

Микробиологические методы ликвидации углеводородных загрязнений

Сравнительная экономическая оценка

Сравнительная экономическая оценка различных методов обезвреживания таких трудноразлагаемых отходов, как загрязненная углеводородами почва, показывает, что затраты на их переработку составляют следующие величины (в % к средней величине затрат на сжигание):

- **сжигание - 100%(без учета утилизации тепла),**
- **экстракция растворителями - 35-100%,**
- **замена почвы - 10-60%,**
- **промывка почвы - 10-35%,**
- **термическая десорбция - 5-20%,**
- **биоремедиация 4-15%.**

Таким образом, экстракция и замена почвы - наиболее дорогие методы ликвидации углеводородных загрязнений. Биологическая переработка является наиболее дешевым, но и наиболее длительным методом рекультивации загрязненной почвы.

Биологические

- *Биоремедиация. (биодеградация, биоразложение)*
- Применение нефтеразлагающих бактерий; необходима заправка культуры в почву, периодические подкормки растворами удобрений; ограничения по глубине обработке, температуре почвы; процесс занимает 2-3 сезона.
- *Фитомелиорация. (биопоглощение)*
- Устранение остатков нефти путем посева нефтестойких трав (клевер ползучий, щавель, осока), активизирующих почвенную микрофлору; является окончательной стадией рекультивации загрязненных почв.

Биоремедиация

- комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболизма метаболического потенциала биологических объектов - растений, грибов, насекомых, червей и других организмов.

Принципы биоремедиации

Использование растений

Растение воздействует на окружающую среду разными способами. Основные из них:

Ризофильтрация — корни всасывают воду и химические элементы необходимые для жизнедеятельности растений

Фитоэкстракция — накопление в организме растения опасных загрязнений (например, тяжелых металлов)

Фитоволатилизация — испарение воды и летучих химических элементов (A, Se) листьями растений

Фитотрансформация:

- фитостабилизация — перевод химических соединений в менее подвижную и активную форму (снижает риск распространения загрязнений)

- фитодегградация — деградация растениями и симбиотическими микроорганизмами органической части загрязнений

Фитостимуляция — стимуляция развития симбиотических микроорганизмов, принимающих участие в процессе очистки

Использование микроорганизмов и грибов

Главную роль в деградации загрязнений играют микроорганизмы. Растение является своего рода биофильтром, создавая для них среду обитания (обеспечение доступа кислорода, разрыхление грунта.

В связи с этим, процесс очистки происходит также вне периода вегетации (в нелетний период) с несколько сниженной активностью.

Принципы биоремедиации

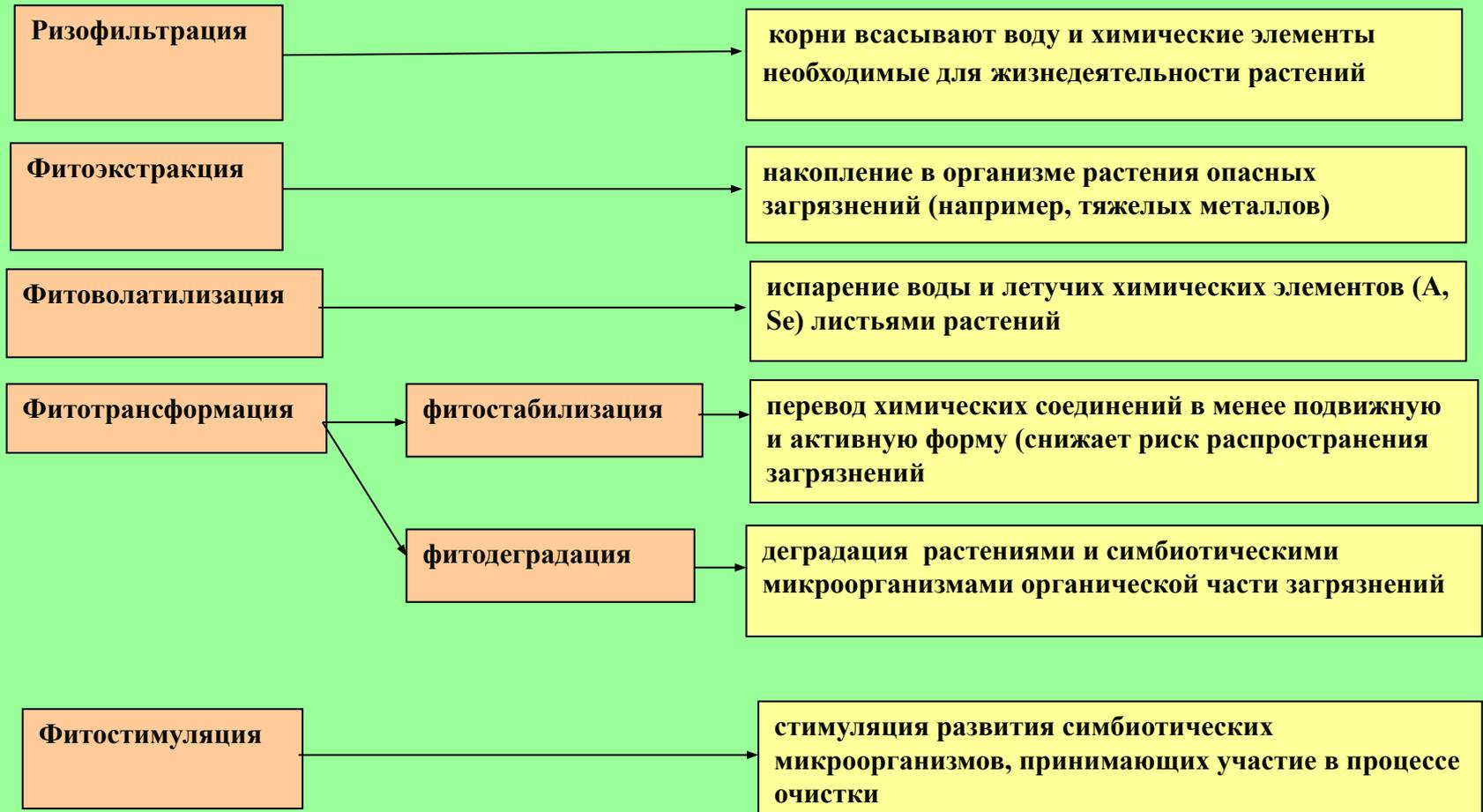
```
graph TD; A[Принципы биоремедиации] --> B[Использование растений, червей, животных, рыб]; A --> C[Использование микроорганизмов]; A --> D[Использование грибов];
```

**Использование
растений,
червей,
животных,
рыб**

**Использование
микро
организмов**

**Использование
грибов**

Использование растений



Динамика и этапы самоочищения почв от нефтяных загрязнений

- I этап (физико-химический) - 1,5 года. Концентрация нефти в почве снижается на 40-50%.
- II этап (микробиологический начальный) - 3-4 года после окончания первого. Разложение нефти под воздействием почвенных микроорганизмов, численность увеличивается в 25 раз. Происходит разрушение метано-нафтенных фракций.
- III этап (микробиологический финишный) - через 4,5-5 лет после разлива нефти и до ее полного разрушения. Микробиологическое разложение смолисто-асфальтеновых компонентов - киров.
- Полностью процесс естественного разрушения нефти заканчивается не менее чем через 25 лет.
- Токсические свойства нефти исчезают через 10-12 лет.

