Регион - Ямало-Ненецкий автономный округ

Населённый пункт – посёлок Ханымей

Творческое объединение - «Радуга ремёсел»

Тема исследовательской работы - «Обезвреживание почв и шламов, загрязнённых нефтепродуктами, с помощью микроорганизмов»

Фамилия, имя, отчество автора – Шаронина Александра Фёдоровна

Класс – 10

Руководитель - Лазарева Светлана Николаевна, педагог дополнительного образования, МБОУ «СОШ № 1» п. Ханымей

Год выполнения работы - 2022

**Содержание**

Введение…………………………………………………………………………...3

Актуальность……………………………………………………………………...3

Цель………………………………………………………………………………..3

Задачи……………………………………………………………………………...3

Объекты исследования…………………………………………………………3-4

Методы исследования…………………………………………………………….4

Научная новизна работы………………………………………………………….4

Практическая значимость и реализация результатов работы………………….4

1. Современное состояние проблемы утилизации нефтеотходов

Нефтяное загрязнение, его негативное влияние на окружающую среду…...4-5

Нефтешламы, природа образования, характеристики………………………….5

Методы переработки и обезвреживания нефтешламов………………………...5

Универсальная технология переработки нефтяных шламов………………...5-6

Биохимический метод переработки нефтезагрязнений

(алканотрофные бактерии, механизмы биодеградации)……………………….6

Биохимический метод переработки нефтезагрязнений (подходы и условия применения)……………………………………………………………………..6-7

Российские биопрепараты, описание, опыт применения………………………7

Выводы по литературному обзору………………………………………………7

1. Исследовательская часть

Объекты исследования……………………………………………………………8

Субстратная специфичность исследуемых штаммов (1)…………………….8-9

Субстратная специфичность исследуемых штаммов (2)………………………9

Углеводородокисляющая способность штаммов на среде

с нефтешламом……………………………………………………………………9

Деструкция среды с нефтешламом исследуемыми штаммами………………...9

Выводы по исследовательской части………………………………………...9-10

Заключение (1)…………………………………………………………………...10

Заключение (2)………………………………………………………………..10-11

Список литературы………………………………………………………………12

Приложения…………………………………………………………………..13-19

**Введение**

 В последнее время обострились вопросы, связанные с влиянием нефтяного производства на экологическую ситуацию в различных регионах, поскольку масштабы использования нефти постоянно возрастают. Нефть и нефтепродукты являются одним из основных и крупномасштабных загрязнителей окружающей среды. Только по официальным данным, в России потери нефти и нефтепродуктов достигают почти 5 миллионов тонн в год, а в мире при добыче, транспортировке, хранении и использовании теряется около 50 миллионов тонн нефти и нефтепродуктов ежегодно.
 Аварийные и хронические разливы нефти приводят к быстрой потере продуктивности земель или полной деградации ландшафтов. Поскольку на современном уровне развития нефтяной промышленности не представляется возможным полностью исключить её негативное воздействие на окружающую среду, возникает необходимость разработки методов и технологий восстановления почв, загрязнённых нефтяными углеводородами..
 Для России проблема очистки почв от нефти и нефтепродуктов особенно важна, поскольку на ее территории в настоящее время эксплуатируется более 550 тысяч километров трубопроводов.

 Выработка методологии борьбы с загрязнением окружающей среды нефтью и нефтепродуктами крайне сложное дело. Реакция почв на загрязнение нефтью, их чувствительность к этим загрязнителям отличаются в разных почвенных зонах, также в пределах сопряженных ландшафтов.

 **Актуальность** **работы** – существующая проблема поиска наиболее эффективного с экологической и экономической точки зрения способа обезвреживания нефтешламов и загрязненных нефтью почв.

 **Цель работы** - исследование способности обезвреживания нефтешламов с помощью микроорганизмов.

 **Задачи работы:**

1. Проведение анализа существующих способов утилизации нефтешламов, их применимости, преимуществ и недостатков.
2. Изучение характеристики отечественных биопрепаратов, предлагаемых для очистки почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.
3. Изучение свойств бактериальных штаммов, выделенных из долго хранившихся нефтепродуктов, бионефти и навоза крупного рогатого скота.
4. Оценка углеводородокисляющей активности исследуемых штаммов в процессе обезвреживания нефтешламов.

 **Объекты исследования:**

1. Исследуемые культуры - 5 бактериальных штаммов, выделенных из долго хранившихся нефтепродуктов, бионефти и навоза КРС.
2. Вещества, используемые для изучения субстратной специфичности штаммов:

 - различные углеводороды нефти;

 - нефть и нефтепродукты;

 - нефтешлам, образованный при зачистке мазутного резервуара.

