

**ПЕТУХОВА
ВЕРА СЕРГЕЕВНА**

**ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ КУЛЬТУР-
ФИТОМЕЛИОРАНТОВ НА БУРОВЫХ ШЛАМАХ**

Специальность 03.02.08 – Экология (биология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Тюмень – 2015

Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Тюменском государственном архитектурно-строительном университете»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Скипин Леонид Николаевич

Официальные оппоненты: **Новоселова Евдокия Ивановна,**
доктор биологических наук, профессор,
зав. кафедрой экологии Башкирского
государственного университета

Шепелева Людмила Федоровна,
доктор биологических наук, профессор,
зав. кафедрой ботаники и экологии растений
Сургутского государственного университета

Ведущая организация: Кемеровский государственный университет

Защита состоится «25» июня 2015 г. в 13-00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.064.02 при Государственном аграрном университете Северного Зауралья по адресу:

625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7

Тел./факс: (3452) 46-87-77; E-mail: dissTGSHA@mail

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного аграрного университета Северного Зауралья и на сайте www.tsaa.ru

Автореферат разослан «29» апреля 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат с.-х. наук

_____ Литвиненко Н.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Почвенный покров Земли является ведущим и важнейшим компонентом экологических систем биосферы. Почвенная оболочка представляет собой незаменимую часть механизма биосферы. Если это звено будет разрушено или уничтожено, то общий механизм биосферы также будет глубоко и необратимо нарушен, с опасностью катастрофических последствий.

Одной из актуальных проблем при эксплуатации месторождений является ущерб, наносимый загрязнением и нарушением почв и грунтов. По данным Андреевой (2003), на территории среднего промысла Западной Сибири площадь нарушенных земель достигает 20-22% в границах горного отвода, из них 2-3 %, а порой до 10% загрязнены нефтью. Количество буровых амбаров на территории ХМАО насчитывается более 3000, аналогичная ситуация характерна и для ЯНАО, возрастает их доля и на юге Тюменской области. Как известно буровые амбары, содержащие отходы бурения, являются потенциальными загрязнителями окружающей природной среды, поэтому они должны быть ликвидированы или рекультивированы.

Основные проблемы по охране окружающей среды в нефтяной промышленности сегодня следует решать увеличением работ по утилизации и рекультивации буровых шламов. Одно из перспективных решений этого вопроса – широкое внедрение экологически безопасных элементов системы биологической рекультивации, базирующихся на использовании мелиорантов-коагулянтов в сочетании с перспективными культурами и применении микробиологических препаратов комплексного действия.

Степень разработанности темы. Проблеме освоения буровых шламов посвящено большое количество трудов Салангина Л.А., Киреевой Н.А, Соромотину А.В., Булатову А.И., Ягафаровой Г.Г., Ившиной И.Б. Авторами предложен ряд перспективных направлений, технологий, активных нефтедеструкторов для рекультивации буровых шламов.

Представленная нами работа направлена на подбор коагулянтов, активных клубеньковых бактерий для фитомелиорантов и создания оптимальных параметров для их жизнедеятельности.

Цель работы - создание оптимальных условий для жизнедеятельности культур-фитомелиорантов, клубеньковых, ассоциативных и нефтеокисляющих бактерий при освоении буровых шламов.

Задачи исследования:

1. Улучшить физические и химические свойства бурового шлама при использовании коагулянтов.
2. Выявить параметры жизнедеятельности и возможность использования солеустойчивых штаммов клубеньковых бактерий и ассоциативных микроорганизмов для бобовых и злаковых культур-фитомелиорантов при рекультивации бурового шлама в сочетании их с нефтеструктурами.
3. Изучить параметры жизнедеятельности нефтеокисляющих бактерий для освоения бурового шлама.
4. Определить оптимальный вариант применяемых биологических и химических компонентов для проведения рекультивации бурового шлама.

Научная новизна исследований. Впервые установлено положительное влияние коагулянтов (гипса, фосфогипса, хлористого кальция, карналлита) на физические и химические свойства бурового шлама.

Выявлены эффективные штаммы клубеньковых бактерий, устойчивые к нефтяному и солевому загрязнению, а также определены штаммы нефтеструктуров устойчивые к солевому загрязнению бурового шлама.

Выявлен оптимальный вариант рекультивации бурового шлама с использованием коагулянтов, культур-фитомелиорантов, клубеньковых бактерий, ассоциативных микроорганизмов и нефтеструктура.

Защищаемые положения:

1. Определяющим фактором жизнедеятельности клубеньковых бактерий и нефтеструктуров при содовом засолении является токсичность бурового шлама при концентрации солей 0,3%.
2. Использование с мелиорантом-коагулянтом (фосфогипс) ризоторфина для донника желтого и люцерны синегибридной, ассоциативных микроорганизмов для овсяницы красной в сочетании с нефтеструктуром, положительно влияет на продуктивность бурового шлама.

Практическая значимость работы. Доказана возможность коренного улучшения отрицательных свойств бурового шлама Тюменской области за счет использования фосфогипса.