Основные этапы рекультивации нефтезагрязненных земель

Обследование загрязненной территории
Взятие и анализ проб грунта
Оценка площади и объемов загрязнения

Локализация загрязненной территории
Обваловка, сооружение защитных экранов

Откачка избытка жидких углеводородов с
загрязненной территории. Использование
сорбентов

Санация загрязненной территории

Снятие и вывоз верхнего слоя почвы

Биоремедиация

Отмывка
загрязненного
грунта

Сжигание
загрязненного грунта

С использованием
нефтеразлагающих
биокультур

С использованием
биосорбентов

Складирование
загрязненного грунта
в хранилищах или на
полигонах

Биологическая очистка
загрязненного грунта

Рыхление и подкормка удобрениями

Посев травосмесей

Подкормка травосмесей

Составление акта об
утилизации отходов

Составление акта о
рекультивации территории

- Ведущая роль в процессе самоочищения принадлежит бактериальному сообществу, обладающему мощной, разнообразной и подвижной ферментативной системой, позволяющей переключаться на потребление с одних на другие источники углерода и энергии. К настоящему времени известны многие сотни бактериальных ферментов, однако не известно в какой форме они существуют и действуют в морской воде.
- В работах, проведенных в различных районах Мирового океана, были установлены закономерности распространения, численность и биохимические особенности бактерий, способных использовать нефть и нефтепродукты в качестве единственного источника углерода и энергии.
- Аналогичные исследования, проведенные на Черном море и в Севастопольской бухте, послужили основой для расчета потенциальной самоочищающей способности морской воды от нефтяных углеводородов в пределах 100 м изобаты от устья Дуная до порта Батуми. По расчетным данным эта величина составляет 2000 т нефти в год. В то же время реальные величины трансформации нефти бактериями могут значительно отличаться от расчетных, особенно в прибрежной зоне.
- Бактериальное окисление нефти идет совместно с разложением других органических веществ, ускоряющих или замедляющих трансформацию углеводородов. При этом возможно синтезирование углеводородов, отсутствующих в первоначальной нефти.

Типовые цели биоремедиации

- **Восстановление плодородия истощенных почв**
- **Восстановление почв после загрязнения нефтепродуктами**
- **Восстановление почв после загрязнения диоксинами**
- **Преимущества**
 - возможность проведения ремедиации *in-situ*
 - относительно низкая себестоимость проводимых работ по сравнению с традиционными очистными сооружениями
 - метод безопасен для окружающей среды
 - теоретическая возможность экстракции ценных веществ из зеленой массы растений (Ni, Au, Cu)
 - возможность мониторинга процесса очистки
 - уровень очистки не уступает традиционным методам

Микроорганизмы

- обширная группа преимущественно одноклеточных живых существ, различимых только под микроскопом и организованных проще, чем растения и животные.
- Морфология и жизненный цикл микроорганизмов очень разнообразны. Так, большинство микроорганизмов — одноклеточные. Однако многие плесневые грибы имеют многоклеточный мицелий. Микроорганизмы, как правило, не содержат хлорофилла, но пурпурные и зелёные фотоавтотрофные бактерии, как и микроскопические водоросли, содержат фотосинтетические пигменты — бактериохлорофиллы и хлорофилл.
- Бактерии размножаются делением, дрожжи и микобактерии — почкованием, плесневые грибы — делением клеток и образованием конидий и спор. Бактерии произошли от различных в систематическом отношении организмов, актиномицеты родственны грибам, некоторые нитчатые бактерии близки к синезелёным водорослям, спирохеты — к простейшим и т. д.
- Все микроорганизмы делят на патогенные (болезнетворные) и непатогенные. Возбудители большинства инфекционных заболеваний — бактерии, значительно реже — дрожжи, плесневые грибы, актиномицеты.

МИКРООРГАНИЗМЫ

прокариоты

примитивное ядро содержит одну хромосому, не имеет оболочки и делится перетяжкой, в цитоплазме отсутствуют митохондрии, большинство форм лишено хроматофоров

бактерии, микоплазмы, актиномицеты, синезелёные водоросли, простейшие и вирусы

эукариоты

сходны с клетками высших растений и животных (ядро содержит набор хромосом, имеет оболочку; у многих нормальный половой цикл, клетки их содержат эндоплазматическую сеть и митохондрии, у фотосинтетиков — хлоропласты)

дрожжи, микроскопические грибы и водоросли

- **Микроскопические грибы, образующие пушистые налёты (колонии) белого, зелёного или чёрного цвета на пищевых продуктах, стали известны человеку раньше, чем дрожжи или бактерии. Изучение дрожжей и бактерий с помощью микроскопа было осложнено тем, что они выращивались на жидких питательных средах, что затрудняло получение чистых культур. Введение в практику плотных питательных сред открыло возможности для выращивания изолированных колоний определённого вида бактерий или дрожжей и тем самым для изучения их различных свойств. Разработаны методы характеристики и определения систематического положения микроорганизмов.**
- **Микроорганизмы широко распространены в природе. В 1 г почвы или грунта водоёма может содержаться 2—3 млрд. микроорганизмов. Полагают, что современной микробиологии известно не более 10% видов микроорганизмов, существующих в природе: ежегодно описываются всё новые роды и виды микроорганизмов (так, в 40—60-е гг. XX в. число изученных видов актиномицетов возросло с 35 до 350).**
- **Необычайная устойчивость микроорганизмов к различным факторам внешней среды позволяет им занимать крайние границы биосферы: их обнаруживают в грунте океана на глубине 11 км, на поверхности ледников и снега в Арктике, Антарктике и высоко в горах, в почве пустынь, в атмосфере на высоте 20 км и т. д.**

Адаптация микроорганизмов



- **Благодаря успехам биохимии микроорганизмов и особенно развитию генетики было выяснено, что многие процессы биосинтеза и энергетического обмена (транспорт электронов, цикл трикарбоновых кислот, синтез нуклеиновых кислот, белка и др.) протекают у микроорганизмов также, как в клетках высших растений и животных.**
- **Наряду с этим микроорганизмам присущи специфические ферментные системы и биохимические реакции, не наблюдаемые у других существ. На этом основана способность микроорганизмов разлагать целлюлозу, лигнин, хитин, углеводороды нефти, кератин, воск и др.**
- **Необычайно разнообразны у микроорганизмов пути получения энергии. Хемоавтотрофы получают её за счёт окисления неорганических веществ, фотоавтотрофные бактерии используют энергию света в той части спектра, которая недоступна высшим растениям, и т. д. Некоторые микроорганизмы способны усваивать молекулярный азот, синтезировать белок за счёт самых различных источников углерода, вырабатывать множество биологически активных веществ (антибиотики, ферменты, витамины, стимуляторы роста, токсины и др.).**

- Деструкционные процессы за счет микроорганизмов в водной среде происходят в два этапа: вначале сложные органические вещества подвергаются действию экзоферментов, отщепляя карбоксильный или аминный конец цепи, а затем эндоферментов, находящихся внутри клетки и расщепляющих молекулу субстрата на более мелкие фрагменты. К числу этих процессов относится, в частности, уменьшение длины углеводородной цепи, окисление парафинов, алифатических кислот, нафтенов при разрушении нефти. В зависимости от ряда условий процессы разложения органического вещества или доходят до конца (т.е. до образования "простых соединений") или останавливаются на стадии образования промежуточных продуктов, которые могут быть более токсичны для морской биоты, чем сама нефть.
- Состав промежуточных продуктов деградации нефти, а также соотношение между углеводородами в нефти различных месторождений может оказывать значительное влияние на скорость самоочищения моря от нефтяного загрязнения. В экспериментах с луизианской нефтью отмечена взаимосвязь между скоростью утилизации и длиной цепи n-парафинов: C_{10} и C_{15} утилизировались с более высокой средней скоростью, чем C_{20} и C_{25} . Однако в венесуэльской сырой нефти парафин C_{20} окислялся с большей скоростью, чем C_{15} .
- Поскольку большинство углеводородокисляющих бактерий способно легко утилизировать нормальные парафины, их количество в нефти может определять время разложения других соединений - изопарафинов, циклопарафинов и даже ароматических веществ. Естественно, что внутри нормальных парафинов в первую очередь окислению подвергаются более легкие соединения.
- Изучение последовательности микробной деградации сырой нефти месторождений Санта-Барбара и Калифорнии с использованием смешанной культуры нефтеокисляющих микроорганизмов показало, что биodeградация начиналась одновременно у всех компонентов, однако проходила с различными скоростями. Аналогичная картина наблюдалась при использовании накопительной культуры нефтеокисляющих бактерий, выделенных из прибрежной зоны Черного моря.

