

Департамент образования и науки города Севастополя  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
«Центр дополнительного образования  
«Малая академия наук»

## **НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ**

**Работу выполнила:**

**Найда Анастасия Алексеевна,**  
учащаяся творческого объединения  
«Ихтиология» ГБОУ ЦДО «Малая академия  
наук», ГБОУ «Инженерная школа», 11 класс;

**Научный руководитель:**

Царин Сергей Анатольевич, педагог  
дополнительного образования, руководитель  
творческого объединения «Ихтиология»  
ГБОУ ЦДО «Малая академия наук»,  
к.б.н., в.н.с. ФИЦ ИнБЮМ

Севастополь  
2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
РАЗДЕЛ 1. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА ГСМ НА ПОЧВУ.....	6
РАЗДЕЛ 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА.....	9
РАЗДЕЛ 3. ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА ГСМ.....	11
ВЫВОДЫ.....	19
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	20

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность проблемы.** С увеличением объёмов добычи, переработки, транспортировки, хранения и потребления нефти, расширились масштабы разливов её продуктов и загрязнения ими окружающей среды.

РБК.Тренды сообщает, что Россия занимает первое место в мире по загрязнению окружающей среды горюче-смазочными материалами (далее - ГМС) [1].

При поступлении сообщения о разливе нефти и нефтепродуктов время нейтрализации разлива по регламенту МЧС не должно превышать четырех-шести часов.

Нередко аварии с разливом ГМС бывают и на РЖД (рис. 1, 2). Кроме того, железнодорожный транспорт оказывает комплексное воздействие на окружающую среду: атмосферу, животный и растительный мир, водную экосистему, почвенный покров [2, 3].



Авария во Владимирской области



### Цистерны с мазутом во Владимирской области

Нефтепродукты относятся к числу наиболее вредных химических загрязнителей [4].

- Наличие 2 г нефти и нефтепродуктов в 1 кг почвы делают ее непригодной для жизни растений и почвенной микрофлоры;
- 1 л нефти и нефтепродуктов лишает кислорода 40 тыс. л воды;
- 1 т нефти и нефтепродуктов загрязняет 12 км<sup>2</sup> водной поверхности.

Нефть не является специфическим токсикантом, поражающим какую-либо одну систему, а вызывает несогласованные изменения в содержании белков, нуклеотидов и нуклеиновых кислот, влияющих на наследственные признаки организмов. Поэтому необходимо чрезвычайно оперативно действовать при разливе нефтепродуктов и попадании их в окружающую среду.

**Цель работы:** Разработать оптимальный биологический метод ликвидации последствий разлива ГСМ на железнодорожных путях, в то же время минимизирующий потери нефтепродуктов.

#### **Задачи:**

1. На основе литературных данных изучить все существующие методы и способы ликвидации последствий разлива ГСМ.
2. Выявить достоинства и недостатки биологических методов при рекультивации почвы после разлива нефтепродуктов.

3. Провести экспериментальные исследования по эффективности сбора ГСМ из почвы сфагнумом и последующей отдаче нефтепродуктов.

4. Разработать наиболее эффективный, доступный и перспективный метод ликвидации последствий разлива ГСМ.

*Объект исследования* — Нейтрализация загрязнение окружающей среды производными нефти.

*Предмет исследования* — нейтрализация загрязнения почвы горюче-смазочными материалами

**Научная новизна полученных результатов.** По литературным данным выполнен анализ всех существующих методов ликвидации последствий разлива ГСМ. Выполнен эксперимент по впитыванию из почвы ГСМ (на примере) высушенным сфагнумом. Получено назад 50% впитанного сфагнумом ГСМ путём центрифугирования.

**Теоретическое и практическое значение полученных результатов.**

Разработан комплексный двухэтапный полностью биологический метод очистки почв и последующей её рекультивацией с помощью природного абсорбента мха сфагнума и специальных культур бактерий. Оценена возможность извлечения ценных нефтепродуктов из сфагнума после абсорбции для повторного использования. Учитывая эффективность, экологичность и относительную дешевизну нашего метода, он может широко применяться при ликвидации последствий разлива ГСМ.