 **Методы исследования:**

* Изучение морфолого-культуральных признаков выделенных штаммов.
* Изучение физиолого-биохимических признаков.
* Изучение субстратной специфичности выделенных штаммов.
* Оценка углеводородокисляющей способности микроорганизмов.
* Статистическая обработка результатов.

 Исследовательская часть работы проводилась в сотрудничестве с специалистами лаборатории ООО «Ноябрьскнефтегаз».

 **Научная новизна работы**

 Проведено изучение углеводородоокисляющей способности алканотрофных штаммов микроорганизмов на углеводородах, нефти и нефтепродуктах, нефтешламах.

 Исследованы морфолого-культуральные и физиолого-биохимические свойства и субстратную специфичность данных штаммов.

 **Практическая значимость и реализация результатов работы**

 Проблема утилизации как накопленных, так и вновь образующихся нефтешламов является одной из остро стоящий в нефтегазовом комплексе.

 Данная работа производилась по одному из перспективных направлений развития деятельности ООО «Ноябрьснефтегаз». Проведенные исследования являются первым шагом на пути проработки возможности реализации биотехнологического метода переработки нефтеотходов.

 Предполагается, что данный способ утилизации остаточных (после выделения жидкой части) нефтешламов и загрязнённого грунта будет являться более эффективным и с экологической, и с экономической точки зрения.

 Исследовательская работа проводилась в период: февраль-май 2022 года.

**1. Современное состояние проблемы утилизации нефтеотходов.

 Нефтяное загрязнение, его негативное влияние на окружающую среду.**

 Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенным загрязнителем природных экосистем. К числу основных характеристик этого

загрязнения можно отнести органогенную природу, сложный многокомпонентный состав, токсичность ряда составляющих, масштабность распространения, высокую миграционную способность.

 Согласно одной из экспертных оценок, потери нефти в мире при ее добыче, переработке и использовании превышают 45 млн. т в год или 2% от ее добычи, из них 22 млн. т теряется на суше, что составляет 48,9% от общей потери, или 0,98% от добычи.

 Со временем происходит накопление нефтепродуктов в водоемах, реках и в почве, поскольку объем попадающих в них отходов превышает возможности природы к самоочищению от нефтесодержащих отходов биохимическими методами.

 На сегодняшний день мировое сообщество встало перед проблемой масштабной загрязненности природных экосистем нефтью и нефтепродуктами. Положение уже настолько серьезное, что стоит вопрос о том, чтобы удержать это загрязнение хотя бы на уровне сегодняшнего дня.

**Нефтешламы, природа образования, характеристики.**

 Поскольку любой шлам образуется в результате взаимодействия с конкретной по своим условиям окружающей средой и в течение определенного промежутка времени, **одинаковых по составу и физико-химическим характеристикам шламов в природе не бывает**.

 **Нефтешламы - многокомпонентные физико-химические (смеси):**

* Плотность нефтешламов - 830-1700 кг/м3.
* Температура застывания - от -3°С до +80°С.
* Температура вспышки - от 35 до 120°С.

 При длительном хранении резервуарные нефтешламы опять же разделяются на несколько слоев, с характерными для каждого из них свойствами.

**Методы переработки и обезвреживания нефтешламов**

 – механические (отстаивание, гидрообработка, центробежное разделение и гидроциклический метод);

 – физико-химические (экстракция, флотация и сбор нефтепродуктов барабанными сепараторами);

 – термические (сжигание, пиролиз);

 – биохимические (активизация метаболической активности естественной микрофлоры, внесение специально подобранных штаммов);

 – комбинированные методы, основанные на сочетании вышеперечисленных методов.

 **Универсальная технология переработки нефтяных шламов:**

1. Переработка нефтеэмульсионного слоя с утилизацией нефтепродуктов.
2. Переработка водоэмульсионного слоя с утилизацией или обезвреживанием нефтепродуктов.
3. обезвреживание осадочного слоя, близкого по своим свойствам к нефтезагрязнённым грунтам.

 Опыт работы ряда профильных предприятий показывает, что на третьем этапе переработки шламов успешно могут применяться биохимические методы.

**Биохимический метод переработки нефтезагрязнений (алканотрофные бактерии, механизмы биодеградации).**

 В основе биотехнологий для нефтяной промышленности лежит способность микроорганизмов к окислению углеводородов.