- В пределах одной акватории могут одновременно существовать различные по своим биохимическим особенностям нефтеокисляющие микроорганизмы.
- Скорость и полнота разрушения нефти бактериями зависит от различных факторов, в частности от наличия биогенных соединений, температуры, кислорода, степени дисперсии нефти, кислотно-щелочного равновесия и т.д.
- Микроорганизмы избирательно относятся к источнику фосфора. Во многих микробиологических средах комбинация двух соединений KH_2PO_4 и K_2HPO_4 , с одной стороны, служит источником биогенных солей, а с другой - буфером для стабилизации pH раствора. Из соединений азота более предпочтительными для нефтеокисляющих микроорганизмов являются аммонийные соединения.
- Влияние температуры на микробиальную активность разложения органических веществ хорошо известно. При увеличении температуры в интервале 0 - 40°C на каждые 10°C скорость утилизации углеводов возрастает в три раза.
- Некоторые виды бактерий активно разлагают нефть при низких температурах. Нефтеокисляющие микроорганизмы обнаруживались нами в полярных морях и выделялись среди льдов Балтики.
- Важнейшим фактором успешного окисления нефти бактериями является достаточное количество кислорода, которое требуется для преобразования нефтяных фракций, с одной стороны, в биомассу общего состава $\text{C}_7\text{H}_{11}\text{O}_3$, а с другой - в CO_2 и H_2O . Для окисления 1 л нефти в море расходуется 3300 г кислорода. В связи с этим необходимо помнить, что пленка нефти на поверхности моря может замедлять скорость поглощения кислорода морской водой. В экспериментах было установлено, что из-за увеличения вязкости поверхностной нефтяной пленки ухудшается ее газопроводимость.

- **Скорость биodeградации нефти зависит и от степени дисперсии ее в воде. При этом увеличивается поверхность контакта бактерий с нефтью, что создает благоприятные условия для ее окисления.**
- **Сложнее идет процесс преобразования нефти в донных осадках, где деструкция происходит в аэробных и анаэробных условиях со сменой микробиологических процессов. При попадании нефти в донные осадки аэробные процессы идут на границе морская вода - донные осадки, и дальнейшее разложение ее идет при участии анаэробной микрофлоры, являющейся составной частью биоценоза грунтов.**
- **В течение первого месяца на поверхности донных осадков образуется тонкий окисленный слой толщиной около 1 мм. В толще грунта образуются проделанные водными червями-полихетами ходы. Интенсивность окисления нефти в ходах червей близка к процессам, происходящим на границе вода - донные осадки. К концу года толщина окисленного слоя достигает 5 – 12 мм. Дальнейшее его увеличение не происходит. Таким образом, процесс окисления органических веществ в донных осадках, начавшийся на границе раздела фаз ил – вода, захватывает лишь небольшую толщину ила.**
- **Позже в окисленном слое проявляются восстановительные процессы. Через 2.5 года в окисленном слое образуются прослойки темного восстановленного ила.**

- **В индустриально развитых странах биологические методы все более активно используются для решения проблем очистки загрязненных сред, в том числе и нефтепродуктами, а использование биodeградирующей способности природных микроорганизмов для восстановления нарушенных экосистем занимает приоритетное место в программах США и других стран по охране среды.**
- **Только вопросам биоремедиации ("лечению" почв и водоемов) посвящено несколько тысяч кратких аннотаций в каталогах сети "Internet" (сеть WWW). Вопросы разработки и применения биотехнологических (микробиологических) методов для очистки природных сред от загрязнения нефтью и нефтепродуктами из этого количества составляют наиболее значительную часть.**
- **В основу микробиологических методов очистки в основном положены 4 принципа:**
 - **стимуляция роста микроорганизмов-деструкторов, присутствующих непосредственно в загрязненных средах, путем различных технических, агротехнических и др. мероприятий;**
 - **ускорение естественных процессов очистки от загрязнений (их деградаци, миграции, трансформации) за счет внесения в природную среду биопрепаратов активной биомассы микроорганизмов-деструкторов;**
 - **проведение очистки загрязненных сред (почв, отходов и др. в специально отведенных и оборудованных местах под открытым небом);**
 - **проведение процесса биоочистки в стационарных или мобильных биореакторах с обеспечением оптимальных физико-химических условий протекания биохимического процесса.**

- **Подбор микроорганизмов - деструкторов различных углеводородов, в том числе и в составе нефтей, не вызывает особых проблем. Они широко распространены в природе, причем в нашей стране накоплен особенно большой опыт работы с ними в связи с созданием на протяжении 60-70-х гг. крупнотоннажной промышленности по получению БВК из углеводородов нефти в качестве сырья.**
- **Основные задачи при использовании биотехнологических методов связаны с обеспечением условий эффективной работы микроорганизмов с точки зрения доступности нефтепродукта для микробных клеток, оптимальной температуры, величины рН, достаточного снабжения кислородом (на разложение 1г нефти требуется 3-4 г кислорода в зависимости от состава нефти), источниками азота и фосфора.**

- **За рубежом довольно широко для локальной очистки сильнозагрязненных почв и других материалов используется весьма эффективная, но дорогостоящая технология "биовосстановления". Суть этой технологии сводится к тому, что загрязненный материал загружается в биореактор, оборудованный паровой экстракцией, трубопроводами для подвода кислорода (или воздуха), питательных веществ и системами контроля рН и температуры.**
- **Биоочистку можно комбинировать с физическими методами, такими как экстракция паром или адсорбция на угле для удаления летучих соединений, или с химическими методами для удаления токсичных компонентов или металлов.**
- **Для случаев, когда задача очистки сводится к оперативному сбору попавших в окружающую среду нефтепродуктов с сорбентом с их последующим обезвреживанием, в основу очистки должны быть положены принципы переработки и обезвреживания на оборудованных открытых площадках или в специальных биореакторах с использованием биопрепаратов-деструкторов, нарабатываемых на специализированных биотехнологических установках и предприятиях.**

Практика очистки грунтов на полигонах

- В США имеет место практика очистки грунтов на специально подготовленных площадках, полигонах. Работы выполняют в следующей последовательности:
- территорию (площадку) покрывают полиэтиленовой пленкой толщиной 2-3 мм, стыки пленки герметично заваривают;
- выбирают грязный грунт, отжимают его на ленточных фильтр-прессах, центрифугах;
- отжатый грунт доставляют на подготовленную площадку, распределяют грунт в гряды высотой 20-30 см;
- при помощи специальной техники гряды перемешивают, одновременно вносят готовый раствор биоштаммов, питательных добавок, ферментов;
- в последующем операции по перемешиванию, внесению биоштаммов, питательных добавок, ферментов повторяются регулярно.
- Особое внимание следует обратить на использование ферментов. Отечественная наука получила химические соединения, которые могут заменить ферменты, вырабатываемые клетками для разрушения сложных циклических углеводов на более простые, употребляемые клеткой углеводороды. В настоящее время такие соединения производят иностранные фирмы по рецептам отечественных специалистов.
- Вывод: в мировой практике отсутствуют простые, дешевые методы очистки грунта от нефтепродуктов. Операции по очистке грунта трудоемкие и требуют применения специальной техники.

