонитовые > гидрослюдистые > каолинитовые.

Результаты исследований содержания глинистых минералов в буровых шламах представлено на рисунке 3.



Рисунок 2 – Результаты рентгеноструктурного анализа

На основании рентгеноструктурного анализа определён минералогический состав бурового шлама (таблица 5). Установлено высокое содержание кальцита, плагиоклаза, кварца, калиевого полевого шпата (КПШ).

Таблица 5

Минералогический состав средней пробы буровых шлам от групп месторождений ХМАО-Югра

Содержание минералов, %										
Кварц	КПШ	Плагиоклаз	Хлорит	Каолинит	Иллит	ССО	Кальцит	Доломит	Сидерит	Пирит
18,2	13,6	19,2	1,1	6,3	3,3	2,6	31,9	1,1	1,2	1,5

Примечание: ССО – смешанослоистый минерал, представляющий чередующиеся слои гидрослюды и монтмориллонита.

При анализе содержания глинистых минералов в составе проб бурового шлама было выявлено, что наибольший процент составляют каолинит, хлорит и гидрослюда от общего содержания глинистых минералов.

Существенным вопросом с точки зрения возможности использования буровых шламов для биологической рекультивации (техногенный грунт) является гранулометрический состав. Результаты гранулометрического состава образцов бурового шлама представлены в таблице 6.

Таблица 6

Результаты гранулометрического состава образцов бурового шлама отобранного на территории месторождений ХМАО

№ п/п	Диаметр частиц, мм							Классификация по механическому составу
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01	
БШ _{с1}	4,95	2,75	62,68	0,01	11,12	18,49	29,62	Суглинок легкий
БШ _{с2}	4,59	1,19	57,78	0,01	17,97	18,46	36,44	Суглинок средний
БШ _{с3}	0,73	2,02	5,16	0,00	11,37	80,72	92,09	Глина тяжелая
БШ _{пг1}	2,61	9,12	54,28	0,06	20,11	13,82	33,99	Суглинок средний
БШ _{пг2}	3,58	7,28	52,33	0,08	18,69	18,04	36,81	Суглинок средний
БШ _{пг3}	2,29	3,38	58,92	0,22	19,80	15,39	35,41	Суглинок средний
БШ _{инг1}	0,24	0,65	0,00	0,00	35,51	63,60	99,11	Глина тяжелая
БШ _{инг2}	0,12	10,05	51,68	12,85	21,62	3,68	38,15	Суглинок средний
БШ _{ру01}	0,00	0,74	1,03	0,00	1,29	96,94	98,23	Глина тяжелая
БШ _{ру02}	0,20	0,72	2,02	0,01	11,29	85,76	97,06	Глина тяжелая
Минимум	0,00	0,65	0,00	0,00	1,29	3,68	29,62	
Максимум	4,95	9,12	58,92	12,85	35,51	96,94	99,11	

Примечание: с – солевой буровой раствор на водной основе; пг – полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; инг – ингибированный полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; РУО – буровой раствор на углеводородной основе.

По результатам оценки содержания групп гранулометрических элементов, буровые шламы относятся от суглинка легкого до глины тяжелой. Буровой раствор в своем составе содержит бентониты в большем количестве, что влияет на гранулометрический состав (< 0,001), происходит увеличение содержания группы физической глины.

При определении распределения дисперсных частиц по фракциям выявлено, что в образцах БШ_{с3}, БШ_{инг1}, БШ_{ру01}, БШ_{ру02} было преобладание физической глины – илистой фракции, что позволяет отнести твердую фазу отходов к классификации глина тяжелая. Илестая фракция, из-за своей гидрофильности и мелкодисперсного размера частиц, образует с жидкой фазой отходов дисперсную систему, которая при отсутствии внешних воздействий остается устойчивой на долгое время.

Высокое содержание физической глины в буровых шламах обуславливает отрицательные физико-химические свойства отхода (набухаемость, низкая фильтрация).

Основными фракциями в составе буровых шламов являются фракции с размером частиц 0,05-0,01, 0,005-0,001, < 0,001 и < 0,01 0,05 до 0,005 мм и менее 0,005 мм. Это свидетельствует о том, что в составе буровых шламов преобладают глинистые и пылеватые частицы.

3.2 Исследование химического состава буровых шламов

Содержание в буровых шламах водорастворимых солей (хлорид-ионов, сульфат-ионов) приводит к токсическому действию на живые организмы. Довольно значимую роль имеют водорастворимые хлориды, в меньшей степени – сульфаты. Это объясняется тем, что сульфаты, обладая наименьшей подвижностью, фиксируются в твердой фазе буровых шламов. В свою очередь, хлориды как наиболее подвижная водорастворимая форма анионов, обладают способностью к миграции. Результаты исследований химического состава образцов буровых шламов представлены в таблице 7.

Тип засоления определялся по соотношению содержания ионов Cl^- и SO_4^{2-} в водной вытяжке (Cl^-/SO_4^{2-}): хлоридный тип – $Cl^-/SO_4^{2-} > 2,5$; Сульфатно-хлоридный тип – $1,5 < Cl^-/SO_4^{2-} \leq 2,5$; хлоридно-сульфатный тип – $1 < Cl^-/SO_4^{2-} \leq 1,5$; сульфатный тип – $Cl^-/SO_4^{2-} < 1,0$.

Таблица 7

Результаты исследований химического состава образцов буровых шламов

Наименование показателя	Сульфат-ион (водорастворимая форма), мг/кг	Хлорид-ион (водорастворимая форма), мг/кг	Плотной остаток водной вытяжки, %	pH, ед.рН
БШ _{с1}	93,0±14,0	6568,0±985	2,48±0,17	7,7±0,10
БШ _{с2}	57,0±9,0	4778,0±717	2,25±0,16	7,26±0,10
БШ _{с3}	1084,0±163	494,0±74	1,67±0,117	8,36±0,10
БШ _{пг1}	75,0±11,3	750,0±112	0,3±0,03	7,9±0,20
БШ _{пг2}	125,0±18,8	234,0±35	0,21±0,021	8,31±0,10
БШ _{пг3}	105,0±15,8	198,0±30	0,22±0,022	8,2±0,10
БШ _{ипг1}	90,0±13,5	394,0±59	0,21±0,021	8,31±0,10
БШ _{ипг2}	80,0±12,0	353,0±53	0,22±0,022	8,31±0,10
БШ _{РУО1}	140,0±21,0	4049,0±607	0,83±0,083	7,31±0,10
БШ _{РУО2}	140,0±21,0	2690,0±403	1,02±0,714	7,31±0,10

Примечание: с – солевой буровой раствор на водной основе; пг – полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; ипг – ингибированный полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; РУО – буровой раствор на углеводородной основе.

По типу засоления рассматриваемые пробы буровых шламов в большинстве случаев относились к хлоридному типу засоления, в частности буровые шламы на солевом, ингибированном полимер-глинистом растворах и растворе на углеводородной основе, значения варьировались от 10 до 83,8 раз. Сульфатный тип засоления наблюдался в пробе БШ_{с3} и отношение Cl^-/SO_4^{2-} составило 0,46 раз. При анализе буровых шламов на полимер-глинистом растворе был выявлен сульфатно-хлоридный тип засоления с отношением Cl^-/SO_4^{2-} в 1,88 раз.

По степени засоления буровые шламы на солевом растворе относятся к средnezасоленным, на углеводородной основе к слабозасоленным. Пробы бурового шлама на полимер-глинистом и ингибированном полимер-глинистом растворах БШ_{пт2}, БШ_{пт3}, БШ_{инг1}, БШ_{инг2} являются незасоленными.

Результаты исследований образцов буровых шламов показывают, что уровень содержания водорастворимым солей зависит от типа используемого бурового раствора. Высокая доля нахождения водорастворимых солей отмечалась в буровом шламе на солевом и углеводородном растворах, при этом наибольшее значение хлорид-ионов составило от 4049 до 6568 мг/кг.

По уровню водородного показателя среды пробы бурового шлама можно отнести от нейтральной до слабощелочной среды – 7,26 ед. рН и 8,36 ед. рН соответственно. Высокая щелочность буровых шламов негативно воздействует на почвенный покров и растительность.

Отрицательным воздействием на почвенный покров обладают нефть и нефтепродукты содержащиеся в буровых шламах. Концентрация нефтепродуктов в буровых шламах находилась в пределах от 0,11% до 0,96% (от 1100 мг/кг до 9600 мг/кг).

Содержание тяжелых металлов зависит не только от компонентов, входящих в состав бурового раствора, но и от свойств выбуренной горной породы. Тяжёлые металлы в образцах буровых шламов находятся в малодоступной для биологического усвоения форме, и в таком виде не могут обладать токсичностью для живых организмов. Максимальное содержание наблюдалось по марганцу и составило от 125,0 до 625,0 мг/кг (таблица 8).

Содержание тяжелых металлов по степени их убывания отражено в следующем ряду: $Mn > Zn > Pb > Cu > Co > As$. При сравнении концентраций тяжелых металлов в проб буровых шламов с кларками в литосфере, выявлено превышение во всех образцах по мышьяку в 23,6 раз, а также по свинцу в двух пробах в 1,7 и 2,2 раза соответственно.

Таблица 8

Химический состав проб буровых шламов с применением разных типов буровых растворов

Наименование показателя	Ед. изм.	БШ _{с1}	БШ _{с2}	БШ _{с3}	БШ _{пг1}	БШ _{пг2}	БШ _{пг3}	БШ _{ипг1}	БШ _{ипг2}	БШ _{рУО1}	БШ _{рУО2}	Кларки микроэлементов в литосфере
Валовое содержание тяжелых металлов												
Марганец (валовая форма)	мг/кг	625,0±125	298,0±60,0	601,0±120	530,0±106	619,0±124	420,0±84,0	125,0±25,0	321,0±64,4	406,0±81,2	332,0±66,4	850,0
Медь (валовая форма)	мг/кг	21,0±6,3	40,0±12,0	23,0±7,0	<20,0	<20,0	<20,0	18,0±5,4	20,0±6,0	16,0±4,8	23,0±7,0	45,0
Свинец (валовая форма)	мг/кг	33,00±10,0	44,0±13,0	<10,00	20,0±6,0	20,0±6,0	14,0±4,2	6,0±1,8	20,0±6,0	<10,00	<10,00	20,0
Цинк (валовая форма)	мг/кг	41,0±10,3	67,0±16,8	147,0±37,0	40,0±10,0	39,0±10,0	30,0±7,5	12,0±3,0	32,0±8,0	39,0±10,0	29,0±7,3	95,0
Кадмий (валовая форма)	мг/кг	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	0,3
Кобальт (валовая форма)	мг/кг	5,4±1,8	6,7±2,3	8,0±3,0	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	0,2±0,07	<5,00	<5,00	19,0
Мышьяк	мг/кг	3,06±0,92	3,90±1,2	3,11±0,93	2,21±0,66	2,67±0,8	1,88±0,56	0,21±0,06	2,0±0,6	2,02±0,6	2,87±0,86	1,3
Никель (валовая форма)	мг/кг	<50,00	<50,00	<50,00	<50,00	<50,00	<50,00	<50,00	<50,00	<50,00	<50,00	68,0
Ртуть	мг/кг	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,24±0,12	0,4
Хром (валовая форма)	мг/кг	32,0±9,6	34,0±10,2	31,0±9,0	42,0±12,6	44,0±13,2	32±9,6	2,0±0,6	11,0±3,3	22,0±6,6	16,0±4,8	90,0
Содержание нефтепродуктов												
Нефтепродукты	%	0,17±0,08	0,70±0,32	0,96±0,43	0,11±0,05	0,13±0,06	0,14±0,06	0,31±14	0,26±0,12	0,45±0,20	0,18±0,08	-

Примечание: кларки микроэлементов в литосфере осадочных (глины) приняты по К.К. Турекьяну, К.Х. Ведеполу; с – солевой буровой раствор на водной основе; пг – полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; ипг – ингибированный полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; РУО – буровой раствор на углеводородной основе.

Буровые шламы представляют собой существенный фактор загрязнения окружающей среды Западной Сибири, компоненты которого обладают значительным токсическим действием [7163].

Степень токсичности буровых шламов обусловлена совместным действием компонентов, входящих в состав буровых растворов, и способных в растворенном или взвешенном состоянии переходить в водную среду (нефтепродукты, водорастворимые соли, тяжелые металлы). Более высокой токсичностью обладают буровые шламы, в которых используется солевой раствор.

Концентрация *Paramecium caudatum Ehrenberg* в кювете определялась на концентратомере «БИОТЕСТЕР-2М» [3663].

Инфузория *Paramecium caudatum Ehrenberg* является одним из наиболее часто используемых тест-объектов для лабораторных исследований, направленных на определение прямого действия химических соединений.

Результаты экспериментальных исследований влияния водных вытяжек из бурового шлама представлены в таблице 9.

Таблица 9

Определение острой токсичности на тест-объекте *Paramecium caudatum Ehrenberg*

Наименование пробы	Индекс токсичности, у.е.	
	Кратность разбавления, раз	
	1	10
БШ _{с1}	0,69	0,37
БШ _{с2}	0,61	0,29
БШ _{с3}	0,66	0,31
БШ _{пг1}	0,46	0,26
БШ _{пг2}	0,51	0,29
БШ _{пг3}	0,43	0,20
БШ _{ипг1}	0,54	0,32
БШ _{ипг2}	0,49	0,29
БШ _{рУО1}	0,63	0,31
БШ _{рУО2}	0,68	0,36

Примечание: с – солевой буровой раствор на водной основе; пг – полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; ипг – ингибированный полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; РУО – буровой раствор на углеводородной основе.

При определении острой токсичности водной вытяжки проб буровых шламов летальная кратность разбавления вытяжки, вызывающую гибель 50 % тест-объектов *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg* за 48-часовую экспозицию, варьировалась в пределах 2,52-4,23 раз, безвредная кратность разбавления, вызывающая гибель не более 10 % тест-объектов за 48-часовую экспозицию, составила 10 раз (таблица 10).

Таблица 10

Определение острой токсичности на тест-объекте *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg*

Наименование пробы	Гибель цериодафний, % / шт.			ЛКР 50-48, раз	БКР 10-48, раз
	Кратность разведения, раз				
	1	10	100		
БШ _{с1}	100/20	5/1	0/0	3,90	10,00
БШ _{с2}	100/20	5/1	0/0	3,78	10,00
БШ _{с3}	100/20	10/2	0/0	4,23	10,00
БШ _{пг1}	90/18	5/1	0/0	2,76	10,00
БШ _{пг2}	85/17	5/1	0/0	2,52	10,00
БШ _{пг3}	90/18	5/1	0/0	2,64	10,00
БШ _{инг1}	85/17	5/1	0/0	2,53	10,00
БШ _{инг2}	85/17	5/1	0/0	2,47	10,00
БШ _{рУО1}	100/20	10/2	0/0	3,86	10,00
БШ _{рУО2}	100/20	10/2	0/0	3,84	10,00

Примечание: с – солевой буровой раствор на водной основе; пг – полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; инг – ингибированный полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; РУО – буровой раствор на углеводородной основе.

При оценке летальной кратности разбавления (ЛКР) можно сделать вывод о том, что пробы бурового шлама на солевом растворе и углеводородном оказывают большее токсическое воздействие на *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg*.

Наиболее универсальным тест-объектом по чувствительности и адекватности реагирования на различные токсиканты признан вид Дафний – *Daphniatagna Straus* (таблица 11).

Таблица 11

Определение острой токсичности на тест-объекте *Daphnia magna Straus*

Наименование пробы	Гибель дафний, % / шт.					ЛКР 50-48, раз	БКР 10-48, раз
	Кратность разведения, раз						
	1	10	100	1000	10000		
БШ _{с1}	100/10	0/0	0/0	0/0	0/0	3,20	7,90 / 10
БШ _{с2}	100/10	0/0	0/0	0/0	0/0	3,29	7,90/ 10
БШ _{с3}	100/10	0/0	0/0	0/0	0/0	3,15	7,90/ 10
БШ _{пг1}	80/8	0/0	0/0	0/0	0/0	2,64	6,00/ 10
БШ _{пг2}	70/7	0/0	0/0	0/0	0/0	2,31	6,00/ 10
БШ _{пг3}	80/8	0/0	0/0	0/0	0/0	2,96	6,00/ 10
БШ _{инг1}	70/7	0/0	0/0	0/0	0/0	2,42	6,00/ 10
БШ _{инг2}	50/5	0/0	0/0	0/0	0/0	1,85	6,00/ 10
БШ _{рУО1}	100/10	0/0	0/0	0/0	0/0	3,12	7,9/ 10
БШ _{рУО2}	100/10	0/0	0/0	0/0	0/0	3,05	7,9/ 10

Примечание: с – солевой буровой раствор на водной основе; пг – полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; инг – ингибированный полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; РУО – буровой раствор на углеводородной основе.

Результаты исследований острой токсичности водной вытяжки образцов буровых шламов показали, что летальная кратность разбавления вытяжки

отхода, вызывает гибель 50 % тест-объектов за 48-часовую экспозицию, и варьировала в пределах 1,85-3,20 раз. Исследования безвредной кратности разбавления водной вытяжки шлама указывают, что гибель тест-объектов *Daphniatagna Straus* за 48-часовую экспозицию не более 10 % достигается при среднем разбавлении в 10 раз.

Наибольшее токсикологическое воздействие на *Clorella vulgaris Beijer* оказывали пробы вытяжки бурового шлама на полимер-глинистом, ингибированном полимер-глинистом и углеводородном растворах, химический состав которых способствовал подавлению или стимуляции роста зеленой водоросли (таблица 12).

Таблица 12

Определение острой токсичности на тест-объекте *Clorella vulgaris Beijer*

Наименование пробы	Кратность разведения, раз				
	1	10	100	1000	10000
	Снижение/увеличение величины оптической плотности культуры, %				
БШ _{с1}	42,6	36,9	17,3	12,2	10,0
БШ _{с2}	-56,72	-34,24	8,07	10,14	11,6
БШ _{с3}	-41,23	-37,79	12,8	8,9	7,3
БШ _{пг1}	48,34	32,77	17,3	13,4	9,85
БШ _{пг2}	64,31	45,3	32,1	19,4	16,9
БШ _{пг3}	42,9	30,13	19,1	17,3	15,2
БШ _{инг1}	-44,3	-33,28	-12,3	-10,3	-9,1
БШ _{инг2}	65,3	39,3	22,7	12,6	10,3
БШ _{УО1}	70,78	46,21	20,0	17,6	11,3

Примечание: с – солевой буровой раствор на водной основе; пг – полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; инг – ингибированный полимер-глинистый буровой раствор на водной основе; УО – буровой раствор на углеводородной основе.

Снижение величины оптической плотности культуры водоросли на менее чем 20 % или увеличении на 30 % и менее в водных вытяжках бурового шлама на разных типах бурового раствора по сравнению с контролем за 22 часовую экспозицию достигалось в диапазоне кратности разбавления от 10 до 100 раз.

По итогам анализа полученных данных, в результате проведения токсикологического воздействия на выбранные виды гидробионтов как тест-объектов (*Paramecium caudatum Ehrenberg*, *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg*, *Daphnia magna Straus*, *Clorella vulgaris Beijer*), можно сделать вывод о степени негативного воздействия на окружающую среду и отнести все изученные образцы буровых шламов с использованием разных типов буровых растворов к IV классу опасности для окружающей природной среды.

ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРИРУЮЩИХ ДОБАВОК И ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БУРОВОГО ШЛАМА

Применение разных типов буровых растворов при бурении скважин, в состав которых входят такие компоненты, как едкий калий, кальцинированная сода, хлорид кальция, хлорид калия, известь и т.д., оказывают токсическое действие на компоненты окружающей природной среды. Щелочность буровых отходов связана с высоким содержанием водорастворимых солей и является причиной отрицательного воздействия на почвенный покров и растительность.

Лабораторные исследования по изменению химических свойств путем внесения мелиорантов в разных объемах в буровые шламы проводились с целью изменения уровня фитотоксического воздействия на растения злаковых культур.

Соли в буровых шламах находятся в различных состояниях в зависимости от их количества и свойств (например, растворимость), влажности бурового шлама и структуры порового пространства. Часть солей находится в растворе, где они диссоциируют на ионы с различной степенью подвижности. Часть ионов адсорбирована твердой фазой почвы. Некоторое их количество находится в тупиковых порах, образующих застойные зоны. Нерастворенные соли могут покрывать скопления кристаллов, вплоть до прослоев солей.

Движение солей в буровом шламе может происходить при передвижении влаги. Оно осложняется электрокинетическими явлениями, вызванными взаимодействием ионов солей с диполями молекул воды, диффузионными процессами из-за разности концентрации раствора, осмотическими явлениями, термодиффузионными процессами из-за разности температур, процессами сорбции и десорбции, растворения и кристаллизации солей [2063].

4.1 Влияние мелиорантов на химический состав бурового шлама

С целью снижения токсичных свойств буровых шламов необходимо осуществлять изменения химического состава, путем внесения химических реагентов, например мелиорантов – гипс, фосфогипс и пр.

Этот процесс осуществляется путем смешения в определенных пропорциях мелиорирующих добавок и буровых шламов.

Буровой шлам способен поглощать и удерживать растворенные в воде соли магния, натрия и т.д. Объясняется это тем, что частицы благодаря силам молекулярного притяжения способны притягивать и с большой силой удерживать на поверхности молекулы различных веществ.

Способность бурового шлама поглощать вещества из раствора во многом зависит от содержания в нем мельчайших частиц, главным образом – коллоидных. В основе такой связи лежит сила молекулярного притяжения (адсорбция). Причина, препятствующая отдельным коллоидным частицам притягиваться и соединяться друг с другом в более крупные агрегаты, – одноименность их электрических зарядов.

Поглощенные катионы прочно удерживаются на поверхности коллоидных частиц и могут быть вытеснены обратно другими катионами. Вследствие этого поглощение ионов является по существу обменом катионов на поверхности мельчайших частиц бурового шлама (обменная адсорбция).

Чем больше коллоидов в буровом шламе, тем больше его емкость поглощения, т.е. максимальное количество катионов, которые они способны поглотить из бурового раствора.

Поглощающий комплекс бурового шлама благодаря адсорбционной способности своих отрицательно заряженных коллоидных частиц насыщен катионами. Но качественный состав поглощенных катионов зависит от химических реагентов буровых растворов. У одних БШ поглощающий комплекс насыщен главным образом Ca^{2+} и Mg^{2+} , у других – Na^+ , у третьих – H^+ , Al^{3+} и т.д.

Состав поглощенных катионов непосредственно сказывается на свойствах буровых шламов. Так, БШ, содержащий в своем поглощающем комплексе только поглощенный натрий Na^+ , обладают очень непрочной структурой, при увлажнении они расплываются в непроницаемую для воды и воздуха вязкую массу, а при высыхании резко сокращаются в объеме, образуют трещины и превращаются в монолитные, очень крепкие глыбы, трудно поддающиеся обработке.

Поглощенные катионы оказывают сильное влияние и на химические свойства бурового шлама. Буровые шламы, в поглощающем комплексе, которого находится натрий, имеют щелочную реакцию. Высокая щелочность резко ухудшает водно-физические свойства буровых шламов, усиливает пептизацию коллоидов, угнетает развитие растений, нарушая ход физиологических процессов.

Внесение мелиорантов (доломитовая мука, гипс, фосфогипс, известь негашеная и карналлит) в различных дозах в буровой шлам, представлены на рисунках 3-7.

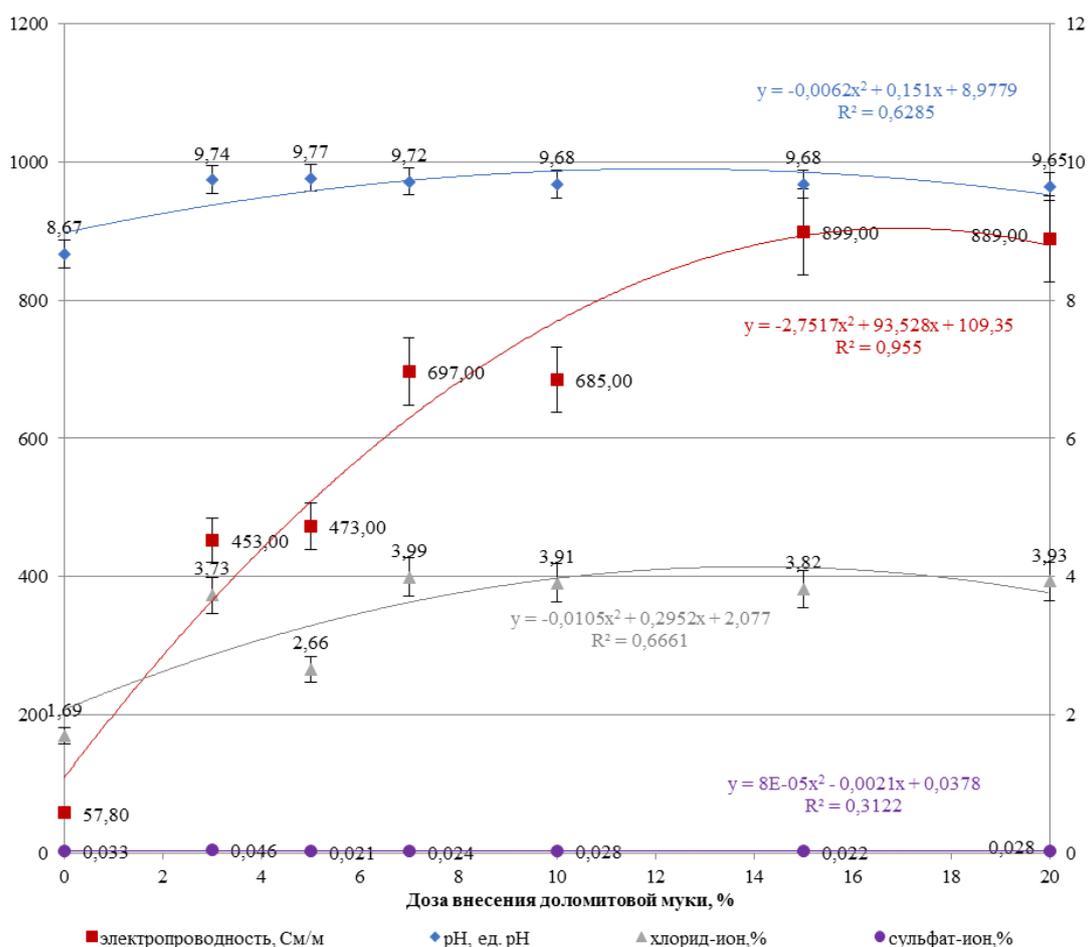


Рисунок 3 – Влияние внесения доломитовой муки на солевой состав бурового шлама

Результаты исследований внесения доломитовой муки в буровой шлам показали, что происходит увеличение реакции среды в слабощелочную сторону, значения варьировались от 9,65 ед. pH до 9,77 ед. pH. С повышением дозы внесения мелиоранта концентрация хлорид-ионов увеличивалась до 2,3 раза по отношению к контрольному образцу – 1,69%, обратный эффект наблюдался у сульфат-ионов со снижением до 1,5 раз (хлоридно-сульфатное засоление). Электропроводность возрастала в более чем 7,8 раз, что свидетельствует о том, что часть водонерастворимых солей была переведена в водорастворимую форму.

Увеличение концентрации водорастворимых солей в водной вытяжке напрямую зависит от дозы доломитовой муки, о чем свидетельствует высокий уровень связи между дозой внесения мелиоранта и значений электропроводности, что указывает на корреляционную зависимость – прямая сильная связь 0,9.

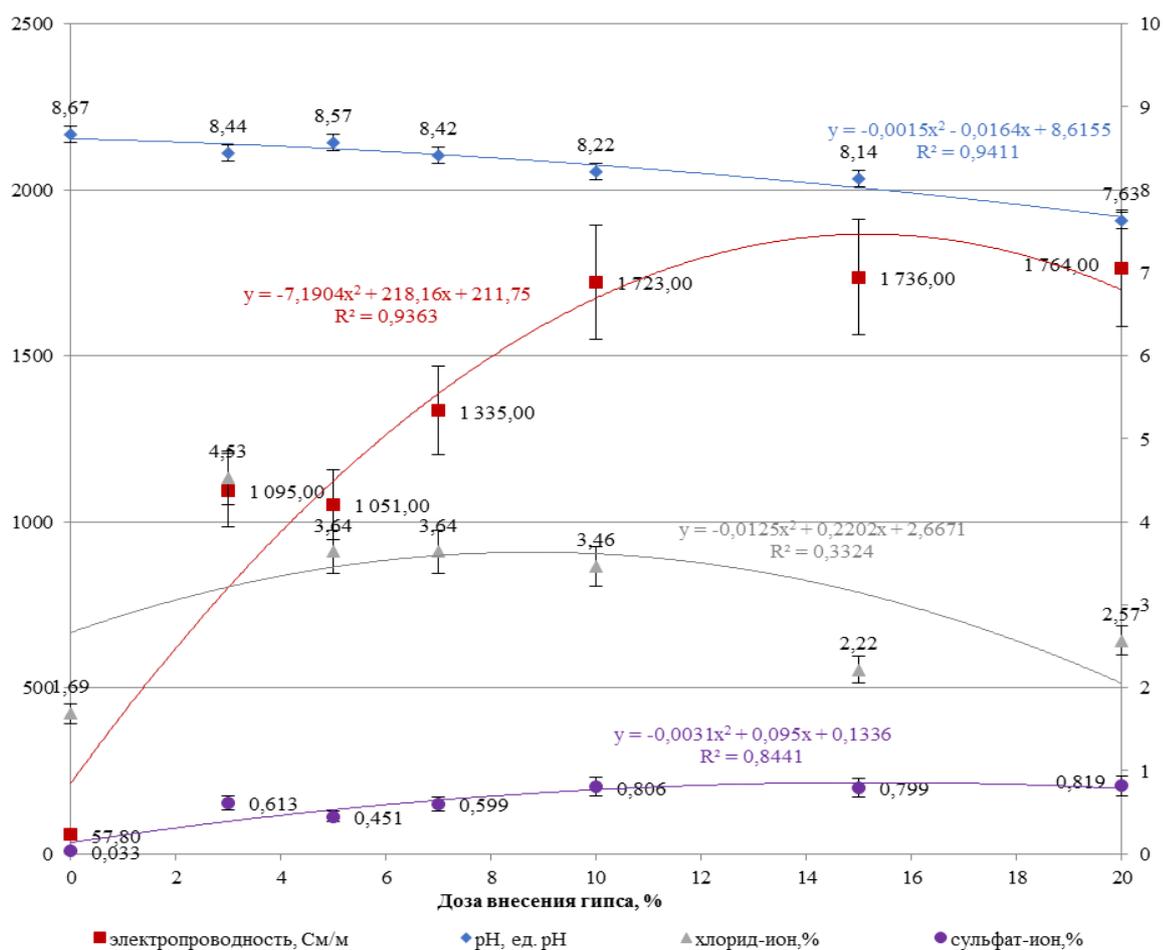


Рисунок 4 – Влияние внесения гипса на солевой состав бурового шлама

При внесении гипса в буровой шлам в разных процентных соотношениях от объема отхода (3%-20 %) было выявлено незначительное изменение концентрации хлорид-иона – возрастание до 2,2 раз и варьировавшегося в диапазоне 2,22-3,64 %, при этом наблюдалось хлоридно-сульфатное засоление. Содержание сульфат-иона возрастает при минимальной дозе внесения мелиоранта в 18,6 раза. Вариация концентрации сульфат-иона незначительна при увеличении объема внесения мелиоранта и находилась в пределах 0,451-0,819 %. Значение водородного показателя среды снизилось с 8,67 до 7,63, т.е. произошло изменение слабо-щелочной до нейтральной среды.

Изменение электропроводности в 18 и более раз свидетельствует об увеличении концентрации водорастворимых солей в водной вытяжке, что подтверждает прямая высокая корреляционная связь – 0,84.

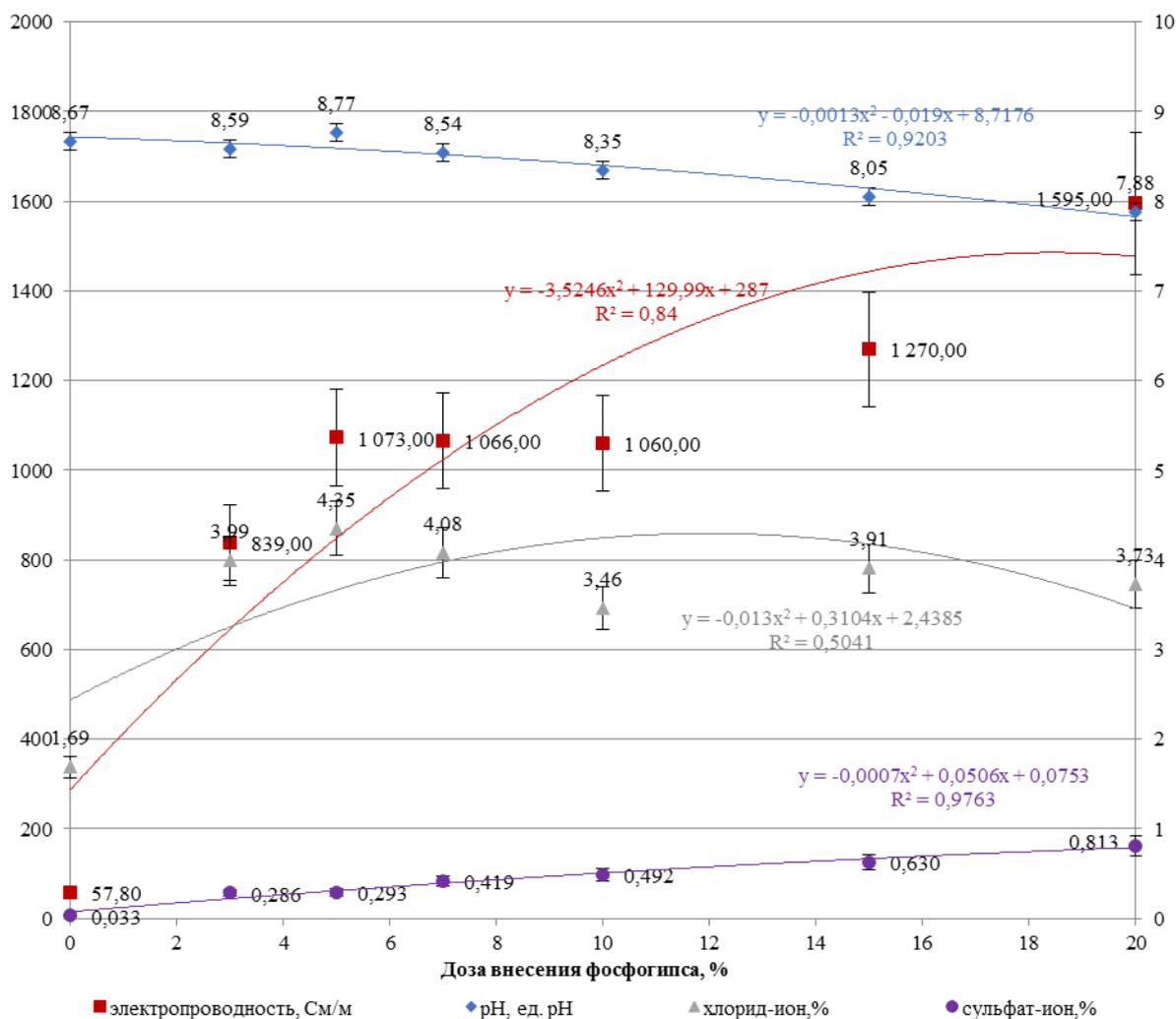


Рисунок 5 – Влияние внесения фосфогипса на солевой состав бурового шлама

Влияние внесения фосфогипса на солевой состав бурового шлама аналогично гипсу. Реакции среды водной вытяжки переходит из слабощелочной в нейтральную реакцию, значения варьировались от 7,88 ед. pH до 8,77 ед. pH. Изменение наблюдалось только в увеличении концентрации хлорид-иона пропорционально дозе внесения мелиоранта. Содержание сульфат-иона находилось в границах 0,286-0,813 %, и наблюдалось хлоридно-сульфатное засоление.

Электропроводность, также подтверждает переход высоких концентраций водонерастворимых солей в растворимую форму, на что указывает увеличение значений электропроводности в зависимости от объема внесения мелиоранта, а также прямая высокая корреляционная связь – 0,86.

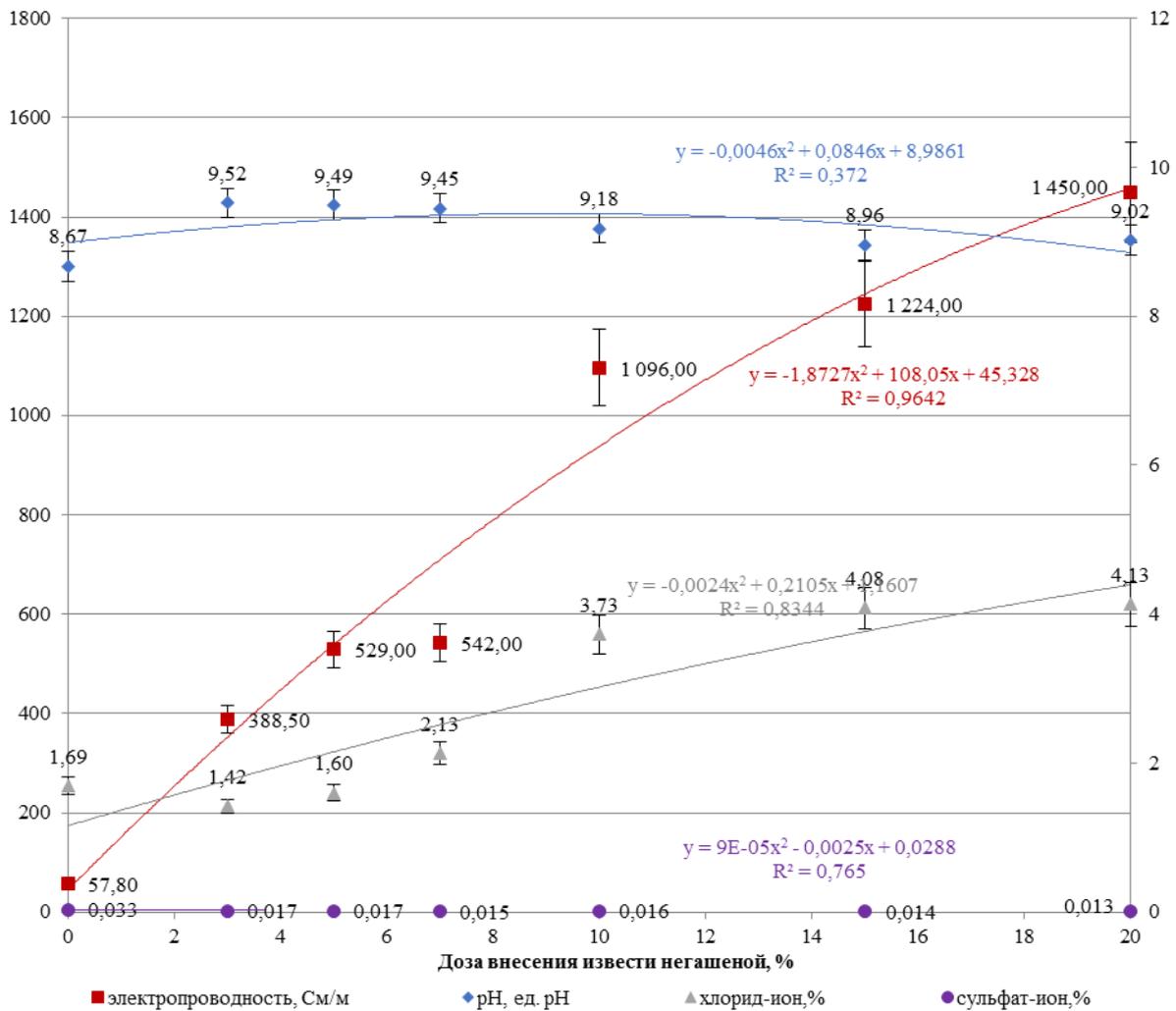


Рисунок 6 – Влияние внесения извести негашеной на солевой состав бурового шлама

Известь негашеная является одним из мелиорантов с высокими показателями электропроводности и прямой очень сильной корреляционной связью – 0,97, напрямую зависящей от дозы ее внесения. Уменьшение содержания сульфат-ионов происходит незначительно до 0,013 %. Слабощелочная реакция среды увеличивается со значения 8,67 ед. pH до 9,52 ед. pH. Концентрация хлорид-ионов возрастает от 2,2 раз только при внесении 10 % извести негашеной от объема бурового шлама, до этой объемной доли изменение содержание хлорид-ионов незначительно (хлоридное засоление).

