

**Общество с ограниченной ответственностью «НавЭкосервис»  
(ООО «НавЭкс»)**

Контракта № CS-NPA-Arctic-05/2008  
от 01.07.2008 года

**Краткий отчет  
По проекту**

**«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ  
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ  
НАЗЕМНЫХ УЧАСТКОВ,  
ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ,  
В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ»**



Директор  
ООО «НавЭкс»

\_\_\_\_\_  
В.И. Витовский  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2009 г.

## Оглавление

1. Введение.....	3
2. Цель работы.....	3
3. Выбор биопрепаратов.....	4
4. Обустройство полигона.....	4
5. Инженерная часть полигона.....	4
6. Варианты закладки.....	4
7. Проведенные исследования.....	5
8. Результаты исследований.....	6
9. Фиторемедиация.....	8
10. Разработка Проекта Руководства.....	8
11. Заключение.....	8

## Введение

Добыча и транспортировка нефти и нефтепродуктов неуклонно растут на всей территории Российской Федерации.

В Мурманской области за последние 6 лет в несколько раз возросли объемы транспортировки, перевалки и хранения нефти и нефтепродуктов. Соразмерно объемам возросла вероятность разливов нефтепродуктов, а также загрязнения территорий.

Уже сейчас в Мурманской области имеются территории, загрязненные нефтепродуктами, которые требуют очистки.

В результате аварийного разлива нефть и нефтепродукты проникают в толщу грунта, нарушают процессы фотосинтеза, кислородный и углеродный обмен, процессы естественного круговорота органических и минеральных веществ в почве, приводят к гибели отдельных звеньев экосистемы.

Рекультивация загрязненных нефтепродуктами почв возможна как на месте разлива так и на специализированных полигонах.

В настоящее время на территории Мурманской области подобные полигоны отсутствуют.

Одним из перспективных способов очистки нефтезагрязненных грунтов является биологическая рекультивация. Применение данного метода помогает не только справиться с загрязнением, но и свести к минимуму ущерб для окружающей среды.

Способ биологической рекультивации достаточно широко применяется на территории Российской Федерации, в том числе в Московской и Ленинградской областях, Усинском районе Республики Коми, Краснодарском крае и др.

Проведенные нами работы основывались именно на биологической рекультивации.

Однако, важнейшим фактором, влияющим на активность процесса разрушения углеводов в почве нефтеокисляющими микроорганизмами, являются почвенно-климатические условия. Возможность биологической рекультивации почв в условиях Крайнего Севера ранее не исследовалась.

Технология биорекультивации основана на имитации природных факторов восстановления нарушенных земель за счет искусственного привнесения бактерий-деструкторов нефти. В результате внесения биопрепаратов в загрязненной почве происходят сложные химические и биохимические процессы разложения углеводов нефти до экологически безвредных веществ углекислого газа и воды. Для микроорганизмов, участвующих в данном процессе, углеводороды являются естественным источником питания, способствующим их активной жизнедеятельности и активному размножению, в результате чего происходит потребление загрязнения внесенной микрофлорой вплоть до его полного исчезновения.

## Цель работы

Цель проведенных работ – исследование эффективности применения биопрепаратов для рекультивации почв, загрязненных нефтепродуктами, в Арктических регионах, а также разработка методики их активации и применения. По итогам выполненных работ был составлен проект «Руководства по применению биопрепаратов для очистки почв, загрязненных нефтью, в Арктических условиях».

Экспериментальные исследования проводились двумя способами:

- в естественных условиях (без применения технологий подогрева и аэрации);
- с применением инженерных технологий (посредством инженерно-технических решений поддерживалась положительная температура почвы, а также проводилась аэрация почвы).

## **Выбор биопрепаратов**

При подготовке к исследованиям был выполнен анализ биопрепаратов, представленных на рынке услуг.

Выбор группы биопрепаратов осуществлялся на основе их паспортных характеристик. Основными из них являлись: температурный режим, в котором допускается применение биопрепаратов; скорость очистки почвы от нефтяного загрязнения; методика подготовки и применения биопрепаратов.

С учетом вышеперечисленных факторов для исследовательских работ были отобраны биопрепараты Микрозим Петро Трит, Деворойл, Родер.

## **Обустройство полигона**

Для проведения исследований была подготовлена площадка полигона на полигоне ТБО п. Дровяное.