- **Организация оперативной очистки от нефтепродуктов водных и других сред в городских условиях должна осуществляться по следующей схеме:**
- **сорбент - сбор нефтепродуктов с загрязненных поверхностей с помощью сорбентов в местах локального загрязнения - сбор сорбента в местах его переработки - биопрепарат - биодеструкция нефтепродуктов, связанных с сорбентом на специально оборудованных участках с обеспечением оптимальных условиях биодеструкции - утилизация обезвреженного сорбента.**
- **Известны примеры использования отечественных препаратов микроорганизмов-деструкторов в комплексе с природными органическими сорбентами, в частности, с различными модификациями торфа (препараты "Эконадин", "Экойл", Фежел-Био") в виде средства для оперативной ликвидации нефтяных загрязнений на поверхности воды, и в биореакторе с иммобилизацией (разработки ГНЦ Прикладной микробиологии, п. Оболенск, Московская обл., Центральное научно-Конструкторское бюро и др.) с модифицированным торфом в качестве носителя. Загрязненный сорбент с микроорганизмами также может быть переработан в биореакторе.**

- **Препарат "Путидойл"** получен на основе бактерий *Pseudomonas putida*, обладающих по данным разработчиков высокой окислительной активностью в отношении углеводородов нефти прямой, разветвленной и циклической структур. Его получают путем высушивания выращенной бактериальной массы. Препарат используется в виде взвеси бактериальных клеток (не более 0,2% к объему раствора) в 0,07%-ом растворе минеральных солей (аммофоса или диаммофоса). Активирование препарата производится выдерживанием суспензии при перемешивании и аэрации 4-18 ч при $t=26-30^{\circ}\text{C}$

Методы биотестирования, рекомендованные для государственного экологического контроля в РФ

Метод биотестирования	Тест-организмы	Критерии токсичности
Определение токсичности воды по жизнедеятельности дафний	<i>Daphnia magna</i>	Смертность 50% за 96 ч. (острая токсичность). Достоверное снижение плодовитости за 30 сут. в сравнении с контролем (хроническая токсичность)
Определение токсичности воды по жизнедеятельности цериодафний	<i>Ceriodaphnia affinis</i>	Смертность 50% за 48 ч. (острая токсичность). Достоверное снижение плодовитости за 7 сут. в сравнении с контролем (хроническая токсичность)
Определение токсичности воды, почв и донных отложений по ферментативной активности бактерий	Лиофилизированные мутантные бактерии <i>Escherichia coli</i>	Изменение интенсивности окрашивания исследуемой среды
Определение токсичности воды по ингибированию темпов роста водорослей	<i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i>	Смертность 50% за 96 ч. (острая токсичность). Достоверное снижение плодовитости за 30 сут. в сравнении с контролем (хроническая токсичность)
Определение токсичности воды по жизнедеятельности рыб	<i>Poecilia reticulata</i> или <i>Brachydanio rerio</i>	Изменение численности клеток водорослей за 96 ч. экспозиции (острая токсичность). Изменение численности водорослей за 14 сут. (хроническая токсичность)
Определение токсичности воды по хемотаксической реакции инфузорий	Инфузории <i>Paramecium caudatum</i>	Хемотаксическая реакция. Смертность 50% за 1-24 ч. (острая токсичность)

- **Препарат "Деворойл"** получен на основе консорциума микроорганизмов дрожжей и бактерий *Rhodococcus* sp., *Rhodococcus maris*, *Rhodococcus erythropolis*, *Pseudomonas stutzeri*, *Candida* sp., растущих на углеводородах различных классов и их производных, устойчивых к повышенной солености (до 150 г/л NaCl), к резким колебаниям температуры от +5 до +400С, с активностью в широком диапазоне рН (от 4,5 до 9,5) при интенсивности загрязнения почвы нефтью более 5% [1].
- Высокая эффективность применения "Деворойла", по данным разработчиков, определяется тем, что в состав препарата входят липофильные и гидрофильные микроорганизмы: бактерии, окисляющие нефтяные алканы с длиной углеродной цепи C49-C430 и ароматические соединения, в частности фенол, крезол и пирокатехин; дрожжи, характеризующиеся высокой нефтеокисляющей активностью и способные выделять в среду аминокислоты, витамины и поверхностно-активные вещества. Используемые другими представителями почвенного биоценоза продукты жизнедеятельности бактерий и сами клетки отмирающих бактерий легко усваиваются сапрофитной микрофлорой биоценоза.

- **Препараты серии "Биодеструктор"**, полученные на основе штаммов бактерий *Acinetobacter valentis*, *Acinetobacter paraphinicum* и *Acinetobacter oleovorans*, наиболее эффективны соответственно при температуре от +10 до +50 0С и от +20 до +420С при рН 6,5-7,2.
- **Основой препарата "Деградойл"** является выделенная из почвы смешанная культура микроорганизмов, включающая азотфиксирующие бактерии *Azotobacter vinelandii*. По данным разработчиков препарат обладает широкой субстратной специфичностью. Бактерии окисляют углеводороды, а другие почвенные микроорганизмы метаболизируют продукты их окисления.

- **Препарат "Олеоворин"** также получают путем высушивания на распылительной сушилке биомассы бактерий *Acinetobacter oleovorum*, выращенной на н-парафинах при $t=20-420^{\circ}\text{C}$ и $\text{pH}=6,5-7,2$.
- **Препараты "Эконадин" и "Экойл"** получают путем выращивания бактериальной культуры *Pseudomonas fluorescens* до концентрации не менее 5 г/л по сухой биомассе, ее последующего флокулирования перекисью водорода и хлоридом кальция, иммобилизации сфлокулированной биомассы бактерий на сфагновом торфе и высушивания торфа при температуре не более 30°C . Полученный препарат вносят на поверхность загрязненной водной среды в соотношении 0,1-0,24 г препарата на 1 мл нефтяного загрязнения. Количество клеток бактерий не менее 10^9 клеток на 1 г торфа (около 10мг/г).

№	Препарат	Действующее начало	Условия работы	Источник информации
1	2	3	4	5
1.	Путидойл	<i>Pseudomonas putida</i>	t, ⁰ C +10- +35 концентрация загрязнений в почве не более 10% при глубине проникновения не более 15 см; в воде не выше 20 г/л, толщина пленки нефти до 10 мм.	АС 1428809, опубл. 07.10.88; инструкция по применению
2.	Деворойл	Ассоциация бактерий и дрожжей	t ⁰ C +5- +40, рН 4,5-9,5 загрязнение до 20 кг/м ² поверхности почвы	АС 2023686 опубл.30.11.94; инструкция по применению
3	Биодеструктор	<i>Acinetobacter valentis</i>	t ⁰ C +10- +50 концентрация загрязнений не выше 20кг/м ²	АС и инструкция по применению (Валентис и др.)
4	Деградойл	<i>Azotobacter vinelandii</i>	t ⁰ C+10- +35 загрязнение до 20г/кг почвы	Рекламная информация
5.	Олеоворин Биоприн	<i>Acinetobacter oleovorum</i> <i>Candida</i> , дрожжи	t ⁰ C +3 - +45 рН 3,5-10 загрязнение до 20г/кг почвы	АС 1809822 опубл.15.04.9 АС 2007372 опубл.15.02.943
6.	Эконадин	<i>Pseudomonas fluorescens</i> на сфанговом торфе (около 10мг клеток на 1г торфа)	t ⁰ C +5 - +32 влажность торфа не более 10%	АС 2033975 опубл.30.04.95; АС 2031860 опубл.27.03.95
7.	Экойл, Экойл М, Фежел-Био	<i>Pseudomonas</i> sp. на модифицированном торфе <i>Acinetobacter</i> sp., <i>Mycobacterium flavescens</i> , ассоциации микроорганизмов в жидком или лиофилизированном виде	t ⁰ C не ниже +5, загрязненность до 25 г/кг	Рекламная информация