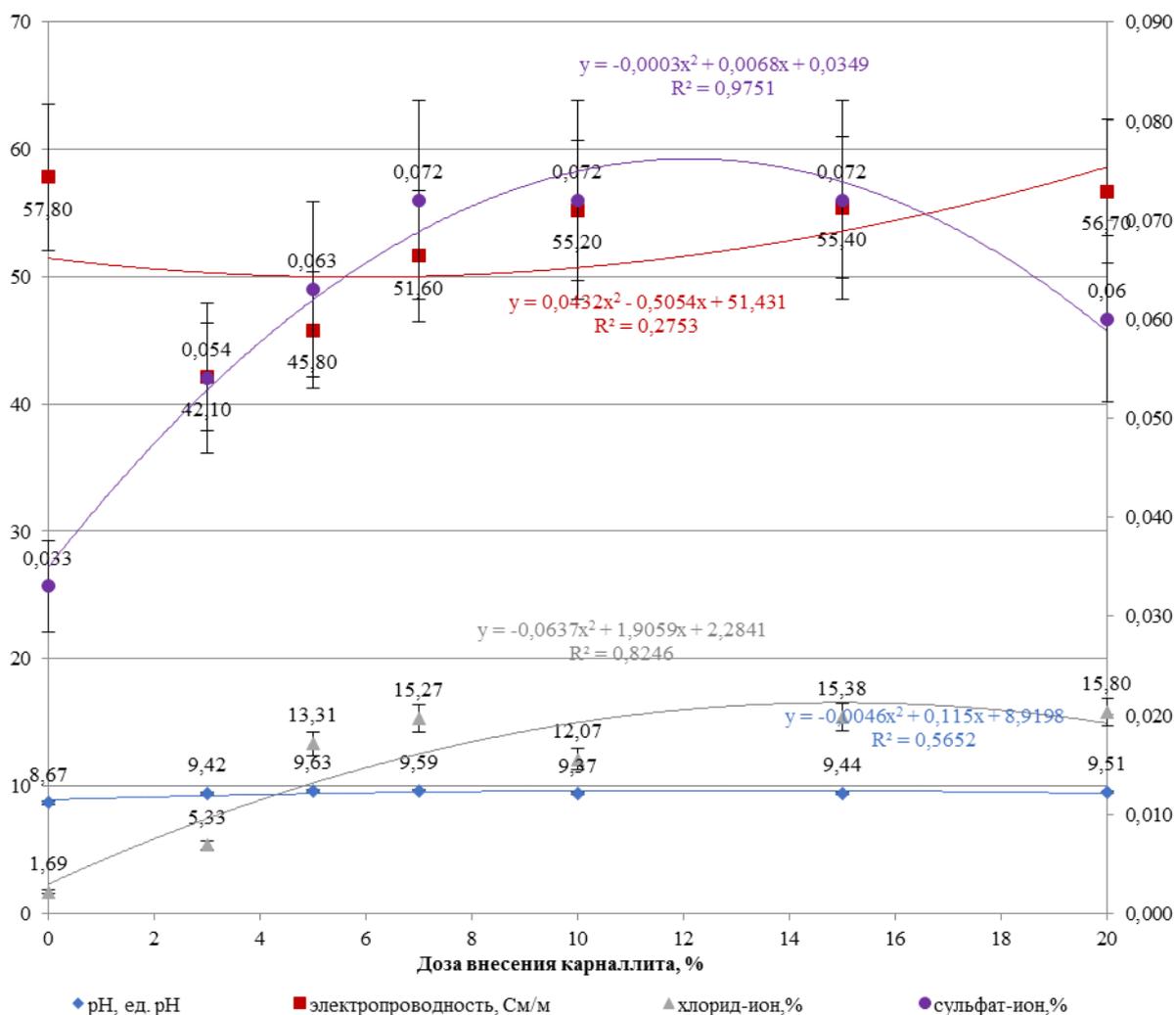


Рисунок 7 – Влияние внесения карналлита на солевой состав бурового шлама

Наименее эффективным в качестве используемого мелиоранта является карналлит, при его внесении происходит снижение электропроводности, что указывает на отсутствие ионообменных реакций солей, что подтверждает средняя прямая корреляционная связь – 0,43. Значение водородного показателя среды находилось в диапазоне 9,37-9,63 ед. рН. При увеличении дозы внесения мелиоранта происходит возрастание концентрации хлорид-иона от 3,2 до 9,3 раз. Значение сульфат-иона возрастало незначительно в пределах 0,054-0,072 %. При этом отмечается сульфатно-хлоридное засоление с внесением от 3 до 5% мелиоранта и хлоридно-сульфатное засоление от 7 до 20% карналлита.

Плотный остаток водной вытяжки дает представление об общем содержании растворимых в воде органических и минеральных соединений (таблица 13).

Результаты исследований сухого плотного остатка в водной вытяжке
контрольного образца и мелиорированных буровых шламов

Норма внесения мелиорирующей добавки, %	Сухой плотный остаток, %				
	доломитовая мука	гипс	фосфогипс	известь негашеная	карналлит
КВ (буровой шлам)	2,478±0,17	2,478±0,17	2,478±0,17	2,478±0,17	2,478±0,17
3	1,895±0,13	1,005±0,07	1,165±0,08	1,988±0,14	2,492±0,17
5	1,776±0,12	0,924±0,09	1,024±0,07	1,901±0,13	2,491±0,17
7	1,675±0,16	0,855±0,09	0,950±0,10	1,901±0,13	2,490±0,17
10	1,151±0,08	0,726±0,07	0,815±0,08	0,958±0,10	2,489±0,17
15	1,008±0,07	0,678±0,07	0,725±0,07	0,866±0,09	2,489±0,17
20	0,943±0,09	0,531±0,05	0,798±0,08	0,805±0,08	2,480±0,17

По результатам проведенных исследований, выявлено, что внесение карналлита не способствовало снижению сухого плотного остатка (2,492-2,480 %), этот показатель находился на уровне контрольного образца (2,478%), при этом наблюдалась слабая обратная корреляционная связь – 0,14.

При внесении гипса и фосфогипса происходило существенное снижение сухого плотного остатка, содержание этого показателя менее 1 % наблюдалось при норме от 7 до 20% мелиорантов, при этом наблюдалась высокая обратная корреляционная связь у гипса и фосфогипса 0,72 и 0,7, соответственно.

Внесение доломитовой муки также положительно сказывалось на изменение массы сухого плотного остатка, при добавлении в количестве 15 и 20 %, содержание его составило 1,008 и 0,943% соответственно. Наблюдалась очень высокая обратная корреляционная связь 0,94.

Добавление извести негашеной в дозах 10, 15 и 20% влияло на массу сухого плотного остатка, значения которого составили от 0,805 до 0,958%, при этом наблюдалась очень высокая обратная корреляционная связь 0,93.

Образцы буровых шламов с внесением мелиорирующих добавок, на основании полученных результатов плотного остатка водной вытяжки по степени засоленности относились от слабозасоленных (содержание растворимых солей 0,5-2%) до средnezасоленных (содержание растворимых солей 2,0-5,0%).

Для оценки фитотоксичности водных вытяжек из буровых шламов и почвогрунтов на их основе был использован метод определения скорости (энергии) прорастания семян при их проращивании в чашках Петри (метод элюатного фитотестирования).

Смеси приготавливались из буровых шламов, отличающихся геологическими особенностями и используемыми при бурении буровыми растворами, с добавлением различных мелиорирующих добавок в разном соотношении.

Исходя из принципа экстремальности, исследования проводились в условиях прямого контакта тест-растения с приготовленными экстрактами. Семена проращивались в чашках Петри с фильтровальной бумагой, куда вносился водный экстракт. Образцы помещались в термостат, обеспечивающий поддержание температуры 25 ± 2 С на необходимый период для оценки всхожести и энергии прорастания семян.

В качестве тест-объектов использовали семена вида многолетних растений семейства злаковых – овсяница красная (*Festuca rubra*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), кострец безостый (*Brōmus inermis*), характеристика многолетних растений семейства злаковых представлена в таблице 14.

Растения исходного ассортимента для биологической рекультивации земель должны быть устойчивы к низким температурам, переувлажнению почв и подтоплению талыми водами в весенний период. Все виды растений должны быть адаптированы к короткому вегетационному периоду и длинному световому дню, формировать дернину, способную закреплять почву, и в данных климатических условиях размножаться вегетативно, семенным путем или тем и другим способом одновременно.

Для оценки фитотоксичности фиксировались показатели всхожести и энергии прорастания семян.

Фитотоксичность проявляется в угнетении растений, а также в изменении количественных признаков – уменьшение энергии роста, уменьшении урожайности растений и снижении качества урожая.

Фитотестирование водных вытяжек из бурового шлама с применением метода определения скорости прорастания семян указывает, на сколько происходит угнетение семян из-за содержания легкорастворимых солей в пробах буровых шламов.

Характеристика многолетних растений семейства злаковых

№ п/п	Вид	Тип кущения	Зимостойкость	Устойчивость к затоплению	Сохранение в травостое	Особые свойства трав
1	Мятлик луговой	Низовой корневищно-рыхлокустовой злак озимого типа развития	Зимостоек, хорошо переносит поздние весенние и осенние заморозки	Выносит затопление до 20-30 дней.	10 лет	Плохо произрастает на кислых и засоленных почвах, засухоустойчив. Положительно реагирует на известкование почв.
2	Кострец безостый	Верховой длинно-корневищный злак озимо-ярового типа развития	Зимостоек, холодостоек	Выносит затопление до 40-50 дней	Полное развитие растений достигается на 2-3-й год жизни и держится в травостое более 10 лет	Хорошо произрастает на богатых гумусом суглинистых и супесчаных почвах, плохо растет на кислых почвах. Широко используется для закрепления земель, подверженных эрозии.
3	Овсяница красная	Полуверховой рыхлокустовой злак	Зимостоек, хорошо переносит осенние заморозки, зимние холода	Выносит непродолжительное затопление, засухоустойчив.	Сохраняется в травостое до 15 лет.	Требовательна к плодородию, плохо произрастает на кислых почвах. Хорошо произрастает на песчаных почвах. Малотребователен к теплу, семена прорастают при температуре 2-3 ⁰ тепла. Типичные места произрастания: поймы рек, обочины дорог.

Результаты исследований энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*), мятлика лугового (*Poa pratensis*), костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении доломитовой муки в буровой шлам представлены в таблицах 15-17.

Таблица 15

Значения энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*) при внесении доломитовой муки в буровой шлам

Норма внесения доломитовой муки, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть (14 сут.)
контроль	10	38±3,80
3	18	63±5,67
5	25	62±5,58
7	32	72±6,48
10	37	87±6,09
15	49	78±6,24
20	62	85±5,95

Таблица 16

Значения энергии прорастания и всхожести мятлика лугового (*Poa pratensis*) при внесении доломитовой муки в буровой шлам

Норма внесения доломитовой муки, %	Среднее арифметическое значение всхожести мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>), %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть (21 сут.)
контроль	5	25±2,50
3	8	31±3,10
5	8	35±3,50
7	12	62±5,58
10	15	69±6,21
15	14	78±6,24
20	18	86±6,02

Таблица 17

Значения энергии прорастания и всхожести костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении доломитовой муки в буровой шлам

Норма внесения доломитовой муки, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (4 сут.)	всхожесть (10 сут.)
контроль	29	46±4,60
3	36	86±6,02
5	37	82±6,56
7	42	89±5,34
10	58	87±6,09
15	52	90±5,40
20	65	92±7,36

По результатам оценки фитотоксичности водной вытяжки из бурового шлама и доломитовой муки в разном процентном соотношении была выявлена прямая зависимость от увеличения объема внесения мелиоранта и возрастания среднего арифметического значения прорастания и всхожести.

Полученные данные показали, что всхожесть семян овсяницы красной (*Festuca rubra*), мятлика лугового (*Poa pratensis*), костреца безостого (*Brōmus inērmis*) характеризуется относительно высокими показателями, однако энергия прорастания при этом была значительно ниже для отдельных видов растений. Следует отметить, что наибольшая всхожесть овсяницы красной наблюдалась при внесении доломитовой муки от 10 до 20%, мятлика лугового (*Poa pratensis*) от 15 и 20%, костреца безостого (*Brōmus inērmis*) от 3 до 20%.

При определении статической взаимосвязи полученных данных была выявлена сильная прямая корреляционная зависимость энергии прорастания и всхожести семян овсяницы красной (*Festuca rubra*), значения которых составили 0,99 и 0,85, соответственно; а также семян мятлика лугового (*Poa pratensis*) – 0,94 и 0,95, соответственно; семян костреца безостого (*Brōmus inērmis*) – 0,93 и 0,87, соответственно.

Результаты исследований энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*), мятлика лугового (*Poa pratensis*), костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении гипса в буровой шлам представлены в таблицах 18-20.

Таблица 18

Значения энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*) при внесении гипса в буровой шлам

Норма внесения гипса, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть(14 сут.)
контроль	10	38±3,80
3	19	64±5,76
5	26	68±6,12
7	28	68±6,12
10	34	76±6,08
15	45	85±5,95
20	48	87±6,09

Таблица 19

Средние значения энергии прорастания и всхожести мятлика лугового (*Poa pratensis*) при внесении гипса в буровой шлам

Норма внесения гипса, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть (21 сут.)
контроль	5	25±2,50

3	8	35±3,50
5	8	38±3,80
7	9	43±4,30
10	12	47±4,70
15	16	57±5,70
20	18	64±5,76

Таблица 20

Значения энергии прорастания и всхожести костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении гипса в буровой шлам

Норма внесения гипса, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (4 сут.)	всхожесть (10 сут.)
контроль	29	56±5,60
3	29	85±5,95
5	35	87±6,09
7	36	87±6,09
10	41	90±5,40
15	47	94±5,64
20	51	96±5,76

Исследования фитотоксичности водной вытяжки из бурового шлама и гипса в разном процентном соотношении показали, что всхожесть семян овсяницы красной (*Festuca rubra*), мятлика лугового (*Poa pratēnsis*), костреца безостого (*Brōmus inērmis*) зависела от норм внесения мелиоранта.

Высокие показатели всхожести наблюдались у семян костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении от 3% до 20% гипса, при этом корреляционная зависимость энергии прорастания и всхожести соответствовала – сильной прямой связи, значения были 0,99 и 0,98 соответственно.

Наименьшие результаты всхожести наблюдались у семян мятлика лугового (*Poa pratēnsis*) по сравнению с другими культурами, определение статической взаимосвязи показало сильную прямую корреляционную зависимость энергии прорастания и всхожести, результаты которых составили 0,99 и 0,99, соответственно.

Средние значения энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*) при внесении гипса в буровой шлам 15 и 20% показали наиболее высокие результаты, была выявлена сильная прямая корреляционная зависимость энергии прорастания и всхожести, которая составила 0,98 и 0,98 соответственно.

Результаты исследований энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*), мятлика лугового (*Poa pratēnsis*), костреца безостого

(*Brōmus inērmis*) при внесении фосфогипса в буровой шлам представлены в таблицах 21-23.

Таблица 21

Значения энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*) при внесении фосфогипса в буровой шлам

Норма внесения фосфогипса, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть (14 сут.)
контроль	10	48±4,80
3	23	65±5,85
5	28	65±5,85
7	31	70±5,60
10	36	74±5,92
15	47	81±5,67
20	50	82±5,74

Таблица 22

Значения энергии прорастания и всхожести мятлика лугового (*Poa pratēnsis*) при внесении фосфогипса в буровой шлам

Норма внесения фосфогипса, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть (21 сут.)
контроль	5	25±2,50
3	10	39±3,90
5	12	42±4,20
7	14	46±4,60
10	16	46±4,60
15	20	59±5,90
20	25	65±5,85

Таблица 23

Значения энергии прорастания и всхожести костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении фосфогипса в буровой шлам

Норма внесения фосфогипса, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (4 сут.)	всхожесть (10 сут.)
контроль	29	40±4,40
3	29	85±5,95
5	35	87±6,09
7	36	87±6,09
10	41	90±5,40
15	47	94±5,64
20	51	96±5,76

Изучение влияния проб бурового шлама в смеси с фосфогипсом наблюдалось стимулирование роста растений в зависимости от объемной доли внесения мелиоранта.

Исследования показали, что наибольшая всхожесть семян овсяницы красной (*Festuca rubra*) была при внесении фосфогипса 15 и 20%, составила 81% и 82%. Определение статической взаимосвязи полученных данных указывало на сильную прямую корреляционную зависимость энергии прорастания и всхожести семян овсяницы красной (*Festuca rubra*), значения которых составили 0,97 и 0,97 соответственно.

Значения энергии прорастания и всхожести мятлика лугового (*Poa pratensis*) при внесении фосфогипса в буровой шлам находились в пределах от 10 до 25% и от 39 до 65%, при этом корреляционная зависимость энергии прорастания и всхожести соответствовала – сильной прямой связи, значения были 0,99 и 0,97.

Изучение энергии прорастания и всхожести костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении фосфогипса в буровой шлам показало, что мелиорант положительно сказывался на результатах проведенных исследований, наблюдалась сильная прямая связь корреляционной зависимости энергии прорастания и всхожести 0,99 и 0,98.

Результаты исследований энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*), мятлика лугового (*Poa pratensis*), костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении извести негашеной в буровой шлам представлены в таблицах 24-26.

Внесение извести негашеной не значительно снижает фитотоксикологическое действие на злаковые культуры, чем объясняются низкие значения всхожести и энергии прорастания. Результаты расчетов показали, что корреляционная зависимость энергии прорастания и всхожести составила 0,38-0,63 и 0,4-0,7 и соответствовала умеренной прямой связи.

