

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Пермский государственный национальный исследовательский университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
и инновациям ПГНИУ

_____ С.В. Пьянков

М.П.

ОТЧЕТ

о выполнении 2 этапа услуг

по договору №22z0548 от 11.04.2022 по теме:

«Разработка Проекта по дополнению Региональных нормативов остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края, утвержденных постановлением Правительства Пермского края от 20.12.2018 № 813-п (с изменениями на 23.12.2020)»

Пермь, 2022

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

2 этап

по договору №22z0548 от 11.04.2022 г.

Научный руководитель работы

доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой
биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ

_____ С.А. Бузмаков

Ответственный исполнитель

зав. лабораторией экологии и охраны природы,
старший преподаватель кафедры биогеоценологии и
охраны природы ПГНИУ

_____ Е.А. Дзюба

Исполнители:

доктор биологических наук, академик Российской
академии наук, профессор кафедры микробиологии и
иммунологии ПГНИУ

_____ И.Б. Ившина

доктор биологических наук, профессор кафедры
микробиологии и иммунологии ПГНИУ

_____ М.С. Куюкина

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой прикладной математики
ПГНИУ

_____ С.В. Русаков

кандидат биологических наук, декан биологического
факультета ПГНИУ

_____ А.А. Елькин

кандидат географических наук, зав. лабораторией
эколого-геоинформационных систем, доцент кафедры
биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ

_____ П.Ю. Санников

кандидат биологических наук, доцент кафедры
биогеоценологии и охраны природы ПГНИУ

_____ И.Е. Шестаков

кандидат биологических наук, старший преподаватель
кафедры микробиологии и иммунологии ПГНИУ

_____ Е.А. Тюмина

инженер лаборатории экологии и охраны природы,
старший преподаватель кафедры биогеоценологии и
охраны природы ПГНИУ

_____ Ю.В. Хотяновская

аспирант, ассистент кафедры биогеоценологии и
охраны природы ПГНИУ

_____ Е.А. Игошева

лаборант лаборатории экологии и охраны природы

_____ Е.А. Новикова

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Обзор и сравнительный анализ действующих нормативно-правовых актов об утверждении региональных нормативов ДОСНП в регионах Российской Федерации, в том числе в Пермском крае.....	6
2. Анализ возможности применения нормативов ДОСНП, установленных в других субъектах РФ, к землям тех категорий, для которых в Пермском крае такие нормативы не установлены	18
3. Анализ возможности применения нормативов ДОСНП, установленных Региональными нормативами № 813-п для земель сельскохозяйственного назначения, к землям населенных пунктов, отнесенным к территориальной зоне сельскохозяйственного использования.....	26
4. Материал и методика	29
4.1. Характеристика отобранных для проведения экспериментов почв	29
4.2. Методика исследований	39
5. Результаты экспериментов	52
5.1. Вегетационный хронический эксперимент	53
5.2. Результаты биотестирования	120
5.3. Содержание микроэлементов в почве.....	126
5.4. Результаты прогнозной оценки экологического риска от воздействия загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами при соблюдении ДОСНП	135
6. Анализ возможности объединения региональных нормативов ДОСНП, установленных и предлагаемых для разных типов почв по статистическим показателям.....	168
7. Результаты расчетов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почве.....	174
8. Дополнения нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края	177
9. Проект по дополнению Региональных нормативов остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края, утвержденных постановлением Правительства Пермского края от 20.12.2018 № 813-п (с изменениями на 23.12.2020) для 5-ти типов почв	179
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	182
Список литературы.....	188
Приложение 1. Фотографии площадок отбора почв	203
Приложение 2. Фотоотчет вегетационного хронического эксперимента.....	206

ВВЕДЕНИЕ

Услуги «Разработка Проекта по дополнению Региональных нормативов остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края, утвержденных постановлением Правительства Пермского края от 20.12.2018 № 813-п (с изменениями на 23.12.2020)» выполняются в рамках договора ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» с Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Цель Услуг: установление нормативов допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов для 5-ти типов (подтипов) почв Пермского края.

Описание Услуг:

На I этапе: «Разработка предложений по дополнению Региональных нормативов остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края, утвержденных постановлением Правительства Пермского края от 20.12.2018 № 813-п (с изменениями на 23.12.2020)» предусмотрено выполнение следующих мероприятий

- обзор и сравнительный анализ действующих нормативно-правовых актов об утверждении региональных нормативов ДОСНП в регионах Российской Федерации, в том числе в Пермском крае;

- анализ возможности применения нормативов ДОСНП, установленных в других субъектах РФ, к землям тех категорий, для которых в Пермском крае такие нормативы не установлены;

- анализ возможности применения нормативов ДОСНП, установленных Региональными нормативами № 813-п для земель сельскохозяйственного назначения, к землям населенных пунктов, отнесенным к территориальной зоне сельскохозяйственного использования;

- проработка и обоснование предложений по дополнению Региональных нормативов № 813-п;

- проработка в официальном порядке с Министерствами природных ресурсов регионов, граничащих с Пермским краем, подходов по реализации на практике положений, представленных в п. 6 Временных рекомендаций по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ, утвержденных приказом МПР РФ от 12.09.2002 № 574;

На II этапе: «Разработка Проекта по дополнению Региональных нормативов остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края,

утвержденных постановлением Правительства Пермского края от 20.12.2018 № 813-п (с изменениями на 23.12.2020)» предусмотрено выполнение следующих мероприятий

- разработка и реализация лабораторных экспериментов для обоснования нормативов ДОСНП в почвах Пермского края и для определения возможности применения нормативов ДОСНП, установленных Региональными нормативами № 813-п для земель сельскохозяйственного назначения, к землям населенных пунктов, отнесенным к территориальной зоне сельскохозяйственного использования;

- определение токсичности загрязненных нефтью почв, их влияние на окружающую среду;

- определение возможности применения нормативов ДОСНП, установленных в других субъектах РФ, к землям тех категорий, для которых в Пермском крае такие нормативы не установлены;

- количественная оценка экологического риска для объектов окружающей среды;

- оценить необходимость определения влияния загрязненных нефтью почв на здоровье человека;

- расчеты концентраций остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах, которые не влияют на процессы самоочищения и почвенный микробиоценоз по показателям токсичности, по поступлению в сопредельные среды (подземные и поверхностные воды, в атмосферный воздух) в количестве не превышающем нормативы с пояснительными материалами.

Результаты услуг по 2 этапу: Проект по дополнению Региональных нормативов остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края, утвержденных постановлением Правительства Пермского края от 20.12.2018 № 813-п (с изменениями на 23.12.2020) для 5-ти типов почв.

1. Обзор и сравнительный анализ действующих нормативно-правовых актов об утверждении региональных нормативов ДОСНП в регионах Российской Федерации, в том числе в Пермском крае

Исходя из приказа № 574 от 12 сентября 2002 года Министерства природных ресурсов РФ нормативы ДОСНП устанавливаются для основных типов (подтипов) почв, распространенных на территориях субъектов Российской Федерации, с учетом зонально-биоклиматических и ландшафтно-литологических факторов, в том числе гранулометрического состава и строения почвенного профиля, категории и вида использования земель, а также химического состава нефти и продуктов её трансформации.

Определение норматива ДОСНП в почве с учетом природных особенностей имеет значительную теоретическую проработку, основанную, прежде всего, на устойчивости почв разных природных зон к антропогенному воздействию (Глазовская, 1988, 1997; Мотузова, 2000; Обухов, Ефремова, 1988; Пиковский, 1993; Пиковский, Геннадиев, Чернянский, Сахаров, 1993; Солнцева, 1998; Таскаев, Маркарова, Заинкин, 2004; Трофимов, Розанова, 2002). В современной литературе, напротив, не существует единой точки зрения на экологическое нормирование почв с учетом особенностей хозяйственного использования земель. Так, в Институте биологии Уральского отделения РАН (Маганов, Маркарова, Муляк, Загвоздкин, Заикин, 2008) проводят оценку состояния земель с учетом направления рекультивации. В количественном выражении для зоны южной тайги это соответствует следующим допустимым уровням содержания нефти в почве: при сельскохозяйственном направлении рекультивации – 1–5 г/кг для пашни, 10–30 г/кг для сенокосов, пастбищ, при природоохранном направлении – 1–5 г/кг.

В официальных документах, связанных с вопросами оценки допустимого остаточного содержания нефти в почве (ДОСНП), также не существует единого подхода к определению допустимых концентраций нефти в почвах разных категорий земель (Яковлев, Никулина, 2013).

Анализ зарубежных нормативных документов показывает некоторую упрощенность системы экологического нормирования, в котором зачастую не учитывается почвенный тип, однако детально прорабатывается характеристика допустимого содержания загрязняющих веществ в почве в зависимости от фракционного состава нефтепродуктов и присутствия в них индивидуальных загрязняющих веществ (Federal soil protection..., 1999; William, 2003; CMR 40.0996(7)). В то же время в вопросах нормирования по видам хозяйственного использования в зарубежных работах также нет однозначного подхода, и нормы допустимых концентраций нефти в почве разрабатываются, как правило, лишь для селитебных территорий. В частности, в Федеральном законе о защите почв Германии используются стандарты для детских

площадок, рекреационных объектов, промышленных площадок (Federal soil protection..., 1999). Допустимое содержание бенз(а)пирена для детских площадок принимается равным 2, для жилых зон – 4, в парках – 10, для промышленных зон города – 12 мг/кг.

Существующая в этом отношении научная и нормативно-правовая неопределенность в отечественной и зарубежной практике не позволяет точно рассчитать уровень отклонения значений экологического состояния почв от отвечающего норме для конкретной категории земель (Яковлев, Никулина, 2013).

Применение фоновых уровней углеводородов в почве в качестве показателей допустимого содержания требует отдельного рассмотрения. Фоновое содержание углеводородов в почве зависит от геохимических особенностей территории с учетом естественного выноса углеводородных соединений из ее глубин (иммонационные явления). Наличие растительности на поверхности и органического вещества в почвенном слое также вносит вклад в величины фоновых концентраций углеводородов. Таким образом, фоновое содержание нефти в почве представляет собой сумму результатов природных глубинных эманаций нефти и газа, а также трансформации растительности и органического вещества в верхней части почвенного профиля. В верховых болотах фоновое содержание углеводородов может изменяться в широких пределах – от 0,5 до 2 г/кг сухой торфяной массы, в низинных болотах – около 0,5 г/кг, в минеральных почвах – около 0,01 г/кг (Пиковский, 1993).

По-видимому, ориентация на фоновое содержание углеводородов в почве при установлении норм ДОСНП является наиболее актуальной при нормировании содержания нефти в особо охраняемых природных местах, например, на землях особо охраняемых природных территорий, на землях сельскохозяйственного назначения, водоохраных, рыбоохраных территориях речных долин, шельфовой зоны и т.д. Так, до сих пор открыт вопрос о защите «нерестовых» рек от нефтяного загрязнения. Существуют два варианта решения этой проблемы: использование в качестве допустимых величин значения ДОСНП, полученные экспериментальным путем (до 5 г/кг для торфяных почв) (Трофимов, Розанова, 2002; Трофимов, Фокин, Купряшкин, Дорофеева, 2008), либо ориентация на фоновое содержание нефти для этих почв (1–2 г/кг). Чаще всего на территориях с высоким статусом экологической охраны практики устанавливают значения близкие к фоновым (Постановление от 10.12.2004 г № 466-П).

На протяжении последних 10–15 лет прослеживается тенденция изменения значений ДОСНП в сторону их увеличения. Например, в нормативах для территории Республики Коми от 0.5–3.0 до 30–50(80) г/кг (Постановление правительства Республики Коми от 20 ноября 2007 года № 268). Причина состоит в большей доверии исследователей природным механизмам самовосстановления почв по сравнению с техническими методами удаления

нефти, то есть с применением бульдозеров, экскаваторов, снимающих плодородный слой вместе с нефтью. Отмечается также корректировка значений ДОСНП по видам хозяйственного использования земель. Для территории Республики Коми установлено увеличение в разы пороговых величин для земель промышленности относительно прочих категорий.

Важным аспектом совершенствования системы регулирования ДОСНП является зонирование опасных с точки зрения загрязнения территорий субъектов РФ с учетом видов хозяйственного использования. Зонирование территорий представляет собой два взаимосвязанных процесса. Один из них состоит в делении территорий на зоны по уровню загрязнения. Другой – в установлении в границах каждой из данных зон режима допустимого хозяйственного использования земельных участков (Павлов, Крамкова, Мартьянов, 2005).

В процессе зонирования определяются и уточняются экологические ограничения в системе землепользования. В частности, эти ограничения связаны с определением значений ДОСНП в рамках конкретных территорий с учетом их природных особенностей и видов хозяйственного использования. На базе зонирования может быть сформирован определенный правовой каркас территории (Павлов, Крамкова, Мартьянов, 2005), способствующий ее рациональному использованию. Такой подход принципиально важен в процессе организации социально-экономического и экологического планирования на территориях земель муниципальных образований, связанных с добычей и транспортировкой нефтепродуктов (Яковлев, Никулина, 2013).

Региональные нормативы ДОСНП в Российской Федерации

На данный момент норматив ДОСНП установлен в **Пермском крае** (Постановление от 20 декабря 2018 года № 813-п), **Республике Удмуртия** (Приказ от 11 сентября 2015 года № 179; Приказ от 27.04.2017 г № 73), в **Ханты-Мансийском автономном округе – Югра** (Постановление правительства от 10 декабря 2004 года № 466-п), в **Ненецком автономном округе** (Постановление от 15 декабря 2011 года № 293-п), в **Республике Татарстан** (Приказ от 28 октября 2016 г. № 1201-п), в **Республике Коми** (Постановление от 20 ноября 2007 года № 268), в **Чувашской Республике** (Постановление от 24 января 2013 г. № 6), в **Сахалинской области** (Постановление от 20 июня 2018 г. № 279), в **Ставропольском крае** (Приказ от 26 августа 2020 г. № 366), в **Красноярском крае** (Постановление от 08.07.2020 № 487-п).

Для некоторых регионов на данный момент нет принятых нормативов ДОСНП, но есть научно-обоснованные рекомендации. К такому региону относится Ленинградская область (Бакина, Капелькина, Чугунова, Бардина, Герасимов, 2010; Чистые земли).

Региональные нормативы имеют свою специфику, несмотря на то, что разрабатываются они на основе единых рекомендаций по разработке и введению в действие нормативов

допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ (Приказ 12 сентября 2002 года № 574).

В Ханты-Мансийском автономном округе – Югре региональные нормативы приняты раньше всех других регионов. Разработанный норматив сделан на основе общепринятой в почвоведении индексации почвенных горизонтов, учитывают надтиповые группы, гранулометрический состав и типы почв. Отдельно нормативы разработаны для следующих категорий земель, учитывая природные зоны:

- Подзоны среднетаежных и северотаежных почв. Лесохозяйственное использование.
- Подзоны среднетаежных и северотаежных почв. Водохозяйственное использование (включая водоохранные зоны источников питьевого водоснабжения, рыбохозяйственных водных объектов).
- Подзоны среднетаежных и северотаежных почв. Сельскохозяйственное использование (пашни, поля, луга, пастбища и подобное).
- Подзоны среднетаежных и северотаежных почв. Строительное использование.

Принятые значения норматива ДОСНП находятся в диапазоне от 0,1 г/кг до 60 г/кг в целом по всем зонам. В подзоне среднетаежных и северотаежных почв этот диапазон находится в интервале от 2 г/кг до 60 г/кг.

В Республике Коми, в отличие от ХМАО, не учитываются почвенные горизонты и гранулометрический состав, но отдельно выделяются особенности внутри группы (по почвенному профилю и гранулометрическому составу). Отдельно нормативы разработаны для следующих категорий земель, учитывая природные зоны:

- Земли лесного фонда (леса), земли сельскохозяйственного назначения (сенокосы, пастбища). Зона почв Субарктики, подзона северно- и среднетаежных почв.
- Земли сельскохозяйственного назначения (пашни). Зона почв Субарктики, подзона северно- и среднетаежных почв.
- Земли промышленности (промышленные площадки). Зона почв Субарктики, подзона северно- и среднетаежных почв.
- Земли лесного фонда и особо охраняемых территорий. Зона почв Субарктики, подзона северно- и среднетаежных почв.
- Земли особо охраняемых территорий (природоохранное назначение). Зона почв Субарктики, подзона северно- и среднетаежных почв.
- Земли лесного фонда и земли в водоохранной зоне рек, ручьев, озер, водохранилищ. Зона почв Субарктики, подзона северно- и среднетаежных почв.