 Совершая колоссальную биохимическую работу, они утилизируют органические и минеральные соединения, непрерывно синтезируя новые вещества. Микроорганизмы – единственные живые существа способные использовать углеводороды, как источник энергии.

 Наиболее часто упоминаемые среди алканотрофных бактерий - это Rhodococcus, Arthrobacter, Mycobacterium, Pseudomonas и многие другие.

Изученные механизмы биодеградации:

* алифатических углеводородов (моно-, ди- и внутритерминальными путями)
* ароматических структур (аэробные бактерии: окисление ароматическое кольцо до катехолов и гидрохинонов с последующим окислительным раскрытием ароматического кольца; анаэробные бактерии: восстанавление ароматического кольца с дальнейшей дефрагментацией образовавшихся циклогексановых производных)
* полиароматических углеводородов (использование обоих атомов молекулярного кислорода с получением цисдигидродола, который затем подвергается дегидрогенизации, образуется катехол).

**Биохимический метод переработки нефтезагрязнений (подходы и условия применения)**

 **Основные подходы в биоремедиации:**

Биостимуляция in situ Биостимуляция in vitro Биоаугментация

 Для оптимизации процесса биодеградации нефти необходимо решить следующие вопросы:

 1. Способ должен быть экологически чистым.

 2. Для обеспечения физиологического баланса кроме имеющегося источника углерода и энергии необходима добавка источников азота, фосфора, калия, магния.

 3. Необходимо обеспечить аэрацию, так как разложение нефти наиболее эффективно в аэробных условиях.

 4. Обеспечить численное преимущество для биодеструкторов и защитить их от паразитирующих видов.

 5. Создать оптимальную концентрацию нефти.

 6. Обеспечить необходимый уровень pH и влажности.

**Российские биопрепараты, описание, опыт применения.**

 В настоящее время известен целый ряд биологических препаратов состоящих как из отдельных штаммов нефтеокисляющих микроорганизмов, так и из микробных ассоциаций.

 Сводная характеристика отечественных биопрепаратов – нефтедеструкторов (Приложение № 1.)

 Реального использования микробиологических препаратов в России (имеется в виду сертифицированная и производящаяся в промышленных масштабах продукция) для очистки среды от углеводородного загрязнения практически нет.

**Выводы по литературному обзору.**

1. Нефть и нефтепродукты являются распространенным загрязнителем природных экосистем.
2. Одним из основных видов нефтеотходов, образуемых в результате хозяйственной деятельности, - являются нефтешламы.
3. Решающим фактором, определяющим загрязняющие свойства шламов, а также направления их утилизации и нейтрализации вредного воздействия на объекты природной среды, является состав и физико-химические свойства.
4. Выбор способа переработки зависит от качества шлама и состава содержащихся в нем нефтепродуктов и механических примесей.
5. В связи с тем, что при выборе способа утилизации приоритет в основном отдается способам, направленным на извлечение из нефтешламов углеводородного сырья, сверх актуальной остается проблема доочистки образовавшихся в результате переработки твердых отходов и водной фазы. И одним из наиболее перспективных с экологической и экономической точки зрения способов доочистки доочистки данных отходов, на взгляд автора, является биотехнологический метод.
6. В настоящее время известен целый ряд биологических препаратов состоящих как из отдельных штаммов нефтеокисляющих микроорганизмов, так и из микробных ассоциаций. Однако, по реальному использованию микробиологических препаратов (имеется в виду сертифицированная и производящаяся в промышленных масштабах продукция) для очистки среды от углеводородного загрязнения практически нет.

**2. Исследовательская часть.**

**Объекты исследования**

 **Исследуемые культуры** (Приложение 2.)

 **Вещества, используемые для изучения субстратной специфичности штаммов** (Приложение 3).

.