# РАЗДЕЛ 1

## МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА ГСМ НА ПОЧВУ

Нефть играет очень значительную роль в экономике большинства государств в энергетической сфере, в химической промышленности, в развитии транспортной структуры и т.д. Из нефти получают целый ряд продуктов с ценными свойствами. Различают следующие основные фракции нефти, которые отличаются температурой кипения и получены при перегонке: петролейная фракция, бензиновая, лигроиновая, керосиновая, дизельная, мазут, гудрон (рис. 1.1) [5].



Рис. 1.1. Основные нефтепродукты

Россия является одной из ведущих нефтяных держав мира. Значительная масса нефтепродуктов транспортируется именно по железной дороге. При этом иногда случаются и аварии с разливом нефтепродуктов, последствия которых необходимо оперативно и качественно ликвидировать.

Существуют 4 основных метода ликвидации последствий разлива ГСМ: механический, термический, физико-химический и биологический (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Методы ликвидации последствий разлива ГСМ

Чаще всего применяют механический метод, заключающийся в засыпке загрязненной территории песком с последующим его сбором и вывозом на специальные полигоны, либо просто снятием верхнего слоя почвы. Создан, например, спецполигон для загрязненного нефтью грунта на станции Черногорские Копи Красноярской дороги.

Механический метод подразумевает изъятие и захоронение почв, загрязнённых ГСМ, что требует дополнительных затрат и негативно сказывается на экологической обстановке в месте аварии.

Применение биологического метода в качестве альтернативы позволит избежать этого. Этот метод наиболее эффективный, экологичный и малозатратный. Биологическая деструкция является одним из самых безопасных методов избавления от нефтяных загрязнений [6].

При этом чаще всего используют абсорбцию с помощью продуктов полученных из растений (хлопковые производные, мох сфагнум и т.д.) и рекультивацию почв с помощью нефтеперерабатывающих бактерий, иногда затем и специально высевают некоторые культуры злаков. Из сфагнома образуется верховой торф.

По материалам Википедии Сфагнум — единственный современный род семейства *Sphagnaceae*, включающий более 380 видов, в России произрастает 42 вида. Сфагнум очень устойчив к разложению, высушенный долго сохраняется. Растёт в болотистых местах, собирают его летом [7].

Иногда для ликвидации последствий аварии используют сочетание разных методов

## РАЗДЕЛ 2

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

С помощью компьютерной сети Интернет были проанализированы все доступные литературные источники по методам рекультивации почв при разливах нефтепродуктов. Выполнена оценка эффективности этих методов по качеству и скорости ликвидации последствий загрязнения почв, а также стоимостной составляющей. Учитывалось и долгосрочное влияние на экологическую обстановку разлива нефтепродуктов при использовании различных методов.

В качестве почвы нами был выбран торфяной субстрат. Материалом для абсорбции выбран высушенный мох сфагнум.

Оба эти компонента (торфяной грунт и мох сфагнум) были приобретены в цветочном магазине. Примером ГСМ у нас послужило моторное масло МВ, купленное на автозаправочной станции.

На электронных весах с точностью до 0,01 г было взвешено исходное количество почвы, ГСМ и используемого мха рода *Sphagnum*. Всё это помещено в стеклянную ёмкость объёмом 250 мл. После двенадцатичасовой экспозиции мох взвешивался, оценивалась его абсорбирующая способность, а затем выполнялось центрифугирование на центрифуге ИКА mini G и повторное взвешивание мха, оценивалась уже эффективность отдачи собранных нефтепродуктов для возможности повторного использования. Также была изучена возможность использования отжатого сфагнума для повторного сбора ГСМ.



Рис. 2.1. Электронные весы: взвешивание почвы



Рис. 2.2. Цетрифуга ІКА mini G

Выражаю огромную благодарность сотрудникам Санкт-Петербургского университета и Кванториума, а также ФИЦ ИнБЮМ за помощь в работе.