Принятые значения норматива ДОСНП находятся в диапазоне от 1 г/кг до 80 г/кг в целом по всем категориям, внутри категории земель сельскохозяйственного назначения – от 1 г/кг до 30 г/кг.

В Ненецком Автономном округе нормативы ДОСНП разработаны не только для почв, но и для донных отложений. Для принятых нормативов учитывается надтиповая группа, типы почв, гранулометрический состав и почвенные горизонты. Отдельно нормативы разработаны для следующих категорий земель, учитывая природные зоны:

1. *Природно-климатическая зона 02 тундровая и лесотундровая, подзона почвы субарктической поймы р. Печора.*

1.1. Земли сельскохозяйственного назначения.

1.2. Земли особо охраняемых территорий

1.3. Земли водного фонда

1.4. Земли промышленности

2. *Природно-климатическая зона 02 тундровая и лесотундровая, подзона почв южных тундр, лесотундры и крайнесеверной тайги.*

2.1. Земли сельскохозяйственного назначения

2.2. Земли лесного фонда

2.3. Земли особо охраняемых территорий

2.3.1. Вид использования земель - особо охраняемые природные территории, включая территории традиционного природопользования.

2.3.2. Вид использования земель – водоохраные зоны, включая зоны санитарной охраны источников питьевого водоснабжения.

2.4. Земли водного фонда

2.5. Земли промышленности

3. *Природно-климатическая зона 02 тундровая и лесотундровая, подзона северных и арктических тундр*

3.1. Земли сельскохозяйственного назначения

3.2. Земли особо охраняемых территорий

3.2.1. Вид использования земель - особо охраняемые природные территории, включая территории традиционного природопользования.

3.2.2. Вид использования земель – водоохраные зоны, включая зоны санитарной охраны источников питьевого водоснабжения

3.3. Земли водного фонда

3.4. Земли промышленности

Принятые значения норматива ДОСНП находятся в диапазоне от 0,1 г/кг до 30 г/кг в целом по всем зонам. Важно отметить, что верхняя граница норматива, которая установлена для торфяно-болотных верховых, торфяно-болотных низинных почв в верхнем горизонте промышленных земель, равняется значению 30 г/кг. Это в 2 раза меньше, чем установленный норматив ДОСНП для того же типа почв в ХМАО для лесохозяйственного использования земель, и более, чем в 2,5 раза меньше норматива для земель промышленности Республики Коми.

В Республике Татарстан нормативы ДОСНП разработаны для почв с учетом вида землепользования, классификации почв Республики Татарстан, надтиповой группы, гранулометрического состава и природных зон. Отдельно разработаны нормативы для следующих категорий земель с учетом природных зон:

- Земли сельскохозяйственного назначения лесостепной зоны
- Земли лесного фонда лесостепной зоны
- Земли особо охраняемых природных территорий и объектов лесостепной зоны.

Нормативное значение остаточного содержания нефти в почве находится в диапазоне 2 – 5 г/кг, верхняя граница значения норматива приходится на категорию земель лесного фонда.

В Чувашской Республике нормативы ДОСНП разработаны отдельно для пахотного слоя (земли сельскохозяйственного назначения) и для горизонта А1 (гумусовый, дерновый слой). Нормативы разработаны для почв, находящихся в одной надтиповой группе. Значения норматива не зависят от гранулометрического состава. Изменение норматива в рамках одной категории землепользования наблюдается только по типам почв. Все нормативы распространяются на подзону южнотаежных и лесостепных почв, с выделением категорий земель: земли сельскохозяйственного назначения, земли лесного фонда и земли особо охраняемых природных территорий и объектов. Значения принятого норматива ДОСНП находятся в диапазоне от 2 до 5 г/кг, наибольшее значение отмечается для земель лесного фонда.

В Республике Удмуртия норматив ДОСНП разработан отдельно для торфяных почв южнотаежной и лесостепной природно-климатической зоны и для дерново-подзолистых суглинистых почв (принято два отдельных приказа в 2015 и 2017 годах соответственно).

Для дерново-подзолистых суглинистых почв принят норматив ДОСНП равный 3,2 г/кг. Разработанный норматив не учитывает почвенные горизонты, природные зоны, виды использования земель, также тип почв и гранулометрический состав носят формулировку общего характера.

Для торфяных почв южнотаежной и лесостепной природно-климатических зон норматив разработан без учета почвенных горизонтов, гранулометрического состава, но

принимаются во внимание категории землепользования и природные зоны. Норматив разработан для земель сельскохозяйственного назначения (2000 мг/кг) и земель лесного фонда (3000 мг/кг) для обеих природных зон.

Для **Сахалинской области** в 2018 г. норматив ДОСНП был разработан с учетом природных зон, категории земель и вида их использования, надтиповой группы, гранулометрического состава, типов почв и их почвенных горизонтов. Отдельно разработаны нормативы для следующих категорий земель с учетом природных зон:

- Земли водного фонда, водоохраных зон, санитарные зоны источников питьевого водоснабжения почвенно-географической зоны (подзоны) хвойных лесов
- Земли промышленности почвенно-географической зоны (подзоны) хвойных лесов
- Земли населенных пунктов почвенно-географической зоны (подзоны) хвойных лесов
- Земли лесного фонда, земли лесохозяйственного использования, земли запаса почвенно-географической зоны (подзоны) хвойных лесов
- Земли сельскохозяйственного назначения (пашни, пастбища, сенокосы, луга и подобное), земли сельскохозяйственного использования почвенно-географической зоны (подзоны) хвойных лесов
- Земли особо охраняемых территорий и объектов почвенно-географической зоны (подзоны) хвойных лесов

Значения нормативов варьируют в диапазоне от 1 г/кг до 67 г/кг, наибольшее значение присуще торфяным болотным верховым почвам лесного фонда.

Для **Ленинградской области** нет нормативно-правового акта, устанавливающего норматив ДОСНП, но есть публикации о разработке норматива ДОСНП (Бакина, Капелькина, Чугунова, Бардина, Герасимов, 2010). Авторами проведены многочисленные лабораторные и натурные эксперименты. Значения рекомендованного норматива ДОСНП, который получил положительное заключение Государственной экологической экспертизы и проходит процедуру дальнейшего согласования и утверждения в отделе нормирования Минприроды, опубликованы в отчете БАЛТНЕФТЕПРОВОДА (Чистые земли). Выделены следующие категории:

1. Почвы лесохозяйственного использования. Минеральные почвы (подзолистые, дерново-подзолистые):

- легкого гранулометрического состава (пески, супеси) – 5 г/кг;
- тяжелого гранулометрического состава (суглинки, глины) – 8 г/кг.

2. Почвы сельскохозяйственного использования. Минеральные почвы (дерново-подзолистые):

- легкого гранулометрического состава (пески, супеси) – 5 г/кг;
- тяжелого гранулометрического состава (суглинки, глины) – 8 г/кг.

В **Ставропольском крае** в 2020 г. нормативы ДОСНП разработаны с учетом надтиповой группы, гранулометрического состава, типа почв и их горизонтов. Наименования и индексация обозначений проведены в соответствии с классификацией и диагностикой почв СССР. Нормативы установлены только для земель сельскохозяйственного назначения – пашен, пастбищ и сенокосов. Значения нормативов находятся в диапазоне от 1 г/кг до 10 г/кг.

В **Красноярском крае** нормативы ДОСНП установлены лишь для районов развития нефтегазовой отрасли (для Сузунского месторождения). При разработке были учтены гранулометрический состав и тип почв. Наименьшее значение норматива отмечается для тундровых глеевых типичных почв – 0,5 г/кг, наибольшее – 9,0 г/кг – для тундровых болотных почв.

В **Санкт-Петербурге** на региональном уровне были приняты допустимые уровни содержания нефтепродуктов: в почве селитебных зон – 0,18 г/кг; в почве автозаправочных станций – 0,275 г/кг; в почве нефтехранилищ и площадок разгрузки нефтепродуктов – 2 г/кг (Распоряжение от 30 августа 1994 года № 891-р), однако в начале 2022 г. распоряжение утратило силу на основании постановления (Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 19 января 2022 года № 14).

В **Пермском крае** впервые нормативы ДОСНП были установлены в 2018 году, далее в 2020 году было выпущено постановление с изменениями, в котором уже было отражено 8 типов почв. В результате на территории Пермского края нормативы ДОСНП установлены по двум категориям земель (земли лесного фонда и земли сельскохозяйственного назначения) для 8 типов почв (таблица 1.1).

Результаты сводного анализа ДОСНП в субъектах РФ представлены в таблице 1.2.

В **Республике Беларусь** научно обоснованы дифференцированные гигиенические нормативы (Рубин и др., 2013) и установлены пороговые значения содержания нефтепродуктов в почве для различных категорий земель. Они предусматривают различные степень загрязнения и гранулометрический состав почв. Так, для земель природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения; земель лесного фонда; земель водного фонда; в почвах природных территорий, подлежащих особой и (или) специальной охране диапазон значений составляет 42,5 – 4060 мг/кг. Для почв рекреационных пунктов – диапазон от 91,4 мг/кг до 8720 мг/кг. Для земель запаса – от 85,1 мг/кг до 8120 мг/кг. Для почв земель населенных пунктов, садоводческих товариществ, дачных

кооперативов; в почвах сельскохозяйственных, жилых, общественно-деловых зон населенных пунктов значения находятся в диапазоне от 183 мг/кг до 17500 мг/кг. В почвах земель промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения; в почвах зон специального назначения, зон транспортной, инженерной инфраструктуры, производственных зон, иных территориальных зон населенных пунктов, определенных законодательством, содержание нефтепродуктов может варьироваться от 817 мг/кг до 78000 мг/кг (Постановление Республики Беларусь от 25.11.2021 № 13-Т).

Таблица 1.1 – Нормативы ДОСНП, установленные на территории Пермского края

№ п/п	Тип почвы	Нормативное значение, г/кг	
		Земли сельскохозяйственного назначения	Земли лесного фонда
1	Дерново-подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые	2,4	1,5
2	Подзолы иллювиально-железистые (подзолы иллювиально-малогумусовые)	1,0	1,4
3	Торфяные болотные верховые	5,3	2,8
4	Дерново-подзолистые преимущественно неглубокоподзолистые	2,3	2,1
5	Дерново-карбонатные, (включая выщелоченные и оподзоленные)	2,5	2,4
6	Светло-серые лесные	2,4	2,2
7	Темно-серые лесные	2,6	1,9
8	Пойменные	3,9	3,3

Анализируя таблицу 1.2, можно отметить, что нормативы, разработанные для Пермского края, отличаются от нормативов, разработанных для других регионов.

Для дерново-подзолистых почв норматив разработан во всех регионах, в которых приняты региональные нормативы ДОСНП. В Республике Коми для земель сельскохозяйственного назначения так же проводится деление на пашни, сенокосы и пастбища. Если брать во внимание только сенокосы и пастбища, то значение нормативов в Республике Коми получится самым высоким среди регионов. В ХМАО установлен норматив в два раза меньше, чем в Республике Коми (5 г/кг), минимальное значение норматива установлено в Республиках Татарстан и Чувашия (2 г/кг). Пермский край занимает промежуточное положение, имея установленный норматив в 4 раза меньше, чем в Коми (2,4 г/кг). В Республике Удмуртия установлен единый норматив, без учета категорий земель.

Таблица 1.2 – Нормативы ДОСНП регионов Российской Федерации для типов почв, характерных для Пермского края

Надтиповая группа	Гранулометрический состав	Типы почв	Категория земель	Республика Коми	Республика Татарстан	Республика Удмуртия	ХМАО	Республика Чувашия	Сахалинская область	Пермский край	
Органо-минеральные естественные и антропогенно преобразованные почвы	Легкий, средний, тяжелый суглинков и глины	Дерново-подзолистые	земли с/х назначения	1,0 ¹ 10,0 ²	2,0	3,2	5	2,0	2,0	2,4	
			лесного фонда	10,0 1,0 ³	5,0		30	5,0 2,0 ³	19,0	1,5	
	Любой	Дерново-карбонатные	земли с/х назначения	1,0 ¹ 10,0 ²	2,0	-	-	-	-	-	2,5
			лесного фонда	10,0 1,0 ³	5,0	-	-	-	-	-	2,4
	Любой	Светло-серые лесные	земли с/х назначения	-	2,0	-	-	2,0	-	-	2,4
			лесного фонда	-	5,0 2,0 ³	-	-	5,0 2,0 ³	-	-	2,2
	Любой	Темно-серые лесные	земли с/х назначения	-	2,8	-	-	3,0	-	-	2,6
			лесного фонда	-	5,0	-	-	5,0 2,0 ³	-	-	1,9
	Любой	Пойменные	земли с/х назначения	1,0 ¹ 10,0 ²	-	-	-	3,0	2,0	-	3,9
			лесного фонда	10,0 1,0 ³	-	-	-	2,0 ³	7,5	-	3,3
Органогенные	-	Торфяные болотные верховые	земли с/х назначения	5,0 ¹ 30,0 ²	-	2,0	-	-	6,0	5,3	
			лесного фонда	30,0	-	3,0	60,0	-	67,0	2,8	

Примечания:
¹ пашни, ² сенокосы и пастбища, ³ земли ООПТ

Значение норматива (3,2 г/кг) больше, чем в Пермском крае, почти в 1,5 раза для земель сельскохозяйственного назначения. Для земель лесного фонда максимальное значение норматива установлено для ХМАО (30 г/кг), а минимальное – в Пермском крае (1,5 г/кг), что меньше в 20 раз. Также, значение установленного в Пермском крае норматива более чем в 2 раза ниже, чем в Республике Удмуртия.

Для дерново-карбонатных почв нормативы ДОСНП установлены в Республиках Коми и Татарстан, а также в Пермском крае. В Республике Коми установлен норматив на уровне 1 г/кг для земель сельскохозяйственного назначения (пашни) и земель ООПТ (земли лесного фонда). Для сенокосов и земель лесного фонда норматив установлен в 10 раз выше – 10 г/кг, что в 4 раза выше, чем норматив в Пермском крае, и в 5 раз выше, чем в Удмуртии. В Удмуртии норматив для земель сельскохозяйственного назначения ниже, чем в Пермском крае на 20%, а земель лесного фонда наоборот выше в 2 раза.

Для светло-серых лесных почв норматив ДОСНП установлен в Республиках Татарстан и Чувашия. В Татарстане и Чувашии норматив для земель сельскохозяйственного назначения установлен на одном уровне – 2 г/кг, что ниже, чем в Пермском крае. Для земель лесного фонда – напротив, этот норматив выше, чем в Пермском крае в 2 раза (исключением являются земли ООПТ в рамках данной категории земель, для которых норматив установлен на уровне 2 г/кг).

Для темно-серых лесных почв норматив ДОСНП установлен в Республиках Татарстан и Чувашия. Нормативные значения для земель сельскохозяйственного назначения в приведенных Республиках выше, чем для территории Пермского края (на 0,2 и 0,4 г/кг соответственно выше). Для земель лесного фонда эти нормативы выше, чем в Пермском крае в 2,5 раза (исключением является земли ООПТ в рамках категории лесного фонда, где норматив практически на уровне Пермского края).

Для пойменных почв норматив ДОСНП для земель сельскохозяйственного назначения установлен в Республиках Коми и Чувашия, Сахалинской области и Пермском крае. В Пермском крае норматив выше, чем на территории Республики Чувашия и Сахалинской области, на 30%. В Республике Коми установлены отдельные нормативы для пашни и сенокосов, в результате норматив для пашни в 4 раза ниже, чем в Пермском крае, а для сенокосов – наоборот в 2,5 раза выше, чем в Пермском крае.