**Свойства исследуемых штаммов.**

 **Проведенные исследования дали следующие результаты:**

* **Морфолого-культуральные свойства исследуемых штаммов .** Все исследуемые штаммы грамположительны. 3 из выделенных изолятов представлены спорообразующими палочками. 2 культуры обладают полиморфностью.
* **Культуральные свойства исследуемых штаммов.** На скошенном РПА рост обильный с гладкой или шероховатой поверхностью, грязно-белого или желтовато-белого цвета. Штамм ACHZ представлен колониями красного цвета. При росте в МПБ для всех культур характерно образование осадка, на 5-е сутки отмечено появление пристеночного кольца.
* **Физиолого-биохимических признаков исследуемых штаммов.** Способностью к использованию минеральных солей азота обладают 2 штамма (ACHZ и Н-1). Все пять штаммов являются аэробными. Изоляты Б-1, Н-1оказались оксидазоположительными. Каталазоположительными были ACHZ, 17-1 и 8 3-15. Культура Н-1 и производила незначительное количество H2S. Остальные изоляты не обладали такой способностью. Желатин разжижали все исследуемые штаммы. При росте на молоке, образование казеинового сгустка наблюдали у 4 штаммов из 5. Изолят 17-1 не обладал казеинкиназой. Лецитиназную активность проявили все штаммы, но в разной степени. Наибольшей активностью фиксировали у культуры 3-15. Липолитическую активность наблюдали у всех исследуемых изолятов. Культуры не образовывали АМК. Все исследуемые культуры ферментировали из сахаров мальтозу, лактозу и глюкозу, рамнозу, из спиртов – глицерин*.* Три штамма использовали дульцит, два (ACHZ и 3-15) такой способностью не обладали.
* **Таким образом, по совокупности исследованных морфолого-культуральных и физиолого-биохимических признаков изолятов, можно сделать вывод, что штаммы Н-1, 3-15, Б-1 относятся к роду *Bacillus*, ACHZ – *Rhodococcus*,17-1 – *Actinomyces.***

**Субстратная специфичность исследуемых штаммов (1**).

 **Рост исследуемых штаммов на средах с углеводородами** (Приложение 4).

**Субстратная специфичность исследуемых штаммов (2).**

 **Рост исследуемых штаммов на средах с нефтью и нефтепродуктами** (Приложение 5).

**Сохранение жизнеспособности штаммов на среде с нефтешламом** (Приложение 6).

 При изучении выживаемости исследуемых изолятов на нефтешламе, образованном при зачистке мазутного резервуара, был выявлен рост у всех штаммов. Рост культур фиксировали в течение всего эксперимента.

Титр определяли на круговой качалке (180 об/мин.) при температуре 25°С, используя метод серийных разведений с последующим высевом на РПА.

**Углеводородокисляющая способность штаммов на среде**

**с нефтешламом.**

**Деструкция среды с нефтешламом исследуемыми штаммами** (Приложение 7).

 В первую неделю эксперимента у штамма Б-1 фиксировали наименьшую убыль нефтепродуктов. Через 2 недели эксперимента у всех культур степень деструкции составляла не менее 95%.

 Содержание нефтепродуктов определяли флуориметрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:4.128-98.

**Выводы по исследовательской части.**

 Результаты проведенных исследований показали:

 1. По совокупности изученных морфолого-культуральных и физиолого-биохимических признаков штаммов, выделенных из отходов долгохранившихся нефтепродуктов, бионефти и навоза КРС, можно сделать вывод, что изоляты под шифрами Н-1, 3-15, Б-1 представленные грамположительными спорообразующими палочками были отнесены к роду Bacillus, грамположительная кокковая культура ACHZ – Rhodococcus, штамм 17-1, способный к образованию воздушного мицелия – Actinomyces.

 2. Исследуемые штаммы не обладали способностью расти на синтетической среде и среде Эшби. Все выделенные штаммы были аэробны. Все исследуемые культуры ферментировали из сахаров мальтозу, лактозу и глюкозу, рамнозу, из спиртов глицерин.

 3. Как показали проведенные с помощью метода «лунок» эксперименты, изоляты в различной степени использовали октан, изооктан, тридекан и тетрадекан. При проведении исследований наибольшей активностью по отношению ко всем углеводородам обладал штамм Н-1. На декалине не наблюдался рост ACHZ и изолята 17-1. Слабый рост на изопропилбензоле показали культуры 3-15, ACHZ. Все тестируемые штаммы проявили способность разлагать нефть, дизельное топливо как летнее, так зимнее, бензин, реактивное топливо, базовое масло, мазут.

 4. Анализ выживаемости микроорганизмов при культивировании на нефти показал, что все исследуемые изоляты сохраняли жизнеспособность в течение 14 суток как в нефти, так и в нефтешламах.

 5. При оценке степени биодеструкции нефтепродуктов было выявлено, что за две недели инкубирования убыль нефти у всех штаммов была равна или выше 90%. Наименьшую степень деструкции нефти наблюдали у штамма 3-15, она составила 89,89%, а наибольшую у 17-1 – 98,97%. Убыль нефтепродуктов при культивировании исследуемых изолятов в среде с 1 %-м содержанием нефтешламов через 2 недели эксперимента у всех культур степень деструкции составляла не менее 95%, при этом первую неделю эксперимента у штамма Б-1 фиксировали наименьшую убыль нефтепродуктов (80%).