**РАЗДЕЛ 3****ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО КОМПЛЕКСНОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО  
МЕТОДА ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА ГСМ**

Наш метод является двухэтапным. На первом этапе применяется абсорбция ГМС с помощью торфяного мха сфагнума. Мох очень широко распространен в России на болотах (рис. 3.1). Этот мох является очень гигроскопичным он вбирает влагу в 20 раз больше собственного веса и в 4 раза больше, чем вата (табл. 3.1, 3.2) [8].



Рис. 3.1. Один из видов мха рода *Sphagnum*



Рис. 3.2. Мох сфагнум в высушенном виде

Таблица 3.1.

**Абсорбционные способности мха сфагнума по [9]**

Adsorptive capacity of sorbents

Sorbent properties	<i>Sawdust</i>	<i>Nature sorb</i>	<i>Sphagnum</i>
Decolorisation according to adsorbed methylene blue dye, mg/g	18-20	43-46	37-40
Adsorptive capacity according to iodine concentration, %	25.3	58.5	57.7

Таблица 3.2.

**Абсорбционные способности мха сфагнума по [10]**

Sorbent properties			
Sorbent material	OA, g/g	WA, g/g	Buoyancy, h
PP fiber (21030-16)	4-9.4	0.05	
Spilcorb (Canada)	3.96-8	1.6-2.0	48
<i>Sphagnum Dill</i> (original)	5.8	3.1-4.2	96
Acetylated peat moss	7.60-8	1.8-2	120
Carbonized peat moss (200 °C)	8.23-9	1.5-1.7	170
Carbonized peat moss (300 °C)	14.2-15.7	1.3-1.5	146
Activated charcoal	10.75	4.5-5.0	48

Клетки сфагнома могут впитывать не только жидкости, но и летучие пары, благодаря чему снижается вероятность взрыва или пожара на месте разлива горючего. Хорошими катализаторами процессов, происходящих в почвах, являются гуминовые кислоты, обладающие физиологической активностью по отношению к некоторым штаммам микроорганизмов. Именно это свойство стало толчком для создания природных абсорбентов нефтепродуктов на основе сфагнома (рис. 3.3.).