Для торфяно-болотных верховых почв нормативы, помимо Пермского края, разработаны в Республике Коми, Республике Удмуртия и ХМАО, которые находятся по соседству с Пермским краем, что говорит о некотором сходстве природных условий. Норматив для этого типа почв разработан для земель сельскохозяйственного назначения и земель лесного фонда. В Республике Коми отдельно разработан норматив для пашен и отдельно для сенокосов и пастбищ в категории земель сельскохозяйственного назначения. Норматив для пашен

составляет 5 г/кг, что меньше, чем норматив в Пермском крае. Для земель лесного фонда и категории сенокосов и пастбищ норматив в Республике Коми составляет 30 г/кг. Для земель сельскохозяйственного назначения это значение больше норматива в Пермском крае в 5,7 раз (в Пермском крае он равен 5,3 г/кг), и в 15 раз больше, чем для почв Республики Удмуртия. Для земель лесного фонда максимальное значение норматива отмечено в ХМАО (60 г/кг), в Республике Коми этот норматив меньше в два раза (30 г/кг). Наиболее низкий норматив, в 21 раз меньше, чем в ХМАО, установлен в Пермском крае. В Республике Удмуртия норматив для земель сельскохозяйственного назначения ниже в 2,5 раза, чем в Пермском крае.

На данный момент нормативы ДОСНП разработаны на территории 10 регионов Российской Федерации, в том числе в Пермском крае. Из регионов, граничащих с Пермским краем, нормативы установлены в Республике Удмуртия и Коми. Во всех регионах несколько отличаются подходы по разработке нормативов, но общим остается учет разности типов почв и категорий земель. Многие регионы устанавливают нормативы с учетом гранулометрического состава, для отдельных горизонтов, по количеству содержания гумуса. В Пермском крае установлены нормативы относительно типов почв и категорий земель, что достаточно просто для природопользователей (отсутствует необходимость проводить отбор проб с различных горизонтов и т.д.).

2. Анализ возможности применения нормативов ДОСНП, установленных в других субъектах РФ, к землям тех категорий, для которых в Пермском крае такие нормативы не установлены

В пункте 6 Временных рекомендаций описана возможность применения нормативов ДОСНП соседних регионов. На территории субъектов Российской Федерации, в которых в установленном порядке не введены в действие нормативы ДОСНП, по согласованию с территориальными органами Министерства природных ресурсов Российской Федерации могут быть использованы соответствующие значения нормативов ДОСНП других регионов, исходя из однотипности биоклиматических и ландшафтно-литологических условий, либо соответствующее обоснование допустимого уровня остаточного загрязнения должно содержаться в проекте рекультивации нефтезагрязненных земель.

Пермский край граничит с пятью субъектами Российской Федерации: Кировская и Свердловская области, Республики Коми, Башкортостан и Удмуртия. Из них нормативы ДОСНП установлены в Республиках Коми и Удмуртия. Помимо граничащих регионов, относительно Пермского края целесообразно рассмотреть близлежащие субъекты – ХМАО и Республику Татарстан.

В регионах для разработки нормативов в большинстве случаев учитывают тип почв и категорию земель. Исходя из этого, представляется логичным проанализировать нормативы регионов для тех типов почв и категорий земель, по которым в Пермском крае нет установленных нормативов (таблицы 2.1, 2.2). Нормативы для типов почв рассматриваются относительно всех регионов, где находится их ареал распространения и есть установленные для них нормативы. К ним относятся: Республики Коми, Удмуртия, Татарстан, Чувашская Республика, Сахалинская область, Ханты-Мансийский и Ненецкий автономные округа.

При определении нормативов, разработанных для типов почв, схожих с типами Пермского края, обнаруживается существенная проблема: регионы используют различные классификации для определения типов почв. По этой причине при анализе нормативов ДОСНП других регионов для почв, распространенных в Пермском крае, мы рассматриваем лишь те, наименование которых совпадает с принятым в Пермском крае подходом классификации типов почв по Национальному атласу почв России (2011).

Таблица 2.1 – Представленность типов почв Пермского края, для которых не установлены нормативы ДОСНП, в нормативной базе других регионов

Тип почв, для которого нет установленного норматива ДОСНП в Пермском крае	Доля в почвенном покрове Пермского края, %	Регион, в котором норматив ДОСНП установлен	Нормативное значение
Глее-подзолистые	0,2	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
		НАО	1 ^{1*} 5,0 ^{2*}
Подзолистые, преимущественно мелкоподзолистые	0,02	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
Подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	4,7	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
Подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые	8,4	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
Подзолистые, преимущественно сверхглубокоподзолистые	5,9	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
Подзолистые поверхностно-глееватые	1,1	-	-
Торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые	1,7	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
		НАО	1 ^{1*} 5,0 ^{2*}
Дерново-подзолистые преимущественно мелко-и неглубокоподзолистые	2,8	Республика Удмуртия	3,2
		Республика Чувашия	2,0 ¹ 5,0 ²
Дерново-подзолистые иллювиально-железистые	0,8	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
		Республика Удмуртия	3,2
		Республика Чувашия	2,0 ¹ 5,0 ²
Подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые без разделения (подзолы иллювиально- мало- и многогумусовые)	0,5	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
		ХМАО	5,0 ¹ 15,0 ²
		НАО	1 ^{1*} 5,0 ^{2*}

Тип почв, для которого нет установленного норматива ДОСНП в Пермском крае	Доля в почвенном покрове Пермского края, %	Регион, в котором норматив ДОСНП установлен	Нормативное значение
Подзолы глеевые торфянистые и торфяные, преимущественно иллювиально гумусовые	0,6	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
		ХМАО	5,0 ¹ 15,0 ²
		НАО	1 ^{1*} 5,0 ^{2*}
Подбуры таежные (без разделения)	0,03	-	-
Буро-таежные иллювиально-гумусовые (буроземы грубогумусовые иллювиально-гумусовые)	6,5	Сахалинская область	2,0 ¹ 23 ²
Буроземы таежные (буроземы грубогумусовые)	0,1	-	-
Дерново-глеевые и перегнойно-глеевые	0,1	-	-
Серые лесные	0,1	Республика Татарстан	2,5 ¹ 5,0 ²
		Республика Чувашия	2,0 ¹ 5,0 ²
Черноземы оподзоленные	0,4	-	-
Болотные переходные	0,1	-	-
Торфяные болотные низинные	0,1	НАО	5,0 ¹ 20,0 ²
		Республика Коми	30,0 ¹ (сенокосы, пастбища) 5,0 ¹ (пашни) 30 ²
		Республика Удмуртия	2,0 ¹ 3,0 ²
		ХМАО	20 ²
		Сахалинская область	6,0 ¹ 17,0 ²
Пойменные заболоченные	1,2	НАО	1 ^{1*} 5,0 ^{2*}
		Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
Пойменные слабокислые и нейтральные	2,9	-	-
Горные лесо-луговые	2,2	Республика Коми	10,0 ^{1*} (сенокосы, пастбища) 1,0 ^{1*} (пашни) 10,0 ^{2*}
		ХМАО	5,0 ¹ 15,0 ²
Торфяные болотные верховые и торфяные болотные переходные	0,2	НАО	5,0 ¹ 20,0 ²

Тип почв, для которого нет установленного норматива ДОСНП в Пермском крае	Доля в почвенном покрове Пермского края, %	Регион, в котором норматив ДОСНП установлен	Нормативное значение
		Республика Коми	30 ²
		Республика Удмуртия	2,0 ¹ 3,0 ²
		ХМАО	60 ² (верховые) 20 ² (переходные)
		Сахалинская область	6,0 ¹ 67,0 ² (верховые) 17,0 ² (переходные)
<i>Примечания:</i> ¹ - земли сельскохозяйственного назначения ² - земли лесного фонда * - в нормативно-правовом акте тип почв указан как «любой» или «все типы почв», распространенные на территории указанного региона			
	Почвы, нормативы ДОСНП для которых разрабатываются в рамках выполнения текущих работ		

В таблице 2.1 приведены типы почв, для которых на данный момент в Пермском крае нет разработанных нормативов ДОСНП, всего их 23. Из них для 5 типов разработка нормативов идет в рамках выполнения текущих работ. Оставшиеся 18 типов почв занимают 25% территории Пермского края, но практически отсутствуют на территориях месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ». Из этих почв, для 5 типов нет установленных нормативов ДОСНП для земель лесного фонда и сельскохозяйственного назначения ни в одном регионе Российской Федерации (подзолистые поверхностно-глееватые, подбуры таежные (без разделения), буроземы таежные (буроземы грубогумусовые), дерново-глеевые и перегнойно-глеевые, болотные переходные).

В Пермском крае нормативы установлены для двух категорий земель из семи: для земель лесного фонда и земель сельскохозяйственного назначения (сенокосы, пашни, пастбища и пр.). В целом, на территории Российской Федерации различными регионами охвачены все категории земель, но рассматривать возможность применения нормативов ДОСНП представляется целесообразным только для соседних и близлежащих к Пермскому краю регионов ввиду широкого разнообразия средообразующих факторов на территории страны. В ходе анализа нормативно-правовых документов был сделан вывод, что возможность применения нормативов Республики Удмуртия не актуальна, так как на ее территории установлены нормативы для тех же типов почв и категорий земель, что и в Пермском крае. В Свердловской и Кировской областях добыча нефти не ведется, следовательно, отсутствует необходимость разработки

Таблица 2.2 – Нормативы ДОНП соседних для Пермского края регионов Российской Федерации по категориям земель (в Пермском крае не установлены)

Категория земель	Регион	Природная зона	Надтиповая группа	Гранулометрический состав	Тип почв	Норматив, г/кг	
Земли промышленности (промышленные площадки)	Республика Коми	зона почв Субарктики, подзона северно- и среднетаежных почв	Органогенные почвы	-	торфяно-болотные верховые	80,0	
				-	торфяно-болотные низинные		
			Органоминеральные естественные и антропогенно преобразованные почвы	Песок и супесь	все типы почв*	30,0	
							Легкий и средний суглинок
							Тяжелый суглинок и глина
			Земли особо охраняемых природных территорий и объектов (природоохранное значение)	Республика Коми	зона почв Субарктики, подзона северно- и среднетаежных почв	Органогенные почвы	-
-	торфяно-болотные низинные						
Органоминеральные естественные и антропогенно преобразованные почвы	Песок и супесь	все типы почв*				1,0	
							Легкий и средний суглинок
							Тяжелый суглинок и глина
Республика Татарстан	Лесостепная зона	Органоминеральные естественные и антропогенно преобразованные				Легкий и средний суглинок	светло-серые лесные
			серые лесные				
			Тяжелый суглинок и глина	темно-серые лесные			
				дерново-подзолистые			
				темно-серые лесные			
				дерново-карбонатные оподзоленные			
				дерново-карбонатные выщелоченные			
				черноземы оподзоленные			
черноземы типичные							
Земли в водоохранной	Республика Коми	зона почв Субарктики,	Органогенные почвы	-	торфяно-болотные	5,0	

Категория земель	Регион	Природная зона	Надтиповая группа	Гранулометрический состав	Тип почв	Норматив, г/кг
зоне рек, ручьев, озер, водохранилищ		подзона северно- и среднетаежных почв			верховые	
				-	торфяно-болотные низинные	
			Органоминеральные естественные и антропогенно преобразованные почвы	Песок и супесь	все типы почв*	1,0
				Легкий и средний суглинок		
Тяжелый суглинок и глина						
Земли водохозяйственного использования (включая водоохранные зоны источников питьевого водоснабжения, рыбохозяйственных водных объектов)	ХМАО - Югра	Зона почв Субарктики, подзона среднетаежных и северотаежных почв	Органогенные почвы	-	все типы почв*	1 (или до уровня регионально-фонового содержания**)
				-		
			Органоминеральные естественные и антропогенно преобразованные почвы	Песок и супесь		
				Легкий и средний суглинок		
				Тяжелый суглинок и глина		
* - дословная формулировка из нормативно-правового акта						
** - под регионально-фоновым содержанием нефти и нефтепродуктов в почве понимается их содержание в почвах территорий, не испытывающих техногенной нагрузки						
	Возможно применение нормативов ДОСНП для участков лесостепи, при отсутствии установленных на территории Пермского края					
	Применение нормативов ДОСНП для территории Пермского края невозможно					

нормативов ДОСНП. В Башкирии, несмотря на деятельность по нефтедобыче, нормативы не установлены совсем. Данные по рассматриваемым регионам представлены в таблице 2.2.

Для земель промышленности (промышленных площадок) в Республике Коми нормативы разработаны с учетом природной зоны, в которой расположены территории, и надтиповой группы, гранулометрический состав и тип почв не являются определяющими для значения норматива. Так, для органогенных торфяных болотных верховых и низинных почв норматив равен 80 г/кг, а для органоминеральных естественных и антропогенно преобразованных почв любого типа и гранулометрического состава – 30 г/кг. Важно отметить, что норматив определен для подзоны северно- и среднетаежных почв зоны Субарктики, которая характеризуется достаточно суровыми климатическими условиями,

Нормативы ДОСНП **для земель особо охраняемых природных территорий и объектов природоохранного значения** установлены в Республике Коми и в Татарстане для подзоны северно- и среднетаежных почв зоны Субарктики и лесостепной зоны соответственно. В Коми для органогенных торфяных болотных верховых и низинных почв установлено значение норматива равное 5,0 г/кг, для органоминеральных естественных и антропогенно преобразованных почв любого типа и гранулометрического состава – 1,0 г/кг. В Республике Татарстан для различных типов суглинистых почв норматив составляет 2,0 г/кг.

Для земель в водоохранной зоне рек, ручьев, озер, водохранилищ существует норматив в Республике Коми для подзоны северно- и среднетаежных почв зоны Субарктики. Для органогенных торфяных болотных верховых и низинных почв он составляет 5,0 г/кг, для органоминеральных естественных и антропогенно преобразованных почв любого типа и гранулометрического состава – 1,0 г/кг.

В Ханты-мансийском автономном округе установлен норматив ДОСНП **для земель водохозяйственного использования (включая водоохранные зоны источников питьевого водоснабжения, рыбохозяйственных водных объектов)** в зоне почв Субарктики подзоны среднетаежных и севернотаежных почв. Для всех типов почв, вне зависимости от их надтиповой группы и гранулометрического состава норматив равен 1,0 г/кг или уровню регионального фонового содержания, под которым понимается содержание нефти и нефтепродуктов в почвах территорий, не испытывающих техногенной нагрузки.

Значимо, что в Республике Коми и Ханты-Мансийском автономном округе нормативы ДОСНП разработаны конкретно для почв зоны Субарктики, в которой способность к самоочищению почв от техногенных углеводородов определяется, в том числе, условиями почвообразования – близостью к многолетнемерзлым породам, гранулометрическим составом, гумусированностью и оторфованностью почв. Почвы этой

зоны характеризуются высокой переувлажненностью, которая ведет к увеличению подвижности нефти и к более высокой вероятности её миграции (Ежелев, 2017). Кроме того, на вязкость нефти и нефтепродуктов, от которой зависят их миграционные способности, существенное влияние оказывает температура - с ее понижением вязкость увеличивается (Анализ нефтепродуктов, 2017). В зоне Субарктики ввиду повышенной обводненности почв вероятно медленное охлаждение почв в зимний период и запаздывание их прогревания в теплый период летом. **Для Пермского края не свойственны такие характеристики почвенного покрова и его теплового режима, вследствие чего невозможно корректно использовать нормативы более северных регионов – республики Коми и ХМАО.**

Касаемо нормативов ДОСНП, установленных в Республике Татарстан для **охраняемых территорий лесостепной зоны** - по климатическим условиям и почвенным характеристикам (тип почв и их гранулометрический состав) **они применимы лишь для района островной Кунгурской лесостепи, где помимо дерново-подзолистых почв встречаются также подтипы и виды серых лесных почв.**

3. Анализ возможности применения нормативов ДОСНП, установленных Региональными нормативами № 813-п для земель сельскохозяйственного назначения, к землям населенных пунктов, отнесенным к территориальной зоне сельскохозяйственного использования

В Российской Федерации согласно статье 7 Земельного кодекса выделяют следующие категории земель (Федеральный закон Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ):

1. Земли сельскохозяйственного назначения;
2. Земли населенных пунктов;
3. Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения;
4. Земли особо охраняемых территорий и объектов;
5. Земли лесного фонда;
6. Земли водного фонда;
7. Земли запаса.