Таблица 24

Значения энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*) при внесении извести негашеной в буровой шлам

Норма внесения извести негашеной, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть (14 сут.)
контроль	10	28±2,8
3	14	30±3,0
5	18	35±3,5
7	19	38±3,8
10	23	38±3,8
15	25	35±3,5
20	23	33±3,3

Таблица 25

Значения энергии прорастания и всхожести мятлика лугового (*Poa pratensis*) при внесении извести негашеной в буровой шлам

Норма внесения извести негашеной, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть (21 сут.)
контроль	1	10±1,0
3	6	25±2,5
5	6	29±2,9
7	6	32±3,2
10	8	35±3,5
15	6	34±3,4
20	5	33±3,3

Таблица 26

Значения энергии прорастания и всхожести костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении извести негашеной в буровой шлам

Норма внесения извести негашеной, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (4 сут.)	всхожесть (10 сут.)
контроль	9	20±2,0
3	20	35±3,5
5	21	35±3,5
7	21	32±3,2
10	21	36±3,6
15	24	38±3,8
20	21	38±3,8

Результаты исследований энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*), мятлика лугового (*Poa pratensis*), костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении карналлита в буровой шлам представлены в таблицах 27-29.

Таблица 27

Значения энергии прорастания и всхожести овсяницы красной (*Festuca rubra*) при внесении карналлита в буровой шлам

Норма внесения карналлита, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть (14 сут.)
контроль	3	10±1,0
3	5	19±1,9
5	6	22±2,2
7	10	20±2,0
10	9	18±1,8
15	9	11±1,1
20	3	15±1,5

Таблица 28

Значения энергии прорастания и всхожести мятлика лугового (*Poa pratensis*) при внесении карналлита в буровой шлам

Норма внесения карналлита, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (7 сут.)	всхожесть (21 сут.)
контроль	5	10±1,0
3	7	12±1,2
5	8	16±1,6
7	8	18±1,8
10	9	18±1,8
15	8	12±1,2
20	4	13±1,3

Таблица 29

Значения энергии прорастания и всхожести костреца безостого (*Brōmus inērmis*) при внесении карналлита в буровой шлам

Норма внесения карналлита, %	Среднее арифметическое значение всхожести, %	
	энергия прорастания (4 сут.)	всхожесть (10 сут.)
контроль	5	11±1,1
3	9	11±1,1
5	9	12±1,2
7	10	10±1,0
10	8	11±1,1
15	9	11±1,1
20	7	11±1,1

Использование карналлита в качестве мелиорирующей добавки оказывает подавляющее свойство на развитие многолетних растений, т.е. его применение не позволяет снизить уровень фитотоксического действия на злаковые культуры.

При определении статической взаимосвязи полученных данных была выявлена слабая прямая корреляционная зависимость энергии прорастания и всхожести семян овсяницы красной (*Festuca rubra*), значения которых составили 0,12 и минус 0,18; а также семян мятлика лугового (*Poa pratensis*) – минус 0,17 и 0,10; семян костреца безостого (*Brōmus inērmis*) – 0,12 и – 0,08, соответственно.

На основании полученных данных установлено, что интенсивность развития семян овсяницы красной (*Festuca rubra*), мятлика лугового (*Poa pratensis*), костреца безостого (*Brōmus inērmis*) существенно отличается в зависимости от норм внесения и вида мелиорантов. Проведенные исследования указывают на возможность использования таких мелиорирующих добавок, как доломитовая мука, гипс и фосфогипс при утилизации буровых шламов при создании техногенных грунтов для биологической рекультивации нарушенных земель.

4.2 Исследования способов снижения нефтепродуктов в буровых шламах

На практике используют различные виды сорбентов для аккумуляции вредных загрязняющих веществ, они разделяются на следующие категории: неорганические; органические (природные); органические минеральные; синтетические.

Органические сорбенты (торф, опилки, жмых) поглощают нефтепродукты благодаря развитой поверхности. В основном по отношению к нефтяным сорбентам наиболее важным процессом является капиллярное удержание, обеспечивающее от 70 до 90 % емкости сорбентов. Их активность зависит от давления, влажности и температуры, то есть от погодных условий, что накладывает определенные ограничения и создает неудобства их практического использования.

В ходе лабораторного исследования было произведено смешение буровых шламов и природных минеральных сорбентов в разном процентном соотношении, с последующим измерением концентрации остаточного содержания нефтепродуктов в полученных образцах.

При этом были использованы следующие виды природных минеральных сорбентов: глауконит (мука), глауконит (крупа), диатомит.

Результаты исследований остаточного содержания нефтепродуктов в буровом отходе при внесении глауконита (крупа) представлены в таблице 30.

Таблица 30

Результаты определения остаточного содержания нефтепродуктов при внесении глауконита (крупа)

Количество вносимого глауконита (крупа) в процентном соотношении от бурового шлама	Остаточное содержание нефтепродуктов, мг/кг				
	На 7 день	На 14 день	На 21 день	На 28 день	На 56 день
контроль	1700,0±680,0				
3%	1079,3±431,7	667,0±266,8	466,5±186,6	266,0±106,4	244,0±97,6
5%	1071,5±428,4	653,0±261,2	453,0±181,2	252,5±101,0	248,5±99,4
7%	1061,2±424,2	554,5±221,8	355,0±142,0	254,5±101,8	250,5±100,2
10%	969,1±387,6	552,0±220,8	351,0±140,4	251,0±100,4	242,0±96,8
15%	1009,0±403,6	551,0±220,4	350,5±140,2	250,0±100,0	261,0±104,4
20%	977,3±390,9	448,5±179,4	348,3±139,3	247,9±99,2	249,5±99,8
25%	1065,6±426,2	447,2±178,9	247,3±98,9	247,3±98,9	241,0±96,4

Анализ данных показал, что при внесении природного минерального сорбента глауконита в виде крупы, наименьшее содержание остаточного

содержания нефтепродуктов наблюдалось на 28 и 56 день в разном процентном соотношении от бурового шлама. Выявлено, что снижение концентрации нефтепродуктов происходило на седьмой день, значения варьировали от 969,1 до 1079,3 мг/кг. Минимальное содержание нефтепродуктов наблюдалось на 56-й день, значения составили от 241,0 до 261,0 мг/кг, при этом снижение этого показателя было до 6,8 раз.

Результаты исследований остаточного содержания нефтепродуктов в буровом отходе при внесении глауконита (мука) представлены в таблице 31.

Таблица 31

Результаты определения остаточного содержания нефтепродуктов при внесении глауконита (мука)

Количество вносимого глауконита (мука) в процентном соотношении от бурового шлама	Остаточное содержание нефтепродуктов, мг/кг				
	На 7 день	На 14 день	На 21 день	На 28 день	На 56 день
контроль	1700,0±680,0				
3%	1198,3±479,3	653,0±261,2	353,5±141,4	253,5±101,4	230,0±92,0
5%	1237,1±494,8	657,0±262,8	356,0±142,4	256,0±102,4	222,4±88,7
7%	1116,8±446,7	651,0±260,4	350,5±140,2	250,5±100,2	234,6±93,8
10%	1078,5±431,4	550,0±220,0	349,9±139,9	249,4±99,8	212,0±84,8
15%	1003,8±401,5	555,0±222,0	350,0±140,0	249,7±99,8	278,0±111,2
20%	1063,6±425,4	549,2±219,7	349,1±139,6	248,8±99,5	265,3±106,1
25%	1056,1±422,4	448,8±179,5	248,9±99,56	248,6±99,6	242,0±96,8

Результаты остаточного содержания нефтепродуктов при внесении глауконита (мука) показали, что наиболее лучшие показатели были на 28-й и 56-й день исследования при внесении от 3 до 25% сорбента и варьировались от 212,0 до 265,3 мг/кг.

Результаты исследований нефтепродуктов в буровом отходе при внесении диатомита представлены в таблице 32.

Внесение диатомита положительно сказывалось на снижении концентрации нефтепродуктов в буровых шламах, при этом отмечено, что наиболее лучшие показатели были на 28-й и 56-й день исследования при внесении сорбента от 3% до 25%.

При внесении природных минеральных сорбентов в разных соотношениях в буровой шламе выявлено, что максимальное снижение концентрации нефтепродуктов было на 28-й и 56-й день проведения исследований. Результаты

исследований показали, что в период исследования на 28-й и 56-й день остаточное содержание нефтепродуктов практически не изменялось, также отмечается отсутствие десорбции, что связано макроструктурой и объемной массой сорбентов.

Таблица 32

Результаты определения остаточного содержания нефтепродуктов при внесении диатомита

Количество вносимого диатомита в процентном соотношении от бурового шлама	Остаточное содержание нефтепродуктов, мг/кг				
	На 7 день	На 14 день	На 21 день	На 28 день	На 56 день
контроль	1700,0±680,0				
3%	1185,3±474,1	756,0±302,4	328,0±131,2	260,0±104,0	214,0±85,6
5%	1156,0±462,4	700,2±280,1	325,0±130,0	261,0±104,4	246,6±98,6
7%	1002,3±400,9	658,6±263,4	321,0±128,4	259,0±103,6	234,0±93,6
10%	1074,2±429,7	670,0±268,0	290,0±116,0	250,0±100,0	199,0±79,6
15%	992,5±397,0	532,0±212,8	275,0±110,0	245,6±98,2	220,0±88,0
20%	985,4±394,2	540,0±216,0	270,0±108,0	245,0±98,0	215,3±86,1
25%	847,8±339,1	502,0±200,8	230,0±92,0	228,9±91,6	211,0±84,4

При внесении глауконита в виде муки и крупы отмечено, что размер частиц зерен сорбента не влиял на снижение концентрации нефтепродуктов в буровом шламе, наиболее лучшие показатели остаточного содержания нефтепродуктов были на 28-й и 56-й день исследований при разных нормах внесения глауконита.

На основании проведенных исследований выявлено, что разные нормы внесения сорбентов в буровой шлам, одинаково хорошо снижали концентрацию нефтепродуктов, поэтому рекомендуемая доза сорбентов при не высоких исходных значениях нефтепродуктов в буровом шламе может составлять 3-10%.

ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ

Важным условием по созданию техногенных грунтов для биологического этапа рекультивации нарушенных земель, является оценка состояния буровых шламов, включающая определение потенциально опасных, токсичных и загрязняющих веществ.

В основу создания техногенных грунтов положен физико-химический способ утилизации буровых отходов, улучшающий химические, токсикологические и агрохимические свойства полученного почвоподобного материала для формирования устойчивого фитоценоза.

Для разработки способа утилизации буровых шламов в лабораторный условиях были использованы следующие компоненты: гипс, фосфогипс, доломитовая мука, глауконит, диатомит, торф.

5.1 Исследование процесса утилизации бурового шлама на химические свойства техногенных грунтов

По результатам исследований были рекомендованы следующие нормы внесения: мелиорирующие добавки (гипс, доломитовая мука, фосфогипс) – 10%, диатомит – 10 %, торф – 40%, гуминовый препарат «Росток».

Исследования лабораторного опыта утилизации бурового шлама с получением техногенных грунтов при внесении мелиорирующих добавок (гипса, доломитовой муки, фосфогипса), диатомита, торфа и гуминового препарата «Росток» представлены в таблице 33.

При внесении гипса / доломитовой муки / фосфогипса и диатомита в буровой шлам уровень водородного показателя варьировался в пределах слабощелочной среды от 7,32 до 8,32 ед. рН., при этом отмечается, что при внесении доломитовой муки не происходит понижения водородного показателя. Значения нефтепродуктов в полученных техногенных грунтах варьировались от 924 до 1013 мг/кг. Наименьшая концентрация хлорид-ионов наблюдались при внесении в буровой шлам фосфогипса и диатомита, значение составило 3300 мг/кг соответственно. Наименьшее снижение сульфат-ионов было 76 мг/кг при внесении буровой шлам доломитовой муки и диатомита. Применение гипса и фосфогипса повышало содержание сульфат-ионов до 170 мг/кг, что обусловлено увеличением продуктов обменных реакций (Na_2SO_4).

Водородный показатель водной вытяжки изучаемых образцов техногенных грунтов при внесении гипса / доломитовой муки / фосфогипса,

диатомита и торфа составил от 7,56 до 7,96 ед. рН, применение торфа способствовало снижению водородного показателя.

Таблица 33

Исследования утилизации бурового шлама с получением техногенных грунтов с использованием сорбента – диатомит

№ п/п	Варианты	рН, ед.рН	Остаточное содержание нефтепродуктов, мг/кг	Хлорид-ион, мг/кг	Сульфат-ион, мг/кг
1	Буровой шлам	8,37±0,1	1700,0±680,0	6568,0±985,0	93,0±14,0
2	Буровой шлам + гипс+ диатомит (80 % + 10 % + 10 %)	7,32±0,1	1013,0±405,5	4135,0±620,3	159,0±23,9
3	Буровой шлам + доломитовая мука + диатомит (80 % + 10 % + 10 %)	8,32±0,1	924,0±396,6	4565,0±684,8	76,0±11,4
4	Буровой шлам + фосфогипс + диатомит (80 % + 10 % + 10 %)	7,8±0,1	970,0±388,0	3300,8±495,1	142,0±21,3
5	Буровой шлам + гипс+ диатомит +торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	7,56±0,1	720,0±288,0	2541,0±381,2	175,0±26,3
6	Буровой шлам + доломитовая мука + диатомит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	7,96±0,1	620,0±248,0	3590,0±538,5	75,0±11,3
7	Буровой шлам +фосфогипс + диатомит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	7,6±0,1	502,0±200,8	3190,0±478,5	170,0±25,0

Концентрации нефтепродуктов составили от 502 до 720 мг/кг, исследования по внесению природного минерального сорбента (диатомита) и торфа в буровой шлам показали, что происходит снижение углеводов нефти до 3,4 раза.

Концентрация хлорид-ионов и сульфат-ионов при внесении смеси компонентов в среднем составила 3107,0 и 140 мг/кг соответственно. Снижение хлорид-ионов происходит за счет внесения мелиорирующих добавок (гипса, доломитовой муки, фосфогипса) с прохождением сопутствующей реакции

ионного обмена, что способствует образованию водопрочной структуры с хорошей фильтрационной способностью.

Результаты исследований лабораторного опыта утилизации бурового шлама с получением техногенных грунтов при внесении мелиорирующих добавок (гипса, доломитовой муки, фосфогипса), глауконита, торфа и гуминового препарата «Росток» представлены в таблице 34.

Таблица 34

Исследования утилизации бурового шлама с получением техногенных грунтов с использованием сорбента – глауконит

№ п/п	Варианты	pH, ед.pH	Остаточное содержание нефтепродуктов, мг/кг	Хлорид-ион, мг/кг	Сульфат-ион, мг/кг
1	2	3	4	5	6
1	Буровой шлам (контроль)	8,37±0,1	1700,0±680,0	6568,0±985,0	93,0±14,0
2	Буровой шлам + гипс+ глауконит (80 % + 10 % + 10 %)	7,8±0,1	987,0±394,8	3790,0±568,5	125,0±18,8
3	Буровой шлам + доломитовая мука + глауконит (80 % + 10 % + 10 %)	8,2±0,1	1100,0±440,0	4700,0±705,0	57,0±8,6
4	Буровой шлам + фосфогипс + глауконит (80 % + 10 % + 10 %)	7,7±0,1	1010,0±404,0	3250,0±487,5	126,0±18,9
5	Буровой шлам + гипс+ глауконит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	7,2±0,1	560,0±224,0	2650,0±397,5	138,0±20,7
6	Буровой шлам + доломитовая мука + глауконит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	7,8±0,1	850,0±340,0	3940,0±591,0	57,0±8,6
7	Буровой шлам + фосфогипс + глауконит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	7,6±0,1	650,0±260,0	2980,0±447,0	155,0±23,3

Результаты исследований внесения гипса / доломитовой муки / фосфогипса и глауконита в буровой шлам показали, что уровень водородного показателя составил от 7,7 до 8,2 ед. рН (слабощелочная среда).

Содержание нефтепродуктов было в пределах от 987 до 1100 мг/кг.

Наименьшая концентрация хлорид-ионов наблюдалась при внесении в буровой шлам фосфогипса, глауконита и составила 3250,0 мг/кг, наименьшее значение сульфат-ионов было 57 мг/кг при применении доломитовой муки и глауконита.

При внесении мелиорирующих добавок – гипса / доломитовой муки / фосфогипса, глауконита и торфа в буровой шлам происходит снижение уровня водородного показателя от 7,2 до 7,8 ед. рН, это связано с воздействием мелиорантов и нейтрализацией, таким образом, бурового шлама.

Концентрации нефтепродуктов в мелиорированном буровом шламе с добавлением глауконита и торфа варьировались от 560,0 до 850,0 мг/кг.

Содержание хлорид-ионов и сульфат-ионов при внесении гипса + глауконита + торфа составило 2650 и 138 мг/кг, при внесении доломитовой муки + глауконита + торфа – 3940,0 и 57,0 мг/кг, при внесении фосфогипса + глауконита + торфа – 2980,0 и 155,0 мг/кг, соответственно.

Таким образом, результаты исследований по химическим показателям указывают на возможность использования мелиорантов и природных минеральных сорбентов, а также торфа в качестве компонентов для создания техногенных грунтов для биологической рекультивации нарушенных земель.

5.2 Исследования фитотоксичности техногенных грунтов в процессе утилизации бурового шлама

С целью создания благоприятных условий роста и развития растений использовали торф. Торф обладает высокой водоудерживающей способностью, содержит гуминовые вещества, под влиянием торфа активизируются почвенные микроорганизмы и повышается активность осуществляемых ими метаболических процессов, что обеспечивает создание в короткие сроки на поверхности рекультивируемых грунтов устойчивого биоценоза.

Применение гуматов при посеве многолетних трав способствует повышению их всхожести в первый год, а в последующие годы заметно влияет на величину надземной фитомассы.

Средние значения результатов влияния вариантов утилизации бурового шлама на растения злаковые при лабораторном опыте представлены в таблицах 35 и 36.

Таблица 35

Средние значения результатов влияния вариантов утилизации бурового шлама с применением сорбента (диатомит) на растения злаковые

№ п/п	Варианты	Растения злаковых культур					
		Мятлик луговой		Кострец безостый		Овсяница красная	
		Количество особей, 50 шт.	Высота надземных побегов, см	Количество особей, 50 шт.	Высота надземных побегов, см	Количество особей, 50 шт.	Высота надземных побегов, см
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Буровой шлам (контроль)	19	2,7	18	7,6	17	6,5
2	Буровой шлам + гипс+ диатомит (80 % + 10 % + 10 %)	25	3,2	29	8,2	31	6,8
3	Буровой шлам + доломитовая мука + диатомит (80 % + 10 % + 10 %)	21	3,3	20	8,1	29	6,6
4	Буровой шлам + фосфогипс + диатомит (80 % + 10 % + 10 %)	26	3,2	25	8,2	36	6,8
5	Буровой шлам + гипс+ диатомит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	40	3,7	44	9,8	46	8,3
6	Буровой шлам + доломитовая мука + диатомит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	30	3,2	35	8,2	44	6,8
7	Буровой шлам + фосфогипс + диатомит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	42	4,3	45	10,2	45	9,6

Результаты влияния вариантов утилизации бурового шлама с применением сорбента (глауконит) на растения фитомелиоранты

№ п/п	Варианты	Растения злаковых культур					
		Мятлик луговой		Кострец безостый		Овсяница красная	
		Количество особей, 50 шт.	Высота надземных побегов, см	Количество особей, 50 шт.	Высота надземных побегов, см	Количество особей, 50 шт.	Высота надземных побегов, см
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Буровой шлам (контроль)	17	2,2	21	6,8	18	6,0
2	Буровой шлам + гипс+ глауконит (80 % + 10 % + 10 %)	27	2,9	29	8,1	32	6,5
3	Буровой шлам + доломитовая мука + глауконит (80 % + 10 % + 10 %)	25	3,0	24	8,0	30	6,3
4	Буровой шлам + фосфогипс + глауконит (80 % + 10 % + 10 %)	28	3,1	29	8,1	33	6,5
5	Буровой шлам + гипс+ глауконит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	44	3,9	45	9,6	45	8,4
6	Буровой шлам + доломитовая мука + глауконит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	37	3,9	37	8,1	40	6,1
7	Буровой шлам + фосфогипс + глауконит + торф (40 % + 10 % + 10 % + 40%)	46	4,2	48	9,8	46	9,8

Результаты исследований внесения в буровой шлам гипса / доломитовой муки / фосфогипса и диатомита, показали всхожесть мятлика лугового от 42 до 52 % с высотой надземных побегов 3,2-3,3 см, внесение дополнительного объема торфа и применение гуминового препарата «Росток» способствовало увеличению всхожести побегов до 92 % с высотой надземных побегов 4,3 см.

