

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №6, Том 13 / 2021, No 6, Vol 13 <https://esj.today/issue-6-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/39NZVN621.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Горбаев, А. В. Применение бактерий *Rhodococcus erythropolis* для получения из нефтешламов искусственного грунта технического в условиях Восточной Сибири / А. В. Горбаев // Вестник евразийской науки. — 2021. — Т. 13. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/39NZVN621.pdf>

For citation:

Gorbachev A.V. The use of *Rhodococcus erythropolis* bacteria for the production of artificial technical soil from oil sludge in the conditions of Eastern Siberia. *The Eurasian Scientific Journal*, 13(6): 39NZVN621. Available at: <https://esj.today/PDF/39NZVN621.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 504.054-504.062.4

Горбаев Алексей Викторович

ООО «Иркутская нефтяная компания», Иркутск, Россия

Геолог

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Иркутск, Россия

Институт недропользования

Аспирант кафедры «Промэкологии и безопасности жизнедеятельности»

E-mail: Gorbaev87@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=968350

Применение бактерий *Rhodococcus erythropolis* для получения из нефтешламов искусственного грунта технического в условиях Восточной Сибири

Аннотация. Как известно, нефть и большая часть нефтепродуктов носят высокотоксичный характер. Загрязнение почв ими является в настоящее время одной из самых серьезных экологических проблем человечества. Такого рода загрязнение служит очень серьезной угрозой всему биологическому разнообразию. Кроме того, оно оказывает весьма негативное воздействие на здоровье людей.

Почва обладает возможностью интенсивно накапливать загрязняющие вещества, но при этом ее способность к самоочищению низкая. В зоне тайги и тундры суровые климатические условия определяют медленный темп круговорота биологических веществ, что приводит к морфологическим и агрохимическим изменениям. Способность почвы к самоочищению в данных районах минимальна и биодеструкция нефти проходит в крайне замедленном темпе.

Загрязнение почв влечет за собой возникновение разных отрицательных экологических последствий, среди которых можно будет выделить следующие:

- Депрессия функциональной активности животного и растительного мира.
- Деградация или угнетение растительности.
- Уменьшение способности почв к своему восстановлению.
- Ухудшение их экологического равновесия, что сопровождается изменением различных характеристик почвенных горизонтов (например, морфологических, и других).
- Уменьшение уровня продуктивности почв, что, в свою очередь, влечет за собой выведение их из сельскохозяйственного оборота.

- Изменение структуры почвы, и прочие.

В данной статье рассмотрены все негативные последствия, вызванные нефтяными загрязнениями почвы и их влияние на растительный и животный мир этой среды, а также смещение экологического равновесия. Отдельно выделены условия, которые необходимы для деградации нефти микроорганизмами. Показан ряд задач, которые необходимо решить перед самим процессом очистки. В конце описания биодеструкторов выделены основные преимущества биоремедиации перед способами, в основе которых лежат физико-химические, а также механические методы. Как пример описана технология биоремедиации нефтезагрязненных почв с помощью бактерий с получением искусственного грунта технического.

Автором проведён анализ использования бактерий рода *Rhodococcus erythropolis* на экспериментальной площадке биоремедиации недалеко от г. Ангарска. За период времени 34 дня содержание нефтепродуктов в грунте уменьшилось в 2,25 раза и составило 28,72 г/кг, что не превышает максимально допустимого содержания нефтепродуктов 33 г/кг в искусственном грунте техническом. В связи с этим сделан вывод о возможности дальнейшего их использования на полигоне нефтесодержащих отходов, расположенных на Ярактинском месторождении. Разработка эффективных способов утилизации сделает возможным превращение вредных для окружающей среды соединений в безопасные продукты, которым является полученный искусственный грунт технический.

Ключевые слова: загрязнение почвы; нефтепродукты; очистка почв; биоремедиация; биодеструкторы; микроорганизмы; бактерии *Rhodococcus erythropolis*; искусственный грунт технический

Введение

Рекультивация земель представляет собой совокупность конкретных мер, принимаемых в отношении загрязненных земель, которые проводятся в целях восстановления их продуктивности. Конечно же, рекультивация земель имеет очень большое значение. Главная ее задача состоит в восстановлении хозяйственной ценности земель, которая была утрачена вследствие их загрязнения; в уменьшении количества находящихся в земле нефтепродуктов и иных вредных веществ [1].

Нефтяное загрязнение почвы способно повлечь за собой множество неблагоприятных последствий, среди которых:

- Деградация или угнетение растительного покрова.
- Неблагоприятное влияние на находящиеся в почве живые организмы.
- Смещение установившегося в почвенном биоценозе экологического равновесия.
- Уменьшение продуктивности земель, имеющих сельскохозяйственное назначение.
- Уменьшение дренажа и аэрируемости, изменение структуры почвы, и так далее [2].

Рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, включая земли, загрязненные нефтью и нефтепродуктами, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате негативного воздействия хозяйственной деятельности. Проведение работ по рекультивации нарушенных земель предусмотрено в Федеральном законе "Об охране окружающей среды", Лесном и Земельном кодексах Российской Федерации. Деятельность, связанная с загрязнением земель нефтью и

нефтепродуктами, регламентируется постановлениями Правительства Российской Федерации, другими нормативными документами¹.

В настоящее время используется большое количество различных способов очистки почв от загрязнений разного рода нефтепродуктами. Тем не менее, их стоимость является достаточно высокой. Эффективными такие методы очистки являются лишь при конкретном уровне загрязнения почв (чаще всего, более одного процента нефтепродуктов и других токсичных веществ в почвенном покрове). Существующие способы и методы обычно не обеспечивают всей полноты очистки почв. Отметим, что биотехнологический подход был признан на сегодняшний день самым оптимальным способом очистки, не только с экономической точки зрения, но и с точки зрения экологии. В данном случае используется множество микроорганизмов, которые могут обеспечить биodeградацию различных компонентов загрязняющих веществ [3].

Биоремедиация занимает на сегодняшний день центральную позицию. Борьба с загрязнениями в этом случае осуществляется с использованием различных биологических методов. Используются различные устройства и технологии, которые направлены на биологическую очистку земель.

Необходимо назвать главные подходы биоремедиации. Таковыми являются:

1. биостимуляция — активизация деградирующей способности аборигенной микрофлоры внесением биогенных элементов, кислорода, различных субстратов;
2. биодополнение — интродукция природных и генноинженерных штаммов-деструкторов чужеродных соединений.

В обязательном порядке нужно руководствоваться в данном случае ключевым принципом, который предполагает необходимость следующего: не причини природной среде больший ущерб, нежели ущерб, уже причиненный в ходе ее загрязнения. К примеру, можно говорить здесь о внесении в почву специальных микроорганизмов, первоначальное предназначение которых состоит в очистке экосистем, подвергнутых разного рода загрязнениям. Как отмечают исследователи, на биоремедиации положительно сказывается внесение в земляной покров различных субстратов, например, торфа и так далее. Это обусловлено тем, что они являются сорбентами нефтепродуктов. Вместе с тем, такие структурообразующие субстраты способствуют изменению аэрации почвы в лучшую сторону [4].

Как известно, достаточно большое количество микроорганизмов имеют специфические ферментные системы, чем обеспечивается их способность утилизировать различные ксенобиотики. В вопросах биоремедиации загрязненных объектов микроорганизмам уделяется сегодня достаточно большое внимание, в том числе, в связи с их довольно большим потенциалом разрушения ксенобиотиков [5].

1. Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются нефтеокисляющие бактерии. В нашем государстве используется на сегодняшний день порядка сорока биопрепаратов, которые были основаны на этих бактериях. Некоторые из них показывают свою эффективность только в таком случае, когда уровень нефтяного загрязнения почвы является невысоким, в связи с этим, практическое использование данных биопрепаратов носит ограниченный характер. Нужно отметить, что

¹ ГОСТ Р 57447-2017 Рекультивация земель и земельных участков, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами. Национальный стандарт Российской Федерации. 2017. — 54 с.

биопрепараты, демонстрирующие свою эффективность при уровне нефтяного загрязнения почвы от пяти до двадцати процентов, являются в настоящее время самыми перспективными. Среди них: Экоил, Дизойл, Ленойл, и некоторые другие биопрепараты [5].

Нефтешламы в Иркутской нефтяной компании в основном образуются на Ярактинском нефтегазоконденсатном месторождении, которое относится к Восточно-Сибирской нефтегазовой провинции. Располагается Ярактинское месторождение в 140 км от г. Усть-Кут Иркутской области. Проведён анализ использования бактерий рода *Rhodococcus erythropolis* для получения ИГТ (искусственного грунта технического) из нефтешламов на опытной площадке биоремедиации недалеко от г. Ангарска и рассмотрена возможность их применения на площадке нефтесодержащих отходов Ярактинского месторождения.