В Пермском крае согласно постановлению № 813-п (Постановление от 20 декабря 2018 года № 813-п) нормативы ДОСНП установлены для ряда почв, расположенных на землях лесного фонда и землях сельскохозяйственного назначения. Для земель населенных пунктов в Пермском крае данные нормативы не установлены.

К землям сельскохозяйственного назначения относят земли, находящиеся за границами населенного пункта и предоставленные для нужд сельского хозяйства, а также предназначенные для этих целей (Федеральный закон Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ).

В составе земель сельскохозяйственного назначения выделяются (Федеральный закон Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ): сельскохозяйственные угодья, земли, занятые внутрихозяйственными дорогами, коммуникациями, мелиоративными защитными лесными насаждениями, водными объектами (в том числе прудами, образованными водоподпорными сооружениями на водотоках и используемыми в целях осуществления прудовой аквакультуры), объектами капитального строительства, некапитальными строениями, сооружениями, используемыми для производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции, в случаях, предусмотренных федеральными законами, нестационарными торговыми объектами, а также жилыми домами, строительство, реконструкция и эксплуатация которых допускаются на земельных участках, используемых крестьянскими (фермерскими) хозяйствами для осуществления своей деятельности.

Землями населенных пунктов признаются земли, используемые и предназначенные для застройки и развития населенных пунктов (Федеральный закон Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ). Границы городских, сельских населенных пунктов отделяют земли населенных пунктов от земель иных категорий (Федеральный закон Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ), в том числе от земель сельскохозяйственного назначения.

Согласно статье 35 градостроительного кодекса Российской Федерации в составе жилых зон выделяются территориальные зоны сельскохозяйственного использования (Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ).

Согласно пункту 4 Временных рекомендаций (Приказ от 12 сентября 2002 года № 574), нормативы устанавливаются отдельно для каждой категории земель, что в свою очередь является наиболее обоснованным. Установление категорий земель подразумевает то, как эти земли будут использоваться, в том числе после проведения рекультивационных работ.

Зоны сельскохозяйственного использования внутри земель населенных пунктов имеют такое же назначение, как и земли сельскохозяйственного назначения. Следовательно, их использование будет равноценным. Почвы агроценозов, вне зависимости от категории земель (значимо, что они находятся на землях, где реализуется сельское хозяйство), имеют схожую структуру и подвергаются антропогенному воздействию в равной мере.

При условии, что на данных территориях (в границах Пермского края) распространены почвы, для которых в Постановлении 813-п есть установленные нормативы ДОСНП, к зонам сельскохозяйственного использования могут быть применены нормативы, установленные для земель сельскохозяйственного назначения.

В таблице 3.1 представлены типы почв, для которых на данный момент можно применять нормативы ДОСНП для зон сельскохозяйственного использования, а также указаны типы почв, нормативы для которых разрабатываются в рамках выполнения данной работы.

Таблица 3.1 – Нормативы ДОСНП, установленные на территории Пермского края для земель сельскохозяйственного назначения

№ п/п	Тип почвы	Нормативное значение, г/кг	
		Земли сельскохозяйственного назначения (установленный норматив)	Зоны сельскохозяйственного использования земель населенных пунктов (возможно применение)
1	Дерново-подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые	2,4	2,4
2	Подзолы иллювиально-железистые (подзолы иллювиально-малогумусовые)	1,0	1,0
3	Торфяные болотные верховые	5,3	5,3
4	Дерново-подзолистые преимущественно неглубокоподзолистые	2,3	2,3
5	Дерново-карбонатные, (включая выщелоченные и оподзоленные)	2,5	2,5
6	Светло-серые лесные	2,4	2,4
7	Темно-серые лесные	2,6	2,6
8	Пойменные	3,9	3,9
9	Подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	Возможно использовать, в случае официального принятия норматива	
10	Дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые		
11	Дерново-подзолистые иллювиально-железистые		
12	Черноземы оподзоленные		
13	Пойменные слабокислые и нейтральные		

Заключая вышесказанное, **возможно** применять нормативы ДОСНП, установленные региональными нормативами № 813-п для земель сельскохозяйственного назначения, к землям населенных пунктов, отнесенных к территориальной зоне сельскохозяйственного использования, при условии того, что на территории распространены типы почв, для которых в Пермском крае установлены нормативы.

4. Материал и методика

4.1. Характеристика отобранных для проведения экспериментов почв

Согласно почвенно-географическому районированию (Национальный атлас почв РФ) территория Пермского края расположена в пределах трех равнинных и одной горной почвенных провинций: 1) Вятско-Камской почвенной провинции, относящейся к почвенно-климатической фации умеренных промерзающих почв зоны дерново-подзолистых почв и дерново-подзолов средней тайги Европейско-Западно-Сибирской таежно-лесной области бореального пояса; 2) Камско-Верхневыхгодской почвенной провинции, относящейся к почвенно-климатической фации холодных промерзающих почв зоны подзолистых почв, глееземов и подзолов средней тайги Европейско-Западно-Сибирской таежно-лесной области бореального пояса; 3) Прикамской почвенной провинции, относящейся к почвенно-климатической фации умеренных промерзающих почв зоны серых лесных почв лиственных лесов Центральной лиственно-лесной, лесостепной и степной области суббореального пояса; 4) Средне-Уральской горной почвенной провинции.

Преобладает на данной территории обусловленный сочетанием физико-географической обстановки подзолистый процесс, наряду с ним развиты дерновый и болотный процессы (Н.Я. Коротаев 1962).

Согласно почвенным картам масштабов 1:700 000 и 1:2 500 000 почвы подзолистого и дерново-подзолистого типов занимают более 60% территории (Почвенная карта Пермской области, 1989; Национальный атлас почв РФ, 2011).

Существование в пределах края Кунгурской лесостепи предопределяет наличие на лесостепных участках серых лесных почв и чернозёмов, доминирующих в почвенном покрове Прикамской почвенной провинции.

Развитая речная сеть обуславливает широкое распространение во всех районах края пойменных почв, чья суммарная доля в Пермском крае составляет 8,2% (Национальный атлас почв РФ, 2011).

Для экспериментальной оценки реакции почв на нефтезагрязнение на малонарушенных площадках в Пермском крае были отобраны смешанные образцы с глубины 0-20 см органогенно-гумусовых и минеральных горизонтов почв (рисунки 4.2.1 – 4.2.3).

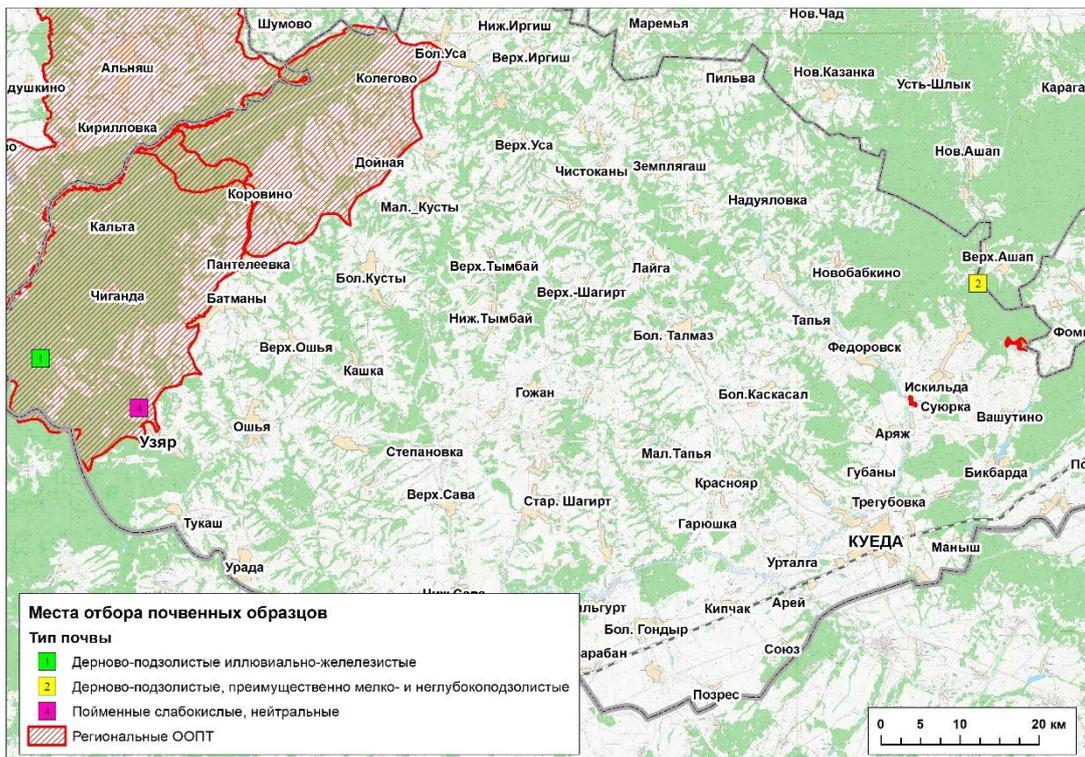


Рисунок 4.1.1 – Места отбора почвенных образцов в Куединском районе

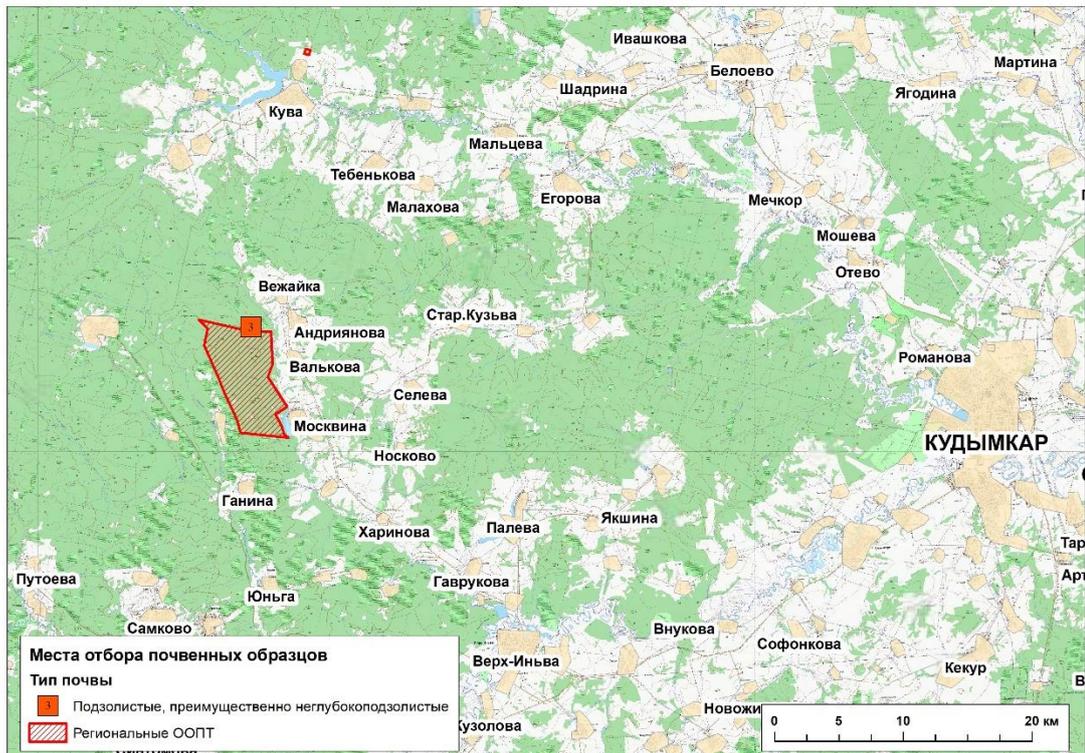


Рисунок 4.1.2 – Места отбора почвенных образцов в Кудымкарском районе

Места отбора почвенных образцов:

- 1) дерново-подзолистые иллювиально-железистые – Куединский район, охраняемый ландшафт «Куединский», координаты 56,545717 с.ш., 54,638508 в.д.;

2) дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые – Куединский район, координаты 56,592931 с.ш., 55,704284 в.д.;

3) подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые – Кудымкарский район, охраняемый ландшафт «Буждомский ельник», координаты 54,14671 с.ш., 59,04566 в.д.;

4) пойменные слабокислые и нейтральные – Куединский район, охраняемый ландшафт «Куединский», координаты 56,514228 с.ш., 54,750745 в.д.;

5) черноземы оподзоленные – Ординский район, координаты 56,89890 с.ш., 57,02765 в.д.

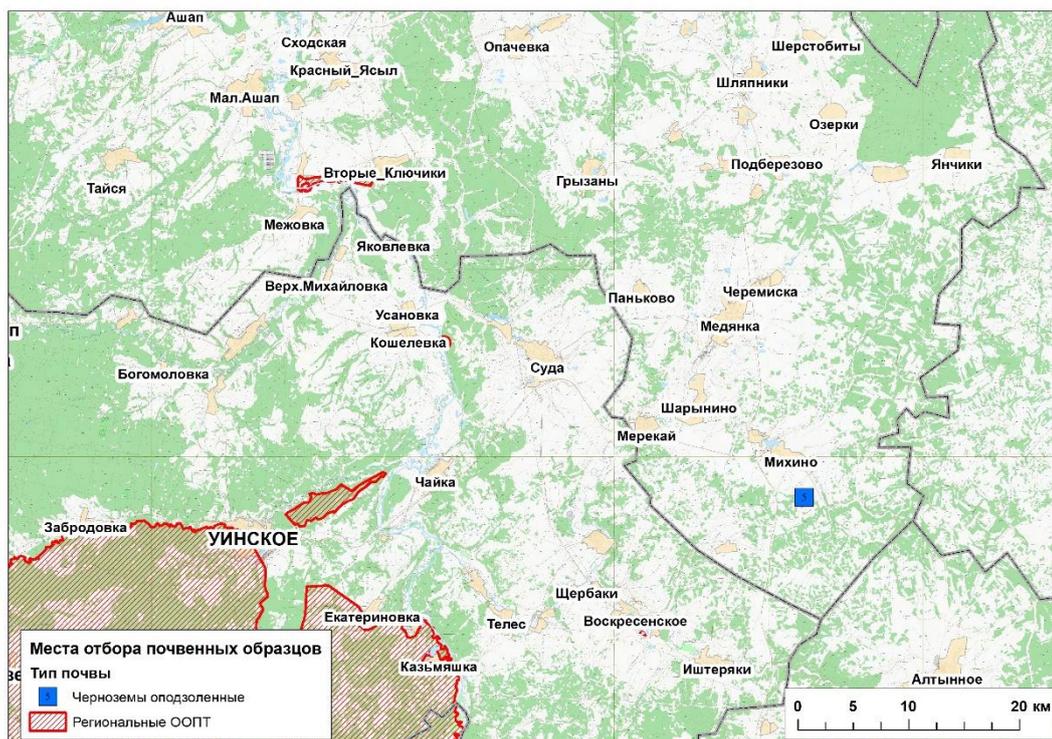


Рисунок 4.1.3 – Места отбора почвенных образцов в Ординском районе

1) Дерново-подзолистые иллювиально-железистые почвы согласно почвенной карте (Национальный атлас почв РФ) занимают 0,8 % площади Пермского края. Имеют характерные для всех почв дерново-подзолистого типа свойства: кислую реакцию, ненасыщенность основаниями в верхней части профиля, дерновый горизонт мощностью не менее 4 см, резкое сокращение ёмкости катионного обмена и суммы обменных Са и Mg в подзолистом горизонте – самом светлом во всём профиле, имеющим обычно белёсую окраску.

В Классификации и диагностике почв СССР (1977) и промежуточной классификации почв 1997 года, дерново-подзолистые иллювиально-железистые почвы выделялись в отдельный род в подтипе дерново-подзолистых почв, формирующихся на супесчаных отложениях, в современной классификации (2004) данные почвы не выделяют. Характерной чертой этих почв является окрашенный в охристые тона иллювиальный горизонт (рисунок

4.2.4), что обусловлено содержанием гидроксидов железа. Профиль всегда дифференцирован по илу и физической глине с максимумом содержания тонкодисперсной фракции в иллювиальном горизонте и минимумом в подзолистом. Почвы этого рода приурочены к бедным полуторными окислами кварцевым пескам.

