

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и инженерной экологии

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(код и наименование направления подготовки)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: **Разработка подходов к биоремедиации нефтезагрязненных  
земель**

Студент

К.Н. Хлыбов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.В. Заболотских

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Н.В. Яценко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите  
Заведующий кафедрой  
«Рациональное  
природопользование  
и ресурсосбережение»

к.п.н., доцент, М.В.Кравцова  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия )

(личная подпись)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Тольятти 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и инженерной экологии

---

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «РПиР»

\_\_\_\_\_ М.В. Кравцова  
(подпись) (И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение бакалаврской работы**

Студент: Хлыбов Кирилл Николаевич

1. Тема: Разработка комплекса мероприятий по биоремедиации нефтезагрязненных земель
2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 14 июня 2017г.
3. Исходные данные к бакалаврской работе:
  - 3.1 Анализ проблемы нефтяных загрязнений почв на основе материала из Института Экологии Волжского бассейна РАН.
  - 3.2 Анализ проблемы фиторемедиации фосфорных загрязнений почв .
- 4.Содержание бакалаврской работы:
  - 4.1 Провести анализ теоретических источников по проблеме нефтезагрязненных ландшафтов.
  - 4.2 Сравнительный анализ методов и технологий очистки и восстановления нефтезагрязненных ландшафтов.
  - 4.3 Провести экспериментальные исследования эффективности различных биоремедиационных или биосорбционных смесей для очистки и восстановлении нефтезагрязненных почв.

4.4 Разработать комплекс мероприятий по очистке почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

5. Дата выдачи задания « 26 » января 2017г.

Руководитель бакалаврской работы

\_\_\_\_\_  
(подпись)

В. В Заболотских

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

К.Н. Хлыбов

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и инженерной экологии

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «РПиР»

\_\_\_\_\_ М.В. Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«\_\_\_\_\_» 20\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения бакалаврской работы**

Студента: Хлыбова Кирилла Николаевича

по теме: Разработка комплекса мероприятий по биоремедиации  
нефтезагрязненных земель

| Наименование раздела<br>работы                                                                                                                                                        | Плановый срок<br>выполнения<br>раздела | Фактический<br>срок<br>выполнения<br>раздела | Отметка о<br>выполнении | Подпись<br>руководителя |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Введение                                                                                                                                                                              | 15.05.2017                             | 22.05.2017                                   | Выполнено               |                         |
| Провести анализ<br>теоретических источников<br>по проблеме<br>нефтезагрязненных<br>ландшафтов.                                                                                        | 17.05.2017                             | 27.05.2017                                   | Выполнено               |                         |
| Сравнительный анализ<br>методов и технологий<br>очистки и восстановления<br>нефтезагрязненных<br>ландшафтов.                                                                          | 20.05.2017                             | 29.05.2017                                   | Выполнено               |                         |
| Провести<br>экспериментальные<br>исследования<br>эффективности различных<br>биоремедиационных или<br>биосорбционных смесей для<br>очистки и восстановлении<br>нефтезагрязненных почв. | 23.05.2017                             | 01.06.2017                                   | Выполнено               |                         |

|                                                                                          |            |            |           |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-----------|--|
| Разработать комплекс мероприятий по очистке почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. | 25.05.2017 | 03.06.2017 | Выполнено |  |
| Заключение                                                                               | 03.06.2017 | 06.06.2017 | Выполнено |  |

Руководитель бакалаврской работы

В. В. Заболотских

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

К.Н. Хлыбов

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

## **АННОТАЦИЯ**

**Бакалаврскую работу выполнил:** Хлыбов К.Н.

**Научный руководитель:** Заболотских В.В.

Бакалаврская работа посвящена вопросу разработки комплекса мероприятий по биоремедиации нефтезагрязненных земель.

**Цель работы:** снижение негативного воздействия нефтяных загрязнений почв на основе разработки комплекса фиторемедиационных мероприятий.

Бакалаврская работа состоит из 59 страниц, введения, включает 31 рисунков и 29 таблиц, также в работу входит список литературы, состоящий из 63 источников, в том числе 5 иностранных.

В начале работы представлен анализ теоретических источников по проблеме нефтяного загрязнения почв.

Затем рассматриваются различные методы очистки почв от нефтяных загрязнений, в частности рассматривается метод фиторемедиации, основанный на использовании растений в процессах биоремедиации.

В работе также описываются результаты экспериментов по очистке почв от нефтяных загрязнений методом фиторемедиации, при помощи различных растений-фиторемедиантов, в которых выбран наиболее эффективный из них.

В конце работы представлен комплекс мероприятий по очистке почв от нефти и нефтепродуктов с использованием эффективных фиторемедиантов.

## **ABSTRACT**

The title of the work is «The Development of Approaches for Bioremediation of Oil-Contaminated Soil».

The aim of the work is to give some information about reducing the negative impact oil pollution of soil on the basis of the development of the complex phytoremediation events.

The diploma paper consists 59 pages: 3 chapter, introduction, 31 figures, 29 tables, the list of 63 references including 5 foreign sources.

We first analyze of theoretical sources on the problem of oil pollution of soils.

We then consider various methods of cleaning soil from oil pollution, in particular, we describe a method of phytoremediation is based on the use of plants in bioremediation processes.

We also describe the results of experiments for cleaning soils from oil pollution with the method of phytoremediation with different plants of phytoremediation and selected the most effective ones.

Finally we present a set of measures to clean up soil from oil and oil products using effective phytoremediation.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                                                            | 9  |
| 1. АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ПО ПРОБЛЕМЕ<br>ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ .....                                         | 10 |
| 1.1 Источники и факторы нефтяного загрязнения .....                                                                                       | 10 |
| 1.2 Основные компоненты нефти и их влияние на состояние почвенного<br>покрова .....                                                       | 11 |
| 1.3 Изменения почвенного покрова при нефтяном загрязнении и допустимое<br>содержание нефти и нефтепродуктов в почвах .....                | 13 |
| 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ОЧИСТКИ<br>ПОЧВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ .....                                                   | 16 |
| 2.1 Методы очистки почв от нефтяных загрязнений .....                                                                                     | 16 |
| 2.2 Фиторемедиация, как способ очистки почв от нефти и нефтепродуктов ..                                                                  | 17 |
| 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ<br>РАСТЕНИЙ ФИТОРЕМЕДИАНТОВ В ОЧИСТКЕ ПОЧВ ЗАГРЯЗНЕННЫХ<br>НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ ..... | 23 |
| 3.1 Оценка токсичности почв при их загрязнении различными<br>концентрациями нефти и нефтепродуктов .....                                  | 23 |
| 3.2 Фиторемедиация почв загрязненных нефтью и нефтепродуктами .....                                                                       | 28 |
| 3.4 Разработка мероприятий по очистке почв, загрязненных нефтью и<br>нефтепродуктами .....                                                | 49 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                                                          | 51 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....                                                                                                    | 53 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Актуальность исследования: на сегодняшний день одной из ведущих отраслей промышленности является нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая отрасли, но из-за старого оборудования, являющегося одной из причин нефтеразливов, непродуманной системы экологической защиты, эти отрасли являются одними из источников, отрицательно воздействующих на окружающую среду [8].

**Цель работы:** снижение негативного воздействия нефтяных загрязнений почв на основе разработки комплекса биоремедиационных мероприятий.

**Для реализации заданной цели были поставлены следующие задачи:**

1. Провести анализ теоретических источников по проблеме нефтяных загрязнений почв.
2. Провести сравнительный анализ методов и технологий очистки и восстановления нефтезагрязненных ландшафтов.
3. Провести экспериментальные исследования эффективности различных растений фиторемедиантов в очистке и восстановлении нефтезагрязненных почв.
4. Разработать комплекс мероприятий с применением фиторемедиационных технологий по очистке почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

## **1. АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ПО ПРОБЛЕМЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НЕФТЫЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

### **1.1 Источники и факторы нефтяного загрязнения**

Нефть является ценным сырьем для различных отраслей промышленности [10]. С конца XVIII века продукты ее переработки использовали, как источник света, а с XIX в она стала основным видом топлива [25]. По сравнению с другими полезными ископаемыми нефть довольно легко добывается и транспортируется [32]. Основная масса нефти (80-90%) используется в виде топлива и смазочных материалов [57]. Около 8% применяют в органическом синтезе (производство синтетических каучуков, полимеров, ПАВ, ядохимикатов) [5].

Несмотря на то, что без нефти и нефтепродуктов нельзя представить современную жизнь [44]. Ее использование наносит вред окружающей среде [13].

Основными источниками нефтяных загрязнений являются :

- 1) утечка нефти при добыче [43];
- 2) разливы при транспортировке нефти [60];
- 3) деятельность предприятий химической промышленности, использующих нефть в производстве (выбросы в атмосферу, сточные воды) [15];
- 4) загрязнения в результате бытового применения нефтепродуктов (топливо для транспорта) [24];
- 5) аварии на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях, а так же утечки из трубопроводов [36].

Результатом антропогенной деятельности в использовании нефти является загрязнение атмосферы, водоемов и в особенности почвенного покрова [58].

## 1.2 Основные компоненты нефти и их влияние на состояние почвенного покрова

Нефть - тяжелая маслянистая жидкость темно- коричневого цвета. Основу состава нефти составляют углеводороды различного строения, за исключением алкенов [45].

Состав нефти является не только важнейшим показателем ее качества, но и одной из экологических характеристик нефти, так как различные компоненты нефти оказывают не одинаковое токсическое воздействие на окружающую среду [30].

В таблице 1 приведены основные компоненты нефти, оказывающее наибольшее токсическое действие на почвенный покров [61].

**Таблица 1 - Основные компоненты нефти, оказывающее наибольшее токсическое действие и наносящие значительный урон почвенному покрову**

| Тип соединения                                                                                                                                | Токсическое действие                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                             | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Легкие фракции нефти (температура кипения до 200 <sup>0</sup> ) основу составляют неразветвленные алканы (C <sub>5</sub> - C <sub>11</sub> ). | Они легко перемещаются по почвенному слою, охватывая значительные площади, так же хорошо растворяются в воде и могут выноситься с грунтовыми водами из почвы в водоемы, часть УВ этой фракции испаряется из почвы в атмосферу [16]. Оказывают токсическое действие не микробные сообщества и растения, но могут подвергаться деструкции со стороны специальных групп микроорганизмов |
| Высокомолекулярные алканы состава с C <sub>11</sub>                                                                                           | Оказывают незначительное токсическое действие на почвенную биоту, по сравнению с легкой фракцией. Однако, вследствие низкой растворимости в воде и испаряемости с поверхности почв могут закупоривать ее поры, нарушая процессы воздушного и водного обмена с окружающей средой, например парафин                                                                                    |
| Циклоалканы                                                                                                                                   | Трудноокисляемые, малорастворимые [41]. Но могут окисляться определенными группами микроорганизмов                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Арены                                                                                                                                         | Оказывают наибольшее токсическое действие на состояние почв, не подвергаются окислению при обычных температурах [54]. Почти не подвергаются разрушению со стороны микроорганизмов, за исключением, например, Pseudomonas. Однако, арены обладают значительно                                                                                                                         |

## Продолжение таблицы 1

| 1                                                                           | 2                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                             | меньшей подвижностью по сравнению с легкими фракциями нефти. Наиболее токсичны бензол и его гомологи                                                                                                                                                                        |
| Сернистые соединения (сероводороды, сульфиды, дисульфиды, меркаптаны и др.) | Сильное токсическое действие на микроорганизмы и растения, особенно со стороны сульфидов и меркаптанов                                                                                                                                                                      |
| Смолы, асфальтены                                                           | Незначительная химическая токсичность [49]. Концентрируются преимущественно в верхних слоях почвенного покрова, являясь труднодоступными для микроорганизмов, они подвергаются очень длительной деструкции, а также нарушают дыхание почв и их влагообмен с растениями [52] |

Нефтепродукты – продукты переработки нефти. В таблице 2 приведены основные типы нефтепродуктов [55].

**Таблица 2 - Основные типы нефтепродуктов**

| Тип     | Описание                                                          | Пример                         |
|---------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Легкие  | Жидкие растворимые.                                               | Бензин, керосин, дизель        |
| Тяжелые | Тяжелые маслянистые вязкие жидкости, близкие к твердому состоянию | Мазут, смазочные масла, битумы |

Таким образом, нефть и нефтепродукты могут находиться в почве в двух состояниях [34]:

- легкоподвижном, растворимом активно перемещаясь по почвенным слоям, перемещаясь на глубину и растворяясь в грунтовых водах и испаряясь в атмосферу [47]. Это состояние характерно для легких фракций и нефтепродуктов [28].

- неподвижном, не проникают глубоко, что затрудняет их разрушение микроорганизмами, медленно испаряются с поверхности почв, закупоривают поры почв, затрудняя ее водо-и газообмен с растениями и окружающей средой [19]. Это состояние характерно для тяжелых нефтей и нефтепродуктов [21].

### **1.3 Изменения почвенного покрова при нефтяном загрязнении и допустимое содержание нефти и нефтепродуктов в почвах**

Нефть и нефтепродукты оказывают негативное воздействие на состояние почв, они способны привести к изменениям в их составе и свойствах, что отрицательно сказывается на их плодородие в гумусовом составе, которые являются основными характеристиками качества почвы [7].

Общая характеристика изменений, происходящих в почвах при попадании в них нефти и нефтепродуктов [31]:

- Нарушение фотосинтезирующей деятельности растительного покрова, затрудняется поступления к растениям питательных веществ и влаги, в результате чего растения либо погибают, либо функционируют не в полной мере [40].

- Нарушение баланса почвенных микроорганизмов, т.е. микроорганизмы не устойчивы к нефтяному загрязнению, но которые могут быть полезны для растений и для внутренних почвенных процессов погибают, но при этом увеличивается доля микроорганизмов - деструкторов нефтяных загрязнений [63].

- Загрязнение других сфер окружающей среды, так как пористая структура почвы позволяет компонентами нефтезагрязнений улетучиваться в атмосферу, а грунтовые воды, позволяют растворимым загрязняющим веществам переноситься в водоемы [51].

- Увеличение содержания органического углерода в почве, так как основу нефтезагрязнений составляют углеводороды, основным элементом, которых является С [1].

- При высоких концентрациях загрязнителя замедляется самоочищающая способность почв [11].

Для оценки степени воздействия нефти и нефтепродуктов на состояние почвенного покрова используют 2 параметра [17]:

- нижний допустимый порог концентраций – при такой концентрации загрязнителя почва способна к самовосстановлению, при превышении этой

границы наблюдаются негативные изменения, происходящие в почвенном покрове [27].

- верхний допустимый порог концентрации – при такой концентрации загрязнителя скорость процессов самовосстановления почв существенно замедляется, наступает их постепенная деградация, при превышении этой границы наблюдается полная деградация почв [33].

Почвы различных климатических зон имеют разный состав и обладают разными свойствами, поэтому влияние нефти и нефтепродуктов на почвы разных районов неодинаково и нельзя говорить о едином показателе загрязнения всех почв на территории России [39]. За ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК) нефти и нефтепродуктов различных типов почв принят нижний допустимый порог концентраций (табл. 3) [42].