2. Результаты исследования

С помощью биодеструкторов можно обрабатывать большие площади загрязнённых почв. Несомненным плюсом является отсутствие необходимости их транспортировать. Чистые культуры, которые вносят в загрязнённую почву, способны окислять углеводороды (алифатические, ароматические и др.), в результате чего сокращается время очистки почвы. Этот процесс отличается стабильностью и, что немаловажно, не требует больших материальных затрат. Для разложения углеводородов нефти в почве используют бактерии и дрожжи разных родов. Среди бактерий можно отметить *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, среди дрожжей — *Candida*, микромицеты *Fusarium*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, *Penicillium*. При несоблюдении ряда условий внесение микроорганизмов в почву не приводит к желаемому результату, поскольку эффективным рассматриваемый метод будет лишь при определенных температурных и pH показателях. Кроме того, следует создать конкретные окислительно-восстановительные условия, а азотные, фосфорные и магниевые источники должны быть доступными. Нельзя применять данный метод при возникновении опасности для жизни людей и животных, а также для живущих в почве организмов. Если загрязнения составляют более 20 %, то применение одного метода может оказаться неэффективным, и в таких случаях целесообразным является комплексное применение методов. Использовать микроорганизмы лучше всего на последних этапах очистки, когда механическая очистка уже проведена, и концентрация загрязнения снижена.

В 1928 году Таусоном были выделены условия, которые необходимы для деградации нефти микроорганизмами:

1. Наличие воды и минеральных солей.
2. Наличие источников азота и фосфора.
3. Присутствие свободного кислорода.
4. Нейтральное значение pH.

Использование этих критериев является обязательным в процессе разработки биотехнологий. Помимо этого, прежде чем начинать процесс очистки, необходимо решить ряд задач, среди которых:

1. Определение химической природы загрязнителя.
2. Количественная оценка загрязнителя (количественное значение углеводородной фракции).
3. Растворимость загрязнения.
4. Биодegrадабельность загрязнения.

5. Почвенная проницаемость (в почвах с низкой проницаемостью биодegradация осуществляется крайне низкими темпами) [5].

Подчеркнем, что введение в почву и воду природных углеводородутилизирующих микроорганизмов — это главный положительный аспект очистительных биотехнологий. В данном случае предполагается использование таких организмов, которые были получены из уже загрязненных образцов. Тем самым, данные методы очистки считаются более безопасными с экологической точки зрения. Отметим здесь, что при применении, например, химических методов очистки в загрязненные нефтью и нефтепродуктами экосистемы вводятся различные абсорбенты, которые для этой экосистемы являются некоторым чужеродным веществом, что нельзя сказать про природные углеводородутилизирующие микроорганизмы.

Необходимо назвать основные преимущества перед технологиями, в основе которых лежат физико-химические, а также механические методы воздействия:

- Масштабность. Можно обработать только за один вегетационный сезон от 50 до 75 гектаров замазученных грунтов (150000–220000 м³), а также можно добиться значительного уменьшения загрязнения, более чем на девяносто процентов.
- Высокий уровень эффективности (до девяноста процентов за вегетационный период) при относительно малых операционных затратах.
- Универсальность метода. Нужно отметить, что эффективность биоремедиации не лимитируется факторами, которые ограничивают применение большей части физико-химических методов (к примеру, температурой застывания нефти, агрегатным состоянием грунтов, обводненностью отходов и так далее). Работа сбалансированного микробного сообщества биопрепарата является эффективной во всех условиях в обширных интервалах собственного адаптационного механизма.
- Безопасность для природной среды, а также незначительная инвазивность для абсолютно всех объектов природной среды. При осуществлении биоремедиации нет негативного воздействия на другие объекты природной среды (например, на водные ресурсы, почвенный покров, атмосферный воздух).
- Автономность. Биоремедиация не требует энергетических источников (электроэнергия, газ). Осуществление биоремедиации возможно на разном расстоянии от коммуникаций.
- Возврат в баланс экосистемы той почвы, которая была подвергнута очистке.
- Относительно невысокая стоимость при высокой эффективности и безопасности.
- Полное отсутствие вторичных отходов [6].

В Восточной Сибири работает известная компания ООО «Гидротехнологии Сибири». Она занимается сбором опасных нефтесодержащих отходов (то есть, загрязненного нефтепродуктами грунта, любых видов нефтешламов), их транспортировкой и обезвреживанием, а также очисткой и восстановлением территорий, земель, которые были подвергнуты загрязнению нефтеотходами (отработанные масла, мазут, нефть, и прочие), устранением негативных последствий разливов нефтепродуктов.

В своей деятельности данная компания активно работает в области получения материала ИГТ (искусственного грунта технического). Основным методом получения ИГТ является внесение выделенной и наращенной ассоциации аборигенных микроорганизмов — деструкторов углеводов в нефтезагрязнённые почвы, грунты, с целью интенсификации

разложения нефтепродуктов. Получаемый ИГТ в соответствии с регламентом может быть использован:

1. В целях технической рекультивации нарушенных объектов (промышленных и природных).
2. Промежуточной изоляции отходов на полигонах ТКО и других объектах размещения отходов (ОРО).
3. Ликвидации последствий недропользования, в том числе ликвидации амбаров, горных выработок, отсыпки откосов и тела насыпи буровой площадки.
4. Для устройства насыпи подъездных путей, насыпи земляного полотна дорог вне населённых пунктов.