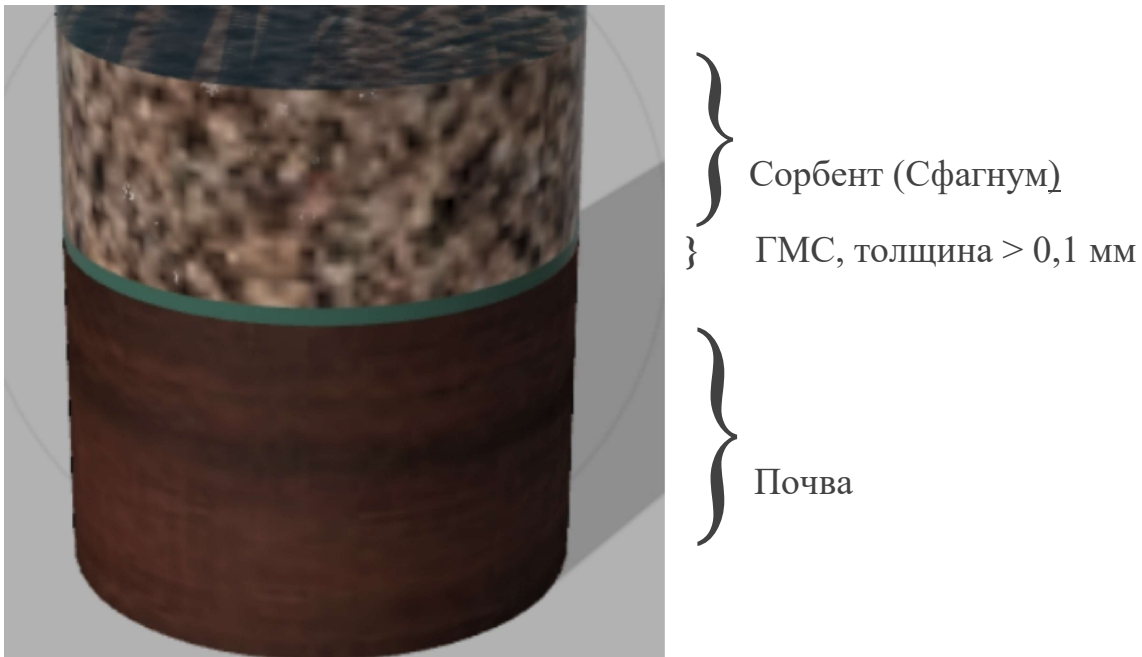


Рис. 3.3. Фотография опыта с абсорбцией ГСМ сфагнумом



Рис. 3.4. Работа со сфагнумом

Отработанный материал можно оставлять на месте разлива, однако желательно минимизировать потери ГСМ при их разливе, что поможет сократить расходы на закупку новых ГСМ. Нефти в РФ осталось на 30-35 лет добычи по одним данным, по другим - на 58, а рентабельной - на 19 лет. И даже самые оптимистичные прогнозы не дают цифр более 60 лет. Отработанный сфагнум можно собирать, а затем опять получать из него ГСМ методами отжатия с помощью прессов или путем центрифугирования. Более того при необходимости после отжатия впитанных нефтепродуктов можно повторно использовать мох сфагнум на загрязненных территориях.

Для изучения первого этапа предложенного метода нами был поставлен эксперимент. В стеклянную ёмкость был насыпан грунт и залито ГСМ, а затем внесен сухой мох *Sphagnum* (всё после предварительного взвешивания). Через 12 часов опять выполнено взвешивание, а затем путем центрифугирования ГСМ отжато из мха и опять произведено взвешивание (табл. 3.3, 3.4) (рис. 3.5).

Таблица 3.3.

**Весовое количество исследуемых компонентов при опыте**

Материалы	Количество
Мох <i>Sphagnum</i>	1,52 грамма
Грунт торфяной	53,71 грамм
Моторное масло М-8В	25,15 грамм

Таблица 3.4.

**Весовое количество исследуемых компонентов при разных вариантах опыта**

Масса <i>Sphagnum</i> в граммах		Действие
Вар. 1	Вар. 2	
1,52	0,05	До эксперимента
7,63	0,47	После впитывания ГМС и воды
Не проводилось	0,19	После центрифугирования

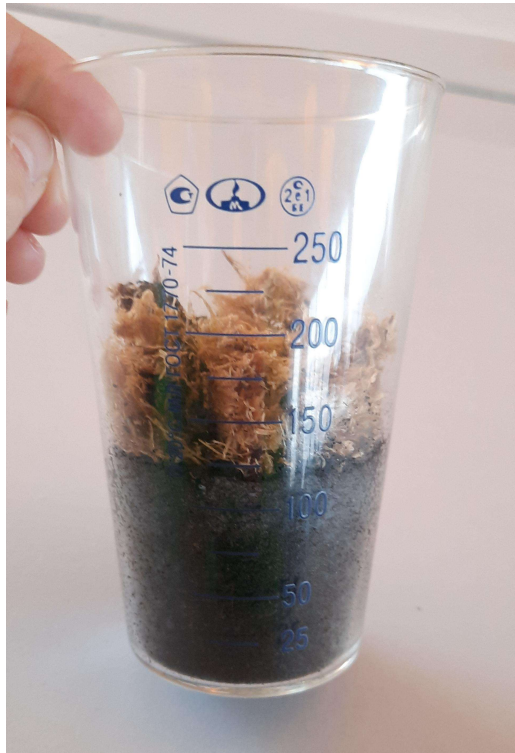


Рис. 3.5. Вариант 1 через 12 часов

Исходя из данных таблицы 3.2 на  $1\text{ м}^2$  среднезагрязнённой почвы следует использовать 0,8 кг мха. После центрифугирования удаётся получить почти 50% поглощенной ГСМ.

Второй этап применения биологических методов обеззараживания грунтов при разливе ГСМ – это внесение нефтеразлагающих бактерий. В мире наиболее эффективны препараты: Гидробак, Носкум, Петробак, Петродег-100, Петродег-200, а в России в основном применяют препараты Биоприн, Девуройл, Путидойл (рис 3.4).