**Таблица 3 – ОДК почв разных районов**

| Тип загрязнения               | Тип почв                            | ОДК, мг/кг | Степень воздействия на почву                                                                                                                                        |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Легкая нефть                  | Дерново-подзолистые                 | 4000       | Кратковременное. Нарушение баланса фотосинтезирующей деятельности растений [59]                                                                                     |
|                               | Серые, лесные черноземы, каштановые | 8000       |                                                                                                                                                                     |
| Тяжелая нефть и нефтепродукты | Дерново-подзолистые                 | 2000       | Долговременное медленно воздействие. Нарушение баланса микроорганизмов, закупоривание почвенных пор, нарушение механизма снабжения растений питательными веществами |
|                               | Серые, лесные черноземы, каштановые | 4000       |                                                                                                                                                                     |
|                               | Полупустынные, песчаные             | 2000       |                                                                                                                                                                     |

Процесс самовосстановления почв от нефтезагрязнений состоит из трех этапов [53]:

1. Физически процесс (выветривание, вымывание, испарение) [50].
2. Деструкция микроорганизмами, сопровождается увеличением численности и видового разнообразия микроорганизмов нефтедеструкторов [56].
3. Разложение оставшихся после 2го этапа тяжелых углеводородов,

например парафинов [37].

Этот процесс очень длительный и может занимать более 40 лет, поэтому требуется разработка способов очистки почв от нефтезагрязнений [62].

## 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ПОЧВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

### 2.1 Методы очистки почв от загрязнений

Нефтезагрязнения почв на сегодняшний день является одной из основных экологических проблем, требующих технологических подходов к решению [14].

Для разработки технологических решений по очистке почв от нефти и нефтепродуктов был проведен систематический анализ существующих методов очистки почв от нефтезагрязнений, которые приведены в таблице 4.

**Таблица 4 - Основные способы очистки почв от нефтезагрязнений**

| Метод             | Способы              | Характеристика                                                                                                               | Достоинства и недостатки                                                                                                                                                          |
|-------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                 | 2                    | 3                                                                                                                            | 4                                                                                                                                                                                 |
| Механический      | Откачка нефти        | Осуществляется насосами                                                                                                      | Длительные дорогостоящие процессы. Применяются при крупных разливах для поверхностной очистки почв, не решают проблему очистки почв при проникновении загрязнения на глубину [46] |
|                   | Замена почв          | Осуществляется сгребание почв спец. техникой (тракторы, экскаваторы, бульдозеры), после она направляется на полигоны отходов |                                                                                                                                                                                   |
|                   | Сжигание             | Значительные количества загрязнителей попадают в атмосферу                                                                   |                                                                                                                                                                                   |
| Химический        | Осаждение            | Посредством введения хим. Реагентов, в результате почвенные загрязнители переходят в менее токсичные и подвижные формы [38]  | Образующиеся соединения легко разлагаются в грунтовых водах, выносятся ими в водоемы и загрязняют их [23]                                                                         |
|                   | Окисление            |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                   |
|                   | Восстановление       |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                   |
|                   | Замещение            |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                   |
|                   | Комплексообразование |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                   |
| Физико-химические | Промывка             | Осуществляется в промывных барабанах при                                                                                     |                                                                                                                                                                                   |

**Продолжение таблицы 4**

| <b>1</b>      | <b>2</b>       | <b>3</b>                                                                                                                                       | <b>4</b>                                                                                           |
|---------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               |                | помощи моющих агентов, после отправляется на отстаивание                                                                                       |                                                                                                    |
|               | Экстракция     | Разделение жидких смесей при помощи подходящего растворителя (экстрагента)                                                                     | «+»Простота оборудования, низкие температуры процесса.<br>«-» Трудности в удалении экстрагента [6] |
|               | Сорбция        | Основана на способности некоторых веществ поглощать нефтезагрязнения при разливах на небольших площадях (преимущественно твердых поверхностях) |                                                                                                    |
| Биологические | Биоремедиация  | При помощи микроорганизмов биодеструкторов, сопровождается их помещением в почву периодической подкормкой и увлажнением                        | Экономичность, экологичность, доступность, безопасность                                            |
|               | Фиторемедиация | При помощи растений, способных аккумулировать нефтезагрязнения и активизировать деятельность микроорганизмов                                   |                                                                                                    |

## **2.2 Фиторемедиация, как способ очистки почв от нефти и нефтепродуктов**

Фиторемедиация – одно из новых направлений биологической очистки, основанное на применении растений их способности поглощать и

накапливать загрязнения в своих частях, а также активизировать деятельность почвенных микроорганизмов в борьбе с загрязнениями, обеспечивая их необходимыми питательными элементами [18].

Преимуществами фиторемедиации является: возможность осуществления процесса на большой территории и простота реализации. [22]. В таблице 5 приведен систематический анализ наиболее эффективных и часто применяемых растений фиторемедиантов.

**Таблица 5 – Фиторемедианты, способные к очистке почв от нефти и нефтепродуктов**

| Название                                                                     | Характеристика                                                    | Функции                                                                             | Внешний вид                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                            | 2                                                                 | 3                                                                                   | 4                                                                                    |
| Семейство мятликовые (Poaceae)                                               |                                                                   |                                                                                     |                                                                                      |
| Житняк ширококолосый<br>( <i>Agropyron pectiniforme</i> Roem. et<br>Schult.) | Многолетнее травянистое<br>растение, не требователен к<br>почвам. | Поглощаемые УВ:<br>Хризен, бенз(а)пирен,<br>бенз(а)антрацен,<br>дибенз(а,h)антрацен |   |
| Овсяница луговая ( <i>Festuca<br/>pratensis</i> )                            | Травянистое растение,<br>устойчиво к холодному климату            | Способна очищать почвы<br>от нефти, дизеля.                                         |  |

Продолжение таблицы 5

| 1                                            | 2                                            | 3                                                                                                | 4                                                                                   |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Просо посевное ( <i>Panicum miliaceum</i> )  | Травянистое растение, устойчив к засухе      | Очистка от антрацена, пирена                                                                     |  |
| Плевел многолетний ( <i>Lolium perenne</i> ) | Цветковое растение, неприхотливое к условиям | Широкий спектр, очищаемых УВ алканы, пристан, гексадекан, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен |  |
| Семейство бобовые (Fabaceae)                 |                                              |                                                                                                  |                                                                                     |

Продолжение таблицы 5

| 1                                                    | 2                                                                                             | 3                                                              | 4                                                                                    |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Люцерна посевная<br>( <i>Medicago sativa</i> )       | Травянистое растение, мощная<br>корневая система и ее глубокое<br>проникновение в почву       | Способна к очистке<br>Бензола, антрацена,<br>пирена, нафталина |   |
| Люпин многолистный<br>( <i>Lupinus polyphyllus</i> ) | Накапливает необходимую биомассу<br>и аккумулирует большое количество<br>питательных веществ. | Очистка почв от нефти                                          |   |
| Соя культурная ( <i>Glycine<br/>max</i> )            | Травянистое растение, невысокие<br>стебли, характеризуется высокой<br>всхожестью.             | Очистка почв от<br>антрацена                                   |  |
| Семейство ивовые ( <i>Salicaceae</i> )               |                                                                                               |                                                                |                                                                                      |

**Продолжение таблицы 5**

| 1                                                   | 2                                                                 | 3                                                    | 4                                                                                   |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Тополь дрожащий<br/>(<i>Pópulus trémula</i>)</p> | <p>Неприхотлив к типу почв,<br/>предохраняет почвы от эрозии.</p> | <p>Очистка от<br/>Бензола, толуола,<br/>о-ксилол</p> |  |

### **3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ФИТОРЕМЕДИАНТОВ В ОЧИСТКЕ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

#### **3.1 Оценка токсичности почв при их загрязнении различными концентрациями нефти и нефтепродуктов**

Токсичность – один из основных критериев, характеризующих степень деградации почв под воздействием различных загрязнителей [26]. Определение этого параметра является подготовительным этапом биоремедиационных мероприятий и называется биотестированием [3]. В качестве индикатора токсичности выступают различные тест-параметры (смертность, размножение, длина корней и стебля, всхожесть семян, и др.), которые показывают тест-объекты (растения, бактерии, ракообразные), помещенные в токсичную зону [29].

##### **Эксперимент № 1.**

Цель: определить степень токсичности почв при их загрязнении различными концентрациями нефти и нефтепродуктов.

##### **Материалы:**

В роли тест-объекта был использован кресс-салат, а в качестве загрязнителей почвы нефть, бензин, керосин в объеме мл.

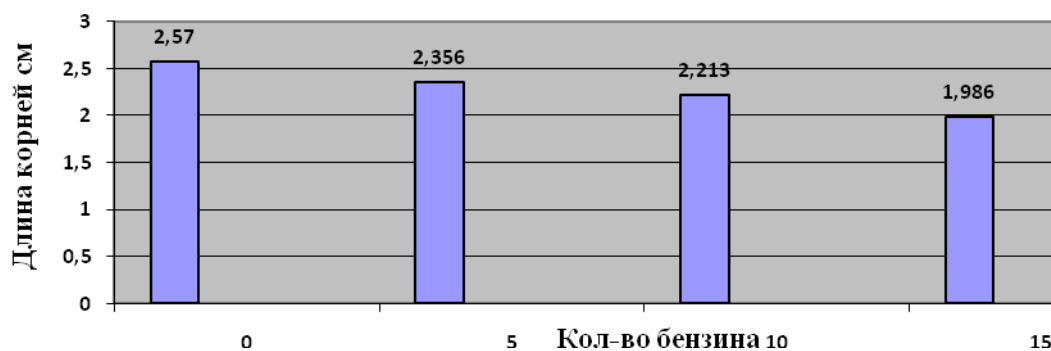
##### **Ход эксперимента:**

1. Посадка кресс-салата в незагрязненную нефтью и нефтепродуктами почву – контрольная проба.
2. Посадка кресс-салата в почву, загрязненную нефтью в объеме мл.
3. Посадка кресс-салата в почву, загрязненную керосином в объеме мл.
4. Посадка кресс-салата в почву, загрязненную бензином в объеме мл.
5. Наблюдение за результатами в течение 7 дней.
6. Определение токсичности почв по тест-параметрам, которые показал кресс-салат в условиях загрязнения.
7. Обработка результатов

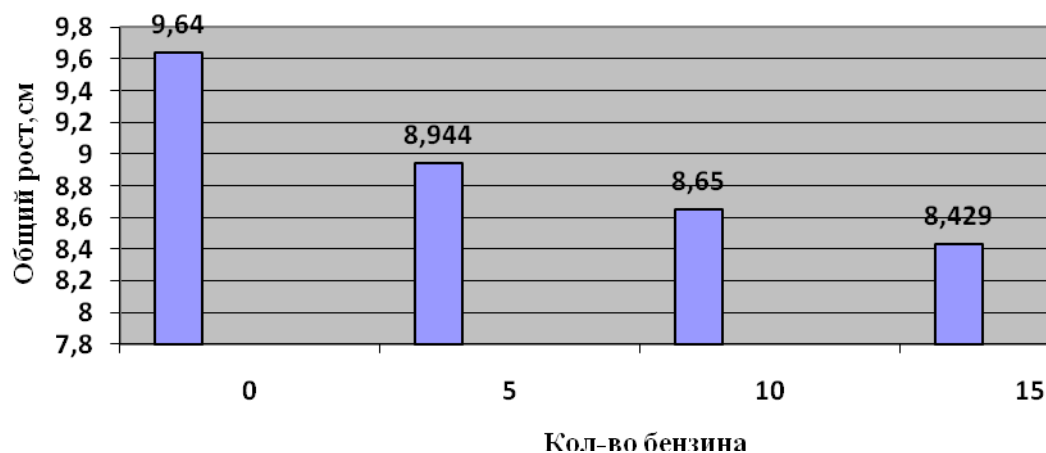
Результаты эксперимента:

**Таблица 6 – Влияние бензинового загрязнения на рост и развитие кресс-салата**

| Степень загрязнения,<br>мл                      | № ростка | Длина корней, см | Общий рост, см |
|-------------------------------------------------|----------|------------------|----------------|
| Без загрязнения -<br>контроль<br>Всхожесть 100% | 1        | 2,5              | 9,5            |
|                                                 | 2        | 2,5              | 9,8            |
|                                                 | 3        | 2,8              | 10,0           |
|                                                 | 4        | 2,4              | 9,2            |
|                                                 | 5        | 2,5              | 9,5            |
|                                                 | 6        | 2,6              | 9,5            |
|                                                 | 7        | 2,6              | 9,9            |
|                                                 | 8        | 2,8              | 10,0           |
|                                                 | 9        | 2,5              | 9,5            |
|                                                 | 10       | 2,5              | 9,5            |
| <b>Среднее</b>                                  |          | <b>2,57</b>      | <b>9,64</b>    |
| Бензин 5 мл                                     | 1        | 2,4              | 9,0            |
| Всхожесть 90%                                   | 2        | 2,3              | 8,8            |
|                                                 | 3        | 2,4              | 8,9            |
|                                                 | 4        | 2,3              | 8,9            |
|                                                 | 5        | 2,3              | 8,9            |
|                                                 | 6        | 2,4              | 9,0            |
|                                                 | 7        | 2,4              | 9,0            |
|                                                 | 8        | 2,4              | 9,0            |
|                                                 | 9        | 2,3              | 8,9            |
| <b>Среднее</b>                                  |          | <b>2,356</b>     | <b>8,944</b>   |
| Бензин 10 мл<br>Всхожесть 80%                   | 1        | 2,2              | 8,7            |
|                                                 | 2        | 2,1              | 8,6            |
|                                                 | 3        | 2,2              | 8,6            |
|                                                 | 4        | 2,3              | 8,7            |
|                                                 | 5        | 2,2              | 8,7            |
|                                                 | 6        | 2,3              | 8,6            |
|                                                 | 7        | 2,2              | 8,6            |
|                                                 | 8        | 2,2              | 8,7            |
| <b>Среднее</b>                                  |          | <b>2,213</b>     | <b>8,65</b>    |
| Бензин 15мл<br>Всхожесть 70%                    | 1        | 2                | 8,5            |
|                                                 | 2        | 2                | 8,5            |
|                                                 | 3        | 1,8              | 8,0            |
|                                                 | 4        | 2,1              | 8,6            |
|                                                 | 5        | 2                | 8,4            |
|                                                 | 6        | 2                | 8,5            |
|                                                 | 7        | 2                | 8,5            |
| <b>Среднее</b>                                  |          | <b>1,986</b>     | <b>8,429</b>   |



**Рисунок 1 – Различия по длине корней тест-объекта кресс-салата**



**Рисунок 2 – Различия по высоте проростков кресс-салата**

**Таблица 7 – Влияние керосинового загрязнения на ростовые показатели кресс-салата**

| Степень загрязнения, мл        | № ростка | Длина корней, см | Общий рост, см |
|--------------------------------|----------|------------------|----------------|
| <b>1</b>                       | <b>2</b> | <b>3</b>         | <b>4</b>       |
| Без загрязнения - контроль     | 1        | 2,5              | 9,5            |
| <b>Среднее</b>                 |          | <b>2,57</b>      | <b>9,64</b>    |
| Керосин 5 мл<br>Всхожесть 100% | 1        | 2,4              | 9,0            |
|                                | 2        | 2,3              | 8,8            |
|                                | 3        | 2,4              | 8,9            |
|                                | 4        | 2,3              | 8,9            |
|                                | 5        | 2,3              | 8,9            |
|                                | 6        | 2,4              | 9,0            |
|                                | 7        | 2,4              | 9,2            |
|                                | 8        | 2,4              | 9,1            |
|                                | 9        | 2,4              | 9,0            |
|                                | 10       | 2,4              | 9,0            |
| <b>Среднее</b>                 |          | <b>2,37</b>      | <b>8,98</b>    |