ИГТ должен изготавливаться из нефтесодержащих отходов согласно регламенту и его физико-химические свойства должны соответствовать требованиям. Так, к примеру, содержание нефтепродуктов должно быть не более 33 г/кг грунта.

Основной технологией утилизации нефтесодержащих отходов, с получением искусственного грунта технического, является технология микробиологической ремедиации (биоремедиации), основанная на использовании бактериальных ассоциаций аборигенных штаммов — активных нефтедеструкторов. При изготовлении искусственного грунта биоремедиации подлежат:

1. Почвы, отходы песка, загрязнённые нефтью и нефтепродуктами.
2. Шлам очистки ёмкостей и трубопроводов.
3. Шламы и растворы буровые при бурении.
4. Нефтесодержащий остаток механического обезвоживания обводнённых нефтесодержащих отходов.
5. Другие отходы, содержащие биоразлагаемые углеводороды.

Исходная концентрация нефтяных углеводородов в отходах не должна превышать 20 %. При более высоком содержании нефтепродуктов отходы разбавляются структураторами (разрыхлителями грунта), чистым грунтом или порошком минеральным до указанной концентрации. В качестве структураторов используются древесные отходы (щепа, опил, стружка, кора и другие) и растительные материалы (торф, сено, солома и другие). Для поддержания pH в грунт вносятся соединения кальция (известкование кислых грунтов и гипсование щелочных). В качестве источников азота и фосфора, необходимых для эффективного окисления углеводородов нефти микроорганизмами используются различные неорганические удобрения, такие как: аммиачная селитра, сульфат аммония, калийная селитра, мочевины, нитрат аммония и другие.

Все химические реагенты, применяемые в процессе утилизации отходов должны иметь необходимые сертификаты и разрешения для использования на территории РФ. Отходы принимаются на утилизацию только при наличии оформленного в установленном порядке паспорта опасного отхода².

Основные характеристики отходов, принимаемых на утилизацию, должны соответствовать данным, представленным в таблице 1.

² ТУ 23.99.19-003-71784229-2017 Искусственный грунт технический (ИГТ), Общество с ограниченной ответственностью «Гидротехнологии Сибири». 16 с.

Таблица 1
Основные характеристики отходов, принимаемых на утилизацию

| № п/п | Наименование показателя | Значение |
|-------|--|----------|
| 1 | Содержание воды, % не более | 85 |
| 2 | Содержание механических примесей, % не более | 99 |
| 3 | Содержание нефтепродуктов, % не более | 90 |
| 4 | Прочие растворимые примеси, % не более | 10 |

Из таблицы 1 видно, что данным характеристикам соответствуют практически все нефтесодержащие отходы, образующиеся на объектах деятельности нефтяных компаний. Поэтому данный способ получения ИГТ должен найти широкое применение в районах добычи и переработки нефти.

На экспериментальной площадке микробиологической ремедиации в районе промышленной зоны г. Ангарска в 2018 г. было проведено исследование очистки твёрдых нефтесодержащих отходов (загрязнённой нефтью почвы) бактериями рода *Rhodococcus erythropolis*. Данные испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2
Биоремедиация загрязнённого грунта бактериями (приложения 1 и 2)

| №п/п | Исходное содержание нефтепродуктов в грунте, г/кг | Содержание нефтепродуктов в грунте после очистки, г/кг | Максимально допустимое содержание нефтепродуктов в ИГТ (искусственном грунте техническом), г/кг | Уменьшение содержания нефтепродуктов в грунте, раз | Продолжительность очистки, дней |
|------|---|--|---|--|---------------------------------|
| 1 | 64,67 | 28,72 | 33,00 | 2,25 | 34 |

По результату испытаний из таблицы 2 видно, что за период времени 34 дня содержание нефтепродуктов в грунте уменьшилось в 2,25 раза и составило 28,72 г/кг, что не превышает максимально допустимого содержания нефтепродуктов в ИГТ равного 33 г/кг. Это позволяет сделать вывод о хорошей эффективности использования данных бактерий рода *Rhodococcus erythropolis* для очистки нефтезагрязнённых почв и получения ИГТ.

С конца лета 2020 года компания «Гидротехнологии Сибири» работает на объектах Иркутской нефтяной компании на полигоне нефтесодержащих отходов, расположенных на Ярактинском месторождении. Согласно протоколу результатов анализа нефтешламов (приложение 3), расположенных на данной площадке, содержание нефтепродуктов в них составляет 14,9 %. Это удовлетворяет условию максимальной 20 % концентрации, при которой к биоремедиации приступили сразу без добавления к отходам структураторов или чистой почвы. Полученный в дальнейшем после очистки искусственный грунт технический будет использоваться для отсыпки откосов и образовавшихся карьеров на объектах деятельности Иркутской нефтяной компании.