2) **Дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые** почвы в сумме занимают более 20% территории края (Национальный атлас почв РФ, 2011). В отличие от подзолистых почв, в профиле дерново-подзолистых почв отчётливо выделяется гумусовый горизонт.

Дерново-подзолистые почвы имеют формулу профиля **AУ-EL-BEL-BТ-С** и диагностируются по наличию обособленного серогумусового (дернового) аккумулятивного горизонта, элювиального горизонта, который через переходный субэлювиальный горизонт сменяется текстурным горизонтом (рисунок 4.2.5).



Рисунок 4.1.4 – Дерново-подзолистая иллювиально-железистая почва



Рисунок 4.1.5 – Дерново-неглубоко-подзолистая почва (Дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые)

Гумусовый горизонт серых тонов, его мощность в среднем 5-8 см, но может достигать 15 см, редко больше. Структура непрочная, мелко-комковатая или порошистая. Постепенно, через осветление окраски переходит в элювиальный горизонт, всегда самый светлый в профиле.

Элювиальный горизонт может быть равномерно отбеленным (обычно в условиях слабого поверхностного гидроморфизма), но чаще разделяется на два подгоризонта. Верхний палевый подгоризонт окрашен за счет железосодержащих пленок на поверхности минеральных зерен и агрегатов; нижний - светлый, отбеленный на контакте с плотным текстурным горизонтом. В условиях особенно сильного оттока влаги (бровки террас, перегибы склонов и пр.) элювиальный горизонт может целиком приобретать светлые палевые тона. В средней или нижней части горизонта E1 часто присутствует темноцветный органогенный (второй гумусовый) горизонт, как правило, прерывистый и сильно деградированный.

Общая мощность элювиального горизонта в дерново-подзолистых почвах составляет 10-30 см, по глубине залегания его нижней границы дерново-подзолистые почвы разделяют на поверхностно-, мелко-, неглубоко-, глубоко- и сверхглубокоподзолистые.

Дерново-мелкокоподзолистые почвы имеют нижнюю границу подзолистого горизонта на глубине 10-20 см, дерново-неглубокоподзолистые – на глубине 20-30 см. При выделении видов не учитываются мощность подстильно-торфяного горизонта, а также языки и карманы осветленного горизонта.

Переходный субэлювиальный горизонт (зона активной деградации текстурной толщи) представлен комбинацией светлых и бурых, иногда темных фрагментов, различающихся по сложению, гранулометрическому составу и структуре. Характерны мелкие и узкие языковатые внедрения светлого материала, проникающие в верхнюю часть текстурного горизонта. Наряду с этим возможно наличие глубоких светлых языков, выполненных материалом элювиального горизонта, которые, постепенно сужаясь, пронизывают практически всю текстурную толщу.

Текстурный горизонт дерново-подзолистых почв – самый плотный в профиле, бурый, часто с желтоватым или красноватым оттенком. Характерна многопорядковая структура: призмы делятся на горизонтальные плитки, раскалывающиеся на орехи. Четко выражены признаки иллювиирования глинистого и тонкопылеватого вещества в виде обильных многослойных кутан, покрывающих структурные отдельныености всех уровней.

По цвету, структуре, выраженности иллювиирования и деградации текстурный горизонт обычно подразделяется на два или три подгоризонта.

Реакция почв чаще всего кислая по всему профилю, но возможна нейтральная в нижней, иногда в средней частях профиля при наличии унаследованных карбонатов. Содержание гумуса изменяется от 1,5 до 6% в гумусовом и от 0,2 до 0,5% в текстурном горизонтах. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. Поглощающий комплекс ненасыщен основаниями.

При формировании тёмногумусового горизонта, его мощность обычно составляет более 30 см с гумусом фульватно-гуматного состава и содержанием, превышающим 5-6% (до 10-12%). Тёмногумусовый горизонт имеет темно-серую до черной окраску с коричневым или буроватым оттенками, хорошо выраженную водопрочную комковатую или зернисто-комковатую структуру и рыхлое сложение (плотность близка к единице или меньше).

Профиль не дифференцирован или слабо дифференцирован по гранулометрическому и валовому химическому составам. Реакция почв нейтральная в верхней части профиля, в нижней – щелочная; в профиле почв часто присутствует щебень, количество которого с глубиной увеличивается.

3) Подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые почвы – занимают 4,9% территории края (Национальный атлас почв РФ, 2011). Формируются в условиях хорошего дренажа при преобладании осадков над испарением, что обуславливает промывной режим и, как следствие, нисходящий ток содержащих органические кислоты почвенных растворов, обеспечивающих распад и вынос продуктов распада первичных и вторичных минералов, а также илистой фракции из верхней части профиля.

В Классификации и диагностике почв России (2004) Диагностируются в рамках отдела текстурно-дифференцированных почв по сочетанию элювиального и текстурного горизонтов. Формула почвенного профиля - **O-EL-BEL-BT**-. Гумусовый горизонт отсутствует. На поверхности залегает маломощный подстильно-торфяной (O) горизонт (3-10 см), под которым может наблюдаться прослойка грубого гумуса или перегноя (рисунок 4.2.6). Залегаящий ниже элювиальный горизонт (EL) имеет однородную белесую или палевую окраску, иногда - сероватый или сизоватый оттенок. Структура горизонта EL тонкоплитчатая или чешуйчатая, верхняя сторона плиток более отбелена, к нижней, обычно буроватого цвета, приурочены Fe-Mn конкреции.

По глубине залегания нижней границы элювиального горизонта подзолистые почвы разделяют на поверхностно-, мелко-, неглубоко-, глубоко- и сверхглубокоподзолистые. Неглубокоподзолистые почвы имеют нижнюю границу подзолистого горизонта на глубине 20-30 см. При выделении видов не учитываются мощность подстильно-торфяного горизонта, а также языки и карманы осветленного горизонта.

Элювиальный горизонт сменяется текстурным (BT), в верхней части которого отчетливо проявляется зона элювиальной деградации. Текстурный горизонт бурых тонов; как правило, отчетливо выражена ореховато-призмовидная структура. Наблюдаются ясные признаки иллювиирования в виде глинистых и железистых кутан на поверхности педов.

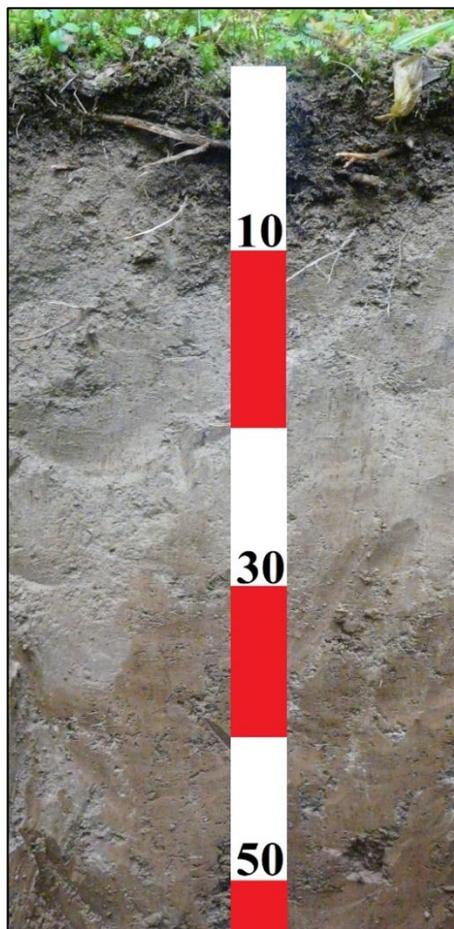


Рисунок 4.1.6 – Неглубокоподзолистая почва (Подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые)

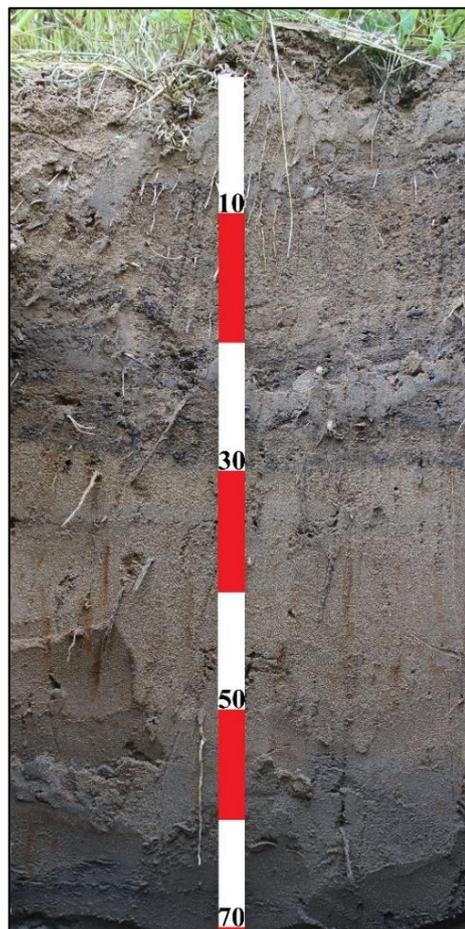


Рисунок 4.1.7 – Пойменная нейтральная почва (пойменные слабокислые и нейтральные)

В целом для подзолистых почв характерна сильноокислая и кислая реакция. Гумус фульватного типа, его содержание в элювиальном горизонте достигает 1–4%. Насыщенность основаниями равна 15–20%. Подзолистые почвы формируются преимущественно под северо- и среднетаежными хвойными лесами с мохово-кустарничковым напочвенным покровом в условиях преимущественно промывного режима.

4) Пойменные слабокислые и нейтральные почвы формируются в условиях поёмного режима - регулярного отложения на поверхности поймы слоев свежего речного аллювия разного гранулометрического состава. В крае занимают 2,9% территории (Национальный атлас почв РФ).

Строение профиля пойменных нейтральных (аллювиальных дерновых насыщенных) почв не отличается от строения профиля пойменных кислых (аллювиальных дерновых кислых) почв: профиль пойменной почвы включает серогумусовый (дерновый) горизонт АУ серого или буровато-серого цвета, непрочно комковатой структуры, часто с плохо диагностируемой слоистостью; обычно хорошо развита дернина (рисунок 4.2.7). Заметны следы деятельности почвенной фауны. Мощность горизонта составляет 20-30 см, редко больше.

Содержание гумуса варьирует от 1,5 до 8%. Главной особенностью этого типа почв является менее кислая реакция среды: нейтральная, либо слабокислая ($pH_{\text{вод}} > 6$), и насыщенность поглощающего комплекса основаниями. Почвы отличаются хорошей водопроницаемостью и аэрацией, преобладанием нисходящих токов влаги.

Формируются на повышенных элементах рельефа прирусловой, центральной и высокой поймы под злаковыми лугами и пойменными лесами в условиях кратковременного затопления паводковыми водами.

5) Чернозёмы оподзоленные в Пермском крае формируются в пределах самого северного варианта лесостепи на европейской территории России. Чернозёмы оподзоленные занимают 58,3 тыс. га, 0,4% площади Пермской области (Почвенная карта Пермской области, 1989; Национальный атлас почв РФ). Все 58,3 тыс. га находились в пользовании сельхозпредприятий (100%), в том числе в пашне – 42,3 тыс. га, т.е. распашано 72,5% площади чернозёмов. Высокая степень их распашки на фоне развития водной эрозии приводит к практически необратимой потере этих наиболее плодородных почв Пермского края (Ерёмченко и др., 2010).

Чернозёмы оподзоленные наиболее генетически близки к тёмно-серым почвам, отличаются темноокрашенным, почти чёрным гумусовым горизонтом и наличием кремнезёмистой присыпки на поверхности структурных агрегатов в срединном горизонте.

В соответствии с новой классификацией (Классификация и диагностика..., 2004) чернозёмы, имеющие срединный горизонт ореховато-призматической структуры, педы и стенки трещин, покрытые глинистыми или гумусово-глинистыми кутанами, иногда с присутствием скелетан, диагностируются как глинисто-иллювиальные чернозёмы в отделе аккумулятивно-гумусовых почв. Формула почвенного профиля: **AU-VI-C(ca)** (рисунок 4.2.8).

Профиль включает два основных горизонта: темногумусовый (AU) и глинисто-иллювиальный (VI). Темногумусовый горизонт имеет мощность 25-50 см и комковатую или зернисто-комковатую структуру. Его нижняя часть характеризуется осветлением за счет скелетан на поверхности педов. Горизонт VI уплотненный, призматично-ореховатый, с тонкими гумусово-глинистыми кутанами на поверхности педов. Присутствие карбонатов в

профиле необязательно. Их выделения возможны в его нижней части. Содержание гумуса 7-12%. Сумма обменных оснований обычно составляет 30-45 мг-экв. Преобладает обменный кальций, обменный водород отсутствует или составляет не более 10% от суммы поглощенных оснований. Величина рН в гумусовом горизонте - около 6, глубже реакция среды нейтральная; в верхних горизонтах гидrolитическая кислотность может достигать 7-10 мг-экв.

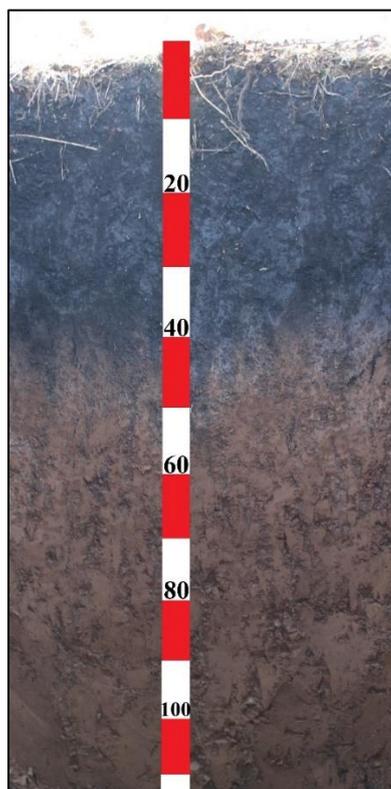


Рисунок 4.1.8 – Чернозём оподзоленный

Чернозёмы оподзоленные приурочены к выровненным местам или отлогим склонам междуречий, встречаются в виде небольших участков среди других лесостепных почв под лугово-степной растительностью на открытых пространствах и под разреженными лиственными лесами паркового типа. Почвообразующие породы, на которых сформировались чернозёмы - некарбонатные, реже карбонатные глины или тяжёлые суглинки; по генезису это элювиально-делювиальные продукты выветривания пермских карбонатных пород.

Агрохимические и физические свойства отобранных для проведения эксперимента почв

Анализ эколого-агрохимических свойств почв был произведен с использованием оценочных таблиц по В.Ф. Валькову и др. (2004).

Неглубокоподзолистая (**Подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые**) почва характеризуются типичными физико-химическими свойствами (Коротаев, 1962). Она

имеет кислую реакцию, пониженную обеспеченность гумусом и элементами питания растений, сильно не насыщена основаниями (таблица 4.2.1).

В дерново-неглубокоподзолистой (**Дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые**) почве отмечено среднее (относительно фоновых значений) содержание гумуса, реакция среды кислая, ЕКО низкая, почва не насыщена основаниями, содержание подвижных фосфора и калия низкое.

Таблица 4.1.1 – Агрохимические и физико-химические показатели поверхностных горизонтов контрольных образцов почв

С _{орг.} , %	Гумус, %	pH _{вод}	pH _{сол}	P ₂ O ₅ _{подв.} , мг/100 г	K ₂ O _{подв.} , мг/100 г	N, мг-экв/100 г	ЕКО, мг-экв/100 г	V, %
Неглубокоподзолистая почва (Подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые)								
0,8	1,4	4,9	4,2	1,3	1,9	8,5	11,2	56,9
Дерново-неглубокоподзолистая почва (Дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые)								
1,8	3,1	5,12	3,64	1,5	2,3	5,7	13,9	71
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая почва								
1,1	1,9	4,42	3,47	2,3	1,2	2,1	5,8	73
Чернозём оподзоленный								
7,3	12,6	5,65	5,11	6,2	11,5	11,3	42,1	79
Пойменная нейтральная почва (пойменные слабокислые и нейтральные)								
2,4	4,1	6,96	5,89	2,4	5,1	5,1	22,3	82

N – гидролитическая кислотность, V – степень насыщенности основаниями.