Продолжение таблицы 7

| 1                               | 2 | 3            | 4            |
|---------------------------------|---|--------------|--------------|
| Керосин 10 мл<br>Всхожесть 80%  | 1 | 2,2          | 8,5          |
|                                 | 2 | 2,2          | 8,5          |
|                                 | 3 | 2,2          | 8,5          |
|                                 | 4 | 2,1          | 8,0          |
|                                 | 5 | 2,1          | 8,3          |
|                                 | 6 | 2,3          | 8,7          |
|                                 | 7 | 2,2          | 8,6          |
|                                 | 8 | 2,2          | 8,6          |
| <b>Среднее</b>                  |   | <b>1,913</b> | <b>8,463</b> |
| Керосин 15 мл<br>Всхожесть 60 % | 1 | 2,0          | 6,5          |
|                                 | 2 | 2,0          | 6,5          |
|                                 | 3 | 2,0          | 6,5          |
|                                 | 4 | 2,0          | 6,5          |
|                                 | 5 | 1,8          | 6,3          |
|                                 | 6 | 2,0          | 6,5          |
| <b>Среднее</b>                  |   | <b>1,967</b> | <b>6,467</b> |



Рисунок 3 – Различия по длине корней кресс-салата

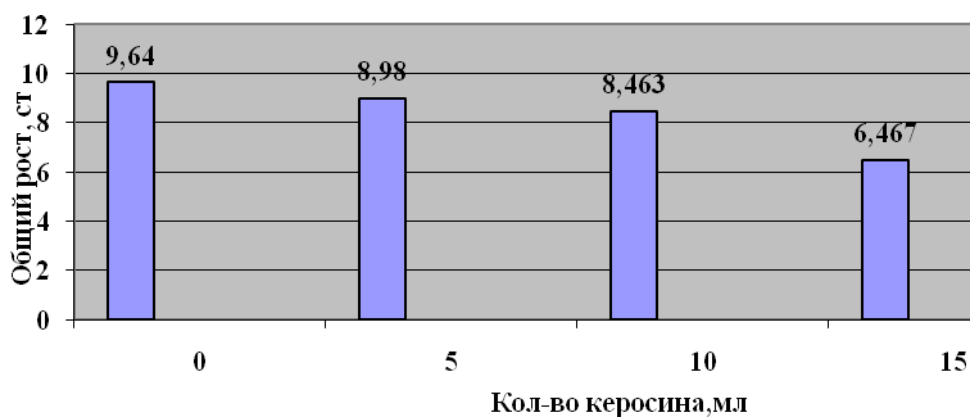
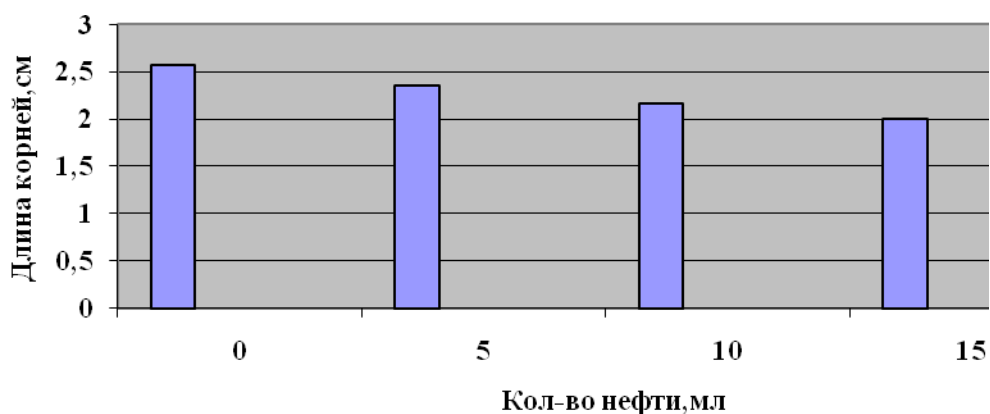


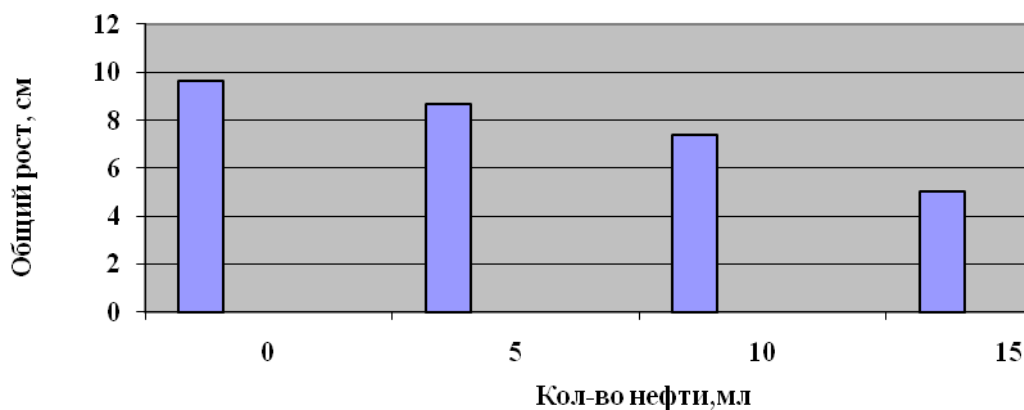
Рисунок 4 – Различия по высоте ростков кресс-салата

**Таблица 8 – Влияние нефтяного загрязнения на рост и развитие кресс-салата**

| <b>Степень загрязнения, мл</b> | <b>№ ростка</b> | <b>Длина корней, см</b> | <b>Длина растений, см</b> |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|
| Без загрязнения – контроль     | 1               | 2,5                     | 9,5                       |
| <b>Среднее</b>                 |                 | <b>2,57</b>             | <b>9,64</b>               |
| Нефть 5 мл<br>Всхожесть 60%    | 1               | 2,4                     | 8,5                       |
|                                | 2               | 2,3                     | 8,8                       |
|                                | 3               | 2,4                     | 8,5                       |
|                                | 4               | 2,3                     | 8,5                       |
|                                | 5               | 2,3                     | 8,9                       |
|                                | 6               | 2,4                     | 8,7                       |
| <b>Среднее</b>                 |                 | <b>2,35</b>             | <b>8,65</b>               |
| Нефть 10 мл<br>Всхожесть 50%   | 1               | 2,2                     | 7,5                       |
|                                | 2               | 2,2                     | 7,5                       |
|                                | 3               | 2,2                     | 7,5                       |
|                                | 4               | 2,1                     | 7,0                       |
|                                | 5               | 2,1                     | 7,3                       |
| <b>Среднее</b>                 |                 | <b>2,16</b>             | <b>7,36</b>               |
| Нефть 15 мл<br>Всхожесть 10%   | 1               | 2,0                     | 5                         |
|                                |                 |                         |                           |



**Рисунок 5 - Различия по длине корней тест объекта кресс-салата выращенного на загрязненных образцах почвы и не загрязненной почве (контроль 0)**

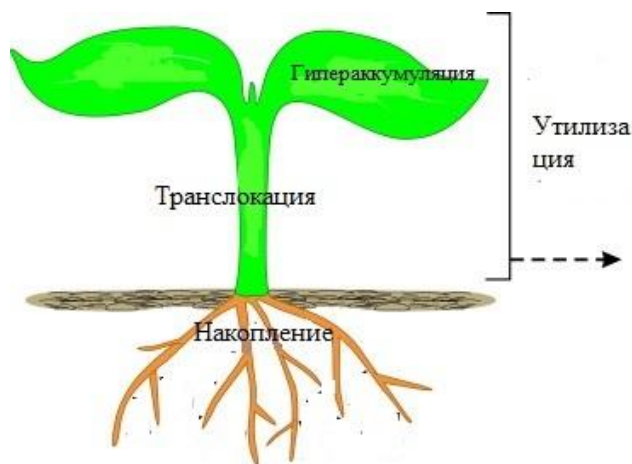


**Рисунок 6 – Различие по высоте ростков тест-объекта**

Вывод: Из представленных таблиц и диаграмм следует, что при увеличении концентрации загрязнения кресс-салат показывает ухудшение тест-параметров: уменьшается всхожесть семян, длина корней и высота ростков по сравнению с контрольным образцом, в котором отсутствует загрязнение нефтью и нефтепродуктами. Наиболее сильное токсическое воздействие на кресс-салат было обнаружено в образцах с наибольшей концентрацией нефти (15 мл) в почве

### **3.2 Фиторемедиация почв загрязненных нефтью и нефтепродуктами**

Фиторемедиация, как способ очистки почв от различных загрязнителей, в том числе от нефти и нефтепродуктов, основан на применении растений [35].



**Рисунок 7 – Схема процесса фиторемедиации**

Фиторемедиационный принцип действия растений состоит из нескольких этапов [48]:

1. Поглощение и накопление загрязнителя в ризосфере растений [2].
2. Трансформация загрязнителя от корней к стеблю [12].
3. Выделение остатков переработанного загрязнителя в атмосферу при помощи листьев [27].

По литературным данным в качестве фиторемедиантов для нефтезагрязнений почв наиболее эффективными являются растения из семейства бобовых, именно они преимущественно были использованы в экспериментальной части данной работы [4].

#### Эксперимент №2

Цель: оценить эффективность различных фиторемедиантов в борьбе с нефтяными загрязнениями почв.

Материалы:

В качестве фиторемедиантов использовались растения, представленные в таблице 9.

**Таблица 9 – Растения фиторемедианты, применяемые в практической части [9]**

| № | Наименование                   | Семейство                                    |
|---|--------------------------------|----------------------------------------------|
| 1 | Вика ( <i>Vicia sativa</i> L.) | Бобовые (Fabaceae)                           |
| 2 | Люпин ( <i>Lupinus</i> )       |                                              |
| 3 | Люцерна ( <i>Medicago</i> )    |                                              |
| 4 | Фацелия ( <i>Phacelia</i> L.)  | Семейства водолистниковые (Hydrophyllaceae). |

В качестве загрязняющих веществ применялись: нефть, бензин, керосин в объеме наибольшей концентрации 15 мл.

Ход работы:

1. Загрязнить 8 почвенных образцов нефтью в объеме 15 мл.
2. Посадка в первый образец 10 семян вики.
3. Посадка во второй образец 5 семян люпина.

4. Посадка в третий образец семян люцерны.
5. Посадка в четвертый образец семян фацелии.
6. Посадка в пятый образец смеси 10 семян вики и семян люцерны.
7. Посадка в шестой образец смеси 10 семян вики, 5 семян люпина и семян люцерны.
8. Посадка в седьмой образец смеси семян люцерны и фацелии.
9. Посадка в восьмой образец смеси 10 семян вики, 3 семян люпина, семян фацелии и семян люцерны.
10. Повторить пункты 1-9 для керосина и бензина.
11. Наблюдение за ходом эксперимента в течении 2 недель.
12. Обработка результатов эксперимента.

Результаты эксперимента:

**Таблица 10 – Фиторемедиация почв, загрязненных нефтью**

| Фиторемедиант                       | № растения | Длина корней, см | Общий рост, см |
|-------------------------------------|------------|------------------|----------------|
| <b>1</b>                            | <b>2</b>   | <b>3</b>         | <b>4</b>       |
| Вика<br>Всхожесть 60%               | 1          | 10               | 34             |
|                                     | 2          | 10,5             | 34,5           |
|                                     | 3          | 10,5             | 34,5           |
|                                     | 4          | 10               | 34             |
|                                     | 5          | 10,2             | 34,3           |
|                                     | 6          | 10               | 34             |
| <b>Среднее</b>                      |            | <b>10,2</b>      | <b>34,217</b>  |
| Люпин<br>Всхожесть 20%              | 1          | 14               | 32             |
| Люцерна<br>Всхожесть незначительная | 1          | 1                | 2              |
| Фацелия                             | 1          | 2                | 6,5            |
|                                     | 2          | 2                | 6,5            |
|                                     | 3          | 2,3              | 6,8            |
|                                     | 4          | 2,2              | 6,5            |
|                                     | 5          | 1,8              | 6,0            |
|                                     | 6          | 2                | 6,5            |
|                                     | 7          | 2                | 6,5            |
| <b>Среднее</b>                      |            | <b>2,043</b>     | <b>6,471</b>   |
| <b>Смесь 1</b>                      |            |                  |                |
| Вика<br>Всхожесть 20%               | 1          | 13               | 23             |
|                                     | 2          | 13               | 23             |
| <b>Среднее</b>                      |            | <b>13</b>        | <b>23</b>      |

**Продолжение таблицы 10**

|                                        |          |              |              |
|----------------------------------------|----------|--------------|--------------|
| +                                      |          |              |              |
| <b>1</b>                               | <b>2</b> | <b>3</b>     | <b>4</b>     |
| Люцерна<br>Всхожесть средняя           | 1        | 1,5          | 3            |
|                                        | 2        | 2            | 3,5          |
|                                        | 3        | 2            | 3,5          |
|                                        | 4        | 1,4          | 3,2          |
|                                        | 5        | 1,5          | 3            |
| <b>Среднее</b>                         |          | <b>1,98</b>  | <b>3,24</b>  |
| Смесь 2                                |          |              |              |
| Вика<br>Всхожесть 10%                  | 1        | 3            | 11           |
| +                                      |          |              |              |
| Люпин<br>Всхожесть 0%                  | -        | -            | -            |
| +                                      |          |              |              |
| Люцерна, всхожесть<br>высокая          | 1        | 2            | 4            |
|                                        | 2        | 2,5          | 4,5          |
|                                        | 3        | 2            | 4            |
|                                        | 4        | 2            | 4            |
|                                        | 5        | 1,5          | 3,8          |
|                                        | 6        | 2            | 4            |
|                                        | 7        | 2            | 4            |
| <b>Среднее</b>                         |          | <b>1,714</b> | <b>3,471</b> |
| Смесь 3                                |          |              |              |
| Люцерна<br>Всхожесть<br>незначительная | 1        | 1            | 2            |
| +                                      |          |              |              |
| Фацелия<br>всхожесть<br>высокая        | 1        | 2            | 5            |
|                                        | 2        | 2            | 5            |
|                                        | 3        | 2            | 5            |
|                                        | 4        | 2,5          | 5,3          |
|                                        | 5        | 2,5          | 5,5          |
|                                        | 6        | 2            | 5            |
| <b>Среднее</b>                         |          | <b>2,167</b> | <b>5,133</b> |
| Смесь 4                                |          |              |              |
| Вика<br>Всхожесть 20%                  | 1        | 1,5          | 6            |
|                                        | 2        | 1,4          | 6,3          |
| <b>Среднее</b>                         |          | <b>1,45</b>  | <b>6,15</b>  |
| +                                      |          |              |              |

Продолжение таблицы 10

| 1                               | 2 | 3     | 4     |
|---------------------------------|---|-------|-------|
| Фацелия<br>Всхожесть<br>Высокая | 1 | 1,5   | 3     |
|                                 | 2 | 1,5   | 3     |
|                                 | 3 | 1,5   | 3     |
|                                 | 4 | 1,7   | 3,5   |
|                                 | 5 | 1,7   | 3,5   |
|                                 | 6 | 1,7   | 3,5   |
|                                 | 7 | 1,5   | 3,0   |
| Среднее                         |   | 1,586 | 3,214 |
| +                               |   |       |       |
| Люпин<br>Всхожесть 0%           | - | -     | -     |
| +                               |   |       |       |
| Люцерна<br>Всхожесть 0%         | - | -     | -     |