Заключение

Проблема ликвидации отходов, накопленных в результате деятельности предприятий нефтегазового комплекса, стоит сегодня достаточно остро, что в первую очередь связано с существенным ростом объёмов производства. Разработка эффективных способов утилизации сделает возможным превращение вредных для окружающей среды соединений в ценные и безопасные продукты [7].

Во всех мероприятиях, связанных с ликвидацией последствий загрязнения почв нефтью, с восстановлением нарушенных земель, необходимо исходить из главного принципа: не нанести экосистеме больший вред, чем тот, который уже нанесен при загрязнении. Суть

восстановления загрязненных экосистем — максимальная мобилизация внутренних ресурсов экосистемы на восстановление своих первоначальных функций [8].

Естественное самоочищение природных объектов от нефтяного загрязнения — длительный процесс, особенно в условиях Сибири, где долгое время сохраняется пониженный температурный режим. Стимуляция естественной нефтеокисляющей микрофлоры основана на создании в почве оптимальных условий для ее развития, в том числе нейтрализации изменений, вызванных попаданием в почву нефти [9].

Таким образом, использование нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки окружающей среды является не новой, но недостаточно изученной областью исследований. Главная роль в превращении углеводородов нефти и нефтепродуктов в почве и в воде принадлежит микроорганизмам, и чем больше их численность и разнообразие, тем значительнее их вклад в поддержание динамического равновесия в биосфере.

Продолжается поиск новых биодеструкторов углеводородов нефти и выявление оптимальных условий эффективного использования имеющихся препаратов в условиях Восточной Сибири, где суровые климатические условия определяют медленный темп биологического круговорота веществ. Использование бактерий рода *Rhodococcus erythropolis* показало их хорошую эффективность и будет применяться в дальнейшем на объектах деятельности Иркутской нефтяной компании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Ф.М. Рекультивация нефтезагрязненных почв / Ф.М. Кузнецов, А.П. Козлов, В.В. Середин, Е.В. Пименова. — ПГСХА: Пермь, 2003. — 196 с.
2. Васильев А.В., Заболотских В.В., Тупицына О.В., Штеренберг А.М. Экологический мониторинг токсического загрязнения почвы нефтепродуктами с использованием методов биотестирования. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», Уфа, 2012, № 4.
3. Логинов О.Н. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений / О.Н. Логинов, Н.Н. Силищев, Т.Ф. Бойко, Н.Ф. Галимзянова. — Уфа: Гос. изд. научно-тех. литературы "Реактив", 2000. 100 с.
4. Вельков В.В. Биоремедиация; принципы, проблемы, подходы / В.В. Вельков // Биотехнология. — 1995. — № 3–4. — С. 20–27.
5. Войно Л.И. Биодegradация нефтезагрязнённых почв и акваторий. // Фундаментальные исследования, Московский государственный университет пищевых производств. Москва, 2006.
6. Есенаманова М.С., Есенаманова Ж.С., Абуова А.Е., Рыскалиева Д.К., Бектимиров Д.С., Рысжан А.Е., Обезвреживание нефтезагрязнённых почв биопрепаратами. // Современные проблемы науки и образования, Пенза, 2016. — № 6.
7. Хайдаров Ф.Р., Хисаев Р.Н., Шайдаков В.В., Каштанова Л.Е. Нефтешламы. Методы переработки и утилизации. — Уфа: Монография, 2003. — 74 с.
8. Андерсон Р.К. Экологические последствия загрязнения нефтью / Р.К. Андерсон, А.Х. Мукатанов, Т.Ф. Бойко // Экология, 1980. — № 6.
9. Исмаилов Н.М. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель / Н.М. Исмаилов, Ю.И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. — М.: Наука, 1988.

Gorbachev Alexey Viktorovich

Irkutsk Oil Company LLC, Irkutsk, Russia
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
Institute of Subsoil Use
E-mail: Gorbaev87@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=968350

The use of *Rhodococcus erythropolis* bacteria for the production of artificial technical soil from oil sludge in the conditions of Eastern Siberia

Abstract. As you know, oil and most of the petroleum products are highly toxic. Soil pollution by them is currently one of the most serious environmental problems of mankind. This kind of pollution is a very serious threat to all biological diversity. In addition, it has a very negative impact on people's health.

The soil has the ability to intensively accumulate pollutants, but at the same time its ability to self-clean is low. In the taiga and tundra zone, harsh climatic conditions determine the slow rate of the circulation of biological substances, which leads to morphological and agrochemical changes. The ability of the soil to self-clean in these areas is minimal and the biodegradation of oil takes place at an extremely slow pace.