Рис. 3.4. Нефтеперерабатывающие бактерии

В ФИЦ ИнБЮМ (Севастополь) культивируют нефтеперерабатывающие бактерии, очищающие морскую воду. Методами генной инженерии можно получить культуры, работающие в почве, и с проливом воды, проникающие на необходимую глубину. Перспективно и занесение бактерий с круглыми червями, симбионтами которых они могут являться (рис 3.5, 3.6) [11]. Если рекультивация почв естественным путем может длиться 5 лет и более, то внесённые микроорганизмы могут полностью разлагать углеводороды и нормализовать почвенные процессы за 45 дней.

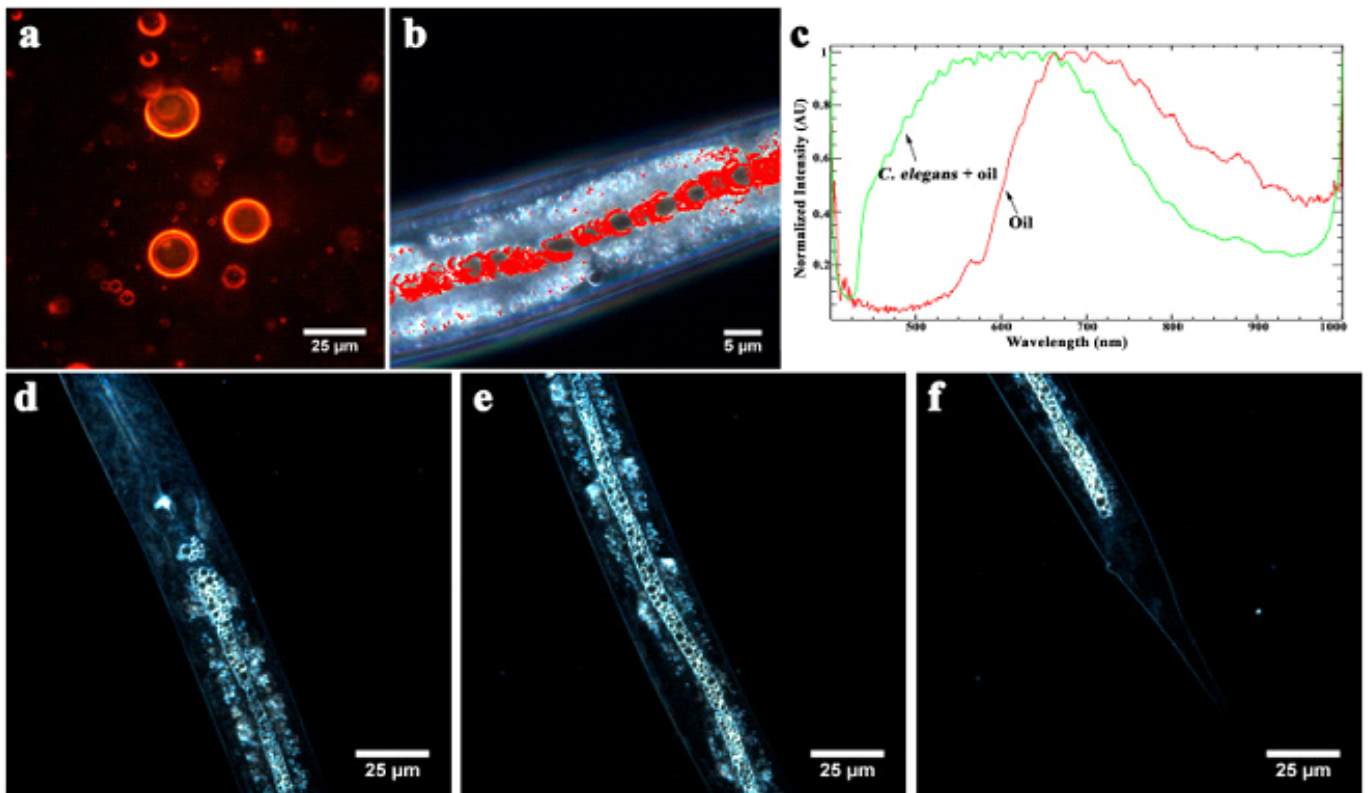


Рис. 3.5. Черви поедают нефть: углеводородоразлагающие бактерии *Alcanivorax borkumensis* колонизируют кишечник нематод *Caenorhabditis elegans* в качестве первого шага к зоочищению нефтяных разливов.