Применение солеустойчивых биопрепаратов ризоторфина для бобовых культур и ассоциативных микроорганизмов для злаковых культур позволит снизить поставки азотных удобрений для рекультивируемых буровых шламов. Проблема с использованием фосфора решается за счет его содержания в фосфогипсе. При наличии нефтезагрязнения бурового шлама дополнительно вносится солеустойчивый препарат нефтеструктур.

Комплексное использование фосфогипса в сочетании с ризоторфином и нефтедеструктором (при отсутствии торфа) на буровом шламе может являться самостоятельным агробиологическим методом для его рекультивации.

Полученные результаты могут служить основой для разработки рекомендаций для рекультивации буровых шламов в Тюменской области.

Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Тюменского государственного архитектурно-строительного университета» для магистрантов кафедры техносферной безопасности по направлению 282700.68 «Техносферная безопасность» профиль подготовки – «Защита и восстановление природных и техногенных территорий».

Методология и методы исследования. Экспериментальные исследования были выполнены с использованием модельных опытов, разработанных для условий, учитывающих основные отрицательные свойства бурового шлама. Для сопутствующих исследований использовались стандартные методики.

Степень достоверности и апробация результатов. Проводилась статистическая обработка результатов, полученных при проведении эксперимента в лабораторных условиях.

Основные результаты исследований доложены и обсуждены на вузовских, региональных, всероссийских, международных, научно-практических конференциях: «Актуальные проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири» (Тюмень) 2006, 2009, 2011, 2012, 2014; «Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов», международная молодежная научная конференция (Белгород) 2013. Материалы диссертации опубликованы в 13 печатных работах, из них 9 в изданиях рецензируемых ВАК. Имеется патент на изобретение, дополнительно поданы две заявки на патент по данным исследованиям с присвоением зарегистрированных номеров 2014127254, 2015106447. Работа выполнялась по бюджетной тематике в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы», «Проведение фундаментальных исследований в рамках тематических планов» по теме «Исследование коагулянтов для создания оптимальных параметров физико-химических свойств нефтешламов» (код ГРНТИ 67.09.91, 87.21.09, № госрегистрации 01201155431).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, выводов, списка цитируемой литературы. Работа изложена на 124 страницах, содержит 12 таблиц, 36 рисунков, дополнена приложениями. Список литературы содержит 152 источника, из них 19 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В работе определено влияние бурового шлама на состояние окружающей среды. Рассмотрены физические, химические свойства и поглотительная способность бурового шлама. Также рассмотрены бактериальные препараты устойчивые к нефтяным загрязнениям. Описана активность клубеньковых бактерий. Приведена информация о влиянии многолетних бобовых и злаковых трав при рекультивации.

2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И МЕТОДИКА ЗАКЛАДКИ ОПЫТА

Объектами исследований выбраны: буровые шламы Уватского района Тюменской области. Исследования проводились с 2005 по 2015 г.

Методика определения химического состава водных вытяжек для засоленных почв осуществлялся по ОСТ 46-52-76. Фильтрационная способность насыпных образцов бурового шлама в сочетании с различными коагулянтами изучалась методом трубок в лабораторных условиях (Вадюнина, Корчагина, 1961). Гранулометрический состав бурового шлама определялся лазерным дифракционным анализатором на приборе Fritsch Analysette-22 Nanotech. Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре ДРОН-6. Параметры жизнедеятельности культур-фитомелиорантов, нефтеокисляющих и клубеньковых бактерий определялись на питательных средах с разной степенью и химизмом засоления, предложенных Клевенской И.Л. (1974). Лабораторные исследования по определению энергии прорастания и всхожести семян проводились в соответствии с ГОСТ 12038-84. Элементы биологической рекультивации изучались в вегетационно-полевых опытах.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Химические свойства бурового шлама. Результаты химического анализа проб бурового шлама Уватского района Тюменской области показали, что рН водная бурового шлама составляет 8,68-9,10. Повышенная щёлочность обусловлена содержанием каустической и кальцинированной соды, весьма токсичной для растений и биоты почв северных регионов, характеризующихся показателем рН 4,50-5,50.

Содержание соды усиливает не только щелочность среды, но и солонцеватость, так как является источником поступления Na в поглощающий комплекс. В составе анионов водной вытяжки находятся: хлориды, сульфаты, карбонаты, гидрокарбонаты, но преобладают ионы хлора и гидрокарбонатов.

Катионы преимущественно представлены натрием и кальцием. По катионному составу опытные буровые шламы относятся к кальциево-натриевому, по анионному к хлоридно-содовому засолению.

3.2 Влияние коагулянтов на изменение физических свойств буровых шламов. Изучение водопрускающей способности бурового шлама с использованием различных коагулянтов показало разную степень ее проявления в зависимости от изучаемых вариантов. Результаты модельных опытов свидетельствуют, что буровой шлам в естественном состоянии (без добавления коагулянта) обладает практически абсолютной водонепроницаемостью в течение длительного времени.