Soil pollution entails the occurrence of various negative environmental consequences, among which the following can be distinguished:

- Depression of functional activity of the animal and plant world.
- Degradation or suppression of vegetation.
- Reducing the ability of soils to recover.
- Deterioration of their ecological balance, which is accompanied by changes in various characteristics of soil horizons (for example, morphological, and others).
- A decrease in the level of soil productivity, which, in turn, entails their withdrawal from agricultural circulation.
- Changing the structure of the soil, and others.

This article examines all the negative consequences caused by oil pollution of the soil and their impact on the flora and fauna of this environment, as well as the shift in ecological balance. Separately, the conditions that are necessary for the degradation of oil by microorganisms are highlighted. A number of tasks that need to be solved before the cleaning process itself are shown. At the end of the description of biodestructors, the main advantages of bioremediation over methods based on physico-chemical as well as mechanical methods are highlighted. As an example, the technology of bioremediation of oil-contaminated soils with the help of bacteria to obtain artificial technical soil is described.

The author analyzes the use of bacteria of the genus *Rhodococcus erythropolis* at an experimental bioremediation site near the city of Angarsk. Over a period of 34 days, the content of petroleum products in the soil decreased by 2.25 times and amounted to 28.72 g/kg, which does not exceed the maximum permissible content of petroleum products 33 g/kg in artificial technical soil. In this regard, the conclusion is made about the possibility of their further use at the landfill of oil-containing waste located at the Yaraktinskoye field. The development of effective disposal methods

will make it possible to transform compounds harmful to the environment into safe products, which is the resulting artificial technical soil.

Keywords: soil pollution; petroleum products; soil purification; bioremediation; biodestructors; microorganisms; bacteria *Rhodococcus erythropolis*; artificial technical soil

Приложение 1

Протокол результатов количественного химического анализа (КХА) проб нефтесодержащих отходов в районе промышленной зоны г. Ангарска до очистки

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА И
ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО
ПРИВОЛЖСКОМУ ФЕДЕРАЛЬНОМУ
ОКРУГУ»

ФИЛИАЛ «ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА И ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ПЕРМСКОМУ КРАЮ»

Испытательная лаборатория по Пермскому краю
614068, РОССИЯ, Пермский край, Пермь, ул. Монастырская, 130 тел.: (342) 233-10-48; факс: (342) 236-17-64

Аттестат аккредитации № RA.RU.513220

ПРОТОКОЛ № 251-О от 13.09.2018 г.
результатов количественного химического анализа (КХА) проб отходов

Заказчик: ООО «Природа - Пермь»
Юридический адрес Заказчика: 614077, Пермский край, г. Пермь, ул. Пушкинская, д. 55, помещение 3
Наименование объекта анализа: отход
Наименование отхода: твёрдые нефтесодержащие отходы
Место отбора пробы: Иркутская обл., экспериментальная площадка микробиологической ремедиации ООО «Гидротехнологии Сибири»
Номер и дата акта отбора пробы Заказчиком: акт № 38 от 25.08.2018 г.
Номер и дата акта приёмки пробы: акт № 88-О от 27.08.2018 г.
Регистрационный номер пробы: № 363
Дата проведения анализа: 03.09.2018 г. – 11.09.2018 г.

| Средства измерений | Зав. № | Свидетельство о поверке | Дата поверки | Периодичность поверки |
|-------------------------|----------|-------------------------|---------------|-----------------------|
| Весы электронные GR-200 | 14216323 | 13/10407 | 20.10.2017 г. | 12 месяцев |

| № | Определяемый показатель | Методика измерений | Единицы измерений | Результат измерений |
|---|-------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | Нефтепродукты | ПНД Ф 16.1:2.2.2.3:3.64-10 | г/кг | 64,67 |
| | | | % | 6,47 |

Заместитель директора

Начальник сектора



Н.Ю. Серебрякова

Д.Ф. Минниyarova

Протокол не может быть воспроизведен полностью или частично без письменного разрешения Филиала. За отбор проб Филиал ответственности не несёт.

| | |
|-----------------------------------|-------------------|
| Протокол № 251-О от 13.09.2018 г. | Экз. № 2 |
| Лист 1 Всего листов 1 | Количество экз. 2 |

Приложение 2

Протокол результатов количественного химического анализа (КХА) проб нефтесодержащих отходов в районе промышленной зоны г. Ангарска после очистки

Страница 1 из 3



Испытательная лаборатория «АЛЬФАЛАБ» ООО «Сибирский стандарт»
Аттестат аккредитации № RA.RU.21AE20 от 15.09.2015 г.
Адрес испытательной лаборатории: 664081, РОССИЯ, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Красноказачья, д. 115

Протокол испытаний № 9158 от 18.10.2018 г.