Рис. 3.6. Один из видов нематод, симбионтов нефтеразлагающих бактерий

Разработанная нами схема действий при разливе ГСМ в районах, прилегающих к железной дороге представлена ниже (рис. 3.7). Для большей оперативности ликвидации негативных последствий целесообразно использовать квадрокоптеры.

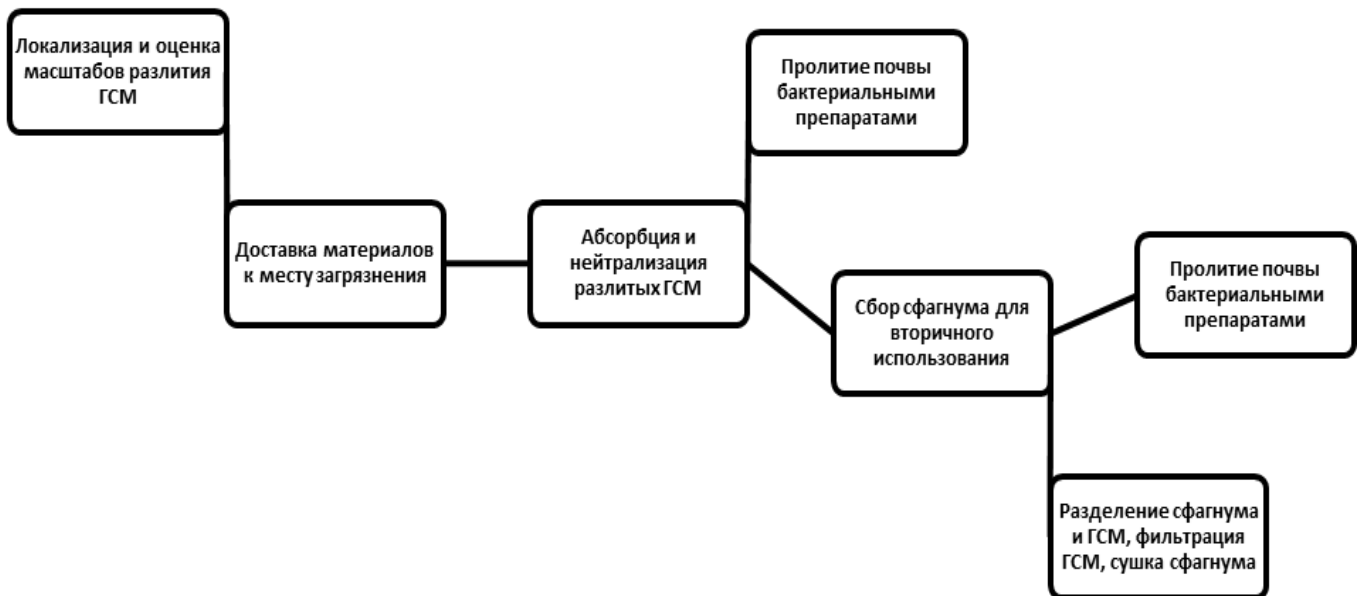


Рис. 3.7. Схема действий при разливе ГСМ по разработанному методу

Также была предпринята попытка оценки эффективности метода с экономической точки зрения (табл. 3.5).

Таблица 3.5.

**Эффективность метода с экономической точки зрения**

<b>Продукт и действие с ним</b>	<b>Цена</b>	<b>Стоимость</b>
Мох сфагнум, сухой	Интернет-ресурс Яндекс.Маркет предлагает оптимальным покупку 60 литров сфагнума за 350 рублей, т.е. цена за 1 литр сфагнума равна 0,17 рублей.	
Препарат на основе бактерий	Наиболее подходящий будет продукт типа «Бионэтик» (в упаковке по 12 кг) – 1440.00 рублей, цена с НДС от компании Терра Экология.	
Грузоперевозка к месту загрязнения	Зависит от маршрута, на котором произошло загрязнение / авария.	
Хранение	Зависит от стоимости аренды складских помещений в ближайшем населённом пункте от места происшествия.	