Всхожесть костреца безостого и овсяницы красной была аналогичной при данных вариантах, наиболее лучшие результаты наблюдались буровой шлам + гипс+ диатомит +торф + гум. пр-т. «Росток» / буровой шлам + фосфогипс + диатомит + торф + гум. пр-т. «Росток» и составили до 92 % с высотой надземных побегов 9,8-10,2 см и 8,3-9,6 см, соответственно.

При внесении в буровой шлам гипса / доломитовой муки / фосфогипса, глауконита, торфа и гуминового препарата «Росток», показало хорошую всхожесть злаковых культур по отношению к другим вариантам до 96 %.

При этом варианте всхожесть овсяницы красной составила 92 % с высотой надземных побегов 9,8 см, мятлика лугового 92 % с высотой надземных побегов 4,2 см и костреца безостого 96 % с высотой надземных побегов 9,8 см.

Внесение мелиорирующих добавок и природных минеральных сорбентов улучшает химические свойства бурового шлама и обеспечивает условия прорастания семян, роста и развития растений злаковых культур. Применение торфа и гуминового препарата «Росток» благоприятно сказывается на развитии растений злаковых культур, при этом происходит формирование жизнеспособного фитоценоза со всхожестью до 96 % и высотой надземных побегов до 10,2 см.

ГЛАВА 6. АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ШЛАМОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ

Буровые шламы, представляющие собой выбуренную горную породу, целесообразно возвращать в окружающую среду в качестве грунтов, восстанавливающих нарушенные земли. При этом необходимо безусловное соблюдение всех технико-технологических приемов технологии утилизации и требований действующего законодательства в области обращения с отходами.

Апробация осуществлялась на Тевлинско-Русскинском месторождении ХМАО-Югра (28 куст), расстояние до г. Когалыма составляет 150 км.

Технология проведения полевых исследований: утилизация бурового шлама осуществлялась механизированным способом в контейнере сборно-разборного типа (объемом 1 м³). Отбор проб бурового шлама осуществлялся из-под шнекового конвейера буровой установки, после системы очистки бурового раствора. Смесь компонентов выгружалась непосредственно на поверхность бурового шлама, размещенного в контейнере до необходимого уровня, и перемешивалась лопатами с компонентами до получения визуально однородной массы. Выгрузка полученного материала высотой в 0,2 м осуществлялась на подготовленную площадку – делянки. Делянки, принятые размером 3×1 м в двухкратной повторности, располагались за пределами обваловки кустовой площадки.

6.1 Результаты химико-токсикологических исследований техногенных грунтов

Для определения техногенных грунтов как безопасного материала, пригодного в использовании при проведении рекультивационных работ, требуется установить химические и токсикологические параметры.

Результаты по определению типа заселения техногенных грунтов относились к хлоридному типу засоления. Уровень водородного показателя в техногенных грунтах с диатомитом и доломитом находился в пределах 8,13 и 9,32 ед. рН, что относится к слабощелочной среде, а в техногенных грунтах с использованием гипса и глауконита – 7,69 ед. рН. (нейтральная среда) и 8,32 ед. рН. (слабощелочная среда).

Остаточное содержание нефтепродуктов в пробах техногенных грунтов находилось на уровне до 367 г/кг. Наибольшее значение отмечалось по марганцу и составило от 152,0 до 192,0 мг/кг (таблица 37).

Таблица 37

Исследования химического состава образцов бурового шлама и техногенных грунтов

Наименование определяемого показателя	Ед. изм.	Буровой шлам	Буровой шлам 80 %+ диатомит 10 % + доломит 10%	Буровой шлам 40 %+ диатомит 10 % + доломит 10% + торф 40 %	Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10%	Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10% + торф 40 %	ПДК (ОДК) с учетом кларка, мг/кг
Водородный показатель	ед.рН	7,26±0,10	9,32±0,1	8,13±0,1	8,32±0,1	7,69±0,1	-
Кадмий (валовая форма)	мг/кг	<0,1	0,094±0,028	0,10±0,03	0,19±0,06	0,21±0,063	2,0
Кобальт (валовая форма)	мг/кг	6,7±2,3	3,6±1,1	3,6±1,08	3,7±1,1	3,7±1,11	-
Марганец (валовая форма)	мг/кг	298±75	192±57	195±58,5	152±46	153±45,9	1500
Медь (валовая форма)	мг/кг	40±12	12±72	11±3	11±3	10,3±3,09	132,0
Мышьяк	мг/кг	3,9±1,2	1,49±0,45	1,51±0,45	1,77±0,53	1,89±0,57	10,0
Никель (валовая форма)	мг/кг	<50	17±5	17±5	17±5	17±5	80,0
Ртуть	мг/кг	<0,10	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	2,1
Свинец (валовая форма)	мг/кг	44±13	10±3	11±3,3	16±5	16±4,8	130,0
Хром (валовая форма)	мг/кг	34±10	24±7	24±7,2	17±5	18±5,4	0,05
Цинк (валовая форма)	мг/кг	37±20	49±15	51±15,3	42±13	43±12,9	220,0
Нефтепродукты	мг/кг	1700,0±680,0	350±140	185±74	367±146,8	169±67,6	-
Сульфат-ион	мг/кг	57±9	88±13	81±12,15	159±24	135±20,25	-
Хлорид-ион	мг/кг	4778±717	2694±404	2135±320	6135±920	5893±884	-

Содержание тяжелых металлов по степени их убывания отражено в следующем ряду: $Mn > Zn > Cr > Ni > Cu > Pb > Co > As > Cd > Hg$. При сравнении концентраций тяжелых металлов в пробах техногенных грунтов с ПДК (ОДК) почв с учетом кларков, наблюдалось превышение по марганцу и цинку.

Результаты агрохимических исследований полевых исследований показали следующее. Водородный показатель водной вытяжки бурового шлама в исходном состоянии соответствует уровню слабощелочной градации (8-9 ед. рН). На вариантах с участием гипса степень рН снижается с уровня слабощелочного до нейтрального (7-8 ед. рН). Слабое снижение рН обусловлено коротким мелиоративным периодом и пониженными температурным режимом в условиях северных широт. Использование диатомита и доломитовой муки даже в сочетании с торфом очень слабо снижает реакцию среды.

Содержание обменного натрия в исходной пробе бурового шлама составляет 2,0 мг-экв/100 г, это соответствует 16 % от показателя ёмкости катионного обмена. Учитывая особую роль натрия в засоленных почвах и грунтах, что соответствует уровню среденатриевого содержания (10-25 %). Уровень выше 25 % соответствует градации многонатриевости, а уровень менее 10 – малонатриевости. Важно отметить, что при исходном содержании обменного натрия в буровом шламе ощущается острый дефицит для растений в кальции. Отрицательное действие обменного натрия усиливается повышенным содержанием в буровом шламе обменного калия. При их сочетании проявляется действие синергизма, это отражается на повышении дисперсности и гидрофильности бурового шлама.

Низкая ёмкость катионного обмена 12 мг-экв/ 100 г в исходном образце бурового шлама обусловлена качеством геологических отложений. Здесь явно отсутствуют отложения глинистого минерала – монтмориллонита и преобладают калиевые полевые шпаты и плагиоклаз, возможно небольшое участие каолинита. Высокую ёмкость обмена в природных почвах придает содержание гумуса, в буровых шламах он отсутствует, его восстановление требует длительного мелиоративного процесса с участием многолетних трав, на решение этой проблемы и направлена данная работа.

Для определения токсикологического воздействия проб техногенных грунтов использовались в качестве тест-объектов различные гидробионты: *Clorella vulgaris Beijer*, *Paramecium caudatum Ehrenberg*, *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg*. *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg*, *Clorella vulgaris Beijer*.

При определении острой токсичности проб бурового шлама и техногенных грунтов на тест объекте *Paramecium caudatum Ehrenberg* допустимая степень безвредной кратности разбавления (<0,40) в пробах бурового шлама и

техногенных грунтов достигалась при разбавлении вытяжек в 10 раз. Положительный хемотаксис наблюдался в пробах почвогрунтов буровой шлам + гипс + глауконит и буровой шлам + гипс + глауконит + торф. Индекс токсичности в пробах техногенных грунтов с применением диатомита находился на уровне 0,24 у.е., что свидетельствует о наличии отрицательного хемотаксиса (таблица 38).

Таблица 38

Результаты определения острой токсичности на тест-объекте *Paramecium caudatum Ehrenberg*

Наименование пробы	Индекс токсичности, у.е.	
	Кратность разбавления, раз	
	1	10
Буровой шлам	0,61	0,29
Буровой шлам 80 %+ диатомит 10 % + доломит 10%	0,52	0,24
Буровой шлам 40 %+ диатомит 10 % + доломит 10% + торф 40 %	0,44	0,24
Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10%	0,46	0
Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10% + торф 40 %	0,6	0

Используя *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg* в качестве тест-объекта для определения острой токсичности, оказываемой пробами техногенных грунтов, наблюдалось отсутствие гибели цериодафний при десятикратном разбавлении. Вариантами техногенных грунтов, оказывающими наименьшее токсикологическое воздействие в сравнении с пробой бурового шлама, являются: буровой шлам + диатомит + доломит и буровой шлам + гипс + глауконит + торф, со значением летальной кратности разбавления вытяжки, вызывающей гибель 50 % тест-объектов за 48-часовую экспозицию, на уровне 1,5 раз (таблица 39).

Таблица 39

Результаты определения острой токсичности на тест-объекте *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg*

Наименование пробы	Гибель цериодафний, % / шт.			ЛКР 50-48, раз	БКР 10-48, раз
	Кратность разведения, раз				
	1	10	100		
Буровой шлам	100/20	5/1	0/0	3,2	10
Буровой шлам 80 %+ диатомит 10 % + доломит 10%	70/14	0/0	0/0	1,5	10
Буровой шлам 40 %+ диатомит 10 % + доломит 10% + торф 40 %	100/20	0/0	0/0	3,2	10

Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10%	80/16	0/0	0/0	1,8	10
Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10% + торф 40 %	70/14	0/0	0/0	1,5	10

При исследовании токсикологического воздействия проб на *Daphnia magna Straus* наименьшие значения летальной кратности разбавления вытяжек и проб техногенных грунтов, вызывающих гибель 50 % тест-объектов за 48-часовую экспозицию, наблюдалось у вариантов техногенных грунтов в состав которых не был включен торф. При исследовании этих же вариантов техногенных грунтов с внесением торфа летальная кратность разбавления возрастала в 6-8 раз (таблица 40).

Таблица 40

Результаты определения острой токсичности на тест-объекте *Daphnia magna Straus*

Наименование пробы	Гибель дафний, % / шт.					ЛКР 50-48, раз	БКР 10-48, раз
	Кратность разведения, раз						
	1	10	100	1000	10000		
Буровой шлам	100/10	0/0	0/0	0/0	0/0	3,29	10
Буровой шлам 80 %+ диатомит 10 % + доломит 10%	10/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0,2	10
Буровой шлам 40 %+ диатомит 10 % + доломит 10% + торф 40 %	70/7	0/0	0/0	0/0	0/0	1,6	10
Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10%	10/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0,2	10
Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10% + торф 40 %	50/5	0/0	0/0	0/0	0/0	1,2	10

Аналогичная ситуация наблюдалась и при использовании в качестве тест-объекта *Clorella vulgaris Beijer* – наименьшее токсикологическое воздействие оказывали пробы техногенных грунтов без внесения торфа, что подтверждается отсутствием подавления или стимуляции роста зеленой водоросли (показатели оптической плотности не снижались на 20 % и не увеличивались на 30 %). Вытяжки из проб грунтов с применением торфа без разведения оказывают стимулирующее воздействие на *Clorella vulgaris Beijer* (таблица 41).

Таблица 41

Результаты определения острой токсичности на тест-объекте *Clorella vulgaris Beijer*

Наименование пробы	Кратность разведения, раз				
	1	10	100	1000	10000
	Снижение/увеличение величины оптической плотности культуры, %				
Буровой шлам	-56,72	-34,24 / 46,13	8,07	10,14	11,6
Буровой шлам 80 %+ диатомит 10 %+ доломит 10%	8,32	5,21	4,01	6,21	3,25
Буровой шлам 40 %+ диатомит 10 %+ доломит 10% + торф 40 %	55,7	14,8	8,7	-5,4	-8,2
Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10%	29,84	15,36	14,87	8,64	9,03
Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10% + торф 40 %	57,4	6,7	5,1	1,8	-2,8

6.2 Исследования биологической активности техногенных грунтов

Основным показателем плодородия почв является их биологическая активность в комплексе с химическими и токсикологическими свойствами. Плодородие почв можно оценить по критериям: биомасса микроорганизмов (МО) и ферментативная активность [21].

Ферменты играют важную роль в процессах, протекающих в почвах, выступая катализаторами химических, физических и биологических реакций. Ферменты почв обладают высокой чувствительностью к изменениям, которые вызваны природными или антропогенными воздействиями [50].

Исследования в данной области показали, что ферментативная активность почв может быть использована в качестве индикаторного показателя загрязнения почв и её плодородия.

Оценка биологической активности также может быть использована и для характеристики техногенных грунтов полученных на основе бурового шлама.

Напряженность микробиологических процессов в почве коррелятивно связана с размножением и активностью всей совокупности почвенных сапрофитных микроорганизмов.

Определение общей численности позволяет оценить состояние почвы. В плодородных почвах с высоким содержанием органического вещества численность может достигать до миллиардов.

Распад и минерализацию свежего органического вещества осуществляет в первую очередь группа аммонифицирующей микрофлоры, так называемая гниlostная которую учитывают на мясopептонном агаре (МПА). Эта микрофлора использует азотсодержащее органическое вещество – белки.

Следующий этап минерализации опада осуществляет группа, учитываемая на крахмало-аммиачном агаре (КАА). Это разнородная по составу группа бактерий, микромицетов и актиномицетов, использующая для питания органическое вещество без азота (углеводы и полисахариды), а азот в минеральной форме.

Одним из показателей интенсификации минерализационных процессов в почве может быть соотношение бактерий, усваивающих органический и минеральный азот (КАА/МПА). В почвах с более энергичным процессом минерализации микроорганизмы, усваивающие минеральный азот, обычно превышают по численности микрофлору, развивающуюся за счет органического азота.

Почвенные *грибы* и *актиномицеты* играют большую роль в превращении широкого круга органических и минеральных веществ в почве, продуцируют многие физиологически активные вещества – аминокислоты, витамины, ферменты, антибиотики. За счет последних проявляют антагонистические свойства и оказывают большое влияние на формирование почвенных микробоценозов.

УОБ – это группа неродственных бактерий, способных к использованию углеводов в качестве единственного источника углерода и энергии. Выявляются на плотных или жидких минеральных средах (Раймонда и Мюнца) с углеводородами или нефтью в качестве источника питания. Окисление углеводов – это не единственный способ их питания, в благоприятных условиях они используют более доступные субстраты, а при наличии углеводов способны получать энергию из них, получая конкурентное преимущество перед другими видами.

Общая численность микрофлоры в образцах варьировалась в пределах от 60 до 271 млн КОЕ/г техногенных грунтов.

Численность сапрофитов составляла в контрольном образце (буровой шлам) 0,01 млн КОЕ/г в остальных образцах от 34,0 до 62,0 млн КОЕ/г, максимальное значение наблюдалось при внесении торфа и составило 45,2 -62,0 млн КОЕ/г (рисунок 8)



Рисунок 8 – Внешний вид посевов на МПА (группа сапрофитных бактерий)

Доля микроорганизмов, растущих на среде с минеральным азотом, определялась до 37 %, их количество также было минимальным (0,05 млн КОЕ/г) в контрольном образце, в остальных пробах варьируя в пределах от 31,9 до 57,8 млн КОЕ/г. Количество сапрофитов и растущих на КАА было сопоставимо во всех образцах.

Численность УОБ во всех образцах имела порядок 13,5-22 млн КОЕ/г.

Численность актиномицетов в контрольном образце не обнаружено, максимальное значение было в пробах с внесением торфа (4,9-7,3 млн КОЕ/г), в остальных образцах – 0,2-0,6 млн КОЕ/г.

Увеличение разнообразия микробиоценоза техногенных грунтов указывает на снижение концентраций водорастворимых солей и нефтепродуктов при сравнении с буровым шламом, а также о наличии дополнительных источников питания в виде торфа.

Результаты определения влажности и микробиологические анализы бурового шлама и техногенных грунтов представлены в таблице 42. На рисунке 9 – вариант графического представления данных таблицы 43 – логарифмической шкалой. Логарифмическая шкала позволяет сравнить величины разного порядка.