Экземпляр № 2

1. Заказчик: ООО "Гидротехнологии Сибири"
2. Адрес Заказчика: 664009, г. Иркутск, ул. Дорожная, д.1
3. Объект испытаний: почва
4. Место отбора проб: Объект: «Производственная площадка по адресу г. Ангарск, Первый промышленный массив, автодорога № 15а, в 340 м к юго-востоку от пересечения с автодорогой № 16, строение 1/8, опытный участок МБР». Материал рекультивационный.
5. Регистрационный(е) номер(а) проб(ы) ИЛ "АЛЬФАЛАБ": 2230а/8367П-18
6. Дата отбора пробы: 28.09.2018г.
7. Сопроводительная документация: заявление на проведение испытаний Исх. № 3 от 28.09.2018г., ТУ 5712-004-55059747-2015
8. Информация об отборе (НД на отбор проб): согласно заявлению заказчика ПНД Ф 12.1:2.2:2.3:3.2-03.
9. Отбор произвел (должность и ФИО): силами заявителя, оператор товарный Болотов А.Н.
10. Сведения об упаковке/емкости хранения пробы: маркированный полиэтиленовый пакет
11. Дата поступления пробы в ИЛ "АЛЬФАЛАБ": 28.09.2018г. 12. Даты проведения испытаний: с 28.09.2018г. по 18.10.2018г.
13. Дополнительные сведения: ИЛ "АЛЬФАЛАБ" не несет ответственности за правильность и качество отбора, доставку и условия хранения во время доставки проб, отобранных заказчиком.

Ответственный за содержание протокола:
Начальник ИЛ "АЛЬФАЛАБ" Муштатова Д.Э.



Протокол запрещается копировать без разрешения Заказчика, а также частично воспроизводить без письменного разрешения ИЛ
Протокол составлен в двух экземплярах. Экземпляр №1 – 1 шт. – Испытательной лаборатории «АЛЬФАЛАБ» ООО «Сибирский стандарт», Экземпляр №2 – 2 шт. – Заказчику.
Контроль точности результатов количественного химического анализа обеспечивается государственными стандартными образцами и внутренним контролем качества.
В случае отбора проб Заказчиком или представителем Заказчика результаты испытаний, представленные в данном протоколе, относятся только к объектам, прошедшим испытания.

Ответственный за составление протокола Власова В.А.

Продолжение протокола испытаний № 9158
От 18.10.2018 г
Страница 2 из 3

Результаты испытаний

| Наименование показателя, ед. измерения | НД на метод выполнения измерений | Средство измерения | Маркировка пробы Заказчика |
|---|--|--|--|
| | | | № 3 |
| | | | Регистрационный номер проб в ИЛ "АЛЬФАЛАБ" |
| | | | 2230а/8367П-18 |
| | | | Результат: Неопределенность |
| Водородный показатель водной вытяжки, ед. рН | ГОСТ 26423-85 | Микропроцессорный портативный рН/С-метр HI 9125. Св-во о поверке №279-92. Поверен до 13.02.2019 г. | 7,5±0,1 |
| Водородный показатель солевой вытяжки, ед. рН | ГОСТ 26483-85 | Микропроцессорный портативный рН/С-метр HI 9125. Св-во о поверке №279-92. Поверен до 13.02.2019 г. | 6,8±0,1 |
| Плотный остаток, % | ГОСТ 26423-85 | Весы электронные лабораторные HR-250AZG. Св-во о поверке № 384-1099. Поверен до 12.08.2019 | 0,11 |
| Нефтепродукты, мг/кг | ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 | Концентратомер КН-3. Св-во о поверке №387-37. Поверен до 29.01.2019г. | 28723±7181 |
| Калий-40, Бк/кг | Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектра с программным обеспечением «Прогресс»; Руководство по эксплуатации АЖНС.412131.011-02РЭ | Установка спектрометрическая МКС-01А «МУЛЬТИРАД». Св-во о поверке №359582. Поверен до 04.02.2019г. | 391 ± 96 |
| Радий-226, Бк/кг | Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектра с программным обеспечением «Прогресс»; Руководство по эксплуатации АЖНС.412131.011-02РЭ | Установка спектрометрическая МКС-01А «МУЛЬТИРАД». Св-во о поверке №359582. Поверен до 04.02.2019г. | 18 ± 5 |
| Торий-232, Бк/кг | Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектра с программным обеспечением «Прогресс»; Руководство по эксплуатации АЖНС.412131.011-02РЭ | Установка спектрометрическая МКС-01А «МУЛЬТИРАД». Св-во о поверке №359582. Поверен до 04.02.2019г. | <40 |

Ответственный за составление протокола Власова В.А.