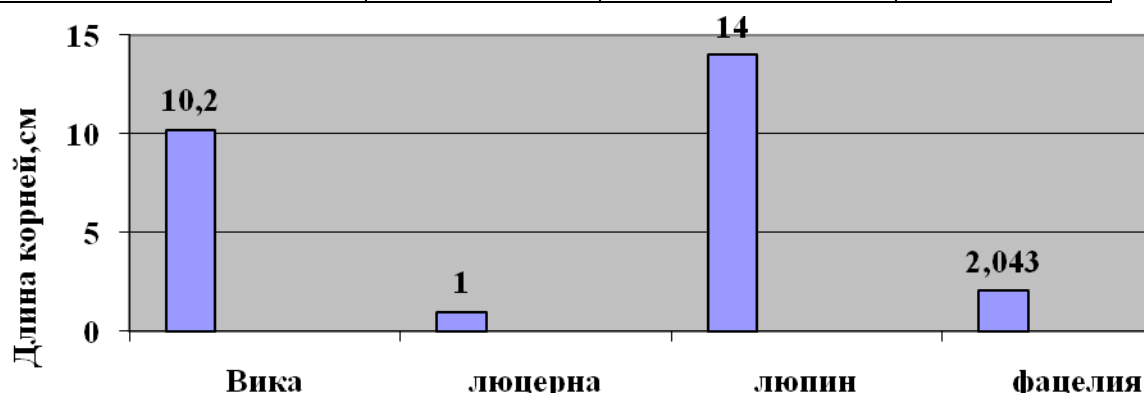


Рисунок 8 – Различия по длине корней у различных фиторе медиантов

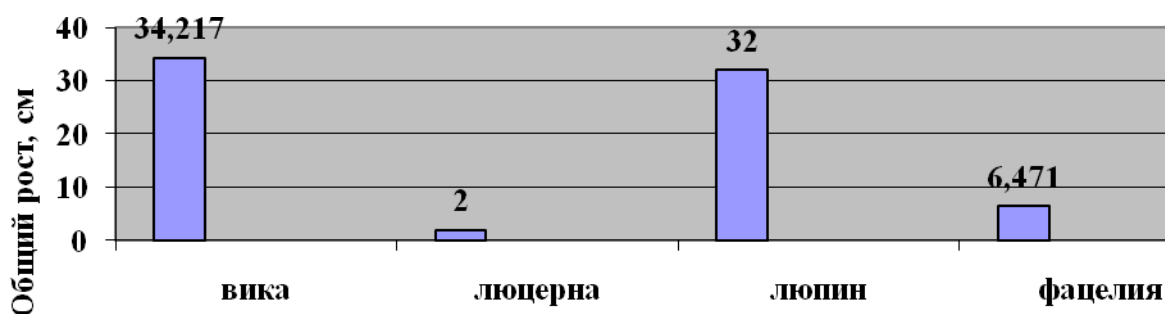
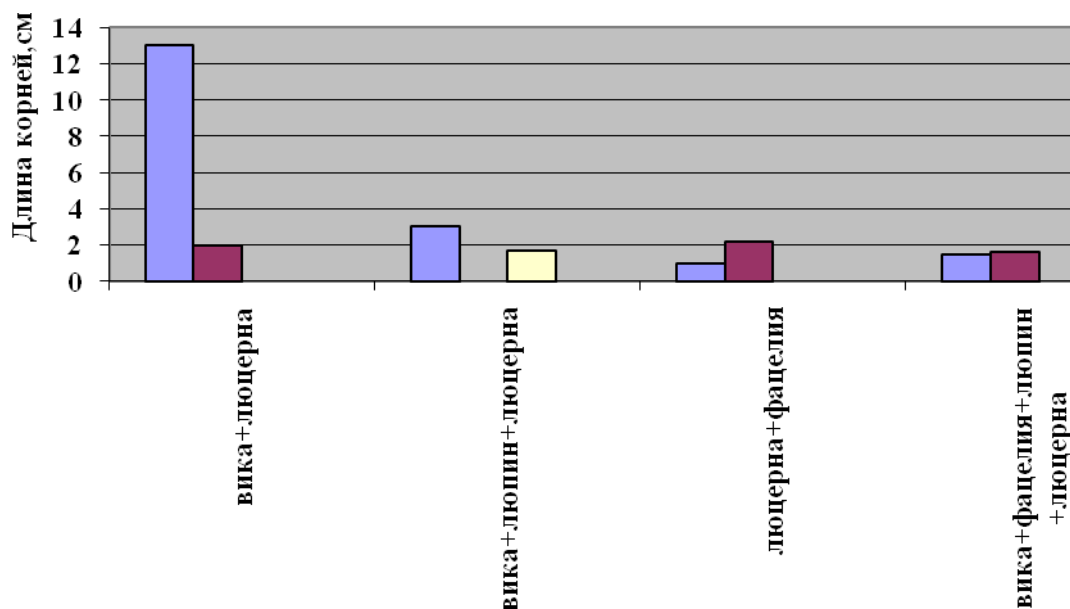


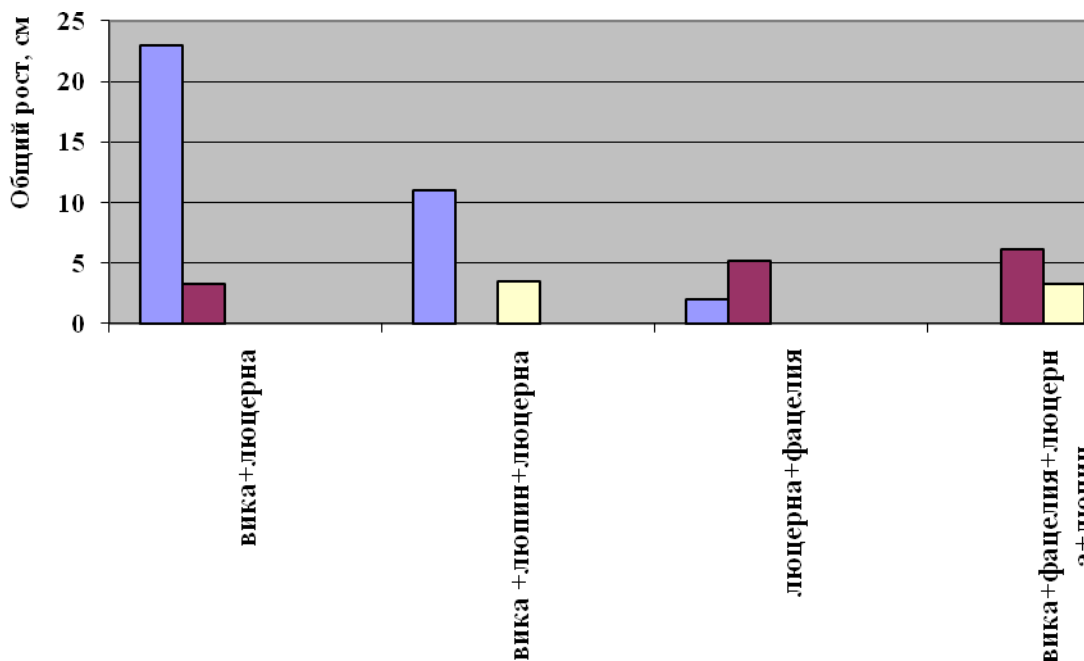
Рисунок 9 – Различия по высоте ростков у различных фиторе медиантов

Таким образом, наиболее устойчивыми к загрязнению нефтью и нефтепродуктами оказываются вика и люпин, так как у них наблюдается

развитая корневая система, наибольшая высота ростков и высокая всхожесть семян, по сравнению с люцерной и фацелией на нефтезагрязненных образцах почвы.



**Рисунок 10 – Различия по длине корней у различных смесей фиторемедиантов**



**Рисунок 11 – Различия по высоте ростков у различных смесей фиторемедиантов**

Таким образом, наиболее перспективно использовать для фиторемедиации наиболее устойчивые к нефтезагрязнению смеси: вики и люцерны, так же можно рекомендовать смесь: люцерна+фацелия со средней устойчивостью. Смеси, в состав которых входил фиторемедиант люпин были более чувствительны к нефтезагрязнениям.

**Таблица 11 – Фиторемедиация почв, загрязнённых керосином**

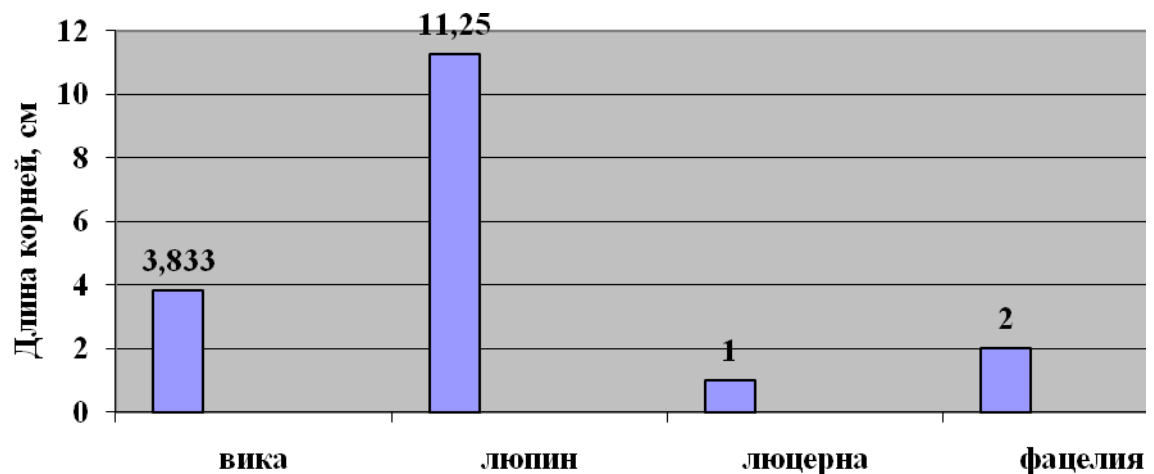
| <b>Фиторемедиант</b>                   | <b>№ растения</b> | <b>Длина корней, см</b> | <b>Общий рост, см</b> |
|----------------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>1</b>                               | <b>2</b>          | <b>3</b>                | <b>4</b>              |
| Вика<br>Всхожесть 30%                  | 1                 | 4                       | 21                    |
|                                        | 2                 | 3,5                     | 20,5                  |
|                                        | 3                 | 4                       | 21                    |
| <b>Среднее</b>                         |                   | <b>3,833</b>            | <b>21,133</b>         |
| Люпин<br>Всхожесть 80%                 | 1                 | 11                      | 25                    |
|                                        | 2                 | 11                      | 25                    |
|                                        | 3                 | 11,5                    | 25,3                  |
|                                        | 4                 | 11,5                    | 25,5                  |
| <b>Среднее</b>                         |                   | <b>11,25</b>            | <b>25,25</b>          |
| Люцерна<br>всхожесть<br>незначительная |                   | 1                       | 2                     |
| Фацелия<br>Всхожесть<br>незначительная |                   | 2                       | 7                     |
| <b>Смесь 1</b>                         |                   |                         |                       |
| Вика<br>Всхожесть 30%                  | 1                 | 2,3                     | 3,5                   |
|                                        | 2                 | 2,5                     | 3,5                   |
|                                        | 3                 | 2,3                     | 3,5                   |
| <b>Среднее</b>                         |                   | <b>2,4</b>              | <b>3,5</b>            |
| <b>+</b>                               |                   |                         |                       |
| Люцерна<br>Всхожесть<br>высокая        | 1                 | 1                       | 4                     |
|                                        | 2                 | 1                       | 4                     |
|                                        | 3                 | 1                       | 4                     |
|                                        | 4                 | 1                       | 4                     |

**Продолжение таблицы 11**

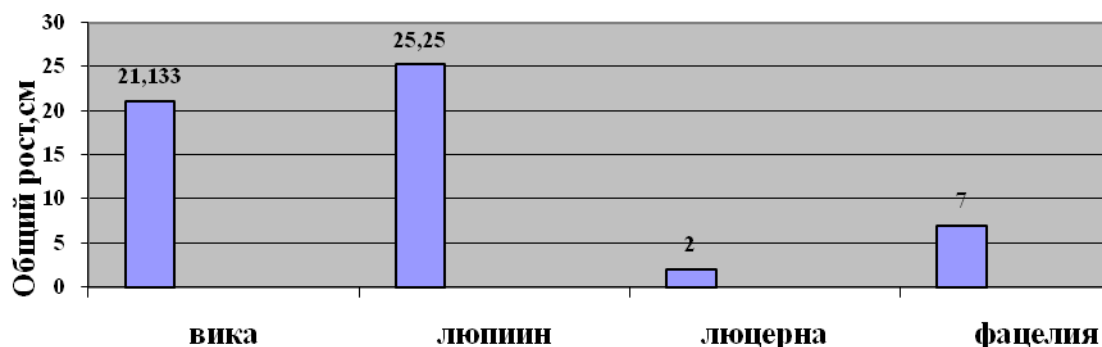
| 1                                 | 2 | 3            | 4            |
|-----------------------------------|---|--------------|--------------|
|                                   | 5 | 1            | 4            |
|                                   | 6 | 1,5          | 4,5          |
|                                   | 7 | 1,6          | 4,8          |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>1,157</b> | <b>4,071</b> |
| Смесь 2                           |   |              |              |
| Вика<br>Всхожесть 0%              | - | -            | -            |
| +                                 |   |              |              |
| Люпин<br>Всхожесть 0%             | - | -            | -            |
| +                                 |   |              |              |
| Люцерна<br>всхожесть<br>высокая   | 1 | 1            | 4            |
|                                   | 2 | 1            | 4            |
|                                   | 3 | 1            | 4            |
|                                   | 4 | 1,3          | 4,5          |
|                                   | 5 | 1,5          | 4,5          |
|                                   | 6 | 1            | 4            |
|                                   | 7 | 1            | 4            |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>1,114</b> | <b>4,143</b> |
| Смесь 3                           |   |              |              |
| Люцерна<br>Всхожесть<br>невысокая | 1 | 2            | 4            |
|                                   | 2 | 2,2          | 4,5          |
|                                   | 3 | 2            | 4            |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>2,067</b> | <b>4,167</b> |
| +                                 |   |              |              |
| Фацелия<br>Всхожесть<br>невысокая | 1 | 1            | 5            |
|                                   | 2 | 1,5          | 5,5          |
|                                   | 3 | 1,3          | 5            |
| 1                                 | 2 | 3            | 4            |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>1,267</b> | <b>5,167</b> |
| Смесь 4                           |   |              |              |

**Продолжение таблицы 11**

| 1                                 | 2 | 3           | 4          |
|-----------------------------------|---|-------------|------------|
| Вика<br>Всхожесть 0%              | - | -           | -          |
| +                                 |   |             |            |
| Люпин<br>Всхожесть 0%             | - | -           | -          |
| +                                 |   |             |            |
| Люцерна<br>Всхожесть<br>невысокая | 1 | 2           | 4          |
|                                   | 2 | 2           | 4          |
|                                   | 3 | 2           | 4          |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>2</b>    | <b>4</b>   |
| +                                 |   |             |            |
| Фацелия<br>Всхожесть<br>Невысокая | 1 | 1           | 3          |
|                                   | 2 | 1,5         | 3,3        |
|                                   | 3 | 1,5         | 3,5        |
|                                   | 4 | 1           | 3          |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>1,25</b> | <b>3,2</b> |