## ВЫВОДЫ

### (ПЛЮСЫ И МИНУСЫ КОМБИНИРОВАННОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ГСМ)

1. Биологические методы позволяет наиболее полно рекультивировать почвы после разлива горюче-смазочных материалов и других нефтепродуктов. Поэтому их стараются применять даже при использовании других методов на завершающей стадии.
2. Целесообразно использовать только биологические методы, т.к. нет затратной выемки грунта с последующим вывозом на полигоны, нет применения нередко ядовитых химических реактивов, нет вредных выбросов в атмосферу.
3. Использование двухэтапного биологического метода (1) абсорбция сфагнумом с последующим извлечением нефтепродуктов и (2) внесение специальных бактериальных культур позволяет не только в кратчайшие сроки ликвидировать последствия разлива ГСМ (за 1,5-2 месяца, против 5-10 лет при естественных процессах), но и частично собирать нефтепродукты, которые в самом ближайшем будущем могут стать дефицитом.
4. Нужно разработать методику подсчёта и обеспечить МЧС России необходимым количеством биологических веществ (сфагнум, бактериальные препараты) для рекультивации почв при разливе ГСМ и разработать оптимальные способы хранения и транспортировки этих веществ до мест аварии.
5. Недостатком второго этапа нашего биологического метода является не всегда достаточная для полной рекультивации глубина проникновения бактериальных культур без предварительного вспахивания. Необходимо разработать оптимальные методы проникновения бактерий (выведение методами генной инженерии бактериальных культур с нужными свойствами, внедрение бактерий с червями симбионтами и т.д.).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. © NEFTE-GAZ.INFO Все о нефтегазовом секторе РФ [Электронный ресурс] // URL: <https://nefte-gaz.info/fraktsiya-nefti-i-nefteproduktov-metody-i-pribory-dlya-opredeleniya-fraktsii-posle-pererabotki-nefti>
2. Rotar O., Rotar V., Iskrizhitsky A., Sharipov Z., Pimenova A. Adsorption of hydrocarbons using natural adsorbents of plant origin // 16th International Scientific Conference on Chemistry and Chemical Engineering in XXI Century 2015 (CCE 2015) Dedicated to Professor L.P. Kulyov. Ed. E. Korotkova. Procedia Chemistry. V. 15 Tomsk, Russia 25 - 29 May 2015. 231-236 pp.
3. Rotar O.V., Rotar V.G., Gess T.A., Iskrizhitsky A.A., Vorobiev D.S. Modification of natural petroleum adsorbent sphagnum dill national research tomsk polytechnic university // XVIII Международная научно-практическая конференция имени профессора Л.П. Кулёва. 2017. С. 446-447.
4. Shaikhulova S., Fakhrullina G., Nigamatzyanova L., Akhatova F., Fakhrullin R. Worms eat oil: alcanivorax borkumensis hydrocarbonoclastic bacteria colonise caenorhabditis elegans nematodes intestines as a first step towards oil spills zooremediation // Sci Total Environ. 2021.
5. Дегтярев Д.Н., Искрижицкая Д.В. Адсорбция нефтяных загрязнений природными сорбентами // Проблемы геологии и освоения недр – Екатеринбург: Уральский горный университет. 2013. С. 51-52
6. Железнодорожные смазки: типы и особенности применения [Электронный ресурс] // URL: <https://masla-smazki.com/a131067-zheleznodorozhnye-smazki-tipy.html>.
7. Разливы нефти: почему они случаются так часто и можно ли их предотвратить РБК Тренды [Электронный ресурс] // URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5fb2784e9a79477fa024d069>
8. Сфагнум [Электронный ресурс] // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%84%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%83%D0%BC>

9. Шигапов А.М. Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами отходов лесозаготовительной промышленности: дис. ... канд. биол. наук: Екатеринбург, 2016. - 228 с.
10. Щетнева Я.А. Влияние на окружающую среду разливов горюче-смазочных материалов при лесозаготовительных работах // StudArctic forum. № 1 (1), 2016.
11. Экологические требования к предприятиям транспортно-дорожного комплекса – РТС-тендер.