Площадь полигона составила 87 м<sup>2</sup>.

Для закладки опытов были подготовлены деревянные короба в количестве 87 штук.

Площадь каждого короба составляет 1 м<sup>2</sup>, глубина 0,5 м.

Внутренняя поверхность коробов была выстлана гидроизолирующим материалом, что позволило избежать проникновения нефтепродуктов и внесенных биопрепаратов за пределы коробов.

Поверхность почвы, на которой установлены короба, была покрыта гидроизолирующим материалом.

Ряд ячеек (9 штук) был подготовлен (гидро и теплоизолирован) для биологической рекультивации с применением инженерных технологий, что предусматривало поддержание положительных температур почвы в течение зимнего периода и принудительную аэрацию почвы.

## **Инженерная часть полигона**

Каждый короб инженерной части полигона состоял из жесткого корпуса, слоя гидроизолирующего материала, слоя теплоизоляционного материала. Все ячейки были накрыты крышками, состоящими из твердой деревянной основы, с внешней стороны закрытой гидроизолирующим, а с внутренней - теплоизоляционным слоем.

По дну ячеек был проложен греющий кабель, обеспечивающий подогрев почвы, и аэрационные трубки, позволяющие проводить принудительную аэрацию почвы.

Электроэнергия для работы греющего кабеля и компрессора производилась посредством дизельного генератора. Постоянство температуры поддерживалось посредством термодатчика и термостата.

## **Варианты закладки**

Для проведения исследований были отобраны почвы, наиболее характерные для Мурманской области: тундровые иллювиально-гумусовые оподзоленные и подбуры; подзолы иллювиально-малогумусовые (железистые).

Исследовались почвы, загрязненные следующими нефтепродуктами: мазут, дизельное топливо, нефть. Масса почвы, внесенной в каждую ячейку, составила около 480кг.

Была разработана схема закладки полигона. Каждый из вариантов закладки имел трехкратную повторность. В соответствии с разработанной схемой в ячейки вносились биопрепараты.

Все используемые в исследованиях биопрепараты подвергались предварительной активизации, что сокращало время перехода микроорганизмов в активную фазу при внесении в загрязненную почву.

В ходе работ был подобран комплекс азото-фосфоро-калийных удобрений, обеспечивающих питательную среду для нефтеокисляющих микроорганизмов, содержащихся в биопрепаратах. Использовали минеральные удобрения «Азофоска» и «аммиачная селитра».

В связи с тем, что почвы, исследуемые в эксперименте, относятся к типу почв с низкой биогенностью, т.е. обеднены питательными элементами, нормы внесения удобрений были увеличены в соответствии с рекомендациями «Справочник агронома нечерноземной зоны», Агропромиздат 1990г.

Помимо действия биопрепаратов изучена возможность очистки почвы аборигенной нефтеокисляющей микрофлорой. Данная методика биологической рекультивации основана на стимуляции роста естественных углеводородокисляющих микроорганизмов, содержащихся в почве, за счет внесения питательных подкормок (минеральных удобрений).

На протяжении всего периода исследований проводилось рыхление и увлажнение почвы, до оптимальных параметров, рекомендуемых производителями биопрепаратов..

### **Проведенные исследования**

В период работ проводился отбор проб почвы на микробиологические исследования и определение содержания нефтепродуктов почве.

Микробиологический анализ проб и определение физико-химических характеристик почвы проводились специалистами лаборатории микробиологии ФГУ «Мурманский центр стандартизации метрологии и сертификации».

Пробы отбирались в соответствии с графиком внесения биопрепаратов, что позволило выявить динамику развития нефтеокисляющих микроорганизмов в процессе опыта.

Отбор проб осуществлялся согласно соответствующим ГОСТам (ГОСТ 17.4.4.02-84 и ГОСТ 17.4.3.01-83). Из пяти различных точек каждой ячейки в стерильные полиэтиленовые пакеты отбирали образцы почвы, тщательно перемешивали. Среднюю пробу готовили, объединяя образцы из трех одинаковых ячеек.

Пробы на содержание нефтепродуктов были отобраны и проанализированы специалистами «Центра лабораторного анализа и технических измерений по Мурманской области» (ЦЛАТИ).