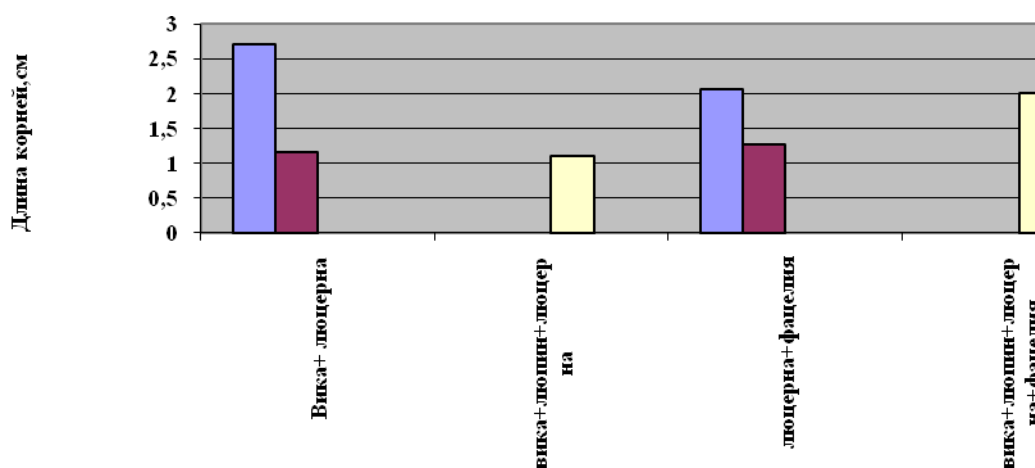


**Рисунок 12 – Различия по длине корней фиторемедиантов**

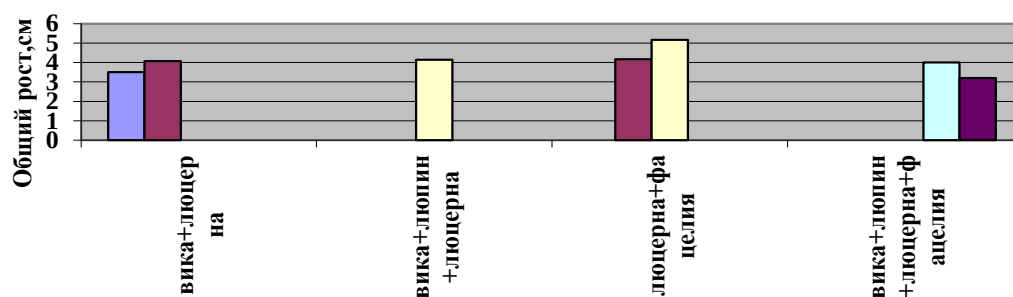


**Рисунок 13 – Различия по общей высоте фиторемедиантов**

Таким образом, наиболее устойчивым с керосиновым загрязнением почв оказался фиторемедиант люпин, у которого наблюдалась наибольшая длина корней и длина растения. Высокую устойчивость к загрязнению почвы керосином показал также фиторемедиант - вика.



**Рисунок 14 – Различия по длине корней растений фиторемедиантов в смесях**



**Рисунок 15 – Различия по общей длине растений фиторемедиантов**

Таким образом, экспериментальные исследования устойчивости растений фиторемедиантов, произрастающих на почвенных образцах загрязненных нефтью и нефтепродуктами (керосин, бензин) показали, что наиболее устойчивыми к загрязнению почв нефтью оказались растения **вика**, **люпин**, и **смесь вика+люцерна**. К керосину – **люпин**, **вика**, и смеси **вика+люцерна** и **люцерна+фацелия**. К бензину – **люпин**, **вика**, и смеси **вика+люцерна**.

**Наиболее чувствительны (менее устойчивы)** к нефтяным загрязнениям - **люцерна**, **фацелия**, и **люпин** в смесях.

**К керосиновым загрязнениям** - **люцерна** и **фацелия**, и **люпин** в смесях

**К бензиновым загрязнениям** - **люцерна** и **фацелия**, и **люпин** в смесях.

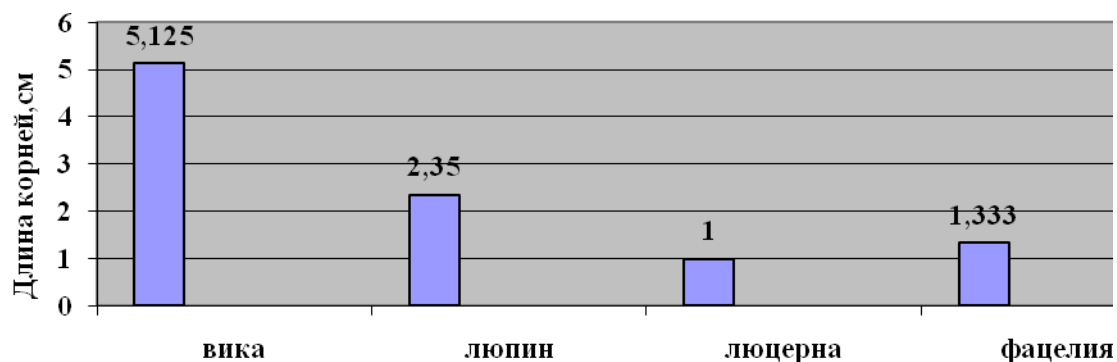
Самыми перспективными фиторемедиантами устойчивыми к нефтезагрязнениям оказались **вика**, **люпин**, а среди смесей **вика+люцерна**.

**Таблица 12 – Фиторемедиация почв, загрязненных бензином**

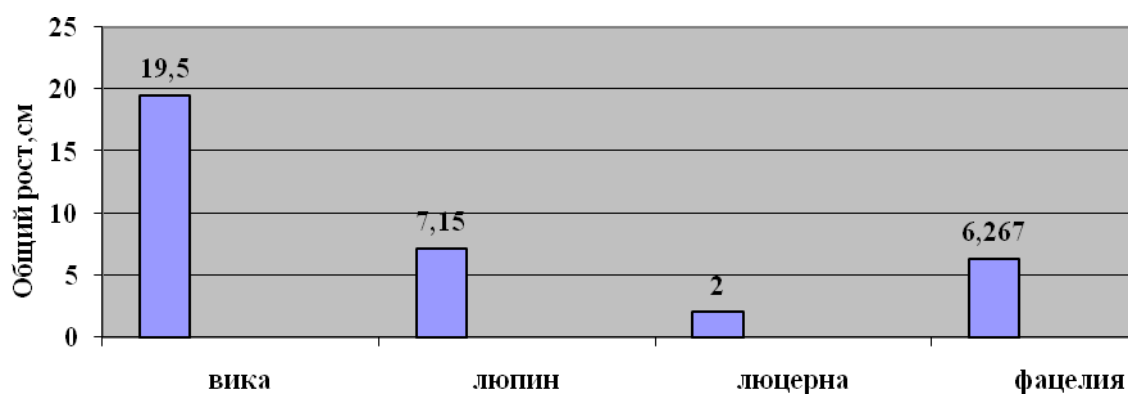
| <b>Фиторемедиант</b>              | <b>№ растения</b> | <b>Длина корней, см</b> | <b>Общий рост, см</b> |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>1</b>                          | <b>2</b>          | <b>3</b>                | <b>4</b>              |
| Вика<br>Всхожесть 40%             | 1                 | 5                       | 19                    |
|                                   | 2                 | 5,5                     | 19,3                  |
|                                   | 3                 | 5                       | 19,3                  |
|                                   | 4                 | 5                       | 19                    |
| <b>Среднее</b>                    |                   | <b>5,125</b>            | <b>19,15</b>          |
| Люпин<br>Всхожесть 40%            | 1                 | 2,2                     | 7                     |
|                                   | 2                 | 2,5                     | 7,3                   |
| <b>Среднее</b>                    |                   | <b>2,35</b>             | <b>7,15</b>           |
| Люцерна<br>Всхожесть<br>небольшая | 1                 | 1                       | 2                     |
| Фацелия<br>Всхожесть<br>невысокая | 1                 | 1                       | 6                     |
|                                   | 2                 | 1,5                     | 6,3                   |
|                                   | 3                 | 1,5                     | 6,5                   |
| <b>Среднее</b>                    |                   | <b>1,333</b>            | <b>6,267</b>          |
| <b>Смесь 1</b>                    |                   |                         |                       |
| Вика<br>Всхожесть 20%             | 1                 | 2                       | 15                    |
|                                   | 2                 | 2,5                     | 15,3                  |
| <b>Среднее</b>                    |                   | <b>2,25</b>             | <b>15,5</b>           |
| <b>+</b>                          |                   |                         |                       |

**Продолжение таблицы 12**

|                                   |   |             |              |
|-----------------------------------|---|-------------|--------------|
| Люцерна<br>всхожесть<br>средняя   | 1 | 1           | 3            |
|                                   | 2 | 1           | 3            |
|                                   | 3 | 1           | 3            |
|                                   | 4 | 1,5         | 3,5          |
|                                   | 5 | 1,5         | 3,5          |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>1,2</b>  | <b>3,2</b>   |
| Смесь 2                           |   |             |              |
| Вика<br>Всхожесть 0%              | - | -           | -            |
| +                                 |   |             |              |
| Люпин<br>Всхожесть 0%             | - | -           | -            |
| +                                 |   |             |              |
| Люцерна<br>Всхожесть<br>невысокая | 1 | 1           | 4            |
|                                   | 2 | 1,5         | 4,3          |
|                                   | 3 | 1           | 4            |
|                                   | 4 | 1,5         | 4,5          |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>1,25</b> | <b>4,2</b>   |
| Смесь 3                           |   |             |              |
| Люцерна<br>Всхожесть<br>невысокая | 1 | 1           | 2            |
|                                   | 2 | 1           | 2            |
|                                   | 3 | 1           | 2            |
|                                   | 4 | 1           | 2            |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>1</b>    | <b>2</b>     |
| +                                 |   |             |              |
| Фацелия<br>Всхожесть<br>невысокая | 1 | 1           | 6            |
|                                   | 2 | 1           | 5,7          |
|                                   | 3 | 1,3         | 6,2          |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>1,1</b>  | <b>5,967</b> |
| Смесь 4                           |   |             |              |
| Вика<br>Всхожесть 0%              | - | -           | -            |
| +                                 |   |             |              |
| Люпин<br>Всхожесть 0%             | - | -           | -            |
| +                                 |   |             |              |
| Люцерна<br>Всхожесть 0%           | - | -           | -            |
| +                                 |   |             |              |
| Фацелия<br>Всхожесть<br>небольшая | 1 | 1           | 5            |
|                                   | 2 | 1,5         | 5,3          |
|                                   |   |             |              |
| <b>Среднее</b>                    |   | <b>1,25</b> | <b>4,15</b>  |

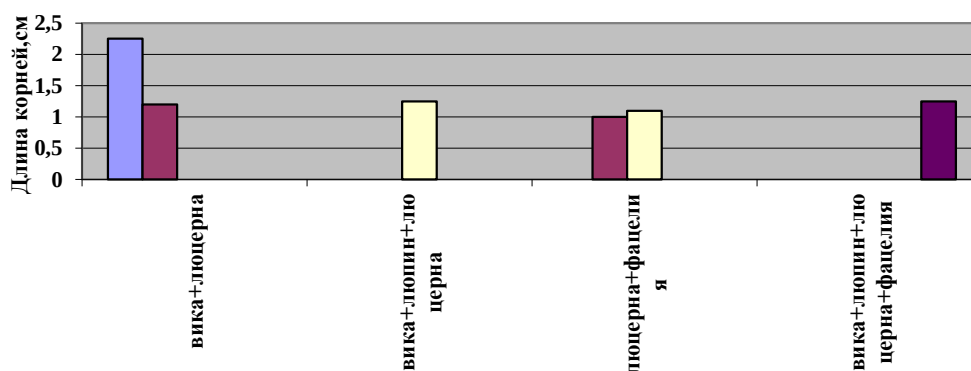


**Рисунок 16 – Различия по длине корней**

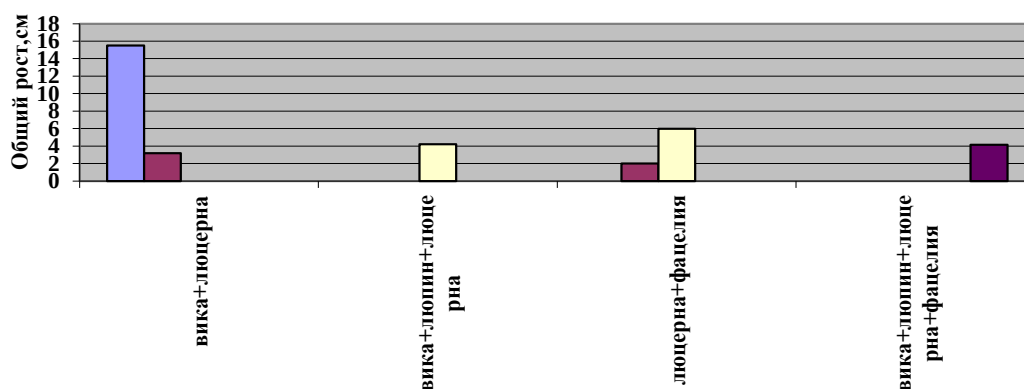


**Рисунок 17 - Различия по общему росту**

Таким образом, все фиторемедианты оказались устойчивыми к бензиновому загрязнению, особенно вика, которая отличилась наибольшей длиной корней и общей длиной растения, по сравнению с другими фиторемедиантами.



**Рисунок 18 - Различия по длине корней фиторемедиантов выращенных на загрязненной бензиновой почве**



**Рисунок 19 – Различия по общей длине растений**

Таким образом, смеси вика+люпин+люцерна и вика+люпин+люцерна+фацелия были более чувствительны к загрязнению бензином.

### **Эксперимент № 3 Определение изменения токсичности очищаемых фиторемедиантами почв при помощи кресс-салата**

Цель: определить наиболее эффективный фиторемедиант для очистки почв от нефтезагрязнений по изменению токсичности почв после фиторемедиации.

Материалы: кресс-салат, образцы почв, семена фиторемедиантов.

Ход работы:

1. Посадка кресс-салата в образцы почв после ремедиации.
2. Наблюдение за экспериментом в течение 7 дней.
3. Анализ результатов.