N	Препарат, цена, US \$/кг	Условия обработки, результат	Нормы расхода препарата	Затраты на биопрепарат для обработки загрязненной среды, US \$
1.	Путидойл, 29 \$	Загрязненная почва, 20-28 сут, дополнительная вспашка и рыхление, обработка в виде 0,07% водной суспензии препарата + 0,07% минеральная подкормка;	3-15 кг/га	87-435 \$/га
		Очистка проточек (в аэротенках),	0,05 кг/куб.м воды 12-16 час	1,45 \$/м ³ воды
		Очистка емкостей: мойка водой и диспергаторами, с водой и биопрепаратом до 7 дней;	1,5-7,5 г/кг нефтепродукта	44-220 \$/м ³ нефтепродукта
		Загрязненная водная поверхность;	2,5-5 кг/га поверхности водоема	73-145 \$/га
		Обработка вывезенного загрязненного грунта на оборудованной площадке при содержании нефтепродуктов > 10%, через 10-14 дней - рыхление грунта.	3-5 г/м ³ грунта	0,08-0,15 \$/м ³ грунта
2	Деворойл 35-45 \$	очистка почвы за 49 сут суспензией препарата с минеральной подкормкой; удаление 70% нефти с поверхности почвы за 3 недели при содержании нефти 20г/дм ³ почвы	5-10 кг/га	175-450 \$/га
		Очистка загрязненной поверхности воды.	1 кг/га	35-45 \$/га
3	Биодеструктор Валентис 35-45 \$	Загрязнение 20 кг/м ³ снизилось до 1 кг/м ³ 45 суток.	15 кг/га	525-675 \$/га
4.	Деградойл	Загрязненная почва, с содержанием 20г мазута/кг почвы, предварительная механическая обработка, через 49 сут снижение загрязнения до 2 г/кг в гумусовых почвах и 0,012 г/кг в глинистых почвах и песчаниках.	6 кг/га поверхности почвы	Данные по цене отсутствуют

5.	Олеоворин, Биоприн	Загрязненная почва с содержанием 20 кг/м ³ нефти, очистка на 95% через 45сут. Загрязненный отстойник с 10 кг/га содержанием нефти 15 кг/м ³ , через 30 сут. пленка нефти исчезла.	15 кг/га	10-30\$/м ³ загрязненного грунта
	Эконадин 5-6 \$ (вместе с 6 торфом)	Очистка поверхности воды торфом с микроорганизмами с утилизацией сорбированной нефти за 6 суток в случае оптимальных условий	100-240 кг торфа с бактериями (1-2,4кг бактерий на 1м ³ нефти)	500-1440\$ за 1 м ³ удаленной нефти
		Очистка и рекультивация почвы за 4-8 мес. с торфяным препаратом, отмечено стимулирование роста и урожая растений при внесении препарата в незагрязненную почву	30-50 кг на 100 м ²	15000-30000 \$/га
7.	Экойл, Экойл-М, Фежел-Био 3,5-6 \$	Очистка поверхности воды торфом с микроорганизмами, с утилизацией сорбированной нефти в течение 2-х месяцев	100 кг торфа с бактериями на 1м ³ нефти	350-600\$ за 1м ³ удаленной нефти
		Очистка и рекультивация почвы в течение 4-8 мес. торфяным препаратом	30-50 кг на 100 м ²	10500-30000 \$/га
		Очистка загрязненной воды в биореакторе с иммобилизованными на модифицированном торфе носителе с содержанием нефтепродуктов на входе 5-150 мг/л и производительностью 2-4 объема биореактора в сутки при среднем содержании нефтепродуктов 100 мг/л.		0,2-0,3 \$/м ³ загрязненной воды, цена биореактора 105 тыс.\$ (исполнение КСК) и 160 тыс.\$ (исполнение ЖБК при мощности) 100м ³ /сут

БАКТЕРИАЛЬНЫЙ ПРЕПАРАТ "ЭКОНАДИН"

- "Эконадин" - бактериальный препарат нового поколения на основе авирулентных нефтеокисляющих бактерий, проявляет сорбционную и деструктивную активность по отношению к углеводородам нефти.
- "Эконадин" (ТУ У 30171732-001-2000 Препарат бактериальный "Эконадин", регистрация в Госстандарте 11.09.2000, № 095/004466) представляет собой порошок коричневого цвета, дисперсный, либо с волокнистыми включениями, плавучий, гидрофобный. В основе препарата - бактерии супердеструкторы углеводородов нефти, иммобилизованные по специальной технологии на органическом субстрате - торфе. Экологически чистый, не токсичный, без запаха. Сорбционная емкость от 1:5 до 1:10 в зависимости от вида нефтепродукта и модификации препарата. Явление десорбции нефтепродуктов, в отличие от других сорбентов, практически отсутствует.
- Препарат "Эконадин" выпускается научно-производственным предприятием "Эконад" и поставляется расфасованным в полиэтиленовые мешки объемом 5, 10, 20, 40 литров (весом 0.6, 1.25, 2.5 и 5 кг соответственно). Гарантированный срок хранения - 5 лет.



- Германская компания «НОЭЛЛЬ -КРЦ» много лет разрабатывает технологии и реализует проекты по санированию почв, загрязненных углеводородами и другими веществами. По сведениям компании, стандартная очистка одной тонны почвы от углеводородных загрязнений составляет примерно 90 DM, чем объясняется стремление использовать как можно более дешевые варианты санации. Компанией разработана технология биологической санации почв с использованием в качестве активного биологического субстрата грибков белой плесени. Грибки белой плесени разрушают широкий спектр соединений углеводов, в том числе циклических соединений и хлорпроизводных углеводов, склонных к накоплению в почве со временем. Наиболее крупный реализованный проект - очистка 10 000 тонн грунта в Гамбурге от начального содержания углеводородов 30 000 мг/кг до 34 мг/кг за три года.
- Очистка многих нефтезагрязненных территорий производится с применением разработанной фирмой «Полиинформ» (Санкт-Петербург) комплексной технологии «Сойлекс». В основе технологии лежит применение нового отечественного биопрепарата, имеющего высокую деструктивную активность в отношении нефтезагрязнений, в том числе и тяжелых фракций нефти, в широком диапазоне pH (4,5 -8,2) и температуры (3-40°C) очищаемой среды.

Микрозим(tm) <<ПЕТРО ТРИТ>> Препарат-биодеструктор нефтяного загрязнения

- **Препарат-биодеструктор микробно-ферментный Микрозим(tm) арт. “ПЕТРО ТРИТ” /Санитарно-Эпидемиологическое Заключение № 77.99.02.515.Д.001102.03.05 от 11.03.2005/ представляет собой полностью натуральный биологический деструктор нефтяных углеводородов, предназначенный для экологически безопасной очистки почвы и воды от нефтяного загрязнения.**
- **В качестве активных компонентов препарат содержит: - составленную научно консорцию (12) штаммов живых углеводородокисляющих микроорганизмов с концентрацией равной 40 миллиардов Колоние Образующих Единиц (4 x 10 в 12 КОЕ/гр.) в 1 грамме препарата, - набор натуральных микробных углеводородрасщепляющих ферментов, - минеральные соли азота, калия, фосфора, в оптимальном для углеводородокисляющих микроорганизмов соотношении, натуральные био-сурфактанты, экологически чистый натуральный питающий носитель.**
- **Биоценоз биопрепарата представлен 5 отделами микрофлоры, постоянно встречающейся в почвах России. Это естественные нетоксичные непатогенные генетически неизменные селективно улучшенные строго сапрофитные аэробные и анаэробные факультативные микроорганизмы. Биоценоз препарата иммобилизован в форме сухих спор в состоянии анабиоза на экологически чистом питающем носителе из кукурузной муки. Внешне биопрепарат представляет собой однородный сухой порошок желтого до светло-коричневого цвета с ярко выраженным характерным запахом хорошо удобренной почвы или навоза.**

Нормы расхода препарата

На очистку загрязненной нефтепродуктами почвы при глубине проникновения загрязнения до 0.15 метра и концентрации загрязнения менее 10% расход биопрепарата составляет до 15 килограммов на 1 гектар почвы. При более глубоком загрязнении расход препарата составляет 2-10 килограммов на 1 тонну разлитого нефтепродукта с двукратной обработкой загрязненного участка почвы равными дозами биопрепарата в течение 1 теплого сезона.