Причиной низкой фильтрационной способности бурового шлама является обменный натрий и повышенное содержание коллоидной фракции. Использование эффективных коагулянтов позволяет вытеснить катионы натрия и калия из поглощающего комплекса и коренным образом улучшить его физические и химические свойства, что явно прослеживается по изменению фильтрационной способности бурового шлама.

Проведенное нами исследование позволило установить эффективность разных коагулянтов при воздействии на буровые шламы (рис. 1, 2). В порядке убывания фильтрационной способности коагулянты можно расположить следующим образом: железо сернокислое, алюминий сернокислый, гипс, фосфогипс, хлористый кальций, карналлит, серпентин, доменный шлак, карбонат кальция.



Рисунок 1 - Влияние алюминия сернокислого на фильтрационную способность бурового шлама

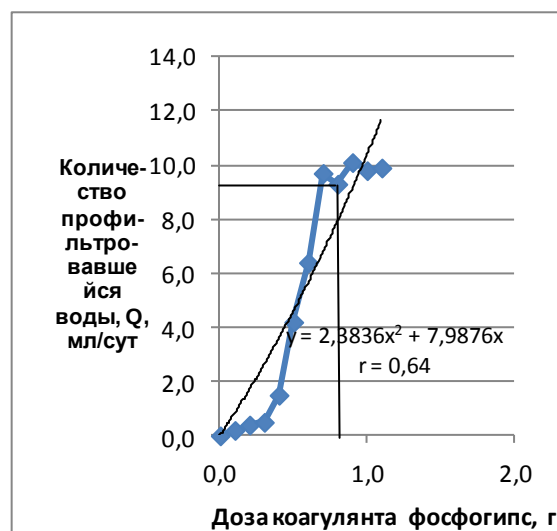


Рисунок 2 - Влияние фосфогипса на фильтрационную способность бурового шлама

При использовании шести первых перечисленных мелиорантов связь между фильтрацией и вносимой их дозой была на уровне средней и сильной, коэффициент корреляции при этом колебался от 0,64 до 0,96.

По вариантам, где получена полная кривая отклика можно определить оптимальную дозу мелиоранта по максимальной фильтрации воды в колонке. Этот метод можно условно назвать – определение дозы коагулянта по порогу фильтрации.

Из всех представленных коагулянтов наибольший интерес представляют отходы промышленного производства, это фосфогипс и карналлит. Их использование позволит утилизировать данные отходы, существенно улучшить свойства бурового шлама. Сульфаты железа и алюминия наиболее эффективны, но требуют больших затрат на их производство в качестве промышленного препарата.

Использование фосфогипса в качестве коагулянта радикальным образом увеличивает фильтрационную способность бурового шлама. В первоначальный период действия фосфогипса происходит активное снижение натрия в поглощающем комплексе и насыщение его кальцием. За кратковременный период фильтрации происходит вынос водорастворимых солей и снижение рН с 9,77 до 8,36. Вымывания основных тяжелых металлов из бурового шлама не происходит в связи с закреплением их в поглощающем комплексе.

Важно также отметить, что фосфогипс в отличие от природного гипса не подвергается цементированию. Его транспортировка и хранение не требует дополнительных затрат. Потребность в фосфогипсе может быть полностью снята рядом промышленных предприятий Уральского Федерального округа (г. Ревда).

3.3 Влияние коагулянтов на солевой состав бурового шлама.

Использование наиболее активных коагулянтов в модельном опыте в течение 2-х суток снижало содержание двууглекислой соды в 2,2-4,0 раза. Наибольшей результативностью отмечались сульфаты железа и алюминия, хлористый кальций, гипс и карналлит. Применение фосфогипса в качестве коагулянта радикальным образом увеличивает фильтрационную способность бурового шлама. В первоначальный период действия фосфогипса (2 недели) происходит активное снижение натрия в поглощающем комплексе и насыщение его кальцием. За кратковременный период фильтрации происходит вынос водорастворимых солей и снижение рН с 9,77 до 8,36.

3.4 Изменение гранулометрического состава буровых шламов под действием коагулянтов. Изучение гранулометрического состава показало, что контрольный образец (буровой шлам без использования коагулянтов) представлен суглинком тяжелым иловато-пылеватым граничащий с параметрами глины легкой иловато-пылеватой. Важно отметить, что

практически при одинаковом соотношении физического песка (50,96%) и физической глины (49,04%) в составе бурового шлама значительная доля фракции приходится на содержание ила (35,22%). Наличие ила (частицы <0,001 мм) во многом определяет отрицательные водно-физические свойства бурового шлама, в частности, набухаемость, липкость, гидрофильность, слабую водопроницаемость и сильное уплотнение при высыхании. Ил способен выступать главным поглотительным абсорбентом многих тонкодисперсных веществ, в том числе и загрязнителем окружающей среды, различных катионов включая тяжелые металлы и радиоактивные элементы. Наши исследования показали, что бесструктурный дезагрегированный ил превращает буровой шлам в сплошную киселеобразную массу, где затрудняется доступ воздуха и передвижение воды. Илистая фракция, представленная высокодисперсными частицами, является одной из главных причин всех процессов происходящих в буровом шламе.