Результаты:

**Таблица 13 – Определение токсичности нефтезагрязненных почв кресс-салатом после очистки фиторемедиантами**

| Степень загрязнения      | № растения | Длина корней, см | Высота ростков, см |
|--------------------------|------------|------------------|--------------------|
| <b>1</b>                 | <b>2</b>   | <b>3</b>         | <b>4</b>           |
| Без загрязнения          |            | 2,57             | 9,64               |
| Загрязнение 15 мл. нефти |            | 2                | 5                  |
| После очистки            |            |                  |                    |
| Вика                     | 1          | 3,5              | 8                  |

**Продолжение таблицы13**

| <b>1</b>                                    | <b>2</b> | <b>3</b>     | <b>4</b>     |
|---------------------------------------------|----------|--------------|--------------|
| Всхожесть 70%                               | 2        | 3,5          | 8            |
|                                             | 3        | 3,3          | 8,3          |
|                                             | 4        | 3,5          | 8,2          |
|                                             | 5        | 3,5          | 8            |
|                                             | 6        | 3,5          | 8            |
|                                             | 7        | 3,5          | 8            |
| <b>Среднее</b>                              |          | <b>3,471</b> | <b>8,071</b> |
| Люпин<br>Всхожесть 40%                      | 1        | 2,6          | 7,5          |
|                                             | 2        | 2,6          | 7,5          |
|                                             | 3        | 2,5          | 7,3          |
|                                             | 4        | 2,6          | 7,5          |
| <b>Среднее</b>                              |          | <b>2,575</b> | <b>7,45</b>  |
| Люцерна<br>Всхожесть 80%                    | 1        | 2,5          | 6,3          |
|                                             | 2        | 2,5          | 6,5          |
|                                             | 3        | 2,5          | 6,5          |
|                                             | 4        | 2,5          | 6,5          |
|                                             | 5        | 2,4          | 6,2          |
|                                             | 6        | 2,4          | 6,2          |
|                                             | 7        | 2,5          | 6,5          |
|                                             | 8        | 2,7          | 6,6          |
| <b>Среднее</b>                              |          | <b>2,5</b>   | <b>6,45</b>  |
| Фацелия<br>Всхожесть 30%                    | 1        | 2,1          | 5,0          |
|                                             | 2        | 2,1          | 5,0          |
|                                             | 3        | 2,2          | 5,1          |
| <b>Среднее</b>                              |          | <b>2,133</b> | <b>5,033</b> |
| Вика+люцерна<br>Всхожесть 50%               | 1        | 2,5          | 5,5          |
|                                             | 2        | 2,5          | 5,5          |
|                                             | 3        | 2,4          | 5,3          |
|                                             | 4        | 2,6          | 5,8          |
|                                             | 5        | 2,5          | 5,5          |
| <b>Среднее</b>                              |          | <b>2,5</b>   | <b>5,52</b>  |
| Вика+люпин<br>+люцерна<br>Всхожесть 20%     | 1        | 2,1          | 5,2          |
|                                             | 2        | 2,1          | 5,2          |
| <b>Среднее</b>                              |          | <b>2,1</b>   | <b>5,2</b>   |
| Люцерна+фацелия<br>Всхожесть 10%            |          | 2,3          | 5,4          |
| Вика+люпин+люцерна+фацелия<br>Всхожесть 10% |          | 2,1          | 5,1          |

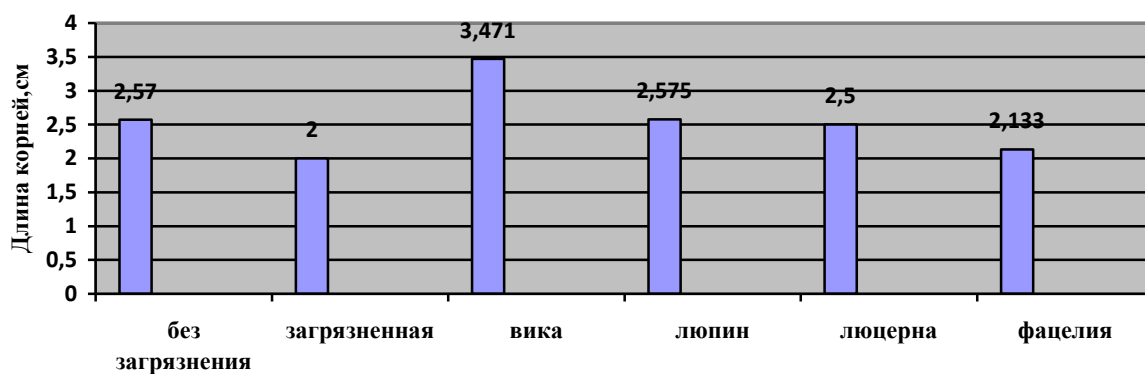


Рисунок 20 – Различия по длине корней кресс-салата

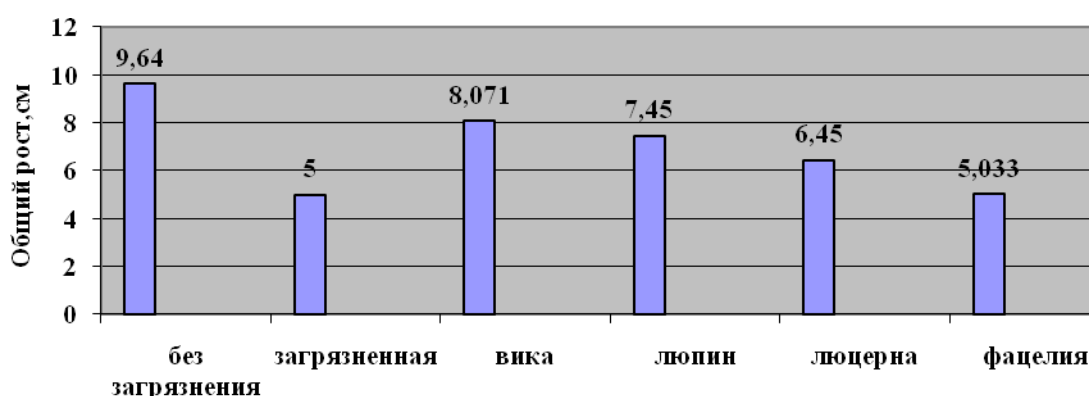


Рисунок 21- Различия по длине надземной части проростков кресс-салата

Таким образом, наилучшие показатели тест-объекта кресс-салата наблюдались при проращивании на почве, очищенной от нефтезагрязнений растениями фиторемедиантами **викой, люпином и люцерной**.

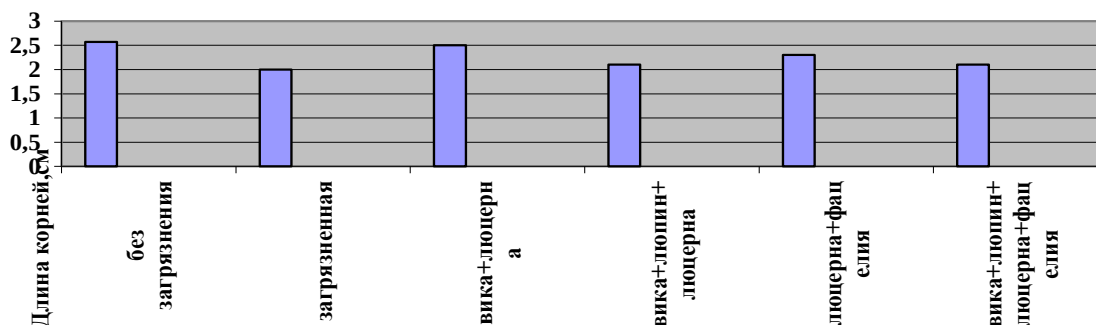
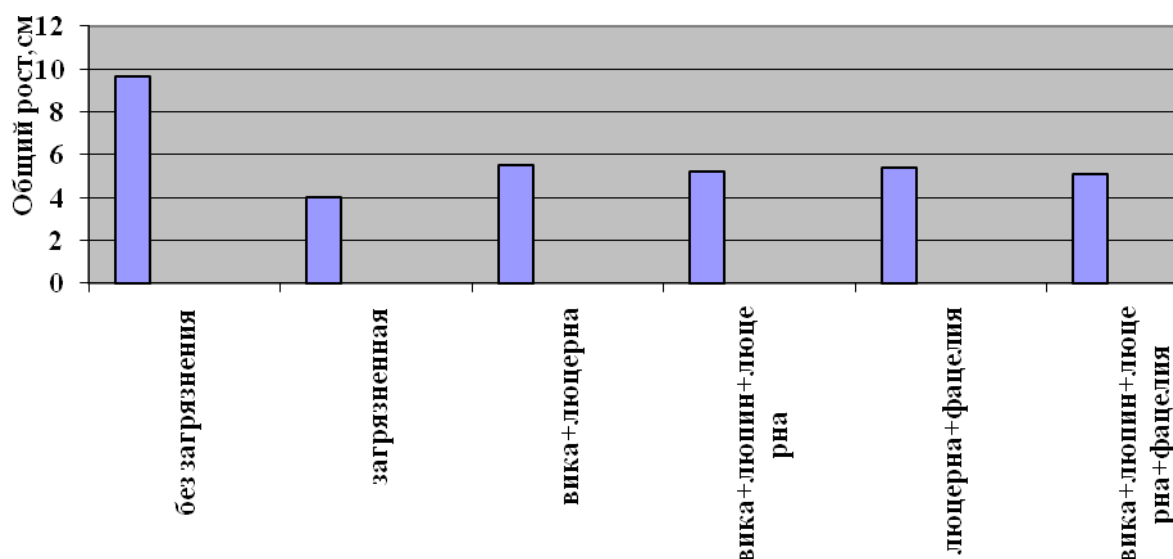


Рисунок 22 - Различия по длине корней кресс-салата



**Рисунок 23 - Различия по общему росту кресс-салата**

Анализ токсичности после использования для очистки почв от нефтяных загрязнений смесей фиторемедиантов показали наибольшую эффективность в снижении токсичности почвы смеси **вика+люцерна**

**Таблица 14 – Определение токсичности почв, загрязненных бензином с помощью тест-объекта кресс-салата после очистки фиторемедиантами**

| Степень загрязнения       | № растения | Длина корней, см | Высота ростков, см |
|---------------------------|------------|------------------|--------------------|
| <b>1</b>                  | <b>2</b>   | <b>3</b>         | <b>4</b>           |
| Без загрязнения           |            | 2,57             | 9,64               |
| Загрязнение 15 мл. нефти  |            | 2                | 5                  |
| После очистки             |            |                  |                    |
| Вика<br>всхожесть<br>100% | 1          | 3,0              | 8,5                |
|                           | 2          | 3,1              | 8,8                |
|                           | 3          | 3,0              | 8,5                |
|                           | 4          | 3,3              | 8,7                |
|                           | 5          | 3,1              | 8,6                |
|                           | 6          | 3,0              | 8,5                |
|                           | 7          | 3,0              | 8,5                |
|                           | 8          | 3,1              | 8,8                |
|                           | 9          | 3,0              | 8,5                |
|                           | 10         | 3,2              | 8,9                |
| <b>Среднее</b>            |            | <b>3,08</b>      | <b>8,63</b>        |
| Люпин<br>Всхожесть 80%    | 1          | 3,0              | 8,5                |
|                           | 2          | 3,1              | 8,8                |
|                           | 3          | 3,0              | 8,5                |
|                           | 4          | 3,3              | 8,8                |
|                           | 5          | 3,1              | 8,6                |
|                           | 6          | 3,0              | 8,5                |

Продолжение таблицы 14

| 1                                                       | 2 | 3            | 4            |
|---------------------------------------------------------|---|--------------|--------------|
|                                                         | 7 | 3,2          | 8,8          |
|                                                         | 8 | 3,0          | 8,5          |
| <b>Среднее</b>                                          |   | <b>3,088</b> | <b>8,625</b> |
| Люцерна<br>Всхожесть 50%                                | 1 | 2,8          | 7,2          |
|                                                         | 2 | 2,8          | 7,5          |
|                                                         | 3 | 2,5          | 7,1          |
|                                                         | 4 | 2,8          | 7,3          |
|                                                         | 5 | 2,8          | 7,2          |
| <b>Среднее</b>                                          |   | <b>2,74</b>  | <b>7,26</b>  |
| Фацелия<br>Всхожесть 40%                                | 1 | 2,5          | 6,8          |
|                                                         | 2 | 2,5          | 6,8          |
|                                                         | 3 | 2,6          | 7,0          |
|                                                         | 4 | 2,5          | 6,8          |
| <b>Среднее</b>                                          |   | <b>2,525</b> | <b>6,85</b>  |
| 1                                                       | 2 | 3            | 4            |
| Вика+люцерна<br>Всхожесть 50%                           | 1 | 2,4          | 5,8          |
|                                                         | 2 | 2,4          | 5,8          |
|                                                         | 3 | 2,4          | 5,8          |
|                                                         | 4 | 2,4          | 5,8          |
|                                                         | 5 | 2,4          | 5,8          |
| <b>Среднее</b>                                          |   | <b>2,4</b>   | <b>5,8</b>   |
| Вика+люпин+люцерна<br>Всхожесть 40%                     | 1 | 2,4          | 6,2          |
|                                                         | 2 | 2,3          | 6,1          |
|                                                         | 3 | 2,3          | 6,1          |
|                                                         | 4 | 2,5          | 6,4          |
| <b>Среднее</b>                                          |   | <b>2,375</b> | <b>6,2</b>   |
| Люцерна+фацелия                                         | 1 | 2,2          | 5,4          |
| Всхожесть 30%                                           | 2 | 2,3          | 5,5          |
|                                                         | 3 | 2,1          | 5,3          |
| <b>Среднее</b>                                          |   | <b>2,2</b>   | <b>5,4</b>   |
| Вика+<br>Люпин+<br>Фацелия+<br>люцерна<br>Всхожесть 10% |   | 2,1          | 5,2          |

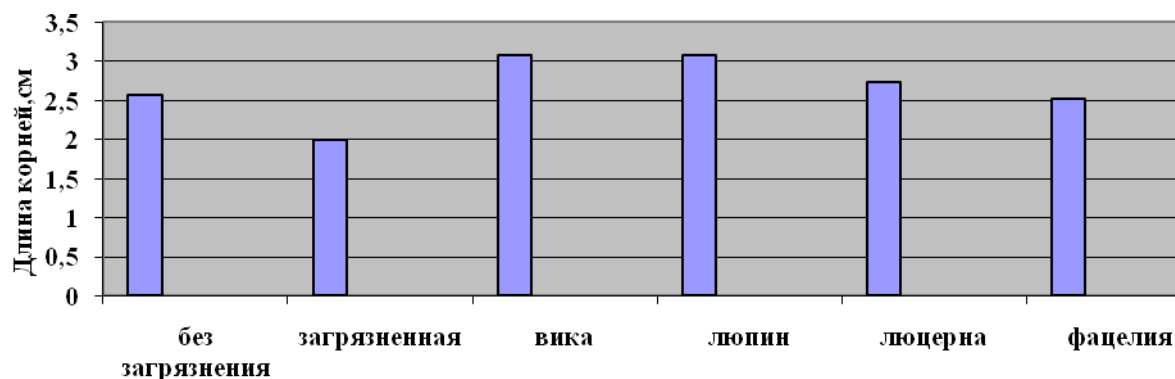
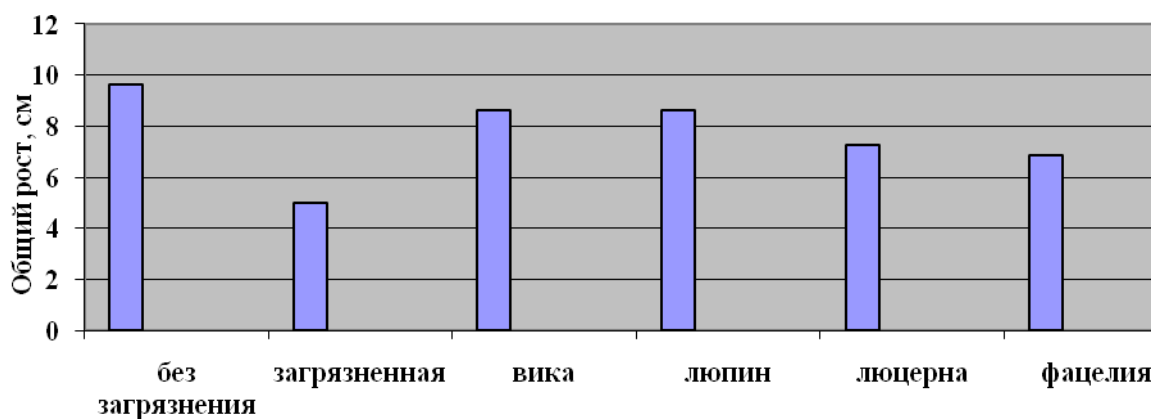
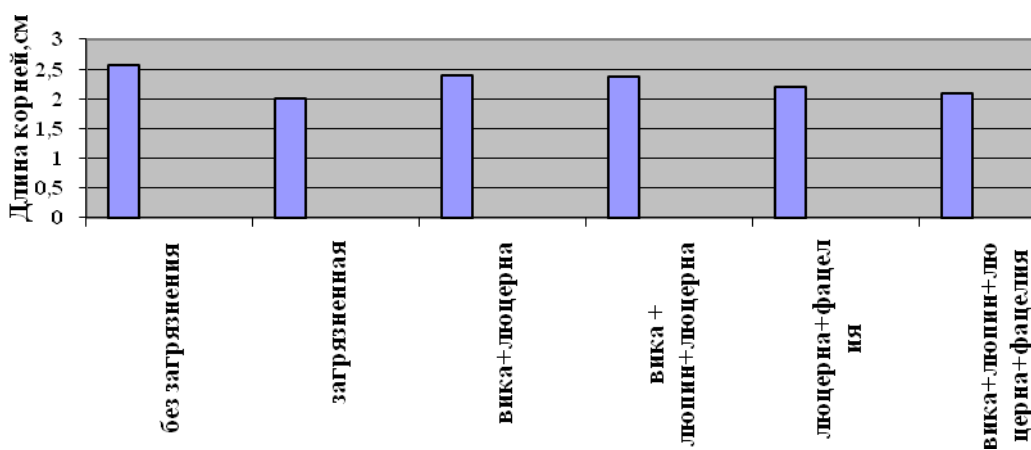