Для очистки сточных вод в сооружениях биологической очистки: 100-600 граммов биопрепарата в месяц из расчета на 1 м³ суточного расхода стоков.

Для очистки водоемов и донных отложений 5-20 граммов препарата на 2 м³ воды в течение теплого сезона.

Нормы расхода препарата "ПЕТРО ТРИТ"					
Концентрация нефтяного загрязнения в почве			Расход препарата, кг.		
%	мг./кг.	кг./1 тонну почву	При глубине загрязнения более 0.15 метра	При глубине загрязнения менее 0.15 метра.	
			кг./1 тонну нефти	кг./1 тонну нефти	кг./1 га. почвы
1-5%	10-50 000	10-50	3 кг.	0.2 кг.	10 кг.
5-10%	50-10 000	50-100	4 кг.	0.3 кг.	15 кг.
10-30%	10-30 000	100-300	5- 7 кг.	----	
30% >	30 000 >	300 >	7-10 кг.	----	

ПОЛИИНФОРМ

промышленная и экологическая безопасность

Головной офис: 191126, Санкт-Петербург, ул. Марата, 80, тел. (812) 764-52-61; 572-16-87; тел./факс. (812) 764-52-48;

E-mail: info@polyinform.com; Internet: http://polyinform.ru

1. Сорбционные материалы и средства для локализации разливов	Цена руб., в т.ч. НДС
1.1 Сорбент нефтепоглощающий торфяной <i>Используется для локализации и сбора нефтепродуктов с грунтовой поверхности. Удельная сорбционная емкость в отношении нефтепродуктов 4 г/г сорбента.</i>	75 за 1 кг
1.2 Сорбент нефтепоглощающий ТМС <i>Используется для локализации и сбора нефтепродуктов с грунтовой поверхности. Удельная сорбционная емкость в отношении нефтепродуктов до 6 г/г.</i>	100 за 1 кг
1.3 Сорбент ТМС-2 <i>Используется для сбора нефтепродуктов, содержащих высокотоксичные трудно выводимые из экосистемы компоненты (токсичные ОБ, тяж. металлы и т.п.) как с грунтовой, так и с водной поверхности. Удельная сорбционная емкость в отношении нефтепродуктов до 8 г/г.</i>	240 за 1 кг
1.4 Вермикулит вспученный М-100 <i>Используется для локализации и сбора жидких нефтепродуктов (нефть, дизельное топливо и т.п.) с почвы и снежного покрова.</i>	4560 за 1 куб.м
1.5 Сорбент нефтепоглощающий ТС <i>Используется для сбора нефтепродуктов с грунта и водных поверхностей. Удельная сорбционная емкость в отношении нефтепродуктов до 6-8 г/г.</i>	100 за 1 кг
1.6 Сорбент нефтепоглощающий гидрофобный ТМС-1 <i>Используется для локализации и сбора нефтепродуктов с поверхности водоемов. Удельная сорбционная емкость в отношении нефтепродуктов до 8 г/г.</i>	100 за 1 кг
1.7 Сорбент Новосорб <i>Применяется в качестве загрузки в фильтрах. Удельная сорбционная емкость в отношении нефтепродуктов до 5 г/г.</i>	460 за 1 кг
1.8 Боны постоянной плавучести (код продукции БПП-450, БПП-600, БПП-800, БПП-1100) <i>Используются для локализации разливов нефтепродуктов в водохранилищах, реках, акваториях портов. Длина секции 10м, 15м, высота 450-1100 мм.</i>	1150 – 2500 за 1 пог. м

<p>1.9 Боны сорбционно-заградительные <i>Используются для локализации разливов нефтепродуктов в водохранилищах, реках, акваториях портов, помимо оградителей разливов являются сорбентами. Габариты и свойства определяются в зависимости от поставленной задачи.</i></p>	<p>1900 за 1 пог. м</p>
<p>1.10 Полотно иглопробивное геотекстильное <i>Используется для локализации и сбора свободно лежащих нефтепродуктов. Удельная сорбционная емкость в отношении нефти - 8,0 г/г, смеси мазут/нефть - 6,0 г/г.</i></p>	<p>120 за 1 кв. м</p>
<p>2. Биопрепарат</p>	
<p>2.1 Биопрепарат «Сойлекс®» <i>Используется для деструкции нефтепродуктов в почве (грунтах). Проявляет высокую деструктивную активность в отношении нефтепродуктов в диапазоне температур (3-40° С).</i></p>	<p>1500 за 1 кг</p>
<p>2.2 Биопрепарат «Сойлекс® аква» <i>Используется для сбора и последующей деструкции нефтепродуктов с водных поверхностей. Удельная сорбционная емкость 10 г/г. Период сохранения плавучести 72 ч.</i></p>	<p>1500 за 1 кг</p>
<p>3. Поверхностно-активное вещество для удаления нефтезагрязнений с различных поверхностей</p>	
<p>3.1 «Hydrobreak» <i>Используется для отмывки поверхностей емкостей, цистерн, очистки железнодорожного полотна и т.д. от жиров, масел, нефтепродуктов. Норма расхода: 1 л (10% р-ра) на 10-20 м² поверхности.</i></p>	<p>200 - 470 за 1 л</p>

На все материалы и оборудование имеются необходимые сертификаты и документация. При заказе свыше 10 тонн сорбентов цена договорная. Сумма минимальной поставки – 30 000 рублей. Цены указаны без учета доставки.

- Биопрепарат применяется в сочетании с минеральными удобрениями — источниками азота, фосфора и калия, взятых в оптимальном соотношении к единице углеводорода. Биопрепарат эффективен в отношении как светлых, так и темных нефтепродуктов (в т.ч. мазута), сохраняет высокую деструктивную активность в широком диапазоне рН (4,5—8,5) и положительных температур окружающей среды (от 30 до 400С), в почвах различных типов, имеющих различный гранулометрический и химический состав.
- Биопрепарат "Сойлекс®" снижает содержание нефтепродуктов на почве до норм природоохранных органов в течение 3—8 месяцев, в зависимости от начальной концентрации загрязнения. Время обработки зависит от типа и начальной концентрации нефтезагрязнений.
- **Биопрепарат "Сойлекс® аква"**
- Используется для сбора и последующей деструкции нефтепродуктов с водных поверхностей.
- Технология, при наличии общих подходов, включающих комплексное использование механических, сорбционных и биологических методов, имеет свои особенности. Это связано с необходимостью обеспечить жизнеспособность и оптимизировать условия жизнедеятельности и максимальную биологическую активность клеток штаммов-деструкторов на поверхности воды в течение длительного времени. Общим для всех известных сорбционно-микробиологических технологий является использование инертного носителя, бактерий-деструкторов и солей, обеспечивающих микроорганизмы источниками минерального питания.
- Использование технологии "Сойлекс® аква" позволяет в короткие сроки удалять значительные нефтяные загрязнения с поверхности воды, грунтовых вод и почвы, снижая их до уровня, соответствующего требованиям природоохранных органов, а также восстанавливать нарушенные биоценоотические связи в окружающей среде.
- Серия предлагаемых биопрепаратов "Сойлекс® аква" для очистки окружающей среды от техногенных загрязнений, содержащих пористый носитель и штаммы микроорганизмов-деструкторов различных ксенобиотиков, искусственно иммобилизованных в поры носителя и подобранных к типу загрязнений, могут эффективно снижать концентрации различных поллютантов, включая углеводороды, в том числе, ПАУ, пестициды на основе фосфорорганических и хлорорганических соединений и другие токсиканты.
- Основными и принципиальными отличиями созданной технологии от существующих являются следующие:
 - возможность практически полного удаления с поверхностей акваторий остатков разливов нефтепродуктов в виде трудноудаляемых пленок; отсутствие необходимости внесения дополнительных источников питания для микроорганизмов-деструкторов в процессе биоремедиации; низкая стоимость; экологичность.