Использование коагулянтов в наших опытах показало, что сернокислородное железо, сернокислый алюминий, гипс и хлористый кальций обеспечивают снижение ила с 35,22 до 2,73-5,35%. Это свидетельствует о достаточно высоком мелиоративном эффекте. При этом гранулометрический состав бурового шлама перешел в градацию из тяжелого суглинка до суглинка среднего или легкого и даже до супеси.

Применение в качестве коагулянтов отходов промышленного производства в форме шлака доменного и серпентина снижало содержание ила в буровом шламе до 25,26-32,39% (при 35,22% на контроле), что свидетельствует об их весьма слабой коагулирующей способности. Важно отметить, что они крайне недостаточно изменяли фильтрационную способность бурового шлама в стеклянной колонке.

Таким образом, коренное снижение ила (в 10 и более раз) в буровом шламе достигается при использовании мелиорантов с трех- и двухвалентными катионами (Al^{3+} , Fe^{3+} и Ca^{2+}). Их внесение позволяет значительно облегчить его гранулометрический состав и увеличить его фильтрационную способность за счет более активной коагуляции коллоидов.

3.5 Определение параметров жизнедеятельности клубеньковых бактерий в засоленных средах. Важно отметить, что изучаемые нами буровые шламы имеют разный химизм и степень засоления. Это требует научно-обоснованного подбора культур-фитомелиорантов, способных выносить характерный для них химизм и степень засоления. Учитывая, что рост и развитие бобовых культур протекает совместно с клубеньковыми бактериями,

необходимо изучить характер влияния присутствующих солей, как на растении-хозяине, так и на инокулянтах.

Нами проводился ряд лабораторных экспериментов по влиянию разной концентрации солей присущих буровому шламу, на рост и развитие клубеньковых бактерий. Результаты исследований представлены на рисунках 3, 4.

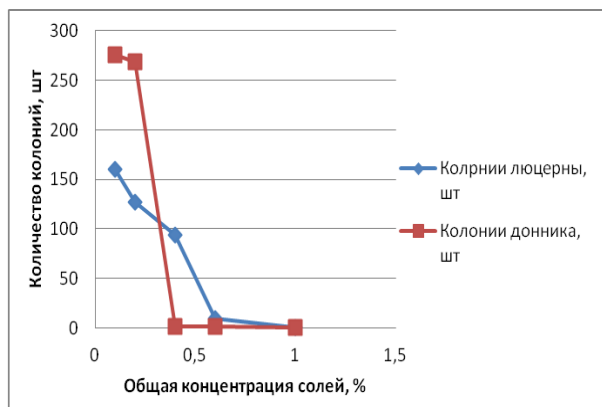


Рисунок 3 - Изменение численности колоний клубеньковых бактерий люцерны ($НСР_{05}=13,60$) и донника ($НСР_{05}=15,00$) от степени сульфатно-содового засоления

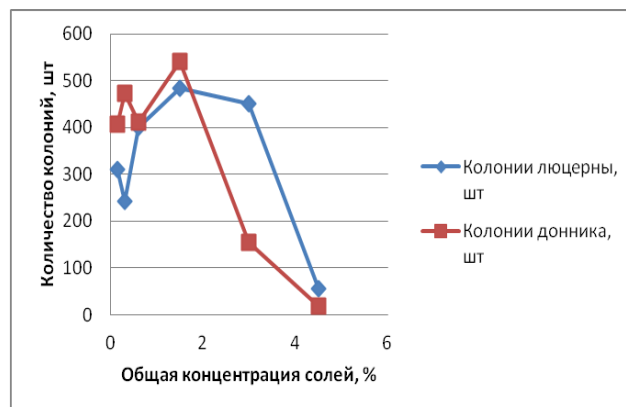


Рисунок 4 – Изменение численности колоний клубеньковых бактерий люцерны ($НСР_{05}=15,40$) и донника ($НСР_{05}=14,40$) от степени хлоридно-сульфатного засоления с гипсом

Действие натриевых солей на рост и развитие микроорганизмов в настоящее время остается малоизученным. Так, гибель клубеньковых бактерий люцерны и донника при внесении сульфата натрия (нейтральные соли) в бобовый агар соответствовала степени засоления 2%, величина осмотического давления этой смеси составляла 0,89 МПа, реакция среды - 6,60.

Полученные данные при использовании солей Na_2CO_3 и $NaHCO_3$ свидетельствуют о том, что наиболее токсичными из всех выше перечисленных солей являются двууглекислая и нормальная сода. Здесь гибель колоний азотфиксирующих бактерий люцерны наступает при степени засоления 0,3-0,5%. Большей токсичностью обладал гидрокарбонат натрия (осмотическое давление 0,43 МПа, pH-9,20), значительное угнетение ризобий проявлялось на бобовом агаре уже при содержании $NaHCO_3$ - 0,1%, главной причиной этого является сильное подщелачивание питательной среды.