Рисунок 24 – Различия по длине корней кресс-салата

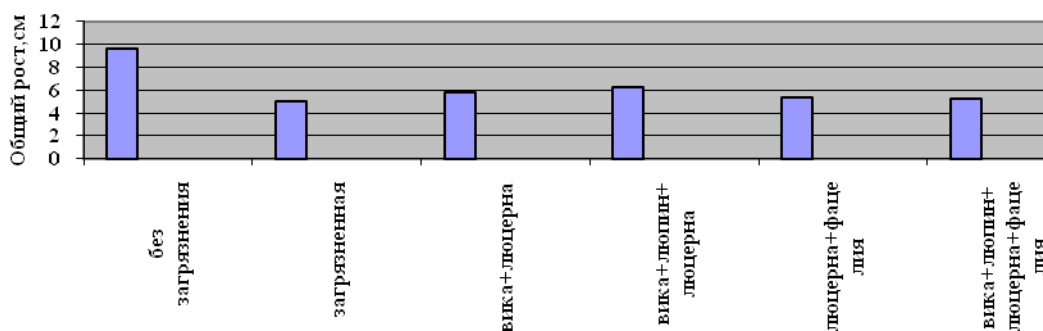


**Рисунок 25 – Различия по общей длине проростков**

Таким образом, наибольший эффект в очистке почв от загрязнения показали вика и люпин.



**Рисунок 26 – Различия по длине корней кресс-салата**



**Рисунок 27 – Различия по общей длине проростков кресс-салата**

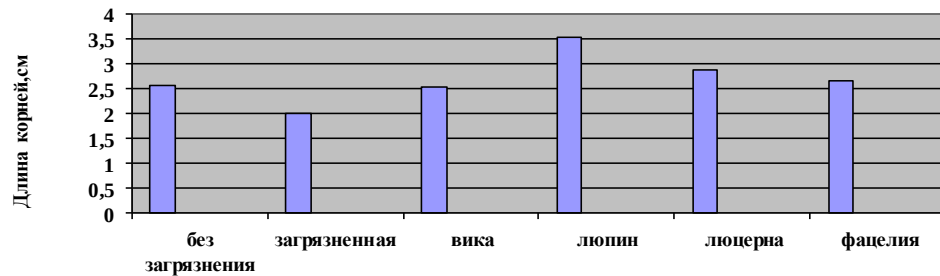
Таким образом, все из представленных смесей подходят для очистки почв от бензинового загрязнения.

**Таблица 15 – Определение токсичности почв, загрязненных керосином с помощью кресс-салата после очистки фиторемедиантами**

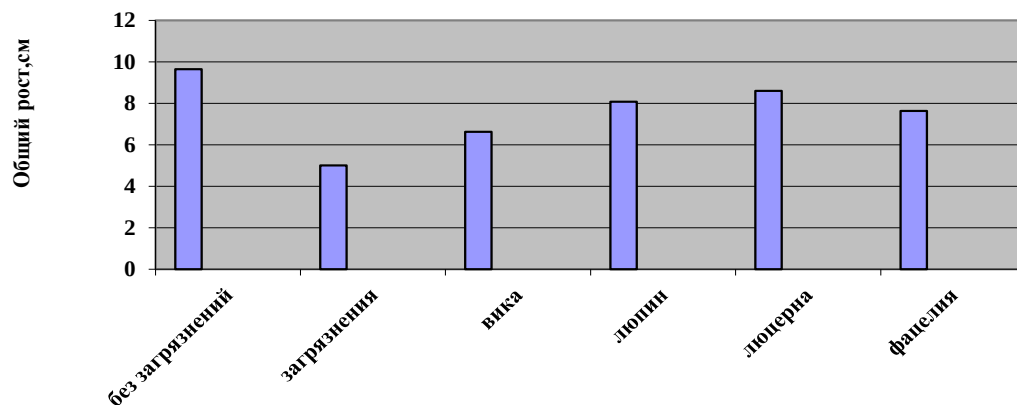
| Степень загрязнения                 | № растения | Длина корней, см | Высота ростков, см |
|-------------------------------------|------------|------------------|--------------------|
| <b>1</b>                            | <b>2</b>   | <b>3</b>         | <b>4</b>           |
| Без загрязнения                     |            | <b>2,57</b>      | <b>9,64</b>        |
| Загрязнение 15 мл. нефти            |            | <b>2</b>         | <b>5</b>           |
| После очистки                       |            |                  |                    |
| Вика<br>Всхожесть 80%               | 1          | 2.5              | 6.8                |
|                                     | 2          | 2.5              | 6.7                |
|                                     | 3          | 2.7              | 6.8                |
|                                     | 4          | 2.3              | 6.5                |
|                                     | 5          | 2.7              | 6.7                |
|                                     | 6          | 2.5              | 6.5                |
|                                     | 7          | 2.5              | 6.5                |
|                                     | 8          | 2.5              | 6.5                |
| <b>Среднее</b>                      |            | <b>2.525</b>     | <b>6.625</b>       |
| Люпин<br>Всхожесть 90%              | 1          | 3.5              | 8.0                |
|                                     | 2          | 3.5              | 8.0                |
|                                     | 3          | 3.5              | 8.0                |
|                                     | 4          | 3.5              | 8.0                |
|                                     | 5          | 3.5              | 8.0                |
|                                     | 6          | 3.5              | 8.0                |
|                                     | 7          | 3.8              | 8.4                |
|                                     | 8          | 3.4              | 8.1                |
|                                     | 9          | 3.7              | 8.2                |
| <b>Среднее</b>                      |            | <b>3.544</b>     | <b>8.078</b>       |
| Люцерна<br>Всхожесть 40%            | 1          | 2.9              | 8.5                |
|                                     | 2          | 2.9              | 8.7                |
|                                     | 3          | 2.8              | 8.5                |
|                                     | 4          | 2.9              | 8.7                |
| <b>Среднее</b>                      |            | <b>2.875</b>     | <b>8.6</b>         |
| Фацелия<br>Всхожесть 30%            | 1          | 2.7              | 7.8                |
|                                     | 2          | 2.6              | 7.7                |
|                                     | 3          | 2.7              | 7.8                |
| <b>Среднее</b>                      |            | <b>2.66</b>      | <b>7.633</b>       |
| Вика+люцерна<br>Всхожесть 60%       | 1          | 2.5              | 5.1                |
|                                     | 2          | 2.5              | 5.1                |
|                                     | 3          | 2.5              | 5.1                |
|                                     | 4          | 2.5              | 5.1                |
|                                     | 5          | 2.5              | 5.1                |
|                                     | 6          | 2.5              | 5.1                |
| <b>Среднее</b>                      |            | <b>2.5</b>       | <b>5.1</b>         |
| Вика+люпин+люцерна<br>Всхожесть 20% | 1          | 2.5              | 5.3                |
|                                     | 2          | 2.5              | 5.3                |
| <b>Среднее</b>                      |            | <b>2.5</b>       | <b>5.3</b>         |
| Фацелия+люцерна<br>Всхожесть 10%    | 1          | 2,5              | 5,5                |
|                                     |            |                  |                    |

### Продолжение таблицы 15

| 1                          | 2 | 3   | 4   |
|----------------------------|---|-----|-----|
| Вика+люпин+люцерна+фацелия | 1 | 2,5 | 5,5 |
| Всхожесть 20%              | 2 | 2,5 | 5,5 |

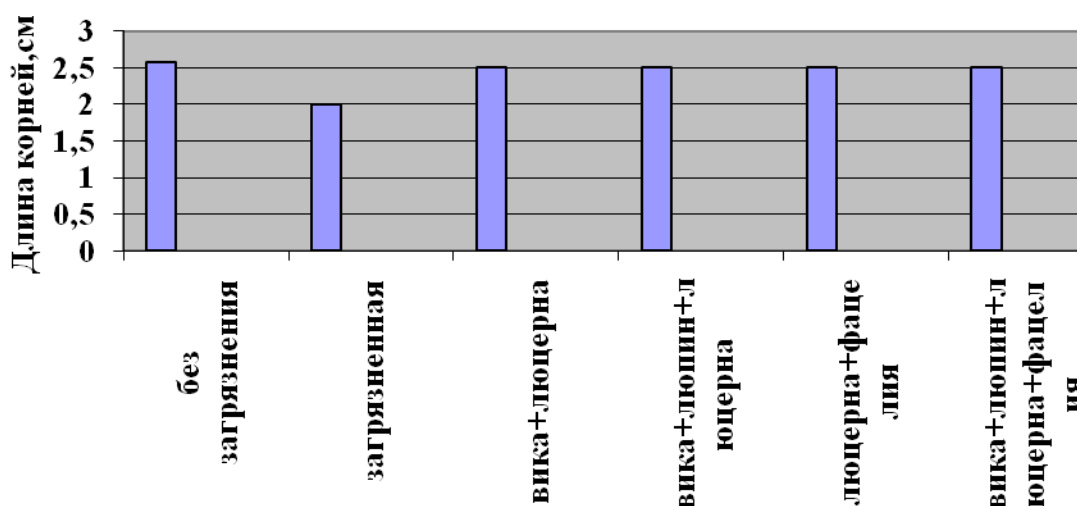


**Рисунок 28 - Различия по длине корней кресс-салата**

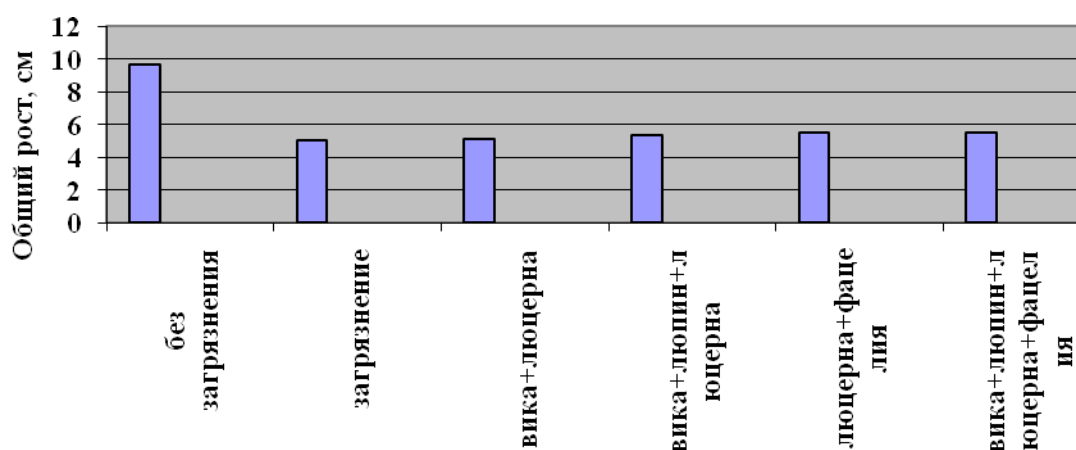


**Рисунок 29- Различия по общему росту кресс-салата**

Таким образом, все фиторемедианты хорошо справились с очисткой почв от керосинового загрязнения.



**Рисунок 29- Различия по длине корней кресс-салата**



**Рисунок 30- Различия по длине проростков кресс-салата**

Таким образом, смеси представленных фиторемедиантов можно использовать для очистки почв от керосинового загрязнения.

Из представленных диаграмм видно, что все фиторемедианты из семейства бобовых справляются с загрязнениями почв нефтью и нефтепродуктами, очистка загрязнений фацелией осуществляется чуть слабее.

### **3.4 Разработка мероприятий по очистке почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами**

Для очистки почв от нефти и нефтепродуктов предлагается осуществлять следующие фиторемедиационные мероприятия:

1. Проверка токсичности нефтезагрязненных почв в лабораторных условиях при помощи кресс- салата.

2. Фиторемедиация

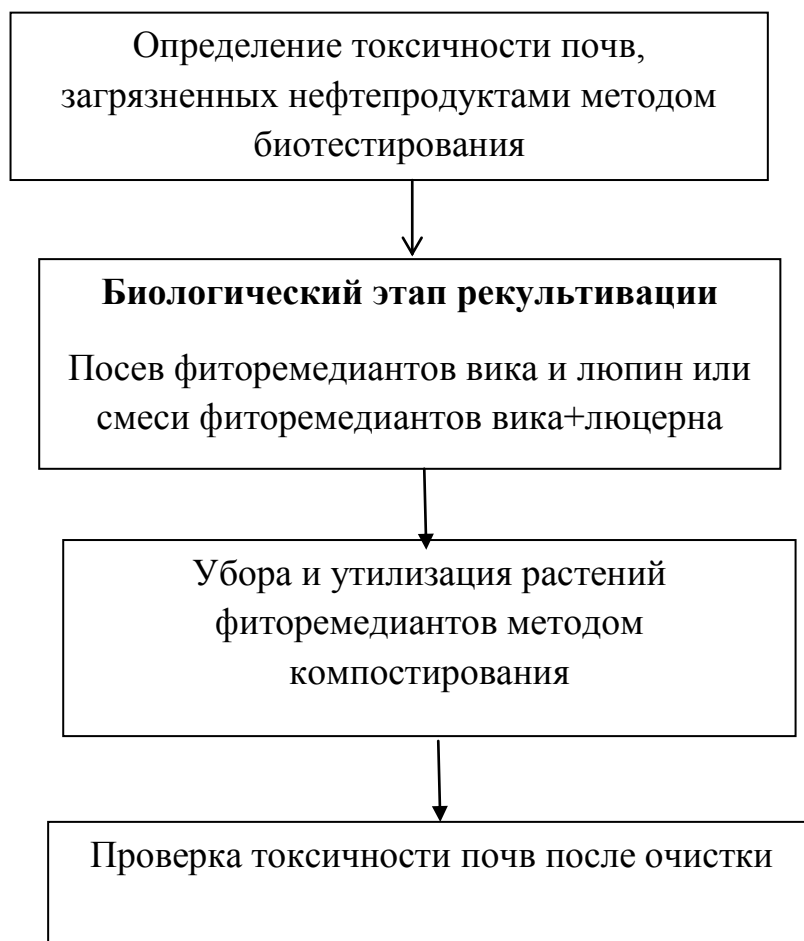
- Распашка почв.