Дерново-подзолистая иллювиально-железистая почва характеризовалась низким содержанием гумуса, сильно кислой реакцией, почва не насыщена основаниями. Оценка обеспеченности подвижным P₂O₅ показала низкий уровень его содержания. По количеству подвижного калия данную почву также можно охарактеризовать как очень слабо обеспеченную.

Чернозём оподзоленный отличается очень высоким содержанием гумуса и самыми высокими среди обследованных почв показателями содержания подвижных азота, фосфора и калия. Чернозём имеет слабокислую реакцию в тёмногумусовом горизонте, насыщен основаниями и имеет высокую ёмкость катионного обмена.

Пойменная почва (**пойменные слабокислые и нейтральные**) имеет нейтральную реакцию среды, среднее содержание гумуса и низкую обеспеченность элементами питания, насыщена основаниями, показатели ЕКО средние.

Результаты анализа физических свойств почв показали, что поверхностные горизонты по большей части имеют среднесуглинистый гранулометрический состав, за исключением серогумусового горизонта пойменной почвы, имеющего легкосуглинистый механический состав, и дернового (в смеси с подзолистым) горизонта дерново-подзолистой иллювиально-железистой супесчаной почвы (таблица 4.2.2).

Таблица 4.1.2 – Гранулометрический состав поверхностных горизонтов контрольных образцов почв

W, %	Содержание механических элементов (в мм) и их содержание (в %)							Название почвы по гранулометрическому составу
	1-0,25	0,25- 0,05	0,05-0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	Менее 0,001	Менее 0,01	
Неглубокоподзолистая почва (Подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые)								
0,94	30,3	14,6	22,4	6,7	14,2	11,7	32,6	суглинок средний
Дерново-неглубокоподзолистая почва (Дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые)								
0,74	17,9	25,5	20,8	8,5	10,1	17,3	35,9	суглинок средний
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая почва								
1,1	30,4	46,9	10,5	3,3	3,9	5,1	12,3	супесь
Чернозём оподзоленный								
5,61	0,2	14,9	46,9	11,5	10,6	15,8	37,9	суглинок средний
Пойменная нейтральная почва (пойменные слабокислые и нейтральные)								
25,3	33,3	18,0	6,6	5,6	11,2	23,4	25,3	суглинок лёгкий

W - Гигроскопическая влажность почвы

Результаты анализа агрохимических и физических свойств почв показали, что для проведения экспериментальных работ были отобраны типичные для приведённых типов почв образцы, характерные для территории Пермского края.

4.2. Методика исследований

Вегетационный хронический эксперимент

Вегетационный хронический эксперимент проводился в лаборатории экологии и охраны природы кафедры биогеоценологии и охраны природы географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета в несколько этапов в период с 28 октября 2021 года по 9 августа 2022 года. Вегетационные опыты проводили в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22030-2009.

В качестве тест-объектов были использованы четыре вида растений:

- пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.);
- кресс-салат посевной (*Lepidium sativum* L.);
- ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.);
- сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.).

Пшеница мягкая и кресс-салат выступают тест-объектами для установления нормативов допустимых концентраций нефти и нефтепродуктов для почв земель сельскохозяйственного значения, ель сибирская и сосна обыкновенная – для почв земель лесного фонда. Семена растений перед высаживанием предварительно калибровали. Всхожесть семян составляла не менее 95%. Количество повторностей каждого варианта – 4.

Для эксперимента были отобраны следующие типы почв: дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая, дерново-подзолистая иллювиально-

железистая, пойменная, относящаяся к пойменным слабокислым и нейтральным (далее – пойменная), подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая и чернозем оподзоленный. После отбора почвы были доведены до воздушно-сухого состояния, затем из них были удалены все крупные включения (остатки растений, мелкие камни и пр.). После чего почвы перетирали в ступке и ситовали через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Затем почву расфасовывали в полиэтиленовые контейнеры объемом 500 мл таким образом, чтобы почва занимала 4/5 объема контейнера. Получившиеся навески составили 350 г почвы для дерново-подзолистой иллювиально-железистой, пойменной, подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почв и чернозема оподзоленного, 270 г – для дерново-подзолистой, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы.

Далее на поверхность почвы вручную вносили воду до 60% полной влагоемкости, учитывая влагоемкость каждого типа почв.

В зависимости от места отбора почв в образцы вносили нефть с разных нефтяных месторождений Пермского края. Нефть с Аптугайского месторождения добавляли в дерново-подзолистую, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистую, дерново-подзолистую иллювиально-железистую и пойменную почвы. Нефть с Кокуйского месторождения – в подзолистую, преимущественно неглубокоподзолистую почву и в чернозем оподзоленный. Концентрация внесенной нефти в почвы составляла 0 (контрольная проба); 1; 2; 3; 5 г/кг, а также 10 г/кг для чернозема оподзоленного. После добавления нефти почва тщательно и равномерно перемешивалась.

Таким образом, для одного типа почв на один тест-объект подготавливалось 20 контейнеров (по 4 повторности каждой концентрации), для чернозема оподзоленного, в отношении которого дополнительно была применена концентрация нефти 10 г/кг – 24 контейнера. Внесенные объем воды и масса нефти в зависимости от массы почвы представлены в таблицах 4.2.1 и 4.2.2 соответственно.

Таблица 4.2.1 - Расчет вносимого объема воды

Тип почв	Масса почвы, г	Влагоемкость, %	Необходимая влажность, %	Объем воды, мл
Дерново-подзолистые, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистые	270	60%	60%	97
Дерново-подзолистые иллювиально-железистые	350	60%	60%	126
Пойменные слабокислые и нейтральные	350	50%	50%	88
Подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	350	60%	60%	126
Черноземы оподзоленные	350	60%	60%	126

Таблица 4.2.2 - Расчет вносимой массы нефти

Тип почв	Масса почв, г	Масса вносимой нефти в зависимости от необходимой концентрации, г					Месторождение
		1 г/кг	2 г/кг	3 г/кг	5 г/кг	10 г/кг	
Дерново-подзолистые, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистые	270	0,27	0,54	0,81	1,35	-	Аптугайское
Дерново-подзолистые иллювиально-железистые	350	0,35	0,70	1,05	1,75	-	
Пойменные слабокислые и нейтральные	350	0,35	0,70	1,05	1,75	-	
Подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	350	0,35	0,70	1,05	1,75	-	Кокуйское
Черноземы оподзоленные	350	0,35	0,70	1,05	1,75	3,50	

После подготовки почв в контейнеры высаживали семена растений – по 10 семян каждого вида.

Испытания проводились в камере для прорастания растений с использованием флуоресцентных ламп, изготовленных специально для выращивания растений. В ходе эксперимента были применены и соблюдены параметры: режим освещения - 16-часовой световой день при интенсивности света (13000 ± 2000) люкс с восемью часами темноты; температура воздуха – (23 ± 3) °С. Также регулярно контролировалось поддержание требуемого уровня влажности в сосудах. Основным критерием являлось сохранение растений здоровыми (без признаков увядания). Для полива использовалась фильтрованная питьевая вода. Для поддержания наилучших условий произрастания использовался увлажнитель воздуха.

Температура, освещенность и влажность воздуха в зоне инкубации измерялись и записывались в журнал через короткие интервалы времени (не реже двух раз в сутки).

Для предотвращения влияния неравномерного распределения освещения, температуры, влажности или вентиляции на рост тест-объектов полиэтиленовые сосуды с высаженными растениями переставлялись случайным образом через равные промежутки времени не реже двух раз в неделю.

Через 2 недели, 1 месяц и 2 месяца после высаживания измерялись масса растений (надземной и подземной частей, общая), длина корней, стеблей, у пшеницы – также длина самого длинного листа, количество цветков, плодов, масса плодов на одном растении. Фотоматериалы проведения эксперимента представлены в приложении 2.

Согласно ГОСТ Р ИСО 22033-2009 измерения проводят через 2 недели после высаживания и во время плодоношения растений (через 1,5-2 месяца). Через 2 недели были проведены промежуточные измерения показателей у пшеницы и контрольные у кресс-салата. Через 1 месяц были измерены контрольные показатели у пшеницы и промежуточные - у сосны и ели. Через 2 месяца были измерены контрольные показатели у сосны и ели.

Согласно МР 2.1.7.2297-07 в качестве критерия фитотоксического действия поллютанта использовано снижение фитопродуктивности растений на 20% и более относительно контрольных вариантов. Для этого в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22033-2009 определяли действующие концентрации (ДК) нефтепродуктов в почве, приводящие к 20% (ДК₂₀) снижению измеренных параметров тест-объектов.

Для поиска значений ДК₂₀ использовались три метода, в основе которых лежит графический метод. При этом значение величины достоверности аппроксимации (R^2) должно быть выше 0,7.

1 метод (ДК 20 (1)): для расчета ДК₂₀ проведён регрессионный анализ **средних величин** всех, полученных в ходе эксперимента вариантов (использование линейной зависимости). Искомое значение ДК₂₀ (*переменная «x»*) получали введением значения, соответствующего 20% угнетению среднего значения контрольного варианта, в уравнение (*в качестве переменной «y»*), найденное регрессионным анализом.

2 метод (ДК 20 (2)): для расчета ДК₂₀ проведён регрессионный анализ **средних величин** всех, полученных в ходе эксперимента вариантов (использование линейной зависимости). Из полученного регрессионным анализом уравнения осуществлен поиск значения при отсутствии внесения нефти в почвенные образцы (*в качестве переменной «x» подставлялось значение содержания нефтепродуктов в контрольном образце*). Затем произведен расчет 20% угнетения полученного значения. После чего, значение ДК₂₀ (*переменная «x»*) получили введением значения, соответствующего 20% угнетению, в уравнение регрессионного анализа (*в качестве переменной «y»*).

3 метод (ДК 20 (3)): для расчета ДК₂₀ проведён регрессионный анализ **медианных величин** всех, полученных в ходе эксперимента вариантов (использование линейной зависимости). Из полученного регрессионным анализом уравнения осуществлен поиск значения при отсутствии внесения нефти в почвенные образцы (*в качестве переменной «x» подставлялось значение содержания нефтепродуктов в контрольном образце*). Затем произведен расчет 20% угнетения полученного значения. После чего значение ДК₂₀ (*переменная «x»*) получили введением значения, соответствующего 20% угнетению, в уравнение регрессионного анализа (*в качестве переменной «y»*).

Использование **медианных значений** позволяет избавиться от весомого влияния на итоговые результаты «выбросных» (либо слишком больших, либо слишком маленьких) значений в выборках. Медианные значения — это срединные значения отсортированных по возрастанию выборок.

В качестве итогового выбора значений для установления нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почве после рекультивационных работ использовались **минимальные** из рассчитанных значений.

При расчете ДК20 были использованы измеренные концентрации нефти в почве. Характеристика внесенной нефти представлена в таблице 4.2.3.

Таблица 4.2.3 – Характеристика внесенной нефти

№	Наименование показателя	Метод испытания	Результат испытания	
			Аптугайское месторождение	Кокуйское месторождение
1	Температура нефти при условиях измерения объёма, °С	-	48,4	37,0
2	Давление нефти при условиях измерения объёма, МПа	-	1,46	2,81
3	Плотность нефти при температуре и давлении в условиях измерений объёма, кг/м ³	МИ 2153-01 ГОСТ3900	872,0	-
4	Плотность нефти при 20 °С, кг/м ³	ГОСТ 3900-85	890,3	860,9
5	Плотность нефти при 15 °С, кг/м ³	ГОСТ 3900-85	-	-
6	Массовая доля воды, %	ГОСТ 2477-65	0,09	0,14
7	Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм ³	ГОСТ 21534-76	296,6	24,80
8	Массовая доля механических примесей, %	ГОСТ 6370-83	0,0060	0,0140
9	Массовая доля серы, %	ГОСТ 1437-75	-	-
10	Давление насыщенных паров, кПа (мм рт.ст.)	ГОСТ 1756-00	-	-
11	Выход фракции, -при температуре до 200°С	ГОСТ 2177-99	-	-
	% -при температуре до 300° С	ГОСТ 2177-99	-	-
12	Массовая доля парафина, %	ГОСТ 11851-85	-	-
13	Массовая доля сероводорода, млн ⁻¹ (ppm)	МВИМ-02/2005	-	-
14	Массовая доля метил- и этилмеркаптанов в сумме, млн-1 (ppm)	ASTM D4929-99	-	-
15	Массовая доля органических хлоридов, млн-1 (ppm)	ASTM D4929-99	-	-
16	Вязкость кинематическая при, мм ³ /с	ГОСТ 33	-	-
	20,0°С			
	50,0°С			
17	Выход фракций, %: до 200°С	ГОСТ 2177-99 (метод Б)	-	-

№	Наименование показателя	Метод испытания	Результат испытания	
			Аптугайское месторождение	Кокуйское месторождение
	до 300°С			
18	Массовая доля парафина, %	МВИ 02-05-08	-	-
19	Массовая доля асфальтенов, %	МВИ 01-12-81	-	-
20	Массовая доля смол, %		-	-

Биотестирование

Биотестирование на тест-объекте *Chlorella vulgaris* проводилось по методике, допущенной для целей государственного экологического контроля: «Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris Beijer*) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления».

Была рассчитана относительная (в %) разница средней величины оптической плотности по сравнению с контролем:

$$I = \frac{\bar{D}k - \bar{D}o}{\bar{D}k} \times 100$$

где, $\bar{D}k$ и $\bar{D}o$ – средние значения оптической плотности в контроле и в опыте, соответственно.

Токсичность оценивали по снижению на 20% и более (подавление роста) или увеличению на 30% и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли (ОП), выращиваемой в течении 22 ч на тестируемой среде по сравнению с ее ростом в контрольных пробах (контроль – чистая почвенная вытяжка).

Биотестирование на тест-объекте *Daphnia magna* проводилось по методике, допущенной для целей государственного экологического контроля: «Токсикологические методы контроля. Методика измерений количества *Daphnia magna Straus* для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления». Методика основана на определении смертности дафний при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой пробе, по сравнению с контрольной культурой в среде, не содержащей токсических веществ. Количество живых и мертвых дафний определялось методом прямого счета.

Культура дафний выращивалась в климатостатах Р-2 и В-3, которые обеспечивают поддержание искусственного освещения (1200-2500) лк, 12-ч световой и ночной периоды и температуру (20±1)°С.

Об остром токсическом действии исследуемой водной вытяжки из почв на дафний судили по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служила гибель 50% и более дафний за 48 ч в исследуемой пробе при условии, что в контрольном эксперименте все рачки сохраняют свою жизнеспособность.

Для определения острой токсичности исследуемой вытяжки по формуле рассчитывался процент погибших в тестируемой вытяжке дафний (A , %) по сравнению с контролем.

$$A = \frac{\bar{X}k - \bar{X}t}{\bar{X}k} \times 100\%$$

где, $\bar{X}k$ – количество выживших дафний в контроле (среднее значение их трех параллельных определений); $\bar{X}t$ – количество выживших дафний в тестируемой вытяжке (среднее значение их трех параллельных определений).

При этом, если $A \leq 10\%$, то вытяжка не оказывает острого токсического действие. При $A \geq 50\%$ вытяжка оказывает острое токсическое действие. Если значение находится в следующем интервале: $10\% \leq A \leq 50\%$, то вытяжка оказывает токсическое действие, но оно не является острым.

С целью установление допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в почве после рекультивационных работ проводилось биотестирование почв, загрязненных нефтепродуктами в различной концентрации.

Биотестирование проводилось для всех исследуемых типов почв. Для чернозема оподзоленного исследовались следующие концентрации нефтепродуктов: 1 г/кг, 2 г/кг, 3 г/кг, 5 г/кг, 10 г/кг и чистая почвенная вытяжка в качестве контроля. Для остальных типов почв были установлены концентрации: 1 г/кг, 2 г/кг, 3 г/кг, 5 г/кг и чистая почвенная вытяжка в качестве контроля.