Изучение природного и техногенного сульфатно-содового засоления показало (рис. 3), что преобладание соды в общем составе солей определяет высокую токсичность для клубеньковых бактерий донника и люцерны. Критическое состояние солей для ризобий здесь находится на уровне 0,4-0,6% (pH-9,40).

Наличие кальция гипса в сильной степени ослабляет токсичность смешанного состава солей для клубеньковых бактерий донника и люцерны (рис. 4). Критическая концентрация солей для жизнедеятельности бактерий здесь наступает при 4,5% (рН-7,30, осмотическое давление 2,5 МПа). Такое насыщение солей в естественных условиях возможно при внесении высоких доз гипса и при слабом оттоке продуктов обменных реакций.

Изменение химизма засоления с использованием мелиоранта ослабляет токсичность сульфатно-содового засоления для ризобий люцерны в 7,5 раз. При уровне засоления в 1,5% (рН-6,4, осмотическое давление 0,83 МПа) здесь отмечалось благоприятное действие на рост и развитие бактерий.

3.6 Параметры жизнедеятельности клубеньковых бактерий в условиях нефтезагрязнения. Изучение параметров устойчивости клубеньковых бактерий и культур фитомелиорантов к нефтяному воздействию, для последующей рекультивации бурового шлама проводилась на питательных средах в лабораторных опытах. Результаты исследований показали, что при увеличении концентрации нефти уменьшается активная жизнедеятельность клубеньковых бактерий всех рассмотренных штаммов, а при концентрации нефти 60 % в питательной среде бобового агара наступает полное угнетение колоний клубеньковых бактерий. Из рассмотренных штаммов клубеньковых бактерий люцерны 425а, 423, 415б, А5, Т15 и донника 291, 282 наиболее устойчивыми к нефтезагрязнению оказались штаммы 425а и 415б для люцерны синегибридной, а для донника желтого штамм - 282, так как количество выросших колоний бактерий при нефтяном загрязнении здесь было максимальным, менее устойчивыми являлись штаммы люцерны - А5, Т15 и донника - 291. При добавлении нефти в питательную смесь в количестве 50%, рост колоний клубеньковых бактерий заметно прекращалась.

Данные опыты свидетельствуют, что тестирование клубеньковых бактерий на нефтезагрязнение возможно на стадии планирования рекультивационных работ на буровых шламах, грунтах и почвах. В дальнейшем нами были использованы устойчивые к нефтезагрязнению штаммы клубеньковых бактерий в вегетационно-полевых опытах.

3.7 Влияние химизма и степени засоления на жизнедеятельность нефтеокисляющих микроорганизмов. В лабораторном опыте на искусственно-засоленных средах испытывались штаммы нефтеокисляющих микроорганизмов. В качестве исходных сред были взяты соли, ионы которых встречаются в буровом шламе. В солевые среды добавлялась нефть, промышленный

биопрепарат «Нефтедеструктор» и штаммы бактерий № 3, № 11, № 21, № 32, № 97 в разведении 1:100.

По истечении 10 суток в этой среде интенсивность разложения нефтепродуктов биопрепаратом падала, и лидирующее место занимала солевая среда с участием Na_2SO_4 . Спустя 30 суток разложение нефтяного пятна микроорганизмами в порядке убывания можно выстроить следующую последовательность $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$. При смешанном сульфатно-содовом засолении отмечена наилучшая активность в разложении нефтяной плёнки. Далее в порядке убывания следует сульфатно-хлоридное с концентрацией 0,8%, хлоридно-сульфатное засоление с гипсом (3,0%).

При изучении разных штаммов нефтедеструкторов в солевых средах была замечена такая же закономерность, как и с промышленным биопрепаратом «Нефтедеструктор», т.е. по истечении 10 суток нефтепродукты интенсивнее разлагались в смеси с наличием MgSO_4 . Наиболее активное разрушение нефтяного пятна в такой среде отмечалось при использовании штаммов №3 и №11.

На питательной среде с Na_2SO_4 , NaCl по истечении 90 суток (рис. 5) наилучшей активностью в разложении нефти обладал штамм № 21 (соответственно, $16,70 \pm 4,17$ и $8,27 \pm 2,07$ мг/л) с концентрацией, соответственно, 0,8% и 0,3%, при засолении Na_2CO_3 – штамм № 97 ($13,00 \pm 3,25$ мг/л) с концентрацией 0,3%, а при засолении NaHCO_3 – отмечена активность у штамма № 11 ($37,12 \pm 9,28$) с концентрацией 0,05%. В питательной среде с наличием MgSO_4 все штаммы проявляют деструктивную активность это указывает на необходимость использования микроэлемента Mg при использовании нефтеразлагающих микроорганизмов. На смешанных типах засоления лучше всего проявил себя штамм № 3 в среде с сульфатно-содовым засолением ($20,50 \pm 5,12$ мг/л) с концентрацией 0,2%.