Отбор проб для определения содержания нефтепродуктов в почве был произведен специальным пробоотборником из пяти различных точек каждой ячейки. Каждая проба была тщательно перемешана перед проведением анализа.

Исследования проводились дважды: в начале работ и по их окончанию.

Регулярно проводился замер температуры почвы.

В период проведения исследований температуры почвенных субстратов колебались в широких диапазонах. Наиболее приближенные к оптимальным температуры зафиксированы в начале работ (август-начало сентября 2008 г.). Далее наблюдается постепенное снижение температуры почвы с периодическими перепадами. К концу периода исследований субстрат полностью промерз, что создало неблагоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов.

В инженерной части исследованы два режима температуры почвенного субстрата: на первом этапе температура поддерживалась на оптимальном для жизнедеятельности бактерий уровне (+18+25°C), далее поддерживалась постоянная температура почвы в пределах +5+15°C.

## Результаты исследований

### Определение физико-химических характеристик почвы

Значения рН почвы определяли на универсальном иономере. Значения влажности определяли высушиванием почвы до постоянной массы.

Контрольные образцы имели нейтральную либо близкую к нейтральной реакцию среды. Отмечалось небольшое смещение рН в кислую сторону, в результате внесения минеральных удобрений. Резких скачков рН почвы не наблюдалось.

При первичном отборе проб установлена повышенная влажность почвенных субстратов, что обусловлено обильными осадками в период отбора проб. В дальнейшем значения влажности приблизились к оптимальным.

### Микробиологические исследования

Численность гетеротрофных бактерий почвы (в данную группу входят аборигенные нефтеокисляющие бактерии) определяли на рыбо-пептонном бульоне (РПБ). Посевы делали методом предельных разведений. Культивирование микроорганизмов осуществляли при 20°C в течение 3 суток. Наличие роста наблюдали по помутнению среды. Количество бактерий определяли методом НВЧ по таблице Мак Креди. Изучение культуральных свойств микроорганизмов проводили после пересева на питательный агар.

Численность углеводородокисляющих бактерий определяли на специальной минеральной среде. Посевы проводили методом предельных разведений. Культивирование микроорганизмов осуществляли при 20°C в течение 1 месяца. Наличие роста наблюдали по помутнению среды или образованию пленки на границе дизельное топливо-среда. Количество бактерий определяли методом НВЧ по таблице Мак Креди. Изучение культуральных свойств проводили после пересева на агаризированную минеральную среду того же состава с 1,7%-ным содержанием агара.

В ходе исследований выявлена устойчивая динамика роста численности нефтеокисляющих бактерий в период положительных температур вплоть до +5°C. Максимальная численность микроорганизмов в естественных условиях установлена при температуре +8+14°C.

В инженерной части полигона максимальная численность достигнута при температуре +18+25°C (данный уровень температуры, согласно паспортам на биопрепараты, является оптимальным для роста микроорганизмов).

При снижении температуры ниже +5°C отмечается снижение численности бактерий во всех вариантах.

Все препараты показали сходную динамику роста численности микроорганизмов. В отдельных опытах наблюдалось преимущество роста микроорганизмов того или иного препарата, что позволяет предположить зависимость действия биопрепарата относительно вида нефтяного загрязнителя или типа почвы. Однако четкой зависимости воздействия препаратов с учетом вышеуказанных факторов установить не удалось.

Внесение дополнительной минеральной подкормки в качестве стимулятора аборигенной микрофлоры почвы не привело к активному развитию углеводородокисляющей микрофлоры почвы.

Проведенные микробиологические исследования позволили сделать вывод об устойчивом развитии внесенных нефтеокисляющих микроорганизмов при положительной температуре почвы, что является подтверждением эффективности использования метода биологической рекультивации почв в Арктических условиях при температурах почвы от +5°C и выше.

На основании полученных данных, с учетом короткого периода исследований, невозможно выявить преимущество какого-либо из использованных биопрепаратов.

### Определение содержания нефтепродуктов в почве

Определение содержания нефтепродуктов в почве проводилось с использованием анализатора нефтепродуктов АН-1.

Пробы на содержание нефтепродуктов, отобранные при закладке опыта, позволили установить исходное содержание нефтепродуктов в почве, которое составило в среднем около 5%.