Результаты определения влажности и микробиологические исследования

№	Численность, млн КОЕ/г							КАА/ МПА
	Влаж- ность, %	Общая	Сапро- фитов	Общая на КАА	УОБ на Мюнца	Грибов на КАА	Актиномицетов на КАА	
Буровой шлам	0,3	60	0,07	0,05	22,0	не обнаружены	не обнаружены	0,7
Буровой шлам 80 % + доломитовая мука 10 % + диатомит 10%	2,1	204	34,0	31,9	13,6	0,2	0,2	0,9
Буровой шлам 40 %+ доломитовая мука 10 % + диатомит 10% + торф 40 % + гум. пр-т «Росток»	4,1	250	62,0	66,0	16,5	10,4	7,3	1,1
Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10%	2,2	251	35,0	33,7	13,5	0,03	0,6	1,0
Буровой шлам 80 %+ гипс 10 % + глауконит 10% + торф 40 % гум. пр-т «Росток»%	5,5	210	45,2	57,8	17,8	10,4	4,9	1,3

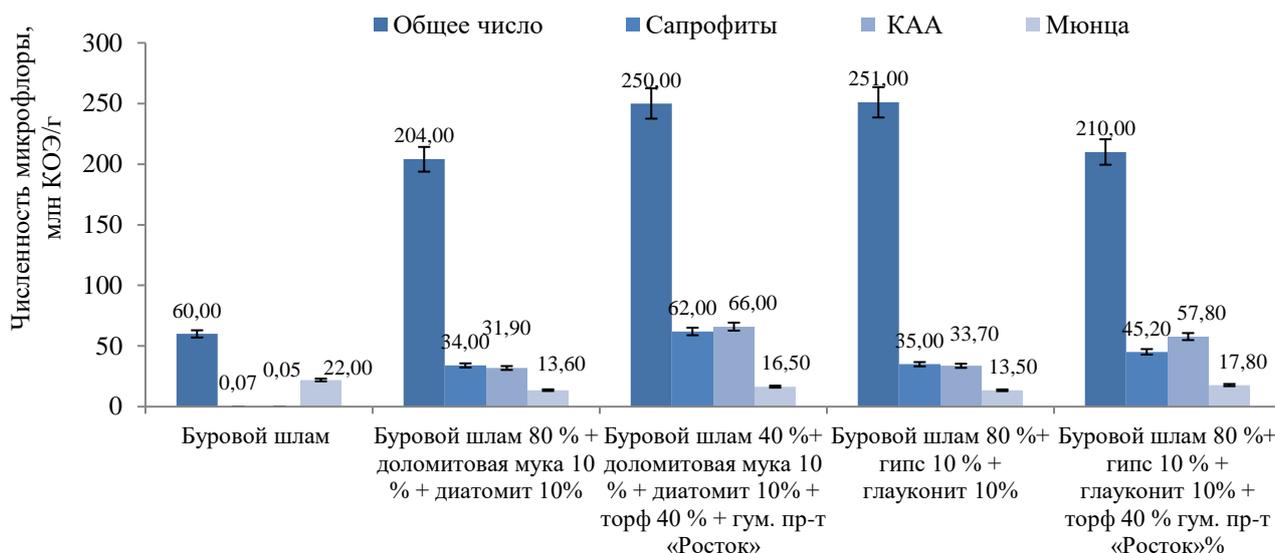


Рисунок 9 – Численность микрофлоры разных физиологических групп (шкала логарифмическая)

Из рисунка 9 и таблицы 43 наглядно видно, что контрольный образец значительно отличается по численности всех исследуемых групп микрофлоры: он содержит минимальное количество сапрофитов, бактерий, растущих на КАА.

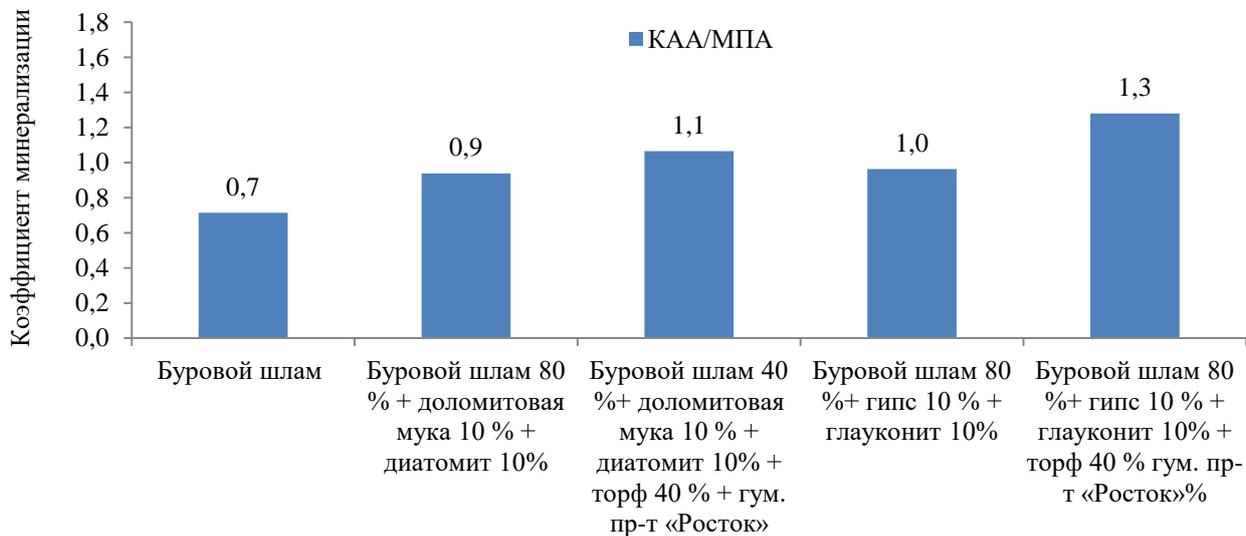


Рисунок 10 – Коэффициент минерализации (отношение численности микрофлоры, растущей на КАА, к микрофлоре, растущей на МПА)

Коэффициент минерализации, рассчитываемый как соотношение численностей микрофлоры на КАА к МПА, был выше единицы в образцах техногенного грунта (буровой шлам + доломитовая мука + диатомит + торф + гуминовый препарат «Росток»), техногенного грунта (буровой шлама + гипс +

глауконит) и техногенного грунта (буровой шлама + гипс + глауконит + торф + гуминовый препарат «Росток»), около единицы в техногенном грунте (буровой шлам + доломитовая мука + диатомит) и минимальным – 0,7 – в буровом шламе, это указывает о самом низком темпе минерализационных процессов (рисунок 10).

Одними из основных компонентов биоты, имеющих непосредственное отношение к процессам почвообразования и круговорота веществ в северных экосистемах, являются почвенные микромицеты. Изучение разнообразия грибной флоры, несомненно, важно еще и с точки зрения способности почвы к самовосстановлению после антропогенного воздействия.

Содержание микромицетов во всех образцах было намного ниже, чем бактерий, что нормально для техногенных грунтов. Высокое содержание почвенных грибов может свидетельствовать о кислой реакции почвенного раствора, нарушениях водо-воздушного режима почвы или других проблемах.

Численность микромицетов, определяемая на средах Чапека и КАА, была сходной во всех образцах. Абсолютная численность актиномицетов была низкой (0,2-1,6 млн КОЕ/г) в образцах бурового шлама, техногенного грунта (буровой шлам + доломитовая мука + диатомит) и техногенного грунта (буровой шлама + гипс + глауконит), и высокой (4,9-7,3 млн КОЕ/г) в образцах техногенного грунта (буровой шлам + доломитовая мука + диатомит + торф + гуминовый препарат «Росток») и техногенного грунта (буровой шлама + гипс + глауконит + торф + гуминовый препарат «Росток») (рисунок 11).

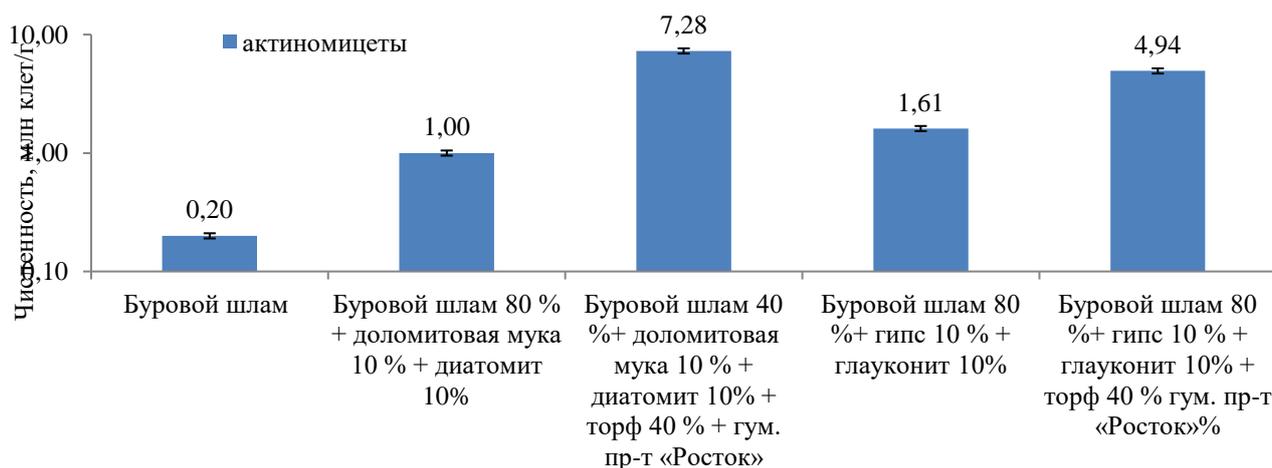


Рисунок 11 – Численность микромицетов на среде КАА

При этом их доля в общей численности микрофлоры на КАА была минимальной в контрольном образце и составила 0,6 %, выше в образцах

техногенного грунта (буровой шлам + доломитовая мука + диатомит) и техногенного грунта (буровой шлама + гипс + глауконит) – 6,7 и 8,4 %, максимальной в образцах техногенного грунта (буровой шлам + доломитовая мука + диатомит + торф + гуминовый препарат «Росток») и техногенного грунта (буровой шлама + гипс + глауконит + торф + гуминовый препарат «Росток») – 14 и 16 %, соответственно.

Результаты исследований показали, что высокое содержание водорастворимых солей, нефтепродуктов и щелочная реакция среды бурового шлама оказывает ингибирующее действие микробиоценоз, при этом в техногенных грунтах наблюдается развитие общей численности микрофлоры.

Техногенные грунты на основе буровых шламов с добавлением торфа и гуминового препарата «Росток» могут использоваться в качестве исходного материала для биологической рекультивации нарушенных земель.

6.3 Влияние вариантов утилизации бурового шлама на растения злаковые

Проективное покрытие является одним из ключевых параметров растительного покрова и характеризует степень покрытия почвы фитомассой растений. Математически проективное покрытие определяется как отношение проекции побегов и листьев к общей площади участка и выражается в долях или процентах.

С учетом того, что особенности развития растительного покрова во многом определяются зеленой фитомассой и ее динамикой, научный интерес представляет анализ проективного покрытия зелеными частями растений, т.е. анализ проективного покрытия зеленой фитомассой.

По причине того, что проективное покрытие является одним из ключевых биометрических параметров, характеризующих состояние растительности, на основе анализа его сезонного изменения можно делать выводы об особенностях развития растительного покрова тех или иных посевных площадей. По величине проективного покрытия зеленой фитомассой можно судить о продуктивности растительных сообществ.

Результаты вариантов утилизации бурового шлама с созданием техногенных грунтов на растения злаковых культур при полевом опыте, представлены в таблице 43.

Таблица 43

Результаты вариантов утилизации бурового шлама с созданием техногенных грунтов на растения злаковые

Варианты	Травосмесь (мятлик луговой, кострец безостый, овсяница красная)				
	Буровой шлам	Буровой шлам + дол.мука + диатомит	Буровой шлам + дол.мука + диатомит» гум. пр-г. «Росток»	Буровой шлам + гипс + глауконит	Буровой шлам + гипс + глауконит + торф+ гум. пр-г. «Росток»
<i>1-й год полевых исследований</i>					
Проективное покрытие почв растительностью, %	10	50	55	45	50
Высота надземных побегов, см	13	25	28	25	28
Масса вегетативных надземных побегов, г/м ² (сырая масса)	328,7	897,4	1162,8	972,6	1100,2
<i>2-й год полевых исследований</i>					
Проективное покрытие почв растительностью, %	15	65	75	70	75
Высота надземных побегов, см	13	34	36	30	35
Масса вегетативных надземных побегов, г/м ² (сырая масса)	388,2	950,7	1526,8	1034,5	1350,4
<i>3-й год полевых исследований</i>					
Проективное покрытие почв растительностью, %	30	80	90	80	85
Высота надземных побегов, см	14	50	51	50	50
Масса вегетативных надземных побегов, г/м ² (сырая масса)	390,5	1070,6	1896,3	1103,3	1569,6

Определяющим критерием эффективности применения вариантов утилизации буровых шламов с созданием техногенных грунтов для биологической рекультивации нарушенных земель является показатель проективного покрытия растений, значения которого должны превышать 50% от площади учетной площадки наблюдений.

1-й год полевых исследований: проективное покрытие на буровом шламе (контроль) сеяным фитоценозом составило 15 %, высота надземных побегов – 13 см с фитомассой 328,7 г/м² (сырая масса).

Внесение мелиорантов улучшает химические свойства бурового шлама и обеспечивает условия прорастания семян, роста и развития растений.

Проективное покрытие составляло более 50 % от площади учетной площадки наблюдений. Наряду с этим отмечается активная всхожесть посевов с высотой надземных побегов 25-28 см.

Дополнительное внесение гуминового препарата «Росток» в виде 0,001 % раствора благоприятно сказывается на развитии растений, при этом происходит формирование жизнеспособного фитоценоза с высокими значениями фитомассы вегетативных надземных побегов 1100,2-1162,8 г/м² (сырая масса).

2-й год полевых исследований: на буровом шламе (контроль) отмечена слабая всхожесть злаков и соответственно низкие значения показателя проективного покрытия – 10%, высота надземных побегов составила 13 см с фитомассой 388,2 г/м² (сырая масса).

При внесении в буровой шлам мелиорирующих добавок и природных минеральных сорбентов проективное покрытие составляло 65-70 %. Наиболее активно злаки произрастали при добавлении торфа и гуминового препарата «Росток» в виде 0,001% раствора, таким образом можно заключить, что внесение их благоприятно сказывается на развитии растений, при этом происходит формирование жизнеспособного ценоза с значениями проективного покрытия до 75 % с фитомассой 1350,4-1526,8 г/м² (сырая масса).

3-й год полевых исследований: проективное покрытие на буровом шламе (контроль) сеяным фитоценозом составило 15 %, проростки злаков высотой до – 13,5 см с фитомассой 390,5 г/м² (сырая масса). Входящие в состав бурового шлама загрязняющие вещества (хлорид-ион, сульфат-ион, нефтепродукты) влияют на развитие сеяного ценоза.

При внесении в буровой шлам мелиорирующих добавок, природных минеральных сорбентов, торфа и гуминового препарата «Росток» в виде 0,001% раствора отмечается формирование жизнеспособного ценоза злаков во всех вариантах. Проективное покрытие надземных побегов составляло 80-90 % при высоте проростков от 50 до 51 см с фитомассой 1070,6-1896,3 г/м² (сырая масса).

Полученные данные о зависимости массой вегетативных надземных побегов (сырая масса) от проективного покрытия представлены на рисунках 12-16.

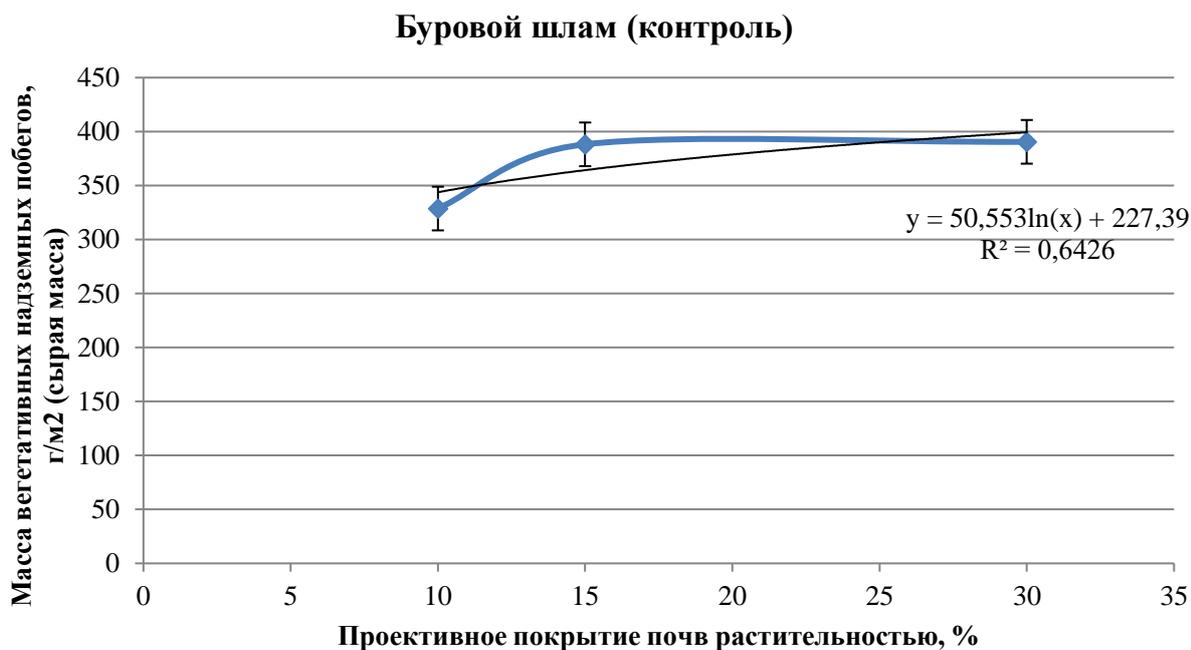


Рисунок 12 – Зависимость массы вегетативных надземных побегов (сырая масса) от проективного покрытия

Значение коэффициента детерминации ($R^2 = 0,64$) в контрольном образце (буровой шлам) свидетельствует о прямой умеренной связи проективного покрытия с массой вегетативных надземных побегов (сырая масса).

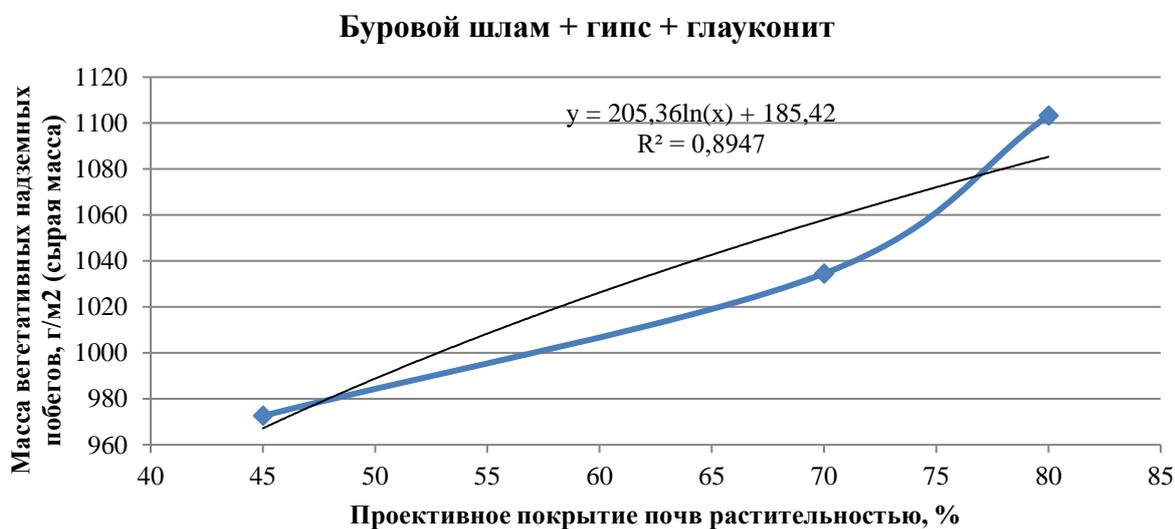


Рисунок 13 – Зависимость массы вегетативных надземных побегов (сырая масса) от проективного покрытия

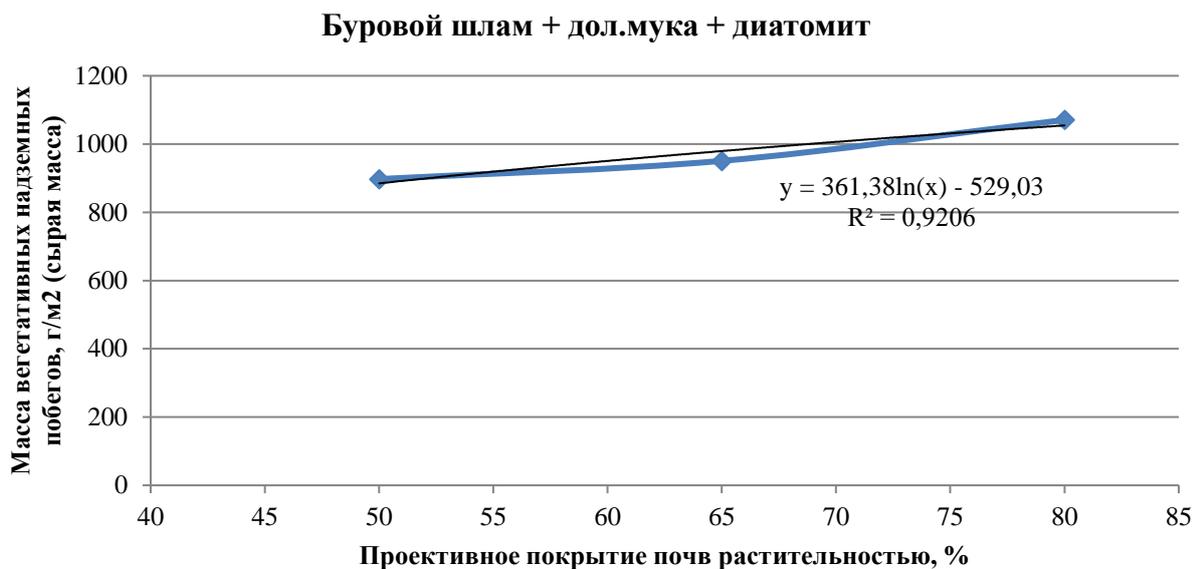


Рисунок 14 – Зависимость массой вегетативных надземных побегов (сырая масса) от проективного покрытия



Рисунок 15 – Зависимость массой вегетативных надземных побегов (сырая масса) от проективного покрытия



Рисунок 16 – Зависимость массы вегетативных надземных побегов (сырая масса) от проективного покрытия

Значение коэффициентов аппроксимации ($R^2 = 0,89-0,97$) свидетельствует о достаточно тесной связи проективного покрытия с массой вегетативных надземных побегов (сырая масса) во всех изучаемых пробах техногенных грунтов.