Таким образом, жизнедеятельность микроорганизмов-деструкторов нефти в значительной степени зависит от химизма и степени засоления питательной среды, соответственно, и загрязненного бурового шлама. В результате проведенного тестирования биопрепаратов на способность разложения нефтепродуктов в средах с различной степенью и химизмом засоления установлено, что промышленный препарат «Нефтедеструктор» успешно работает в среде с наличием Na_2SO_4 ; штамм бактерий № 3 – в среде с MgSO_4 ; № 11 – в среде с NaHCO_3 ; № 21 – в среде с NaCl , Na_2SO_4 ; № 97 – в среде с Na_2CO_3 .

В среде сульфатно-содового засоления устойчивое разложение нефти происходит при использовании штамма № 3.

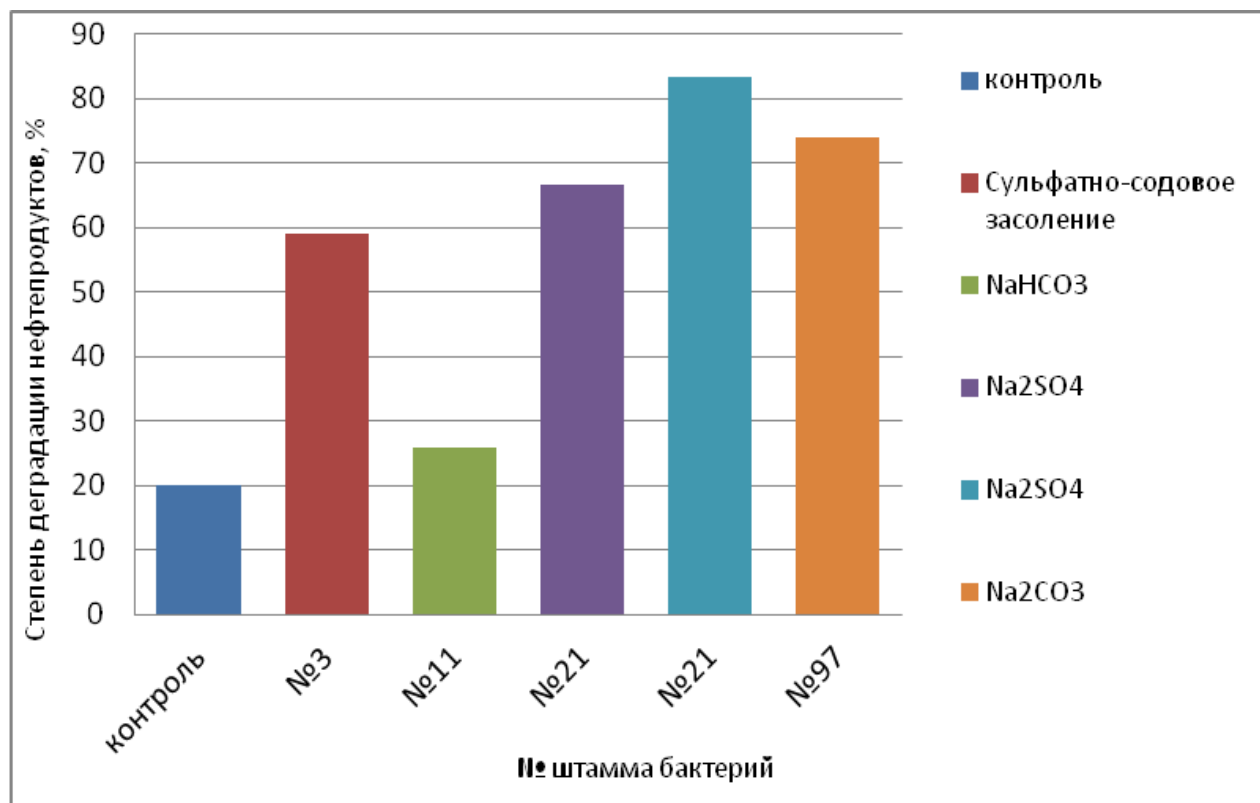


Рисунок 5 - Общая степень деградации нефти в солевых средах наиболее эффективными штаммами микроорганизмов, на 90-е сутки от начала эксперимента

Результаты тестирования микроорганизмов на способность к нефтеокислению позволяют рекомендовать штамм бактерий № 3 для очистки бурового шлама сульфатно-содового засоления, штамм № 11 – для очистки бурового шлама гидрокарбонатного класса, штамм № 21 – для очистки бурового шлама сульфатного и хлоридного типа, биопрепарат «Нефтедеструктор» – для очистки бурового шлама сульфатного типа.

3.8 Действие нефтезагрязнения на энергию прорастания и всхожесть семян культур-фитомелиорантов. Постановка лабораторных опытов позволяет также определить качественную характеристику посевного материала (донника желтого, люцерны синегибридной и овсяницы красной) в зависимости от воздействия нефтяного загрязнения.