Вторичный отбор проб, проведенный по окончании работ на полигоне, позволил проследить динамику очистки почвы от нефтяного загрязнения.

По результатам полученных данных можно сделать следующие выводы:

- Применение всех использованных биопрепаратов показало снижение содержания нефтезагрязнителей в почве.
- Наименее эффективный результат по очистке почвы от нефтяного загрязнения достигнут за счет стимуляции аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры минеральными удобрениями (0,7-2,1%). Вероятно, это связано с низкой самоочищающей способностью почв Севера. Применение данного варианта биологической рекультивации почв допустимо при низких концентрациях загрязнения (до 1-2%). При более высоких концентрациях загрязнения агротехнические приемы рекультивации можно считать несостоятельными применительно к почвенно-климатическим условиям Арктического региона.
- Примененные биопрепараты, в зависимости от типа загрязнителя, проявили различную степень активности. При обработке почв, загрязненных мазутом, наибольшую степень очистки почвы показал биопрепарат «Родер» (4,5-5,3%). При загрязнении дизельным топливом – «Деворойл» (4,8-5,9%), нефтью – «Микрозим (tm) «ПЕТРО ТРИТ» и «Родер» (6,7%). Средний процент очищения почвы с применением биопрепаратов составил 5,4%.
- В почве с торфяной прослойкой распад нефтепродуктов прошел более эффективно (в среднем на 1,4%). Торф сыграл роль естественного сорбента и органического удобрения одновременно, на основании чего можно рекомендовать внесение торфа в обедненные почвы в качестве стимулятора процесса биоремедиации.
- В инженерной части биополигона, за счет поддержания постоянной положительной температуры почвы (+5+15°C), биопрепараты показали большую степень разложения нефтепродукта (среднее значение – 9,9%). Здесь также выявлена не яркая тенденция эффективности биопрепаратов относительно типа загрязнителя. Наилучший результат по очищению почвы от мазута и дизельного топлива показал препарат «Микрозим (tm) «ПЕТРО ТРИТ», нефти – «Деворойл».
- В настоящее время сделать однозначные выводы в пользу того или иного препарата затруднительно. Разница в степени очистки почвы в зависимости от вида применяемого биопрепарата колеблется в среднем в пределах  $\pm 1,6\%$ . Для выявления биопрепарата наиболее эффективного в применении в условиях Арктического региона необходимо проведение более продолжительных исследований.

## **Фиторемедиация**

Окончательным этапом биоремедиации должен быть этап фиторемедиации. В ходе данного этапа необходим подбор трав-рекультивантов, расчет норм высева, посев и контроль всхожести семян. Этап фиторемедиации является не только индикатором восстановления почв (учет процента всхожести, контроль высоты всходов и норм развития трав), корневая система трав-рекультивантов способствует конечному распаду остаточных содержаний токсичных элементов нефтезагрязненных земель.

## **Разработка проекта руководства**

По результатам проведенных исследований разработан проект «Руководства по применению биопрепаратов для очистки почв, загрязненных нефтью, в Арктических условиях».

В документе отражены рекомендации по применению метода биологической рекультивации почв Севера с применением биопрепаратов, в том числе процесс подготовки и применения биопрепаратов, использованных в процессе работ.

В Руководстве уделено внимание по применению инженерных технологий, которые позволяют обеспечить круглогодичный процесс биологического восстановления почв.

Данное Руководство рекомендовано лицам и предприятиям, организующим мероприятия по ликвидации последствий разливов нефти на почве и рекультивацию почвы, загрязненной нефтепродуктами.

## **Заключение**

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о перспективности использования метода биологической рекультивации нефтезагрязненных почв в Арктических условиях.

Ограниченный период исследований не позволил сделать окончательные выводы о преимуществе того или иного биопрепарата. На основании результатов практического применения биопрепаратов в средних и южных широтах и результатов проведенных исследований, полный период биологической рекультивации почвы с применением биопрепаратов при уровне загрязнения 5% составит 3-4 года. Распад подобного загрязнения без использования биопрепаратов составляет 10-15 лет. Применение метода биологической рекультивации предусматривает ежегодное повторное внесение биопрепаратов и минеральных подкормок, а также проведение фиторемедиации.

Очистка почвы может производиться как в естественных условиях, так и с применением инженерных технологий, позволяющих существенно сократить время рекультивации почвы.