6.4 Рекомендации по применению техногенных грунтов для биологического этапа рекультивации нарушенных земель

Биологический этап рекультивации нарушенных земель и земельных участков, включает комплекс агротехнических, биологических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению утраченного качественного состояния земель (в том числе плодородия) с учетом выбранного направления рекультивации для определенного целевого назначения и разрешенного использования.

Технический этап

В соответствии с ГОСТ 17.5.1.01-83 технический этап рекультивации предусматривает комплекс технических мероприятий по подготовке нарушенных земель для их последующего целевого использования. Цель технического этапа – создание рекультивационного слоя почвы, с благоприятными для биологической рекультивации условиями.

На техническом этапе рекультивации производится получение техногенных грунтов. Весь полученный объем техногенных грунтов является рекультивационным слоем.

Биологический этап

Выбор направлений рекультивации определяется в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.1.02-85, который устанавливает классификацию нарушенных земель по их пригодности для рекультивации и различных видов дальнейшего использования. Приоритетным направлением рекультивации считаются природоохранное направление.

Техногенный грунт рассматривается как потенциально плодородный материал, обладающий благоприятными агрохимическими свойствами для роста растений. Для повышения фитомелиоративных свойств (оптимизации минерального питания растений) используется гуминовый препарат «Росток».

Потенциально плодородный слой создается на спланированной поверхности шламового амбара (временного шламонакопителя), заполненного техногенным грунтом. При необходимости производится предварительное рыхление участка мотокультиватором для создания оптимальных условий прорастания семян.

Фитомелиорация территории шламового амбара проводится путем посева семян многолетних трав. Для посева рекомендуются костреч безостый (70 кг/га), овсяница красная (40 кг/га), мятлик луговой (10 кг/га). Нормы высева даны для посева культур в чистом виде. При расчёте норм высева семян корректируют в зависимости от хозяйственной годности каждой конкретной партии семян.

Контроль за эффективностью рекультивационных работ осуществляется на основании региональных нормативов.

При отсутствии регионального норматива эффективность рекультивации определяется по фитоиндикационным параметрам – всхожести семян и общему проективному покрытию живым напочвенным покровом сеянных или естественных травостоев на объекте рекультивации.

Контроль всхожести семян проводят через 30 дней после посева. При наличии «пустых» мест с общим проективным покрытием менее 30 % и площадью более 10 м² производятся дополнительные фитомелиоративные мероприятия (внесение удобрений, подсев семян).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований бурового шлама была проведена оценка возможности использования отходов как сырья для создания техногенных грунтов. Установлено, что группа глинистых минералов составила 13,3 % от общего содержания минералов. По результатам оценки содержания групп гранулометрических элементов, буровые шламы относились от суглинки легкой до глины тяжелой. В составе бурового шлама преобладали глинистые частицы, что обусловлено низким содержанием физического песка (<20 %) и высоким значением физической глины (>80%).

По уровню водородного показателя среды пробы бурового шлама были от нейтральной до слабощелочной среды – 7,26 и 8,36 ед. рН. Отмечено высокое содержание водорастворимых солей в буровых шламах от 4049 до 6568 мг/кг. По типу засоления изучаемые пробы буровых шламов в относились к хлоридному типу засоления. Концентрация нефтепродуктов находилась в пределах от 0,11% до 0,96%. Содержание тяжелых металлов по степени их убывания наблюдалось в следующем ряду: Mn > Zn > Pb > Cu > Co > As. Сравнении концентраций тяжелых металлов с кларками, выявлено превышение во всех образцах по мышьяку в 23,6 раз и свинцу в 2,2 раза. Результаты исследований токсикологического воздействия на гидробионты (*Paramecium caudatum Ehrenberg*, *Ceriodaphnia affinis Lilljeborg*, *Daphnia magna Straus*, *Clorella vulgaris Beijer*) показали, что все изученные образцы буровых шламов с использованием разных типов буровых растворов относились к IV классу опасности для окружающей природной среды.

При внесении доломитовой муки, гипса и фосфогипса наблюдалось снижение сухого плотного остатка, содержание этого показателя менее 1 % наблюдалось при норме внесения от 10 до 20% мелиорирующих добавок. Полученные образцы по степени засоленности относились от слабозасоленных (содержание растворимых солей 0,5-2%) до средnezасоленных (содержание растворимых солей 2,0-5,0%).

На основании полученных данных установлено, что интенсивность развития семян овсяницы красной (*Festuca rubra*), мятлика лугового (*Poa pratensis*), костреца безостого (*Brōmus inērmis*) существенно отличалась в зависимости от норм внесения и вида мелиорантов. Наибольшая всхожесть наблюдалась при внесении доломитовой муки / гипса / фосфогипса в буровой шлам от 10 до 20% и составляет 80-90%. При определении статической взаимосвязи полученных данных выявлена сильная прямая корреляционная

зависимость энергии прорастания и всхожести семян злаковых культур в среднем 0,98 и 0,90.

Внесение природных минеральных сорбентов положительно сказывалось на снижении концентрации нефтепродуктов в буровых шламах, лучшие показатели были на 28-й и 56-й день исследования при внесении сорбента от 3% до 25%, рекомендуемая доза сорбентов при не высоких исходных значениях нефтепродуктов в буровом шламе может составлять 3-10%.

Результаты исследований по химическим показателям указывают на возможность использования доломитовой муки / гипса / фосфогипса и диатомита / глауконита в качестве компонентов для создания техногенных грунтов для биологической рекультивации нарушенных земель. Применение торфа и гуминового препарата «Росток» благоприятно сказывается на развитии растений злаковых культур, при этом происходит формирование жизнеспособного фитоценоза со всхожестью до 96 % и высотой надземных побегов до 10,2 см.

Полученные техногенные грунты на основе бурового шлама в полевых условиях относились к хлоридному типу засоления. Уровень водородного показателя в техногенных грунтов находился в пределах 7,69 и 9,32 ед.рН. Остаточное содержание нефтепродуктов в пробах техногенных грунтов находилось на уровне до 367 г/кг. Наибольшее значение по тяжелым металлам отмечалось по марганцу и составило от 152,0 до 192,0 мг/кг.

Увеличение разнообразия микробиоценоза техногенных грунтов указывает на снижение концентраций водорастворимых солей и нефтепродуктов при сравнении с буровым шламом. Общая численность микрофлоры в образцах варьировалась в пределах от 60 до 271 млн КОЕ/г техногенных грунтов. Численность сапрофитов составляла в контрольном образце (буровой шлам) 0,01 млн КОЕ/г в остальных образцах от 34,0 до 62,0 млн КОЕ/г. Численность актиномицетов в контрольном образце не обнаружено, максимальное значение было в пробах с внесением торфа (4,9-7,3 млн КОЕ/г), в остальных образцах – 0,2-0,6 млн КОЕ/г.

При внесении в буровой шлам мелиорирующих добавок, природных минеральных сорбентов, торфа и гуминового препарата «Росток» отмечается формирование жизнеспособного ценоза злаков во всех вариантах. Проектное покрытие надземных побегов составляло 80-90 % при высоте проростков от 50 до 51 см с фитомассой 1003,3-1896,3 г/м² (сырая масса). Значение коэффициентов аппроксимации ($R^2 = 0,89-0,97$) свидетельствует о достаточно тесной связи проективного покрытия с массой вегетативных надземных побегов (сырая масса) во всех изучаемых пробах техногенных грунтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азарова, С. В. Отходы горнодобывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды (на примере объектов Республики Хакасия) : 25.00.36 «Геоэкология» : дисс. ... канд. геол.-минер.наук / С. В. Азарова ; Томский государственный университет. – Томск, 2005. – 235 с.
2. Ахметшин, М. А. Состояние и перспективы развития работ на Самотлорском месторождении по уменьшению отрицательного влияния отходов бурения на природную среду / М. А. Ахметшин, Н. Н. Андреева, Ю. П. Пинягин // Пути и средства достижения сбалансированного эколого-экономического развития в нефтяных регионах Западной Сибири. – Нижневартовск.: Уральский рабочий, 1995. – С. 62-63.
3. Бадовский, Н. А. Система сбора и хранения отходов при бурении/ Н. А. Бадовский // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. – 1994. – № 6. – С. 33-39.
4. Бакурова, К. Б. Эколого-экономическая оценка деградации агроландшафтов на основе дистанционного мониторинга / К. Б. Бакурова, В. Г. Юферев // Вестник Воронежского государственного университета. – 2009. – № 1. – С. 79-83.
5. Балаба, В. И. Обеспечение экологической безопасности строительства скважин на море / В. И. Балаба // Бурение и нефть. – 2004. – № 1. – С. 18-21.
6. Барахнина, В. Б. Основы технологии очистки отходов нефтегазового комплекса и оценка ущерба окружающей среде / В. Б. Барахнина, И. Р. Киреев, В. В. Свиначев. – Уфа : РИО РУНМЦ МО РБ, 2009. – 242 с.
7. Беляков, А. Ю. Оценка токсичности буровых шлам и эколого-функциональные особенности выделенных из них микроорганизмов : 03.02.08 «Экология» : 03.02.03 «Микробиология» : дисс.... канд. биол. наук / А. О. Беляков; Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского. – Саратов, 2014. – 170 с.
8. Биоремедиация бурового шлама в процессе химической фиксации / Л. Э. Гасымлы, Н. А. Ибадов, Ф. К. Касомов, [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2005. – № 4. – С. 86-90.
9. Булатов, А. И. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин/ А. И. Булатов, Е. Ю. Волощенко, Г. В. Кусов, О.В. Савенок. – Краснодар. Изд-во «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
10. Быков, И. Ю. Буровой шлам / И. Ю. Быков, А. С. Гуменюк, Р. П. Цивилиев. – М. : ВНИИОЭНГ. – 1993. – С. 10.

11. Васильев, А. В., Тупицына, О. В. Экологическое воздействие буровых шламов и подходы к их переработке / А. В. Васильев, О. В. Тупицына // Проблемы прикладной геологии. – 2014. – С. 308-312.
12. Влияние отработанных буровых растворов на загрязнение почв / М. Ю. Ежов, В. И. Терпелец, В.Ю. Шеметов [и др.]. – М.: ВНИИКРнефть., 1986. – 10 с.
13. Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган / В. А. Базанов, О. Г. Савичев, Д. В. Волостнов, [и др.] // Известия Томского политехнического университета, 2004. – Т. 307. № 2. – С. 72-75.
14. Возможности утилизации отходов бурения при формировании почвоподобной среды / Е. В. Гаевая, Я. Э. Богайчук, С.С. Тарасова, [и др.] // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2017. – № 2. – С. 82-89.
15. Воробьева, С. У. Переработка нефтешламов, буровых шламов, нефтезагрязненных грунтов методом реагентного капсулирования / С. У. Воробьева, М. С. Шпинькова, И. А. Мерициди // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2011. – № 2. – С. 68-70.
16. Гайрабеков, У. Т. Экологическая оценка буровых работ на территории Чеченской и Ингушской республик : 11.00.11 «Охрана окружающей среды и хозяйственное использование природных ресурсов» : дис.... канд. биол. наук / У. Т. Гайрабеков. – Махачкала, 1998. – 185 с.
17. Гасымлы, Л. Э. Биоремедиация бурового шлама в процессе химической фиксации / Л. Э. Гасымлы // Альтернативная энергетика и экология. – 2005. – № 4. – С. 86-90.
18. Гвоздецкая, М. В. Комплексный аналитический метод мониторинга состояния отходов бурения : 25.00.36 «Геоэкология» дис. ... канд. тех. наук. / М. В. Гвоздецкая; ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – Санкт-Петербург. – 2010. – 167 с.
19. Геохимические условия размещения и утилизации отходов бурения в торфяно-болотных геосистемах Сибири / О. Г. Савичев, П. В. Бернатонис, В. К. Бернатонис // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 375. – С. 183-186.
20. Горленко, Н. В. Загрязнение почв как основной фактор воздействия на окружающую среду при нефтедобыче / Н. В. Горленко, С. С. Тимофеева // Техносферная безопасность в XXI веке : материалы VII всерос. научн.-практ. конф. – Иркутск, 2017. – С. 286-291.

21. Григорьян, Г.Р. Николаева Т.Г., Сунгатуллина Л.М. Изменение биологических параметров почвенной экосистемы в агробиоценозах в условиях различных систем земледелия // Георесурсы. – 2011. – № 2 (38). – С. 9-13.
22. Гусейнов, Т. И. Влияние химических реагентов и бурового шлама на гидробионты и пути снижения их токсичности/ Т.И. Гусейнов, Р.Ю. Касимов, З.А. Литвин и др. // Обзор информ. ВНИИЭГазпром. Сер. Бурение морских нефтяных и газовых скважин – М., 1986. – Вып. 4. – 48 с.
23. Гусейнова, С. А. Содержание токсических веществ в тканях и органах гидробионтов на участке «Центрально-Каспийский» / С. А. Гусейнова // Юг России: экология, развитие. – Махачкала, 2013. – С. 158-166.
24. Детоксикация отработанных буровых растворов и буровых шламов и их утилизация в качестве мелиорантов при рекультивации нарушенных почв / Ф. М. Узбеков, Л. В. Молотилова, А. Е. Мохов, [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2003. – № 5. – С. 15-19.
25. Дьяченко, Г. П. Внедрение технологии переработки буровых шламов / Г. П. Дьяченко // Экология производства. – 2009. – № 8. – С. 64–68.
26. Жабриков, С. Ю. Строительный материал как результат переработки отходов бурения по ИММ-технологии / С. Ю. Жабриков // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 2-2. – С. 190-199.
27. Захаров, А. И. Виды и масштабы воздействия нефтедобывающей промышленности на лесной фонд Ханты-Мансийского автономного округа / А. И. Захаров, Г. А. Гаркунов, Б. Е. Чижов // Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. – Тюмень, 1998. – № 6. – С. 149-160.
28. Идрисов, Р. Х. Анализ физических методов обезвреживания отходов бурения / Р. Х. Идрисов, Р. Ф. Масагутов // Технические науки – от теории к практике. – Новосибирск, 2015. – С. 159-165.
29. Изменение водно-физических свойств бурового шлама в процессе его утилизации в техногенный грунт / С. С. Тарасова, Е. В. Гаевая, Я. Э. Богайчук, А. Е. Турнаева // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке : материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень, 2017. – Т. 1. – С. 270- 274.
30. Капелькина, Л. П. Биотестирование буровых шламов нефтяных месторождений / Л. П. Капелькина, М. В. Чугунова, Т. В. Бардина, Л. А. Малышкина // Экологический вестник России. – 2013. – № 8. – С. 32-37.
31. Касимов, Р. Ю. Влияние химических реагентов на молодь рыб и кормовые организмы/ Р. Ю. Касимов // ЭИ ИНИТЕРХ. – 1974. – Т.8. – С. 29-34.

32. Климова, А. А. Минералого-геохимическая специфика буровых шламов нефтегазоконденсатных месторождений на примере объектов Иркутской области / А. А. Климова, Е. Г. Языков // Вестник Забайкальского государственного университета, 2020. – Т. 26. – №2. – С. 32-39.
33. Король, В. В. Утилизация отходов бурения скважин / В. В. Король // Экология и промышленность России. – 2005. – № 1. – С. 40-42.
34. Косаревич, И. В. Экология бурения / И. В. Косаревич, В. Ю. Шеметов, А. П. Гончаренко. – Минск : Наука и техника, 1994. – 119 с.
35. Крыса, В. В., Малышкин, М. М. Методика определения класса опасности соленых буровых шламов / В. В. Крыса, М. М. Малышкин // Записки Горного института. – Т.3. – 2013. – С. 50-54.
36. Крючков, В. Н. Оценка влияния отходов бурения на гидробионтов / В. Н. Крючков, А. А. Курпанов // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Астрахань, 2012.– №1. – С. 60-65.
37. Литвинова, Т. А. Современные способы обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов для ликвидации загрязнения окружающей среды / Т. А. Литвинова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 123. – С. 902-916.
38. Лихачев, С. Г. Воздействие нефтяных разливов на природные экосистемы / С. Г. Лихачев // Экология. – 1986. № 4. – С. 24-26.
39. Мазлова Е. А. Шламовые отходы нефтегазовых компаний / Е. А. Мазлова, И. А. Меньшикова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 1. – С. 22-21.
40. Макаренко, И. Ю. Экологическая оценка воздействия нефтегазодобывающей деятельности на водные объекты среднего Приобья : 25.00.36 «Геоэкология» автореф. дис.... канд. геогр. наук. / И. Ю. Макаренко; Южный федеральный университет. – Ростовна-Дону, 2007. – 26 с.
41. Малышкин, М. М. Геоэкологическое обоснование размещения буровых шламов в насыпи площадок скважин : 25.00.36 «Геоэкология (по отраслям)» : дис. ... канд. техн. наук: / М. М. Малышкин; СПбГИ имени Г.А. Плеханова. – Санкт-Петербург, 2010. – 181 с.
42. Мартыненко, Е. Г. Геоинженерная защита территорий с использованием материалов на основе отходов бурения : 25.00.36 «Геоэкология (по отраслям)» : дис....канд. тех. наук: / Е. Г. Мартыненко ; ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». – Самара, 2017. – 135с.