Энергия прорастания у бобовых культур (донник желтый) при 5% загрязнении практически находилась на уровне контрольного образца (94%), при 20% концентрации наблюдалось проявления фитотоксического эффекта на

рост и развитие проростков донника (74,67%). Низкая энергия прорастания наблюдалась у люцерны синегибридной, при концентрации нефти от 5 до 15% это значение составила от 51,33 до 67,33%. При содержании в вододисперсионном растворе нефти 20%, энергия прорастания была ниже контрольного варианта в 4 раза и составила 18%, что свидетельствует о малой устойчивости данной культуры к нефтяному загрязнению. Энергия прорастания у овсяницы красной при содержании нефти 5% - 10% (на 7 день) сохранялась на достаточно высоком уровне и составила 99,34%, 93,34% при 100% на контроле. С последующим увеличением концентрации нефти 15% и 20% происходило незначительное снижение энергии прорастания семян. Наиболее устойчивыми к нефтезагрязнению были культуры-фитомелиоранты представленные овсяницей красной и донником желтым.

3.9 Влияние биологической рекультивации бурового шлама на продуктивность культур-фитомелиорантов. При выборе наиболее оптимального варианта рекультивации бурового шлама в вегетационно-полевом эксперименте использовали наиболее солеустойчивые штаммы донника желтого и люцерны синегибридной, а также нефтедеструкторов выявленных в лабораторных опытах, путем выращивания всего набора имеющихся штаммов на предельно засоленных питательных средах.

Исследования двух лет показали, что урожай зеленой массы донника желтого на контроле составил 73,10 г/сосуд (табл. 1), продуктивность донника сдерживалась высокой щелочностью, повышенным содержанием водорастворимых солей, заплываемостью, бесструктурностью, низкой фильтрационной способностью, дефицитом азота. Внесение ризоторфина частично устраняло дефицит азота, но не улучшало физических и химических свойств самого бурового шлама. Использование нефтедеструктора и мелиоранта-фосфогипса в отдельности также не обеспечивало проявления должного мелиоративного эффекта. Максимальная прибавка урожая зеленой массы донника (130,37 и 151,44 г/сосуд) по отношению к контролю достигалась при комплексном сочетании изучаемых компонентов. Так в варианте 6 этот результат проявлялся при внесении в буровой шлам фосфогипса, ризоторфина и нефтедеструктора. В варианте 7 к указанным компонентам добавлялся торф, его внесение возможно при наличии вблизи рекультивируемого участка торфяного месторождения. При отсутствии запасов торфа наиболее приемлемым остается вариант 6.

Таблица 1 – Влияние вариантов рекультивации бурового шлама на урожай зеленой массы донника желтого, г/сосуд

№ п/п	Варианты	Годы		Среднее за 2 года	± к контролю
		2008	2009		
1	БШ (контроль)	67,95	78,25	73,10	-
2	БШ + ризоторфин	83,58	90,68	87,13	+14,03
3	БШ + ризоторфин + нефтеструктор	87,58	91,63	89,6 1	+16,51
4	БШ + фосфогипс	128,68	131,77	130,23	+57,13
5	БШ + фосфогипс + ризоторфин	158,25	166,02	162,13	+89,03
6	БШ + фосфогипс + ризоторфин + нефтеструктор	200,63	206,30	203,47	+130,37
7	БШ + фосфогипс + ризоторфин + нефтеструктор + торф	221,43	227,65	224,54	+151,44
8	БШ + ризоторфин + нефтеструктор + торф	100,60	106,75	103,68	+30,58
НСР ₀₅		6,67	6,99		

Указанные варианты положительно зарекомендовали себя в опытах с люцерной синегибридной и овсяницей красной с той лишь разницей, что в культуре люцерны синегибридной использовались специфичные для нее штаммы клубеньковых бактерий, а в культуре овсяницы красной применялись ассоциативные микроорганизмы.

ВЫВОДЫ

1. Применение коагулянта фосфогипса улучшает физические и химические свойства бурового шлама (рН, водно-физические, фильтрационную способность, солевой и гранулометрический состав).
2. При нейтральном характере засоления определяющим фактором в жизни *Risobium* является непосредственно токсичность самой соли (Na_2SO_4 и

NaCl). Полная гибель колоний клубеньковых бактерий при этом типе засоления наступает при концентрации 2,0%.

3. Гибель клубеньковых бактерий при содовом засолении наступает при концентрации 0,3-0,5%, это соответствует сильной щелочной реакции среды (pH 9,0-10,3).
4. Присутствие кальция гипса в составе легкорастворимых солей усиливает устойчивость микроорганизмов к повышенной концентрации солей в 7,5 раз в сравнении с содовым засолением (концентрация 1,5%, pH среды 6,4).
5. Более устойчивыми к нефтезагрязнению являются штаммы клубеньковых бактерий люцерны 423 и 415б, а для донника штамм 282.
6. Промышленный штамм «Нефтедеструктор» активно работает в среде с наличием Na_2SO_4 ; штамм бактерий № 3 – в среде с MgSO_4 ; № 11 – в среде с NaHCO_3 ; № 21 – в среде с NaCl, Na_2SO_4 ; № 97 – в среде с Na_2CO_3 . В среде сульфатно-содового засоления устойчивое разложение нефти происходит при использовании штамма № 3.
7. Комплексное использование на буровом шламе фосфогипса в сочетании с ризоторфином, нефтедеструктором и добавлением торфа, способствовало увеличению прибавки зеленой массы донника и люцерны до 151,44 и 154,09 г/сосуд при урожае на контроле соответственно 73,10 и 95,19.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований установлены наиболее перспективные коагулянты (гипс, хлористый кальций) в том числе отходы промышленного производства (фосфогипс, карналлит) для улучшения химических и физических свойств бурового шлама.