Расчеты ДК 20 проводились тремя способами, указанными ранее в описании вегетационного хронического эксперимента.

Определение содержания в почве нефти и продуктов ее трансформации

Методики, по которым проводилось лабораторное определение содержания нефти и нефтепродуктов в почве, включены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, Государственный реестр методик количественного химического анализа, Федеральный перечень методик (РД 52.18.595-96 «Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей среды») и допущены к использованию Роспотребнадзором для определения химических веществ в объектах окружающей среды.

Отбор почвенных образцов и подготовку почв к анализу проводили в соответствии с ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения, подготовку почв к анализу – ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

Определение содержания нефти в почве проводилось двумя методами: методом ИК-спектрометрии; гравиметрическим методом.

Определение массовой доли нефтепродуктов методом ИК-спектрометрии

Измерение содержания нефтепродуктов в почве проводилось методом ИК-спектрометрии в аккредитованной лаборатории гидрохимического анализа ПГНИУ по методике ПНД Ф 16.1:2:2.2.22-98 (Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии). Методика предназначена для измерения массовой доли нефтепродуктов в минеральных (пески, супеси, суглинки, глины), органоминеральных (торф, лесная подстилка), органических почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии на анализаторах нефтепродуктов при их содержании от 50 до 100000 мг/кг. Метод заключается в экстракции нефтепродуктов из почв и донных отложений четыреххлористым углеродом, хроматографическом отделении нефтепродуктов от сопутствующих органических соединений других классов, и количественном определении нефтепродуктов (НП) по интенсивности поглощения в ИК-области спектра.

Определение массовой доли нефтепродуктов гравиметрическим методом

Определение остаточного содержания нефтепродуктов в почве проводили гравиметрическим методом в лаборатории алканотрофных микроорганизмов ИЭГМ УрО РАН в соответствии с основными требованиями, изложенными в действующих в Российской Федерации нормативных и методических документах:

- ГОСТ 17.4.3.03-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
- РД 52.18.647-2003 Определение массовой доли нефтепродуктов в почвах. Методика выполнения измерений гравиметрическим методом.
- ПНД Ф 16.1.41-04 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом.

- ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3:3.64-10 Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом.

Определение массовой доли нефтепродуктов гравиметрическим методом основано на их экстракции из образца воздушно-сухой почвенной пробы хлороформом, отделении от полярных соединений методом колоночной хроматографии после замены растворителя на гексан и количественном определении путем взвешивания после упаривания растворителя. Эта методика обеспечивает получение результатов анализа с погрешностью, не превышающей значений, приведённых в таблице 4.2.4.

Ход определения. Навеску нефтезагрязненной почвы (10 г), взвешенную на аналитических весах, метрологические характеристики которых соответствуют ГОСТ 24104-2001, помещали в колбу вместимостью 150 см³, смачивали хлороформом до влажного состояния. Затем несколько раз проводили экстракцию путём добавления 10-15 см³ хлороформа до получения в последней порции бесцветного экстракта. Время проведения каждой экстракции составляло 5-10 мин. Экстракты фильтровали в коническую колбу через фильтр «красная лента». Остаток в колбе, где проводилась экстракция, промывали 5 см³ хлороформа. Объединенный хлороформный экстракт выпаривали с помощью роторного испарителя, осадок растворяли в 5-10 см³ гексана. Полученный раствор пропускали через хроматографическую колонку с оксидом алюминия, предварительно подготовленную в соответствии с разделами 8.3-8.4 ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3:3.64-10, для удаления полярных соединений. После того, как над оксидом алюминия оставался слой раствора 1-2 см³, колонку промывали 2-3 порциями гексана (по 2-3 см³). Прошедший через слой оксида алюминия раствор собирали в заранее взвешенный и доведенный до постоянного веса стаканчик. Гексан испаряли в токе воздуха при комнатной температуре. После полного удаления гексана стаканчик взвешивали на аналитических весах, выдерживали в течение получаса в лаборатории и повторно взвешивали до достижения постоянной массы.

Определяли массу нефтепродуктов $(A1 - A2) = A$ по разности массы стаканчика с остатком (A1) и пустого стаканчика (A2).

Содержание нефтепродуктов (X, г/кг почвы) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{A}{B}.$$

где A - найденное количество нефтепродуктов, мг;

B - навеска образца, взятая для анализа, г.

Вычисляли среднее арифметическое 3-х параллельных измерений и значение доверительного интервала $\pm \Delta x$.

Таблица 4.2.4 – Диапазон измерений, значения показателей точности, повторяемости и воспроизводимости

Диапазон измерений	Показатель повторяемости (относительное значение среднеквадратического отклонения повторяемости), σ_r , %	Показатель воспроизводимости (относительное значение среднеквадратического отклонения воспроизводимости при $n = 1$), σ_{π} , %	Показатель воспроизводимости (относительное значение среднеквадратического отклонения воспроизводимости при $n = 2$), $\sigma_{\pi_{\text{ср}}}$, %	Показатель точности 1 (границы относительной погрешности при вероятности $P = 0,95$ и $n = 1$), $\pm\delta$, %	Показатель точности 2 (границы относительной погрешности при вероятности $P = 0,95$ и $n = 2$), $\pm\delta_{\text{ср}}$, %
Почвы, грунты, донные отложения, илы, осадки сточных вод (млн-1, массовая доля)					
От 20 до 100	17	20	19	40	38
Св. 100 до 50000	11,5	15	13,5	30	27
Отходы (% , массовая доля)					
От 0,02 до 1	18	22,5	21	45	42
Св. 1 до 100	13	17,5	16	35	32

Примечание - n - количество результатов параллельных определений, необходимых для получения окончательного результата измерений.

1 Соответствует относительной расширенной неопределенности с коэффициентом охвата $k = 2$ и $n = 1$.

2 Соответствует относительной расширенной неопределенности с коэффициентом охвата $k = 2$ и $n = 2$.

Проверку приемлемости результатов измерений, полученных в условиях повторяемости (сходимости), осуществляли в соответствии с требованиями раздела 5.2 ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002.

Контроль качества результатов анализа при реализации методики в лаборатории предусматривал:

- оперативный контроль процедуры анализа (на основе оценки погрешности при реализации отдельно взятой контрольной процедуры);
- контроль стабильности результатов анализа (на основе контроля стабильности среднеквадратического отклонения повторяемости, среднеквадратического отклонения внутрилабораторной прецизионности, погрешности).

Определение остаточного содержания нефтепродуктов в почве для оценки экологического риска

Поскольку оценка экологического риска от воздействия загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами должна проводиться с учетом максимально возможного содержания потенциально опасных факторов в исследуемой среде (Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду), при определении остаточного содержания нефтепродуктов в почве гравиметрическим методом использовали методику теплой хлороформной экстракции общего битумоида, осуществляемой с помощью лабораторной системы экстракции Buchi В-811 (Швейцария) в режиме «Soxhlet Warm – теплый Сокслет». Данный метод теплой

экстракции хлороформом обеспечивает максимально полное извлечение всех компонентов нефти, в том числе ароматических и кислородсодержащих гетероциклических соединений, и рекомендован для определения остаточного содержания нефтепродуктов в почвогрунтах и донных осадках (Другов, Ю. С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов: Практическое руководство / Другов Ю.С., Родин А.А., - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: БИНОМ. ЛЗ, 2017. - 270 с.). При этом дополнительно извлекаются кислородсодержащие соединения, входящие в состав нативного органического вещества почвы и продуктов трансформации нефтепродуктов. Остаточное содержание нефтепродуктов в почве рассчитывали по разнице концентраций хлороформенного битумоида в нефтезагрязненной и контрольной (без внесения нефти) почве.

Определение структурно-группового состава нефти проводили после фракционирования полученного хлороформенного экстракта с помощью флеш-хроматографии (Sepacore C601/610, Buchi, Швейцария). Количественный анализ индивидуальных углеводородных компонентов осуществляли хромато-масс-спектрометрическим методом с использованием ГХ-МС Agilent 6890N (США) в соответствии с ПНД Ф 16.1.38-02, ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.79-2013 (НДП 30.5.102-2011), ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.81-2013 (МУ 03/2012). Дополнительно проводили определение полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) с помощью высокоэффективного жидкостного хроматографа LC Prominence (Shimadzu, Япония), оборудованного колонкой с обращено-фазовым сорбентом Discovery C18[®] и ультрафиолетовым детектором RF-10A XL (Shimadzu, Япония). Полученные данные использовали для расчета концентраций приоритетных углеводородных загрязнителей при оценке экологического риска.

Расчет экологического риска

Прогностический расчет экологического риска, обусловленного загрязнением почв разного типа (дерново-подзолистой, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой; дерново-подзолистой иллювиально железистой; пойменной слабокислой и нейтральной; чернозема оподзоленного; подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой) нефтью из Кокуйского и Аптугайского месторождений Пермского края, при условии соблюдения предлагаемых нормативов ДОСНП, осуществляли в соответствии со следующими нормативными и методическими документами:

ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска.

Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

ГН 2.1.6.1339-03 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

ГН 2.1.5.1316-03 Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

ГН 6229-91 Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые количества (ОДК) химических веществ в почве.

ГН 1.1.725-98 Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека.

ГН 1.2.1841-04 Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека. Дополнения и изменения к ГН 1.1.725-98.

Исходя из химического состава данных нефтей, выбирали приоритетные углеводородные загрязнители, для которых расчетным методом определяли прогнозируемые усредненные концентрации в почве при экспериментально определенном уровне нефтезагрязнения.

Для количественной оценки риска для здоровья населения от воздействия компонентов нефтяного загрязнения почвы использовали компьютерную программу «Модульная система расчета воздействия углеводородного загрязнения на здоровье людей» (Свид-во о гос. регистр. программ для ЭВМ № 2012618687, правообладатель - ПГНИУ). С использованием программы оценивали риск воздействия данных углеводородных загрязнителей в отношении двух экспонируемых рецепторов: взрослого и ребенка, подвергающихся максимально возможному воздействию нефтезагрязненной почвы в течение жизни. Выбирали наиболее полный сценарий экспозиции – максимальное число маршрутов воздействия и воздействующих сред (почва, атмосферный воздух, вода для ирригации, продукты питания) различными путями воздействия (дыхание, потребление в пищу, контакт с кожей). Для расчета риска использовали рекомендуемые стандартные значения факторов экспозиции (Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду). Исходные параметры для расчета риска: продолжительность воздействия – 50 лет, количество воздействий в год для взрослого и ребенка – 356.

При расчете интегрального индекса опасности и уровня канцерогенного **риска** использовали следующие показатели референтных доз и концентраций: (1) референтные концентрации нефтяных углеводородов для острых ингаляционных воздействий; (2) референтные концентрации нефтяных углеводородов для хронического ингаляционного воздействия; (3) референтные дозы нефтяных углеводородов при хроническом пероральном поступлении; (4) факторы канцерогенного потенциала нефтяных углеводородов.

При отсутствии референтной концентрации в качестве ее эквивалента применяли принятые в РФ предельно допустимые концентрации (ПДК) или максимальные недействующие дозы (МНД) и концентрации (МНК) нефтяных углеводородов, установленные по прямым эффектам на здоровье: в воде водоемов - по санитарно-токсикологическому признаку вредности, в атмосферном воздухе населенных мест - по резорбтивным и рефлекторно-резорбтивным эффектам.

Определение валового содержания микроэлементов в почве

Определение содержания макро- и микроэлементов проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» (г. Санкт-Петербург) в лаборатории экологии и охраны природы ПГНИУ. Метод основан на зависимости интенсивности рентгеновского флуоресцентного излучения от содержания элемента в подготовленной пробе. Флуоресцентное излучение возбуждается первичным излучением рентгеновской трубки. Массовую долю компонентов определяют с помощью предварительно построенных градуировочных характеристик, представляющих собой экспериментальную зависимость массовой доли определяемого компонента от аналитического сигнала.

Проводился количественный анализ по валовому содержанию в почвах Sr (мг/кг), Pb (мг/кг), As (мг/кг), Zn (мг/кг), Ni (мг/кг), MnO (мг/кг), V (мг/кг), на спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» согласно методике выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв рентгенофлуоресцентным методом М-049-П/10 (ФР.1.31.2011.09286). Методика допущена для целей государственного экологического контроля и мониторинга (ПНД Ф 16.1.42-04).

5. Результаты экспериментов

Результаты экспериментального определения остаточного содержания нефтепродуктов в исследуемых почвах различного типа гравиметрическим методом приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты определения остаточного содержания нефтепродуктов (г/кг) в почвах различного типа гравиметрическим методом

Доза внесенной нефти, г/кг	Типы почв				
	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая	Чернозем оподзоленный	Пойменная слабокислая и нейтральная
0,0 (контроль)	0,42±0,09	0,66±0,05	0,47±0,07	0,90±0,02	0,26±0,03
1,0	1,58±0,12	1,28±0,30	1,48±0,11	2,24±0,25	1,44±0,12
2,0	2,53±0,18	2,18±0,29	2,59±0,24	3,17±0,36	2,10±0,22
3,0	3,33±0,32	3,93±0,32	3,61±0,29	4,11±0,39	3,54±0,27
5,0	5,31±0,50	6,85±0,53	5,68±0,61	6,16±0,71	5,49±0,46
10,0	–	–	–	10,8±1,25	–

Как видно из таблицы, контрольные образцы почв Пермского края (без внесения нефти) характеризуются фоновым содержанием общего битуминоида на уровне 0,26 – 0,90 г/кг сухой почвы, при этом для чернозема оподзоленного был зарегистрирован наиболее высокий (0,90±0,02) фоновый уровень битуминоида, по-видимому, в результате высокого содержания природных углеводородных компонентов.

Определение остаточного содержания нефтепродуктов в почве проводили гравиметрическим методом в соответствии с ГОСТ 17.4.3.03-85, РД 52.18.647-2003 и ПНД Ф 16.1.41-04. Общий битуминоид выделяли теплой хлороформной экстракцией, пересчет концентрации нефтепродуктов сделан на сухую почву с учетом влажности.

Результаты определения нефтепродуктов в почве методом ИК-спектрометрии приведены в таблице 5.2.

Как видно из таблицы, данным методом не было зафиксировано естественное содержание углеводов в почве. По этой причине для дальнейших расчетов будут использованы значения, полученные гравиметрическим методом, так как их использование более объективно за счет учета естественного содержания углеводов в почвах.

Таблица 5.2 – Результаты определения остаточного содержания нефтепродуктов (г/кг) в почвах различного типа гравиметрическим методом

Доза внесенной нефти, г/кг	Типы почв				
	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая	Чернозем оподзоленный	Пойменная слабокислая и нейтральная
0,0 (контроль)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
1,0	0,35±0,09	0,48±0,12	0,52±0,13	0,35±0,09	0,48±0,12
2,0	0,70±0,17	0,76±0,19	0,97±0,24	0,66±0,17	0,79±0,20
3,0	1,19±0,30	0,93±0,23	1,43±0,36	0,98±0,25	1,09±0,27
5,0	1,75±0,44	2,06±0,52	3,44±0,86	1,66±0,42	4,19±1,05
10,0	–	–	–	4,33±1,08	–

5.1. Вегетационный хронический эксперимент

Для проведения лабораторных экспериментов и опытов использовались образцы дерново-подзолистой, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой, дерново-подзолистой иллювиально-железистой, пойменной слабокислой и нейтральной, подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почв и чернозема оподзоленного.

Результаты эксперимента через 2 недели:

1. Влияние нефти на растения кресс-салата посевного

Показатели влияния нефти на растения кресс-салата посевного через 2 недели представлены в таблицах 5.1.1 – 5.1.10.