43. Матвиенко, В. В. К вопросу о современных методах переработки и утилизации отходов бурения / В. В. Матвиенко, В. А. Кузнецов, М. В. Цеханский // Нефть и Газ Сибири. – 2017. – № 3(28). – С. 94-99.
44. Минигазимов, Н. С., Минигазимов, Р. Ш. Новая информация о токсичности нефтесодержащих отходов / Н. С. Минигазимов, Р. Ш. Минигазимов // Уральский экологический вестник. – 2014. – №2. – С. 336.
45. Михайлова, Л. В. Экологическая опасность отходов бурения в нефтедобывающих районах Тюменской области / Л. В. Михайлова, Г. Е. Рыбина, Т. Г. Акатьева // Охрана водных биоресурсов в условиях интенсивного освоения нефтегазовых месторождений на шельфе и внутренних водных объектах РФ. – Москва, 2000. – С. 133-140.
46. Михалкина, О. Г. Применение метода рентгеновской дифракции для исследования керна и техногенных продуктов / О. Г. Михалкина // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2016. – № 4 (28). – С. 96-107.
47. Мойсейченко, Г. В. Резистентность молоди лососёвых и их кормовой базы к воздействию буровых компонентов / Г. В. Мойсейченко, В. Д. Абрамов // Мат. V Всерос. совещания по систематике, биологии и разведению лососевых рыб. – С.: Изд-во Мир, 1994. – С. 126-127.
48. Московченко, Д. В., Дожорукова, С. Л. Последствия буровых работ на Севере Тюменской области / Д. В. Московченко, С. Л. Дожорукова // Экология и промышленность России. – 2002. – № 9. – С. 27-30.
49. Некрасова, И. Л. Эколого-геохимическая характеристика отходов строительства нефтяных скважин (на примере Пермского Прикамья) : 25.00.36 «Геоэкология» дис.... канд. техн. наук / И. Л. Некрасова; Пермский государственный университет. – Пермь, 2003. – 186 с.
50. Нехорошева, А. В. Оценка цитотоксичности образцов бурового шлама, собранных на территории амбара, в природных условиях ХМАО-Югры / И. Ф. Киржаков, И. И. Авдеева, Р. Р. Ахмеджанов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т. 17. – №5. – 2015. – С. 690-694.
51. Определение токсичности буровых шламов с территории Томской области методами биотестирования для оценки возможности его дальнейшего использования / А. А. Климова, А. С. Мишунина, С. В. Азарова, Д. Е. Фоминых, [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2018. – №.4. – С. 108-111.
52. Особенности кинетики роста культуры *Paramecium caudatum* в модели окислительного стресса / О. В. Карпухина, К. З. Гумаргалиева, А. Н. Иноземцев, [и др.] // Вестник технологического университета. – Казань, 2015. – Том 18 (10). – С. 9-11.

53. Остах, О. С. Эколого-экономический потенциал технологий утилизации буровых шламов : 03.02.08 «Экология» дисс.... канд. техн. наук / О. С. Остах ; ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа НИУ имени И. М. Губкина». – Москва, 2021 г. – 184 с.
54. Охрана окружающей среды / Н. Ф. Джавадов, Р. С. Аскеров, Н. Э. Зейналов // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2003. – № 5. – С. 53-58.
55. Оценка воздействия на компоненты окружающей среды буровых шламов, накопленных на нефтегазовых месторождениях, и прогноз изменения качества окружающей среды при их утилизации : отчет о НИР / ФГБУ УралНИИ «Экология»; Б. Е. Шенфельд, В. Е. Шапкин, Н. В. Костылева, М. В. Черепанов, Е. А. Пичугин [и др.]. – Пермь, 2014. – 282 с.
56. Оценка токсичности отходов нефтедобычи методами биотестирования / Р. Б. Сипулинов, Ю. В. Карагайчева, Н. А. Шилова, С. М. Рогачева // Промышленная экология. – 2015. – С. 696-699.
57. Оценка экологической опасности бурового шлама на территории амбара в природных условиях ХМАО-Югры / И. И. Авдеева, А. В. Нехорошева, И. Ф. Киржаков, [и др.] // XXI век. Техносферная безопасность. – 2016. – Т. 1. – № 4. – С. 39-47.
58. Павлова, Е. Ю. Оценка экологической безопасности размещения бурового шлама на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / Е. Ю. Павлова // Международный студенческий вестник. – 2015. – С. 676–679.
59. Патент на изобретение RU 2293103 C1, 10.02.2007. МПК C09K17/00 (2006.01), A01B79/02 (2006.01). Композиция для рекультивации карьеров и нарушенных земель : № 2004132410/12 : заявл. 05.11.2004 : опубл. 10.02.2007 / Митрофанов Н. Г., Санников С. Н., Русинов М. В.; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тюменская государственная архитектурно-строительная академия (ГОУ ВПО ТюмГАСА. – 4 с.
60. Патент на изобретение RU 2298567 C1, 10.05.2007. МПК C08O11/00 (2006.01), C04B18/04 (2006.01), B09B3/00 (2006.01). Способ переработки бурового шлама : № 2005124786/04 : заявл. 03.08.2005 : опубл. 10.05.2007 / Сивков В. П., Рядинский В. Ю.; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет». – 3 с.
61. Патент на изобретение RU 2323293 C1, 27.04.2008. МПК E01C3/04 (2006.01). Способ утилизации буровых шламов : № 2006135005/03 : заявл. 03.10.2006 : опубл. 27.04.2008 / Рядинский В. Ю.; патентообладатель

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет». – 5 с.

62. Патент на изобретение RU 2389564 С1, 20.05.2010. МПК В09В3/00 (2006.01), С04В33/132 (2006.01), С04В33/32 (2006.01). Способ обезвреживания бурового шлама с получением из него строительного материала : № 2009122101/03 : заявл. 10.06.2009 : опубл. 20.05.2010 / Горин В. М., Кабанова М. К., Казмалы И. К., Карташов А. А., Токарева С. А., Уксюзов В. Л.; патентообладатель ЗАО «НИИКерамзит». – 6 с.

63. Патент на изобретение RU 2392256 С1, 20.06.2010. МПК С05F1/00 (2006.01). Способ обезвреживания отходов бурения нефтяных и газовых скважин : № 2008147085/12 : заявл. 01.12.2008 : опубл. 20.06.2010 / Загидуллин А. Ш., Бородай А. В.; патентообладатель Загидуллин А.Ш., Бородай А.В. – 8 с.

64. Патин, С. А. Нефть и экология континентального шельфа / С. А. Патин // Морской нефтегазовый комплекс: состояние, перспективы, факторы воздействия. – М.: Изд-во ВНИРО. – 2017. – Т. 1. – 326 с.

65. Пашкевич, М. А. Экологический мониторинг: учебное пособие / М. А. Пашкевич, М. А. Куликова. – Санкт-Петербург: Нац. минерально-сырьевой ун-т Горный. – 2013. – 100 с.

66. Петухова, В. С. Формирование оптимальных условий для культурфитомелиорантов на буровых шламах : 03.02.08 «Экология (по отраслям)» : дис. ... канд. биол. наук / В. С. Петухова; Гос. аграр. ун-т Сев. Зауралья. – Тюмень, 2015. – 124 с.

67. Пиковский, Ю. И. Основы нефтегазовой геоэкологии: Учеб. пособие / Под ред. Д-ра геогр. Наук, проф. А.Н. Геннадиева / Ю. И. Пиковский, Н. М. Исмаилов, М. Ф. Дорохова. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 400 с.

68. Пикушова, Э.А. Букреев, Н.А., Москалева, С.К. Пшидаток Изменение численности микромицетов в черноземе выщелоченном в зависимости от технологий возделывания озимой пшеницы сорта Фортуна // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 81. – С. 459-475.

69. Пичугин, Е. А. Закономерности получения стабилизированных геоэкологически устойчивых грунтовых смесей на основе буровых шламов : 25.00.36 «Геоэкология» дисс... канд. тех. наук / Е. А. Пичугин; Пермский национальный исследовательский политехнический университет.– Пермь, 2019. – 183 с.

70. Рахимов, Б. Б. Источники образования нефтесодержащих отходов / Б. Б. Рахимов, М. Н. Цуканов // Молодой ученый. – 2014. – № 21. – С. 222-224.

71. Рыбина, Г.Е. Токсичность буровых шламов разного состава нефтепромыслов Западной Сибири для пресноводных гидробионтов : 03.00.18

«Гидробиология» автореф.... , канд.биол.наук / Г. Е. Рыбина ; Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук. – Борок, 2004. – 204 с.

72. Рязанов, А. Я. Энциклопедия по буровым растворам / А. Я. Рязанов. – Оренбург : Летопись, 2005. – 664 с.

73. Сафонова, Н. А. Комплексная система обращения с буровыми шламами с использованием геоконтейнерной обработки / Н. А. Сафонова // Нефтегазовое дело. – 2012. – № 4. – С. 274-285.

74. Светличная, Т. В. Оценка экологической опасности тонкодисперсных фракций бурового шлама и разработка методов обращения с отходами бурения при освоении месторождений нефти и газа Дагестанского участка Каспийского моря : 25.00.36 «Геоэкология» : дисс.... канд. геол.-минерал. наук / Т. В. Светличная; ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа НИУ имени И. М. Губкина». – Москва, 2004. – 182 с.

75. Скипин, Л. Н. Влияние мелиорантов на гранулометрический состав бурового шлама / Л. Н. Скипин, В. С. Петухова, Д. И. Ерёмин // Водосбережение, мелиорация и гидротехнические сооружения как основа формирования агрокультурных кластеров России в XXI веке : материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень, 2016. – С. 154-160.

76. Состав и свойства буровых отходов западной Сибири / Е. В. Голубев, А. В. Соромотин, Н. А. Вепренцева, Н. Б. Микушина // Мир науки, культуры, образования. – 2010. – № 6-2 (25). – С. 319-320.

77. Тарасова, С. С. Экологическое воздействие буровых шламов на углеводородной основе и способы их утилизации // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 3 (73). – С. 48-55.

78. Тетельмин, В. В. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе / В. В. Тетельмин, В. А. Язев. – Долгопрудный. Издательский дом «Интеллект», 2009. – 352 с.

79. Фоминых, Д. Е. Определение токсичности бурового шлама нефтегазовых месторождений Томской области методом биотестирования / Д. Е. Фоминых, А. В. Голещихин, Т. С. Постернак // Научно-технический вестник ОАО «НК «РОСНЕФТЬ». – 2014. – Вып. 3. – С. 66-70.

80. Хабибуллина, Ф.М. Характеристика почвенной микобиоты во вторичных лиственных лесах подзоны средней тайги (Республика Коми) // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014 – № 1-3. – С. 891-895.

81. Хамидуллина, Г. А. Применение технологии инъекции при утилизации буровых отходов с учетом геомеханической модели пласта // Вестник молодого ученого УГНТУ. Нефтегазовое дело. – 2016. – №1. – С. 10-14.

82. Хаустов, А. П. Охрана окружающей среды при добыче нефти / А. П. Хаустов, М. М. Редина. – М.: Дело, 2006. – 552 с.
83. Чеботаев, А. Н. Возможность утилизации бурового шлама бованенковского месторождения в производстве строительных материалов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2015. – № 9. – С. 26-29.
84. Шамина, В. А. Образование отходов бурения при строительстве скважины // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 12. – С. 43-45.
85. Экология бурения / Ю. И. Пиковский, И. В. Косаревич, В. Ю. Шеметов, А. П. Гончаренко. – Мн.: Наука и техника, 1994. – 119 с.
86. Эффективность влияния коагулянтов на физические свойства буровых шламов / Л. Н. Скипин, Д. Л. Скипин, В. С. Петухова, И. Н. Кустышева // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – № 4-3 (64). – С. 88-92.
87. Ягафарова, Г. Г. Современные методы утилизации буровых отходов / Г. Г. Ягафарова, Д.В. Рахматуллин, А. Н. Инсапов, Г. М. Кузнецова, Н. Р. Мирсайтов // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 2. – №2. – 2018 – С. 123–129.
88. Якимец, М.В. Биоразнообразие микроскопических грибов почв Нижнего Поволжья /М.В. Якимец, С.В. Еремеева // Вестник АГТУ. – 2007 – № 4 – С. 125-127.
89. An effective treatment method for shale gas drilling cuttings solidified body / D. S. Liu, C. Q. Wang, X. D. Mei [et all.] // Environmental science and pollution research. – 2019. – № 17. – P. 17853-17857.
90. Babken, M. B. Environmental justification of the use of drill cuttings in the soil / M. B. Babken, T. A. Chudnova, D. A. Shapovalov // International agricultural journal. – 2019. – №1. – P. 50-55.
91. Bakhtyar, S. Toxicity assessment of individual ingredients of syntheticbased drilling muds (SBMs)/ Bakhtyar S., Gagnon MM. // Environmental monitoring and assessment. – 2012. – № 9 (184). – pp. 5311-5325.
92. Ball, A. S., Stewart, R. J., Schliephake, K. A review of the current options for the treatment and safe disposal of drill cuttings // Waste Management & Research. – 2012. – Vol. 30. – Is. 5. – P. 457.
93. Baussant, T. Effects of suspended drill cuttings on the coral *Lophelia pertusa* using pulsed and continuous exposure scenarios /Baussant T., Nilsen M., Ravagnan E., Westerlund S., Ramanand S. // Journal of toxicology and environmental health-part a-current issues. – 2018. – № 10 (81). – pp. 361-382.

94. Characterization of drilling waste from shale gas exploration in Central and Eastern Poland / M. Mikos-Szymańska, P. Rusek, K. Borowik, [et all] // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2018. – Vol. 25. – Is.36. – P. 35990-36001.
95. Drill cutting accumulations in the Northern and Central North Sea: a review of environmental interactions and chemical fate / E. Breuer, A. G. Stevenson, J. A. Howe // *Marine Pollution Bulletin*. – 2004. – Vol. 48. – P. 12-25.
96. Effects of drill cuttings on biogeochemical fluxes and macrobenthos of marine sediments / M. T. Schaanning, H. C. Trannum, S. Oxnevad, [et all] // *Marine Ecology Progress Series*. – 2008. – Vol. 361. – P. 49–57.
97. Effects of sedimentation from water-based drill cuttings and natural sediment on benthic macrofaunal community structure and ecosystem processes / H. C. Trannum, H. C. Nilsson, M. T. Schaanning, [et all] // *Marine Ecology Progress Series*. – 2010. – Vol. 383. – P. 111–121.
98. Frost, T K., Neff, J. Toxicity of drilling discharges // *Report Environmental Risk Management System*. – 2006. – Vol. 4-214 p.
99. Gaevaya, E. The environmental impact of drilling sludge and ways of their utilization / E. Gaevaya, S. Tarasova, A. Bytsko // *Journal of Ecological Engineering*. – 2019. – № 7. – P. 26-30.
100. Geochemical solid characterization of drill cuttings, core and drilling mud from Marcellus Shale Energy development / M. Y. Stuckman, C. L. Lopano, S. M. Berry, [et all] // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. – 2019. – Vol. 68. – 14 p.
101. Hudgins, C. Jr C M. Chemical use in north sea oil and gas E&P / C. Jr C M Hudgins // *Journal of Petroleum Technology*. – 1994. – P. 67-75.
102. Ifeadi Chris, N. The treatment of drill cuttings using dispersion by chemical reaction (DCR) / N. Ifeadi Chris // *Health, Safety & Environment (HSE) International Conference on Oil and Gas Industry*. – 2004. – 12 p.
103. Kujawska, J. Earthworms as bio-indicators of chemical pollution in soils with drilling waste / J. Kujawska, M. Pawlowska // *9th conference on interdisciplinary problems in environmental protection and engineering*. – Poland : Boguszow Gorce. – 2017. – 23-25.
104. Kujawska, J., Cel, W. Mobility of metals from drill cuttings / J. Kujawska, W. Cel // *International Journal of Waste Resources*. – 2017. – Vol. 7. – 3 p.

105. Leonard, S. A. Stabilization/solidification of petroleum drill cuttings / S. A. Leonard, J. A. Stegemann // *Journal of hazardous materials*. – 2010. – № 1-3 (174). – P. 463-472.

106. Nabhani, N., Khaje, E. Environmental aspect of oil and water-based offshore drilling muds and cuttings / N. Nabhani, E. Khaje // *International Journal of Mechanical And Production Engineering*. – 2015. – Vol. 3. – Is.4. – P. 14-19.

107. Neff, J. M. Composition, environmental fates and biological effects of water based drilling muds and cuttings discharged to the marine environment: A Synthesis and Annotated Bibliography / J. M. Neff // Battelle report to Petroleum Environmental Research Forum (PERF) and American Petroleum Institute. – 2005. – 73 p.

108. Neff, J. M., McKelvie, S. Environmental impacts of synthetic based drilling fluids / J. M. Neff, S. McKelvie // Report prepared for MMS by Robert Ayers & Associates. – 2000. – Vol. 64. – 118 p.

109. Nguyen, T. T. Perturbation of seafloor bacterial community structure by drilling waste discharge / T.T. Nguyen, SKJ. Cochrane, B. Landfald // *Marine pollution bulletin*. – 2018. – № 2(129). – pp. 615-622.

110. Onwukwe, S. I., Nwakaudu, M. S. Drilling Wastes Generation and Management Approach / S. I. Onwukwe, M. S. Nwakaudu // *International Journal of Environmental Science and Development*. – 2012. – Vol. 3. – №3. – P. 252-257.

111. Patin, S. Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry / S. Patin // EcoMonitor Publishing. –New York. – 1999. – 425 p.

112. Reichenauer, T. G., Germida, J. J., Phytoremediation of organic contaminants in soil and groundwater / T. G. Reichenauer, J. J. Germida // *ChemSusChem*. – 2008. – P. 708-717.

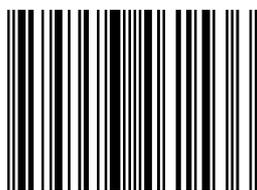
113. Saint-Fort, R., Ashtani, S. Effect of a water-based drilling waste on receiving soil properties and plants growth / R. Saint-Fort, S. Ashtani // *Journal of environmental science and health part a-toxic/hazardous substances & environmental engineering*. – 2014. – № 1 (49). – pp. 10-17.

114. Savichev, O. G. Changes in chemical composition of drilling waste water in taiga zone of Western Siberia (the Russian Federation) on the basis of thermodynamic approach / O. G. Savichev, I. A. Matveenko, D. V. Savchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science/ – 2016. – Vol. 43. – № 012027.
115. Schaanning, M. Biodegradation of Anco Green and Novaplus drilling muds on cuttings deposited in benthic chambers / M. Schaanning, K. Hylland, R. Lichtenthaler, [et all] // Report no. OR-3475, Norwegian Institute for Water Research (NIVA). – Oslo. – 1996. – 90 p.
116. Soegianto, A. Prawn Toxicity of Drilling Waste and Its Impact on Gill Structure of Post Larvae of Tiger Prawn (*Penaeus monodon*) / A. Soegianto, B. Irawan, M. Affandi // Global Journal of Environmental Research. – 2008. – Vol. 2 – P. 36-41.
117. Stuckman, M. Trace metal distribution and mobility in drill cuttings from Marcellus shale gas extraction / M. Stuckman, C. L. Lopano, J. A. Nakala // Office of Scientific and Technical Information [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа : <https://www.osti.gov/servlets/purl/1344480> (дата обращения 15.10.2020).
118. Wang, X. Effects of bioremediation on residues, activity and toxicity in soil contaminated by fuel spills / X. Wang, R. Bartha // Soil Biol and Biochem. – 1990. – Vol. 22, № 4. – P. 501-505.

Размещается в сети Internet на сайте ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья
<https://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2024/gaevaya.pdf>,
в научной электронной библиотеке eLIBRARY, ИТАР-ТАСС, РГБ,
доступ свободный

Издательство электронного ресурса
Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья.
Заказ № 1204 от 24.01.2024; авторская редакция.
Почтовый адрес: 625003, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Республики, 7.
Тел.: 8 (3452) 290-111, e-mail: rio2121@bk.ru

ISBN 978-5-98346-153-6



9 785983 461536 >