- Внесение органических и минеральных удобрений с целью улучшения питательного режима необходимого для роста и развития растений.

- Посев фиторемедиантов.

3. Уборка фиторемедиантов и их транспортировка на специализированный полигон с возможностью деструкции микроорганизмами.

4. Анализ токсичности почв после очистки фиторемедиантами.



**Рисунок 31 - Предлагаемые мероприятия для фиторемедиации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ проблемы нефтяных загрязнений почв и методов их очистки показал, что активная добыча нефти и ее переработка являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Нефтяные загрязнения оказывают отрицательное воздействие особенно на состояние почвенного покрова. Многократные разливы при транспортировке, в результате аварий на предприятиях нефтепереработки и нефтедобычи приводят к проникновению и накоплению в почве значительного количества компонентов нефти, что приводит к нарушению протекающих в ней процессов, изменению состава, структуры почвы и ее видового разнообразия, а так же к снижению способности почвы к самовосстановлению.

Анализ литературных источников показал, что одним из способов очистки почв от нефтезагрязнений является фиторемедиация, основанная на применении растений, способных к деструкции и поглощению нефтяных загрязнений.

Экспериментальные исследования устойчивости растений фиторемедиантов, произрастающих на почвенных образцах загрязненных нефтью и нефтепродуктами (керосин, бензин) показали, что наиболее устойчивыми к загрязнению почв нефтью оказались растения **вика, люпин, и смесь вика+люцерна**.

**К керосину – люпин, вика, и смеси вика+люцерна и люцерна+фацелия.**

**К бензину – люпин, вика, и смеси вика+люцерна.**

**Наиболее чувствительны (менее устойчивы) к нефтяным загрязнениям - люцерна, фацелия, и люпин в смесях.**

**К керосиновым загрязнениям - люцерна и фацелия, и люпин в смесях**

**К бензиновым загрязнениям - люцерна и фацелия, и люпин в смесях.**

Анализ токсичности после использования для очистки почв от нефтяных загрязнений фиторемедиантов и смесей фиторемедиантов показал наибольшую эффективность в снижении токсичности почвы вики и люпина, а также смеси **вика+люцерна**.

Наибольший эффект в очистке почв от бензинового загрязнения показали вика и люпин и все из рассматриваемых смесей.

В очистке почв от керосинового загрязнения оказались эффективными все фиторемедианты и их смеси.

Таким образом, фиторемедианты из семейства бобовых лучше справляются с загрязнениями почв нефтью и нефтепродуктами, очистка загрязнений фацелией осуществляется чуть слабее.

В результате выполнения работы была разработана и предложена система мероприятий для очистки почв от нефтяных загрязнений с применением растений фиторемедиантов наиболее эффективных при очистке почв от нефти и нефтепродуктов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андресон, Р. К. Экологические последствия загрязнения нефтью / Р. К. Андресон, А. Х. Мукатанов, Т. Ф. Бойко // Экология. - 1980. - № 6. - С. 21-25.
2. Алиев, С. А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв / С. А. Алиев, Д. А. Гаджиев // Известия АН Азерб. ССР. Сер. биол. наук. - 1977. - № 2. - С. 46-49.
3. Артемьева, Т. И. Экологические последствия загрязнения почв нефтью: Тез. докл. Бактериальный фильтр Земли. Пермь. – М.: 1985. -Т.1. - С.28-29.
4. Баландина, Л. П. Оценка качества рекультивации нефтезагрязненных почв методом биотестирования / Л. П. Баландина, А. В. Шабанова // Экология и промышленность России. - 2007. - Ноябрь. - С. 46-47.
5. Баздырев, Г. И. Воспроизводство фитосанитарного состояния почвы. В кн.: Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. - М.: 1982. - С. 115-125.
6. Белонин, М. Способ очистки почвы от нефти и нефтепродуктов / М. Д. Белонин, Е. А. Рогозина, Р. М. Свечина // Патент РФ № 2041172.- 08.10.1995.
7. Берадзе, С. А. Плодородие почв / С. А. Берадзе, Т.К. Думбадзе // сб. ст. Тбилиси, 1983. -С. 53-85.
8. Беспамятное, Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Г. П. Беспамятное, Ю. А. Кротов. - М. : 1985. - 528 с.
9. Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях / А. В. Кураков [и др.]. - М.: Графикон, 2006. - 336с.
10. Биорекультивация: микробиологические технологии очистки нефтезагрязненных почв и техногенных отходов / О.Н. Логинов [и др.]. - М. : Наука, 2009. - 112с.

11. Биоремедиация черноземной почвы, загрязненной нефтью / Э. В. Карасева [и др.] // Биотехнология. - 2005. - №2. - С. 67-72.
12. Бордунов, В. В. Очистка воды от нефти и нефтепродуктов / В. В. Бордунов, С. В. Бордунов, В. В. Леоненко // Экология и промышленность России. - 2005. - Август. - С. 8-10.
13. Бочарникова, Е. А. Влияние нефтяного загрязнения на свойства органического вещества серо-бурых почв / Е. А. Бочарникова, Я. М. Амосова // Проблемы антропогенного почвообразования : тез. докл. Междунар. конф. - М.: 1997. - Т.3. - С. 135-137.
14. Булатов, А. И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А. И. Булатов, П. П. Макаренко, В. Ю. Шеметов - М.: Недра, 1997. – 340 с.
15. Бурлака, В. А. Способ восстановления плодородия земель, загрязненных нефтью / В. А. Бурлака, М. Ю. Шинкевич // Экология и промышленность России. - 2003. - Июнь. - С. 41-44.
16. Вальков, В. Ф. Экология почв. Часть 3. Загрязнение почв: Учеб. пособие / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. Ростов-на-Дону : Изд-во РГУ, 2004. - 54 с.
17. Веселовский, В. А. Биотестирование загрязнения среды нефтью по реакции фотосинтетического аппарата растений / В.А. Веселовский, В. С. Вшивцев // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. - М.: Наука, 1988. С. 99-112.
18. Вельков, В. В. Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы / В.В. Бельков // Биотехнология. - 1995. - № 3-4. - С. 20-27.
19. Возняковская, Ю. М. Рекомендации по использованию зеленых удобрений как способа оздоровления почвы / Ю. М. Возняковская, А. К. Никонорова, Ж. П. Попова. Чернигов: НПО «Элита», 1992. - 189 с.
20. Гайнутдинов, М. З. К вопросу рекультивации земель, нарушенных нефтяной промышленностью / М. З. Гайнутдинов, И. Т. Храмов,

М. Ю. Гилязов // Вопросы химизации сельского хозяйства в ТАССР. Казань: Таткни-гоиздат, 1988. - С. 28-30.

21. Гайсин, И. А. Загрязнение почв предприятиями нефтяной промышленности / И. А. Гайсин, М. Ю. Гилязов // Зеленая книга Республики Татарстан. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1993. - С. 278-280.

22. Гузев, В.С. Роль почвенной микробиоты в рекультивации нефтезагрязненных почв // В. С. Гузев, С. В. Левин, Г. И. Селецкий. - М.: Изд-во МГУ. - 1989.- С. 129-150.

23. Гумеров, Р. С. Борьба с нефтяным загрязнением окружающей среды (состояние проблемы) / Р. С. Гумеров, Р. З. Абзалов, Р. А. Мамлеев // Обзор, информ. ВНИИОЭНГ. Сер. Борьба с коррозией и защита окружающей среды. - М.: 1987. - Вып.6. - 53 с.

24. Даваева, Ц.Д. Исследование трансформации свойств чернозема при воздействии нефти в модельном эксперименте / Ц.Д. Даваева // Бюл. Ботан. сада Сарат. гос. ун-та. 2006. - № 5.— С. 195-198.

25. Девятова, Т. А. Биодиагностика техногенного загрязнения почв / Т. А. Девятова // Экология и промышленность России. - 2006. - Январь. - С. 36-37.

26. Добрянский, А. Ф. Химия нефти. Л., 1961. - 224 с.

27. Душенков, В. К. Фиторемедиация зеленая революция в экологии / В. К. Душенков, И. С. Раскин // Химия и жизнь 21 век. - 1999. - № 11-12. - 48-49 с.

28. Егорова, Е. И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды / Е. И. Егорова, В. И. Белолипецкая // Уч. пособие. Обнинск: ИАТЭ, 2000. - 80 с.

29. Звягинцев, Д. Г. Растения как центры бактериальных сообществ / Д. Г. Звягинцев, Т. Г. Добровольская, Л. В. Лысак // Ж. Общ. Биол. - 1993. - Т.54. - С. 183-199.

30. Исаев, А. У. Влияние различных фракций нефти на морфологические параметры растений / А. У. Исаев, А. А. Ешибаев, А. К.

Саданов, Л. А. Акынова // Теоретическая и прикладная экология. - 2007. - № 2. - С. 51-54.

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

32. Киреева, Н. А. Биологическая активность нефтезагрязненных почв / Н. А. Киреева, В.В. Водопьянов, А. М. Мифтахова. Уфа: Гилем, 2001. - 376 с.

33. Киреева, Н. А. Диагностические критерии самоочищения почвы от нефти / Н. А. Киреева, Е. И. Новоселова, Ю. П. Ямалетдинова // Экология и промышленность России.- 2001. - №12. - С.34-35.

34. Киреева, Н. А. Микробиологическая активность загрязненных нефтепродуктами лесных почв / Н. А. Киреева, Г. Ф. Рафикова, Г. Г. Кузяхметов // Лесоведение. - 2009. - № 3. - С. 52-58.

35. Ларионова, Н. Л. Устойчивость растений к загрязнению почвы углеводородами и эффект фиторемедиации: автореф. дисс. канд биол. н. Казань. : КГУ, 2005. - 22с.

36. Максименко, А. П. О новой технологии очистки почвы, загрязненной нефтью / А. П. Максименко, В. А. Герш // Агро XXI. - 2009. - №1-3. - С. 56-57.

37. Молотков, И. В. Фиторемедиация / И. В. Молотков, В. А. Касьяненко // НефтьГазПромышленность. - 2005. - №1(13). - С. 15-19.

38. Муратова, А. Ю. Использование люцерны и тростника для фиторемедиации загрязненного углеводородами грунта / А. Ю. Муратова, О. В. Турковская, Т. Хюбнер // Прикл. биохимия и микробиология. - 2003. - Т.39. - №6. - С. 681-688.

39. Орлов, Д. С. Методы контроля почв, загрязненных нефтепродуктами / Д. С. Орлов, Я. М. Аммосова // Почвенно-экологический мониторинг. - М.: 1994.-С. 219-231.

40. Панов, Г. Е. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. - М.: Недра, 1986. – 374 с.
41. Пиковский, Ю. И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистема / Ю. И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. - М.: Наука, 1988. - С. 7-22.
42. Рамад, Ф. Прикладная экология. - Д.: Гидрометеиздат, 1981.-300 с.
43. Салангинас, Л. А. Изменение свойств почв под воздействием нефти и разработка системы мер по их реабилитации / Л. А. Салангинас. Екатеринбург: Элита-Комплекс, 2003. - 412с.
44. Соколов, В. А. Миграция газа и нефти. - М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 546 с.
45. Солнцева, Н. П. Особенности загрязнения почв при нефтедобыче / Н. П. Солнцева, Ю. И. Пиковский // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. - С. 76 - 82.
46. Терещенко, Н. П., Лушников, С. В., Пышьева Е. В. Рекультивация нефтезагрязненных почв // Экология и промышленность России. 2002. Октябрь. С. 17-20.
47. Тонкопий, Н. Н. К вопросу о накоплении бенз (а) пирена в почве / Н. И. Тонкопий, В. Я. Розанова, И. М. Минц // Гигиена и санитария. - 1973. - №4.-С. 112-113.
48. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация / В. П. Середина, Т.А. [и др.]. Томск. : Изд-во Томский политехнический ун-т, 2006. - 268с.
49. Филов, В. А. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов / В. А. Филов. – JL.: Химия, 1990. - 733 с.

50. Фильченкова, В. И. Биологическая активность обыкновенного чернозема при нефтяном загрязнении. Казань. : Защита растений и охрана окружающей среды в Татарской АССР, 1982. – 73 с.
51. Хабибулин, Р.А., Коваленко, М.В. Состояние исследований по оценке и ликвидации последствий загрязнения почвы нефтью по ее фитотоксичности. //Рекультивация земель в СССР: Тезисы Всесоюзной научно-технической конференции М. 1982. - Т.2. - С. 149-152.
52. Хазиев, Ф. Х. Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты агроэкосистемы / Ф. Х. Хазиев, Е. И. Тишкина, Н. А. Киреева. - М. : , 1987. – 500с.
53. Халимов, Э. Н. Экологические и микробиологические аспекты повреждающего действия нефти на свойства почвы / Э. Н. Халимов, С. В. Левин, В. С. Гузев. // Вестн. МГУ. – 2001. - №24. – С. 16-23.
54. Химия загрязняющих веществ и экология / В. Н. Вернигорова [и др.] - М.: Издательство «Палеотип», 2005. - 240 с.
55. Хлесткин, Р. Н. О ликвидации разливов нефти при помощи растительных отходов / Р. Н. Хлесткин, Н. А. Самойлов // Нефтяное хозяйство. - 2000. - №7. - С. 84-85.
56. Черножуков, Н. И. Химия нефти и нефтяных газов / Н. И. Черножуков, С. Н. Обрядчиков. - М.: Гостоптехиздат, 1946. - 254 с.
57. Швец, А. А. Фиторемедиация почв / А. А. Швец // Ломоносов - 2007: материалы XIV Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / МГУ им. М.В. Ломоносова. - М.: МАКС Пресс, 2007. – 856 с.
58. Яковлев, В. С. Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды. - М.: Химия, 1987. - 152 с.
59. Cannevari, G. P. Oil spill dispersantes: Current atatus and future outlook / G. P. Cannevari // Proc. Joint Conf. on prevention and control of oil spills. -Wash. (D.C.): Amer. Petrol Inst., 1971. P. 263.
60. Carlile, M.J. The Fungi. 2nd ed. / M.J. Carlile, S.C. Watkinson, G.W. Goo-day. -New York, Boston: Acad, press, 2001. 588 p.

61. Hogan J.A., Toffoli, G.R., Miller, F.C. Compositing physical model demonstration: Mass balance hydrocarbon and PCBs. *Physicochem. a. Biol. Detoxific of Hazard. Wastes* (ed by Y.C. Wu). Technomic - Lancaster. -Pa. 1989. - V.2.-P. 742-758.
62. Newman, L. Uptake and biotransformation of trichloroethylene by hybrid poplars / L. Newman, S. Strand, N. Choe, J. Duffy, G. Ekuan, M. Ruszaj, B.
63. Sahasrabudhe, S.R. Microbial degradation of chlornated azomatic compouds // *Microbiol. Sci.* - 1987. - V.82. - P. 300-303.