Сорбенты на основе природных материалов

- Нефтепоглощающий торфяной сорбент. Используется для локализации и сбора нефтепродуктов с грунтовой поверхности, ликвидации нефтяного загрязнения земляных амбаров и почвогрунтов, а также в качестве структуратора [при утилизации сорбированной нефти и нефтесодержащих отходов производства](#) на специальных площадках рекультивации. Удельная сорбционная емкость в отношении тяжелых и легких фракций нефти 4—5 г/г сорбента. Влажность не более 20%.
- Нефтепоглощающий гидрофобный сорбент «СОРБОЙЛ». Используется для локализации и сбора нефтепродуктов с поверхности водоемов, почв и грунтов. Удельная сорбционная емкость в отношении тяжелых и легких фракций нефти 6—8 г/г сорбента. Период сохранения плавучести 10—15 дней. Поставка в полиэтиленовых пакетах по 25 кг.
- Вермикулит вспененный. Используется для связывания и сбора свежих разливов нефти и легких нефтепродуктов с почв, грунтов и снежных покровов. Кроме того, этот материал применяется в качестве сорбционной загрузки в фильтрах, используемых при очистке воды. Удельная сорбционная емкость 3—5 г/г сорбента. Возможно применение в условиях Крайнего Севера. Поставка производится в полиэтиленовой упаковке по 10 кг. Нефтепродукты в отработанных сорбентах утилизируют биологическим способом при помощи [биопрепарата "Сойлекс®"](#).



Сорбенты на основе нетканых материалов

Используют для связывания и сбора нефтепродуктов с различных твердых поверхностей на предприятиях железнодорожного транспорта, нефтепереработки и транспортировки нефтепродуктов, АЗС и т.д. Поставляются в виде рулонов шириной 1550—1700 мм, длиной не более 50 м. Применяются в виде полотен, ковриков, салфеток, подушек и прочее.

Материалы из смеси натуральных и синтетических волокон.

Удельная сорбционная емкость в отношении нефти 8,5 — 11,0 г/г сорбента.

Удельная сорбционная емкость в отношении смеси тяжелых и легких фракций нефти (5:1) 7,0 — 7,5 г/г сорбента.

Материалы из синтетических волокон и их отходов.

Удельная сорбционная емкость в отношении нефти 7,5 — 8,0 г/г сорбента.

Удельная сорбционная емкость в отношении смеси тяжелых фракций нефти (5:1) 5,0 — 6,5 г/г сорбента.

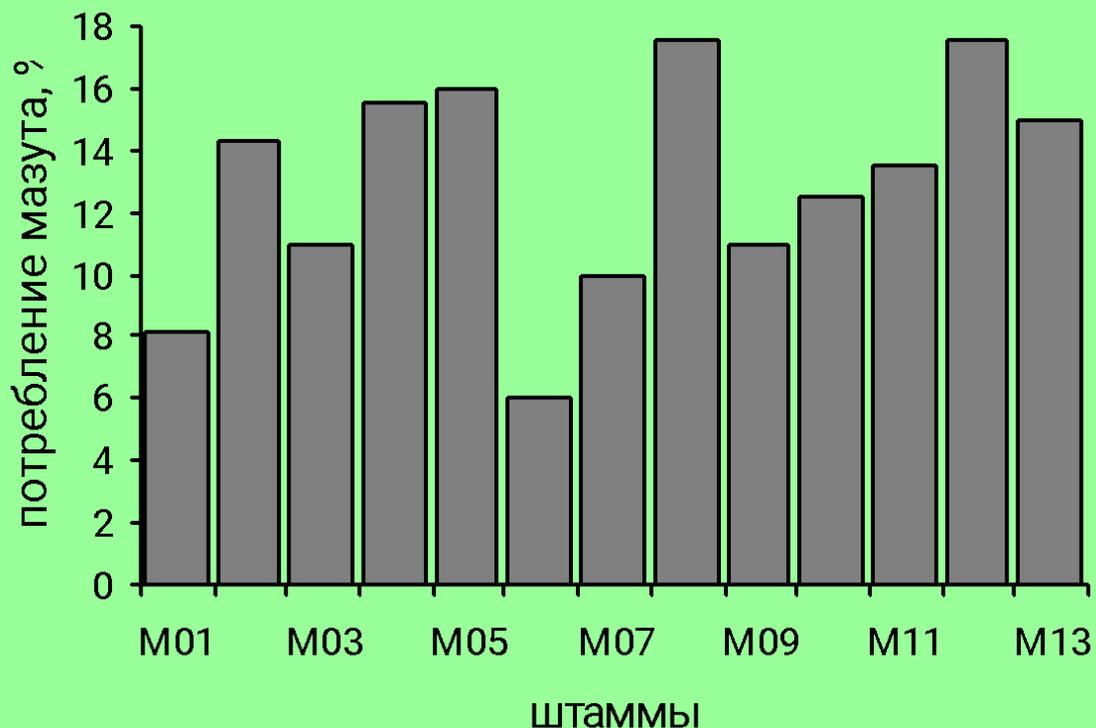
Синтетический материал на основе полиэтилена высокого давления. Удельная сорбционная емкость в отношении нефти 10,0 — 15,0 г/г сорбента.

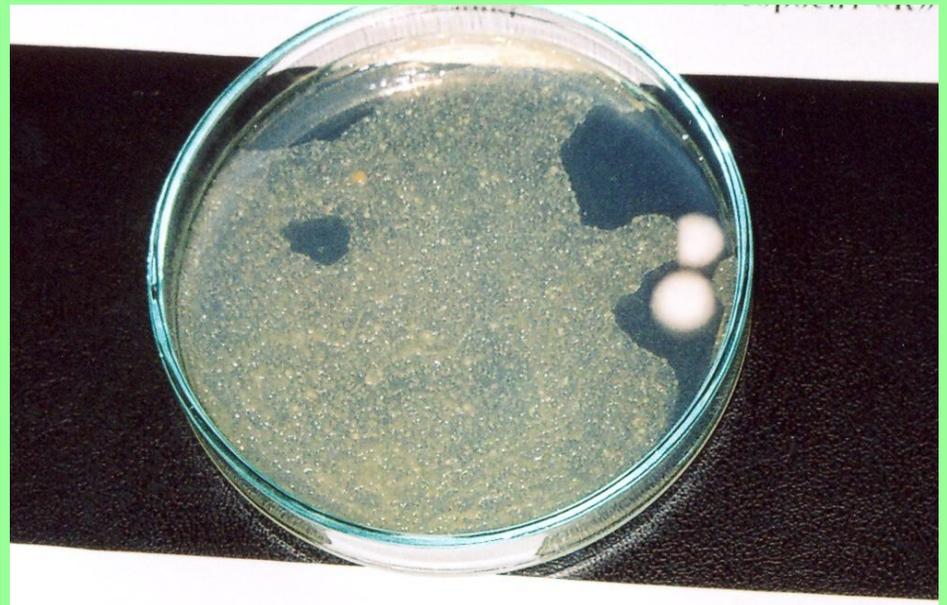


- **Специалисты ИБФН РАН и ВНИИнефть разработали технологию, основанную на использовании биопрепарата «Родер». Он состоит из ассоциации двух высокоактивных штаммов родококков - деструкторов нефти, разрешенных к применению экологической экспертизой Минприроды в 1994 г. Это природные бактерии с липофильной клеточной стенкой, живущие на поверхности раздела фаз нефть-вода, прикрепляясь к нефтяной пленке до ее полного уничтожения. Биопрепарат представляет концентрат живых клеток родококков с титром 10⁹-10¹⁰ клеток на миллилитр и не требует предварительного оживления. Он работает при температуре 10 -35 °С в интервале рН 5,8-7,8. Препарат действует при загрязнении 20% и выше, но наиболее активен при низких концентрациях нефтепродукта 0,1- 0,5% и до п.д.к., при которой он теряет активность. Рабочая концентрация препарата 100 г на 1 тонну водного раствора солей азота, фосфора и калия. 1 литр такого раствора наносится на 1 км² поверхности.**