**Заключение (1).**

 В выполненной работе рассмотрены:

* вопросы нефтяного загрязнения;
* особенности образования, состав, свойства и методы утилизации нефтешламов;
* биохимические методы переработки нефтеотходов;
* характеристики и особенности российских биопрепаратов – нефтедеструкторов.

 Сделаны выводы:

* о предпочтительности комплексных методов переработки нефтешламов, включающих в себя извлечение углеводородного сырья;
* о перспективности использования биохимического метода для обезвреживания остаточных нефтешламов и загрязненных грунтов;
* об оправданности индивидуального подбора подходящего углеводородокисляющего микроорганизма или консорциума штаммов для конкретного случая (например, конкретного предприятия, конкретного вида отходов), а также последующей выработки оптимальных условий его производства и применения.

**Заключение (2).**

 Проведены исследования:

* морфолого-культуральных, физиолого-биохимических свойств исследуемых бактериальных штаммов;
* субстратной специфичность и углеводородокисляющей способности штаммов в процессе обезвреживания нефтешламов.

 Полученный результат – подтверждение применимости обследованных штаммов для утилизации нефтеотходов.

 Практическая ценность полученных результатов – создана база для последующего проведения натурных испытаний, по итогам которых может быть осуществлено применения микроорганизмов в реальных производственных условиях ООО «Ноябрьскнефтегаз»».

**Список использованной литературы**

1. Фомин Г.С. Коррозия и защита от коррозии. Энциклопедия международных стандартов. М.: Изд-во стандартов, 1999. 520 с.
2. Плешакова Е.В. Автореферат Эколого-функциональные аспекты микробной ремедиации нефтезагрязненных почв, доктор биол. Наук. – Саратов, 2010. – 47 с

3. Каюкова Г.П., Гарейшина А.З., Егорова К.В. и др. Нефть и нефтепродукты – загрязнители почвы // Химия и технология топлив и масел.1999. №5. С. 37-43.

4. Исмайлов Н.И.Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель / Н.И. Исмайлов, Ю.И. Пиковский //Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988.- С. 222-236.

5. Саксонов М.А. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. – Иркутск: Иркут. Ун-т, 2005. – 114 с.

6. Колесниченко А.В. Процессы биодеградации в нефтезагрязненных почвах / А.В. Колесниченко, А.И. Марченко, Т.П. Побежимова, В.В. Зыкова.- Москва: «Промэкобезопасность», 2004. – 194 с.

7. Новак И. Количественный анализ методом газовой хроматографии. М.: Мир, 1978. 102 с.

8. Леонов К.А., Асташкина А.П. Изучение деструкции нефти и нефтепродуктов углеводородокисляющими микроорганизмами. Материалы Всероссийской научно – практической конференции имени Л.П. Кулева с международным участием «Химияи химическая технология в ХХI веке» - Томск: Томский политехнический университет, 2013-325 с.

 **Приложение 1.**

**Сводная характеристика отечественных биопрепаратов –**

**нефтедеструкторов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Параметр** | **Диапазон возможных** **изменений параметра** |
| 1. | Углеводородокисляющие микроорганизмы | От монокультуры до ассоциации |
| 2. | Титр микроорганизмов, кл/мл (кл/г) | 2,8·108 кл/г; 1010-1011кл/мл; плотность 106 кл/см |
| 3. | Форма биопрепарата | Жидкость, жидкий гель, паста, суспензия, эмульсия, порошок |
| 4. | Характер загрязнения | Нефть и нефтепродукты, керосин, сырая нефть, мазут, тяжелые фракции нефти, длительное загрязнение нефтью, нефтешлам |
| 5. | Степень загрязнения | Толщина загрязненного слоя < 3 см; 1 кг/м2; 10-30%; 60%; 175 г/кг; 60-80 м3/га |
| 6. | Продолжительность очистки | От 72 часов до 4-х месяцев, в среднем 2-3 месяца |
| 7. | pH | 1,5-10; широкий диапазон |
| 8. | t°C | 3-50°C; широкий диапазон |
| 9. | Эффективность очистки загрязнения (% от исходного загрязнения) | Сырая нефть 50-90; нефть 25-94; парафины 98; дизельное топливо 85-95; нефтепродукты 50 -100; нефтешлам 33-53; длительное загрязнение нефтью 78-96 |