Разработаны параметры жизнедеятельности нефтеокисляющих микроорганизмов, клубеньковых бактерий для донника желтого и люцерны синегибридной применительно к условиям засоления бурового шлама. Подобраны наиболее солеустойчивые штаммы клубеньковых бактерий для освоения буровых шламов. Выявлен оптимальный вариант рекультивации (буровой шлам + фосфогипс + ризоторфин + нефтедеструктор) в посевах донника и люцерны.

Рассматриваются перспективы возможности замены азотных удобрений использованием клубеньковых бактерий.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях,
входящих в перечень ВАК при Минобрнауке России:*

1. Петухова В.С. Подбор коагулянтов для улучшения свойств буровых шламов / В.С. Петухова, Л.Н. Скипин, Н.Г. Митрофанов // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2011. – № 4-2. – С. 180-181.
2. Скипин Л.Н. Состояние техногенно-нарушенных земель на Бованенковском месторождении / Л.Н. Скипин, А.А. Галямов, А.В. Кирилов, В.С. Петухова // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2011. – № 4-2. – С. 111-114.
3. Скипин Л.Н. Влияние коагулянтов на улучшение физико-химических свойств буровых шламов / Л.Н. Скипин, В.С. Петухова, А.А. Галямов // Нефть и газ. – Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ. – 2011. – № 5 (89). – С. 120-122.
4. Скипин Л.Н. Возможности улучшения свойств бурового шлама для их рекультивации / Л.Н. Скипин, В.С. Петухова, Н.Г. Митрофанов // Вестник КрасГАУ. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2012. - № 1 – С. 28-31.
5. Скипин Л.Н. Активизация симбиотического аппарата бобовых трав при освоении солонцов / Л.Н. Скипин, С.А. Гузеева, В.С. Петухова // Вестник КрасГАУ. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2013. – № 10 – С. 85-90.
6. Скипин Л.Н. Возможности рекультивации буровых шламов и солонцов с использованием фосфогипса / Л.Н. Скипин, Н.В. Храмцов, С.А. Гузеева, В.С. Петухова // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург, 2013. – №6 (112). – С. 71-73.
7. Скипин Л.Н. Возможности улучшения физических и химических свойств бурового шлама // Л.Н. Скипин, Н.В. Храмцов, В.С. Петухова, А.Я. Митриковский, Ю.А. Козина / Нефть и газ. – Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ. – 2014. – № 2 – С. 110-114.
8. Скипин Л.Н. Параметры жизнедеятельности клубеньковых бактерий при изменении эдафических факторов // Л.Н. Скипин, Н.В. Перфильев, Н.В. Храмцов, В.С. Петухова / Вестник КрасГАУ. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2014. – № 6. – С. 103-108.
9. Скипин Л.Н. Подбор штаммов клубеньковых бактерий для рекультивации засоленных почв, грунтов и буровых шламов // Скипин Л.Н., Перфильев Н.В., Петухова В.С. / Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург, 2014. – № 7 (125). – С. 81-83.

Публикации в других научных изданиях:

10. Богданова О.Г. Очистка поверхностных вод от нефтепродуктов с помощью микроорганизмов / О.Г. Богданова, В.С. Савина (В.С. Петухова) // Проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири. – Тюмень: Изд-во ТюмГАСУ. – 2006. – С. 77-81.

11. Скипин Л.Н. Утилизация фосфогипса для рекультивации буровых шламов и засоленных почв / Л.Н. Скипин, С.А. Гузеева, В.С. Петухова // Актуальные проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири. – Тюмень: Изд-во ТюмГАСУ. – 2012. – С. 48-53.

12. Петухова В.С. Улучшение свойств отходов бурения методом химической коагуляции / В.С. Петухова, Л.Н. Скипин // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов. – Белгород, 2013. – С. 170-172.

13. Скипин Л.Н. Биологическая рекультивация нарушенных земель на территории Бованенковского НГКМ полуострова Ямал / Л.Н. Скипин, А.А. Галямов, Е.В. Гаевая, В.С. Петухова // Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование. – Новосибирск – Новокузнецк, 2013. – С. 168-170.

Патентная документация

14. Патент №2491135РФ, МПК В09В1/00 (2006.01). Смесь почвенная шламово-грунтовая (варианты) для рекультивации нарушенных земель и способ рекультивации карьеров и нарушенных земель / Кольцов И.Н., Митрофанов Н.Г., Петухова В.С., Скипин Л.Н.: заявитель и патентообладатель Салым Петролеум Деволупмен Н.В. (NL); №2011152564/13; заявл. 23.12.2011; опубл. 27.08.2013.