Приложение 3

Протокол результатов количественного химического анализа (КХА)
проб нефтесодержащих отходов Ярактинского месторождения до очистки

Страница 1 из 3



Испытательная лаборатория «АЛЬФАЛАБ» ООО «Сибирский стандарт»
Адрес испытательной лаборатории: 664081, РОССИЯ, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Красноказачья, д. 115
(протокол выдан за пределами области аккредитации)

Дополнение к протоколу испытаний № 10237 от 22.01.2019 г.

Экземпляр № 2

1. Заказчик: ООО "Иркутская нефтяная компания"
 2. Адрес Заказчика: РФ, 664007, г. Иркутск, пр-кт Большой Литейный, 4
 3. Объект испытаний: отход (шлам от капитального ремонта скважин)
 4. Место отбора проб: Иркутская область, Усть-Кутский район, Ярактинское НГКМ, кустовая площадка №23
 5. Регистрационный(е) номер(а) проб(ы) ИЛ "АЛЬФАЛАБ": 3346а/113830-18
 6. Дата отбора проб: 11.12.2018г.
 7. Сопроводительная документация: акт отбора № 3346а от 18.12.2018г.
 8. Информация об отборе (НД на отбор проб): ПНД Ф 16.3.55-08, ПНД Ф 12.1:2:2.2:3.3.2-03
 9. Отбор произвел (должность и ФИО): ведущий инженер-лаборант ИЛ «АЛЬФАЛАБ» Михалев К. С.
 10. Сведения об упаковке/емкости хранения пробы: маркированная стеклянная бутылка, маркированная пластиковая бутылка
 11. Дата поступления пробы в ИЛ "АЛЬФАЛАБ": 18.12.2018г. 12. Даты проведения испытаний: с 18.12.2018г. по 22.01.2019г.
 13. Дополнительные сведения: отсутствует
- Ответственный за содержание протокола:
Начальник ИЛ "АЛЬФАЛАБ"  Муштатова Д.Э.

Протокол запрещается копировать без разрешения Заказчика, а также частично воспроизводить без письменного разрешения ИЛ
Протокол составлен в двух экземплярах. Экземпляр №1 – 1 шт. – Испытательной лаборатории «АЛЬФАЛАБ» ООО «Сибирский стандарт», Экземпляр №2 – 2 шт. – Заказчику.
Контроль точности результатов количественного химического анализа обеспечивается государственными стандартными образцами и внутренним контролем качества.
В случае отбора проб Заказчиком или представителем Заказчика результаты испытаний, представленные в данном протоколе, относятся только к объектам, прошедшим испытания.

Ответственный за составление протокола  Муштатова Д.Э.

Продолжение дополнения к протоколу испытаний № 10237
(протокол выдан за пределами области аккредитации)
От 22.01.2019 г
Страница 2 из 3

Результаты испытаний (протокол выдан за пределами области аккредитации)

| Наименование показателя, ед. измерения | НД на метод выполнения измерений | Средство измерения | Маркировка пробы |
|--|---|--|--|
| | | | О1 |
| | | | Регистрационный номер проб в ИЛ "АЛЬФАЛАБ" |
| | | | 3346а/113830-18 |
| | | | Результат± |
| | | | Неопределенность |
| Нефтепродукты, % | ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.64-10 | Весы электронные лабораторные HR-250AZG. Св-во о поверке № 384-1099. Поверен до 12.08.2019 г | 14,9 |
| Влага, % | ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08 (издание 2017 г. взамен изданию 2008 г.) | Весы электронные лабораторные АВ 3202 RCE, 63830-16. Св-во о поверке № 384-1098. Поверен до 12.08.2019 г | 56,8 |
| Кадмий (валовое содержание), % | ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 | Весы электронные лабораторные HR-250AZG. Св-во о поверке № 384-1099. Поверен до 12.08.2019 г | 0,000041 |
| Кобальт (валовое содержание), % | ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 | Спектрофотометр атомно – абсорбционный AA- 7000.Св-во о поверке № 387-38. Поверен до 29.01.2019г | 0,00032 |
| Марганец (валовое содержание), % | ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 | Спектрофотометр атомно – абсорбционный AA- 7000.Св-во о поверке № 387-38. Поверен до 29.01.2019г | 0,0138 |
| Медь (валовое содержание), % | ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 | Спектрофотометр атомно – абсорбционный AA- 7000.Св-во о поверке № 387-38. Поверен до 29.01.2019г | 0,00427 |
| Никель (валовое содержание), % | ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 | Спектрофотометр атомно – абсорбционный AA- 7000.Св-во о поверке № 387-38. Поверен до 29.01.2019г | 0,000559 |
| Свинец (валовое содержание), % | ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002 | Спектрофотометр атомно – абсорбционный AA- 7000.Св-во о поверке № 387-38. Поверен до 29.01.2019г | 0,0037 |

Ответственный за составление протокола  Муштатова Д.Э.