 **Приложение 2.**

**Исследуемые культуры**

|  |  |
| --- | --- |
| **Шифр штамма** | **Источник выделения** |
| **Б-1** | Бионефть  |
| **3-15** | Долгохранившийся мазут  |
| **17-1** | Долгохранившийся дизель  |
| **ACHZ** | Креозот  |
| **Н-1** | Навоз КРС  |

 **Приложение 3.**

**Вещества, используемые для изучения субстратной специфичности штаммов**

|  |
| --- |
| **Вещества** |
| 1. Различные углеводороды нефти следующие соединения и вещества:
2. углеводороды: гексан [С6Н14], октан [С8Н18], изооктан, декан [С10Н22],
3. декалин, изопропилбензол [C6H5СН(СН3)2], тетрадекан, хроматографические
4. метки С21, С23, додекан, тридекан
 |
| 1. Нефтепродукты: нефть Марковского месторождения Иркутской области,
2. топочный мазут, бензин автомобильный 92 марки, дизельное топливо
3. (зимний и летний сорта), базовое масло, реактивное топливо, вазелиновое масло
 |
| 1. Нефтешлам, образованный при зачистке мазутного резервуара РВС-100
2. (работы по зачистке резервуара проводились ООО «ГТС», объем
3. отобранного материала – 5 литров, дата отбора – 05.11.2012г.)
 |

 **Приложение 4.**

**Рост исследуемых штаммов на средах с углеводородами**

|  |
| --- |
| **Исследуемые культуры** |
| **Углеводороды** | Б-1 | 3-15 | 17-1 | ACHZ | Н-1 |
| Октан  | + + | + + | + + | + | **+ +**  |
| Декалин  | ± | ± | - | - | **±**  |
| Тетрадекан  | + | + | + | + | **+ +** |
| С21  | + + | + | - | + + | **+ +** |
| Изооктан  | + | + | ± | + | **+ +** |
| Декан  | - | ± | - | + | **+ +** |
| С23  | + + | + | + | + | **+ +** |
| Додекан  | ± | ± | + | + | **+ + + +**  |
| Тридекан  | + + | + | + + | + | **+** |
| Изопропилбензол  | ± | - | ± | - | **±** |

Примечание:

«++++» - обильный рост;

«+++» - хороший рост;

«++» - умеренный рост;

«+» - слабый рост;

 «±» - скудный рост;

«-» - отсутствие роста.

 **Приложение 5.**

**Рост исследуемых штаммов на средах с нефтью и нефтепродуктами**

|  |
| --- |
| **Исследуемые культуры** |
| **Углеводороды** | Б-1 | 3-15 | 17-1 | ACHZ | Н-1 |
| Нефть  | ++ | + | + | + | ++++ |
| Дизельное топливо летнее  | ± | + | + | ++ | ++ |
| Дизельное топливо зимнее  | +++ | +++ | + | + | ++++ |
| Мазут  | + | + | + | + | +++ |
| Бензин  | + | +++ | + | + | ++++ |
| Базовое масло  | ++ | ++ | + | + | +++ |
| Реактивное топливо  | ++ | + | + | + | ++ |
| Вазелиновое масло  | + | ++ | + | − | + |

Примечание:

«++++» - обильный рост;

 «+++» - хороший рост;

 «++» - умеренный рост;

«+» - слабый рост;

«±» - скудный рост;

 «-» - отсутствие роста.

 **Приложение 6.**

**Сохранение жизнеспособности штаммов на среде с нефтешламом**

****

 **Приложение 7.**

**Деструкция среды с нефтешламом исследуемыми штаммами**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Штамм** | **Исходная концент-рация нефти,****(г/л)** | **Через 1 неделю****концент-рация нефти,****(г/л)** | **Степень деструкции,****(%)** | **Через 2 недели концент-рация нефти,****(г/л)** | **Степень деструкции,****(%)** |
| Б-1  | 1,00±0,15 | 0,20±0,02 | 80,00 | 0,03±0,004 | 97,00 |
| 3-15  | 1,10±0,19 | 0,07±0,01 | 93,64 | 0,04±0,001 | 96,36 |
| 17-1  | 1,20±0,17 | 0,11±0,01 | 90,83 | 0,01±0,001 | 99,25 |
| ACHZ  | 0,90±0,11 | 0,15±0,02 | 83,33 | 0,01±0,001 | 99,22 |
| Н-1  | 1,00±0,09 | 0,09±0,01 | 91,00 | 0,03±0,001 | 97,00 |