- Одним из наиболее тяжелых для микробиологического уничтожения типов углеводов является мазут. Для биоремедиации загрязненных мазутом почв созданы различные коллекции штаммов. Например, ИБФМ, институтом микробиологии МО РФ, НИИ прикладной микробиологии и фирмой «Нефтеотдача» создана коллекция штаммов (от штамма M01 до M13), активность которых при потреблении мазута в % за 10 суток в жидкой среде иллюстрируется гистограммой





Опыт с иммобилизацией микромицетов на сорбент

**Рост микроорганизмов из водной среды
под слоем сорбента «К»
(*Gliocladium deliquescens*
Киров-Новосибирск**

БИОСОРБ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

- **Насыпная плотность, кг/м³ 130...140**
- **Размер гранул, мм 3...5**
- **Биосорбционная емкость по нефти, кг нефти / кг препарата 7...9**
- **Флотационная способность в течении месяца, % 85...90**
- **Снижение межфазного натяжения (вода- нефть) , эрг/ см² 1,8- 2,5**
- **Доля переработанной микроорганизмами нефти после 7- 14 суток:**
- **а) биодеструктивная активность в аэробных условиях, %при более 10 град.С 75...85 при 0 - ...+10 град.С 30...75**
- **б) биодеструктивная активность в анаэробных условиях, %при более 10 град.С 20...35 при 0 - ...+10 град.С 12...20**
- **Уменьшение активности после трех лет хранения, % 15...20**
- **Каскадный эффект действия препаратов "БИОСОРБ" делает его уникальным как в автономном режиме применения, так и в сочетании с механическими способами сбора нефти. Биосорбенты применимы для ликвидации разливов сырой нефти и любых нефтепродуктов.**

Последовательность действия биосорбента на нефть в воде.

ТИП ЭФФЕКТА	ВРЕМЯ
Разрушение пленки и локализация нефтяного пятна	0,5- 1 час
Сорбция нефти	2- 4 часа
Начало биодеструкции	2- 4 часа
Активизация естественного самоочищения воды от нефти	5- 8 часов
Очистка поверхности и толщи воды от нефти (80-90 %)	7- 14 суток
Разрушение нефти в донных отложениях, аэробный процесс (50- 75 %)	40- 50 суток
Разрушение нефти на препарате в береговой зоне (до 60- 75 %)	20- 40 суток
Разрушение нефти в донных отложениях в условиях анаэробнобиоза (50-60 %)	более 100 суток

- **На применение препарата есть вся необходимая разрешительная и рекомендательная документация :**
- **- санитарно- гигиенический сертификат РФ № 470102249П00100019**
- **- радиационный сертификат безопасности**
- **- сертификат соответствия Торговой палаты**
- **- рекомендации коллегии ГК РФ по охране окружающей среды**
- **- протоколы международных сравнительных сертификационных испытаний**
- **- рекомендации СЗЦ МЧС РФ**

- **СТОИМОСТЬ БИОСОРБЕНТА \$3600 ЗА 1 ТОННУ ПРОДУКТА, ВКЛЮЧАЯ НАЛОГИ.**
СРОКИ ПОСТАВКИ ОТ 3 ДО 7 НЕДЕЛЬ ПОСЛЕ ОПЛАТЫ,
В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ ВОЗМОЖНА ОПЕРАТИВНАЯ ПОСТАВКА ДО 1 ТОННЫ БИОСОРБЕНТА.

Технические средства для биоремедиации

- **Экологическая машина «ЭМ-4М»**
Устанавливается на любую болотную технику российского и иностранного производства. После сезона рекультивации снимается. Обслуживается одним человеком.



Технические средства для биоремедиации

- **Понтоход ЭМ-3Ш**

Предназначен для рекультивации замазученных почв, в том числе сильно заболоченных. Представляет собой самоходное средство с платформой и фрезой. Включает смонтированные на раме силовую установку, центральный и боковые понтоны.



Типичные ошибки рекультивационных работ на заболоченных участках

- **Засыпка загрязненных участков песком и торфом.**
- **Перепахивание или рыхление поверхности сельхозорудиями (бороны, плуги и т.д.) и гусеницами вездеходов. (Достигается временное косметическое облагораживание, но консервируется нижележащая нефть).**
- **Раннее внесение нефтеокисляющих микроорганизмов. (Большая часть бактерий погибает или окисляет легкие фракции)**

Рекомендации по рекультивации после свежих разливов

- **Надежная локализация разлива нефти в пределах минимально возможной площади (создание по периметру разлива мощной торфяной обваловки болотоходами типа "КАРТ", отрывание направляющих траншей и борозд к общей приемной яме, установка мобильных боновых заграждений)**
- **Сбор максимально возможного количества нефти. Современные технические средства позволяют собирать до 70 %, а при благоприятных природных условиях до 90 % разлитой нефти (использование обычной откачивающей техники и специализированных нефтесборщиков, применение для сбора нефти из межкочковых углублений и других труднодоступных мест ранцевых вакуумных насосов, минимальное перемещение техники и людей по рекультивируемой поверхности)**
- **Сбор остаточной нефти методом принудительной отмывки почв и растительного покрова водой с ПАВ (полное кратковременное заводнение загрязненного участка, периодическое дождевание поливальными установками).**
- **При небольших объемах разлитой нефти использование сорбентов. Возможно мульчирование загрязненной поверхности после сбора основной массы разлившейся нефти, с помощью лесопожарных грунтометов, тонким слоем (3-5 см) сорбента или торфяной крошки.**
- **Использование биопрепаратов, содержащих готовые ферменты, разрушающие нефтяные углеводороды.**

Основные ошибки при проведении работ на этапе микробиологического разложения нефти (для старых разливов)

- **Езда по рекультивируемой поверхности тяжелой болотоходной техники**
- **Проведение работ без предварительного обследования загрязненного участка с отбором проб торфа для химического анализа на содержание нефтепродуктов, минеральных солей и определения его кислотности и разбивки участка на части по степени их замазученности и доступности, требующих различных методов рекультивации.**
- **Неправильный расчет и внесение минеральных удобрений, раскислителей и бактериальных препаратов**
- **Отсутствие работ по аэрации рекультивируемой поверхности и повторной обработке сильнозагрязненных участков.**

Рекомендации на стадии биоремедиации

- Нанесение на рекультивируемую поверхность методом дождевания расчетных количеств минеральных удобрений и раскислителя, необходимых для бурного роста имеющихся в торфе нефтеокисляющих микроорганизмов, а также аэрации верхних горизонтов торфа падающей водой. Рекомендуемые дозировки минеральных элементов, в зависимости от степени трофности болотного участка, составляют: азота (N) - 14-35 кг/га, фосфора (P) - 5-12 кг/га, калия (K) - 11-27 кг/га. При применении комплексного удобрения "Нитроаммофоска 17-17-17", содержащего все указанные компоненты, норма внесения составляет 80-200 кг/га.
- Количество раскислителя рассчитывается по формуле $D=0.05 \times N \times d \times h$, где D - норма внесения карбоната кальция в т/га, N - гидролитическая кислотность почв в мг-экв/100 г, d - плотность почвы в г/см³, h - глубина известкуемого слоя почвы в см.
- Процессы разложения ускоряются в несколько раз при внесении накопленных и активизированных культур нефтеокисляющих микроорганизмов. Здесь могут быть использованы как аборигенные виды микроорганизмов, что наиболее предпочтительнее, так и промышленно наработанные бактериальные препараты типа: "Путидойл", "Валентис", Деворойл" и др.
- Боронование и рыхление поверхности