Таблица 5.1.1. – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на растения кресс-салата (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Кресс-салат								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,66	1,28	2,18	3,93	6,85				
Длина корней, см	2	1,9	1,7	1,3	1,6	$y = -0,0727x + 1,9167$	0,44	4,4	5,3
Длина стебля, см	6,8	6,2	5,3	4,3	3,8	$y = -0,4746x + 6,6942$	0,89	2,6	2,8
Масса 10 растений, г	0,4116	0,3481	0,3125	0,1648	0,1985	$y = -0,0352x + 0,3919$	0,72	1,8	2,2
Масса надземной части 10 растений, г	0,3985	0,3385	0,2788	0,1508	0,1695	$y = -0,0373x + 0,3783$	0,76	1,6	2,0
Масса корней 10 растений, г	0,0131	0,0099	0,08	0,05	0,145	$y = 0,0201x - 0,0002$	0,80	0,5	0,02

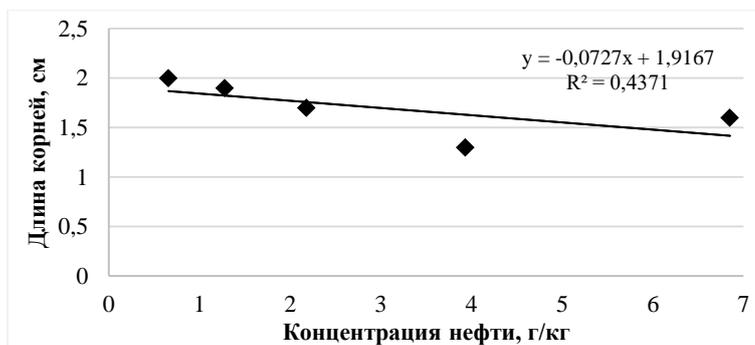


Рис. 5.1.1. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений кресс-салата

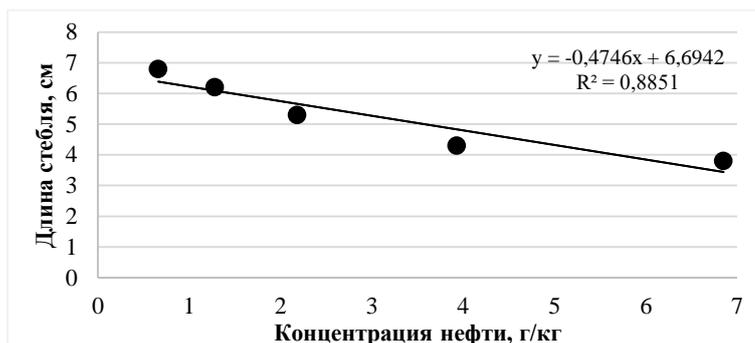


Рис. 5.1.2. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений кресс-салата

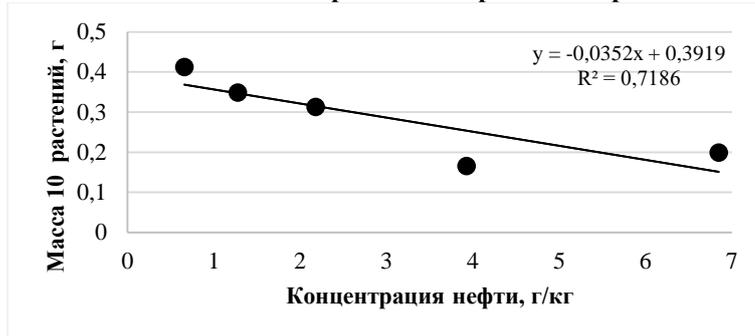


Рис. 5.1.3. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу растений кресс-салата

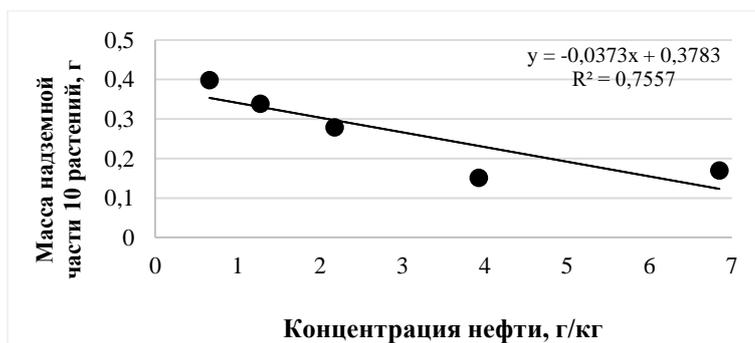


Рис. 5.1.4. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений кресс-салата

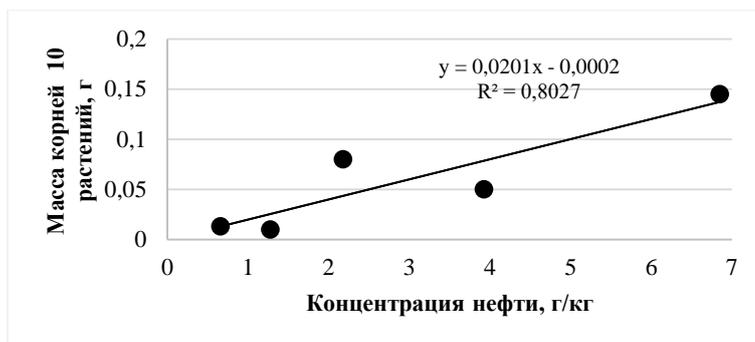


Рис. 5.1.5. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений кресс-салата

Таблица 5.1.2 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на растения кресс-салата (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Кресс-салат								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,66	1,28	2,18	3,93	6,85				
Длина корней, см	1,7	1,9	1,6	1,4	1,7	$y = -0,1203x + 1,8545$	0,6921	4,6	
Длина стебля, см	7,0	6,3	5,1	4,3	3,9	$y = -0,4862x + 6,7388$	0,8187	3,4	
Масса 10 растений, г	0,4035	0,3700	0,2850	0,1700	0,2000	$y = -0,0346x + 0,3888$	0,7112	2,8	
Масса надземной части 10 растений, г	0,3850	0,3550	0,2550	0,1650	0,1700	$y = -0,0357x + 0,3725$	0,7609	2,6	
Масса корней 10 растений, г	0,0025	0,0465	0,1000	0,0550	0,1400	$y = 0,0173x + 0,0172$	0,6678	1,0	

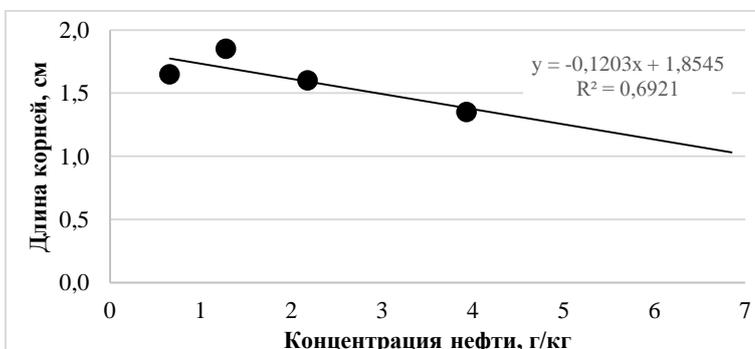


Рис. 5.1.6. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений кресс-салата



Рис. 5.1.7. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений кресс-салата

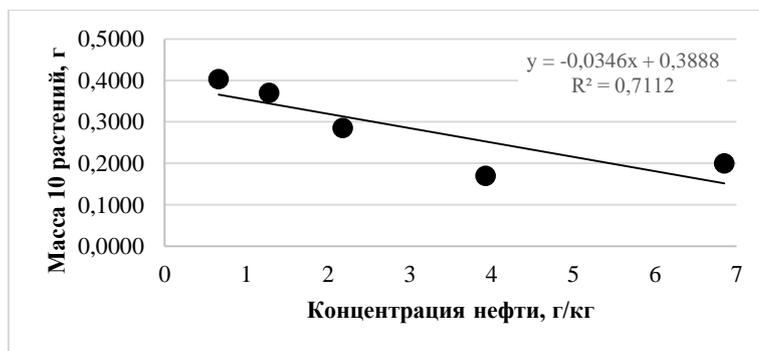


Рис. 5.1.8. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу растений кресс-салата

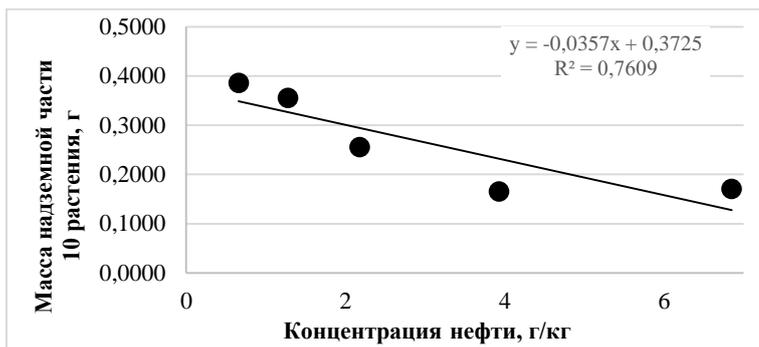


Рис. 5.1.9. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений кресс-салата

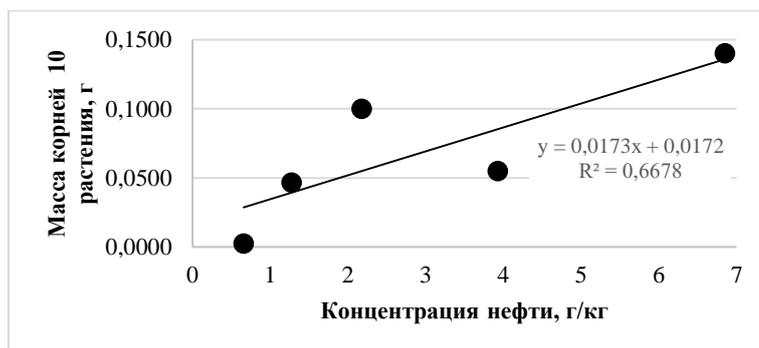


Рис. 5.1.10. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений кресс-салата

Таблица 5.1.3 – Влияние загрязнения нефтью *дерново-подзолистой иллювиально-железистой* почвы на растения кресс-салата (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая								
Тест-объект	Кресс-салат								
Образец нефти	Апугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,47	1,47	2,59	3,61	5,68				
Длина корней, см	2,8	3,0	3,0	3,0	3,1	$y = 0,0525x + 2,834$	0,75	8,9	10,8
Длина стебля, см	5,8	5,5	5,3	4,5	4,4	$y = -0,2953x + 5,9351$	0,87	4,3	4,0
Масса 10 растений, г	0,3201	0,3843	0,2925	0,3078	0,2565	$y = -0,0169x + 0,359$	0,53	6,1	4,3
Масса надземной части 10 растений, г	0,2654	0,3170	0,2390	0,2405	0,1840	$y = -0,0198x + 0,3039$	0,68	4,6	3,1
Масса корней 10 растений, г	0,0548	0,0673	0,0535	0,0673	0,0725	$y = 0,0029x + 0,0551$	0,47	3,7	3,8

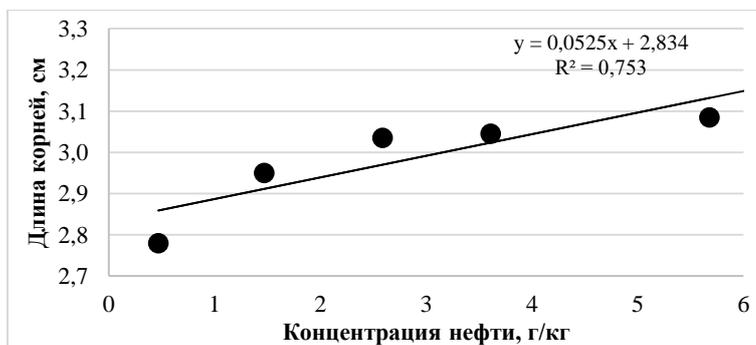


Рис. 5.1.11. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост корней растений кресс-салата

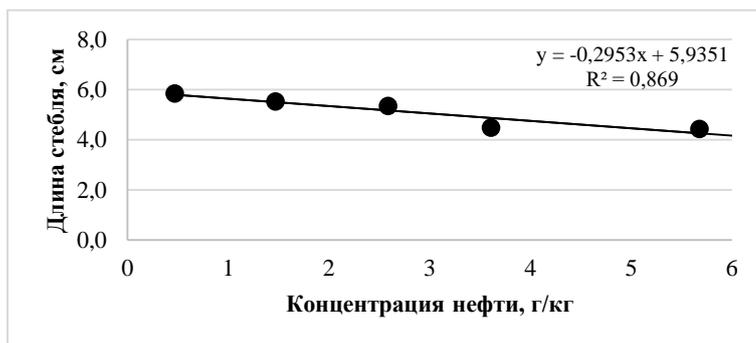


Рис. 5.1.12. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост стебля растений кресс-салата

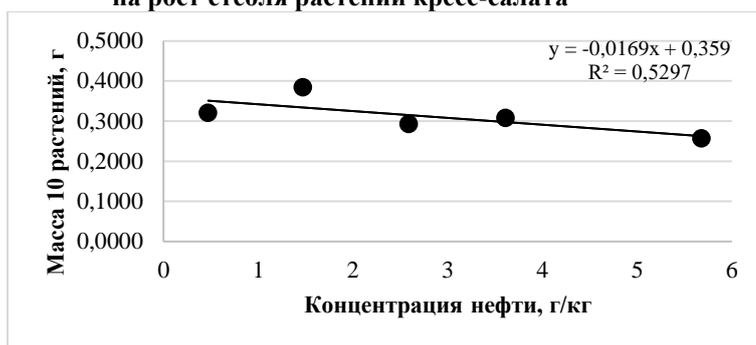


Рис. 5.1.13. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу растений кресс-салата

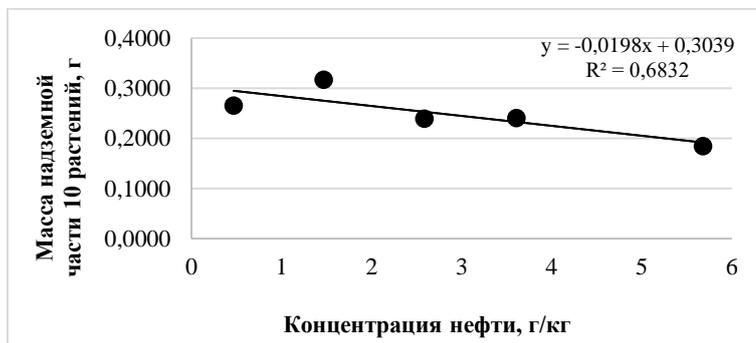


Рис. 5.1.14. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу надземной части растений кресс-салата

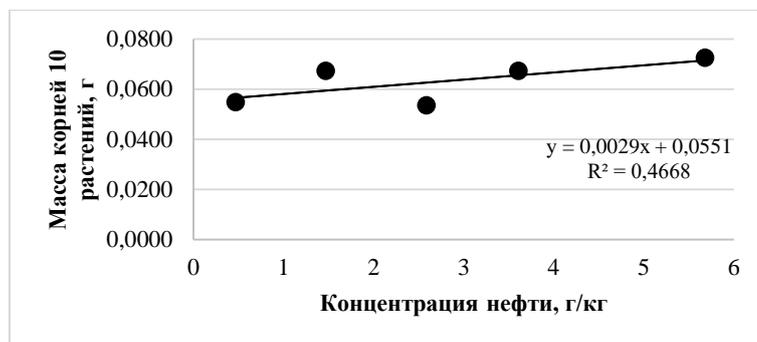


Рис. 5.1.15. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу корней растений кресс-салата

Таблица 5.1.4 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на растения кресс-салата (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая							
Тест-объект	Кресс-салат							
Образец нефти	Аптугайское месторождение							
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20
	0,47	1,48	2,59	3,61	5,68			
Длина корней, см	2,3	2,7	2,3	2,8	2,9	$y = 0,1051x + 2,2693$	0,5218	–
Длина стебля, см	6,1	6,0	5,1	4,6	4,4	$y = -0,3771x + 6,2531$	0,8782	3,6
Масса 10 растений, г	0,2550	0,3300	0,2450	0,2350	0,2200	$y = -0,0132x + 0,2936$	0,3850	4,8
Масса надземной части 10 растений, г	0,2450	0,3200	0,2150	0,2350	0,1900	$y = -0,0161x + 0,2855$	0,4367	3,9
Масса корней 10 растений, г	0,0465	0,0700	0,0500	0,0665	0,0900	$y = 0,007x + 0,0453$	0,6461	–

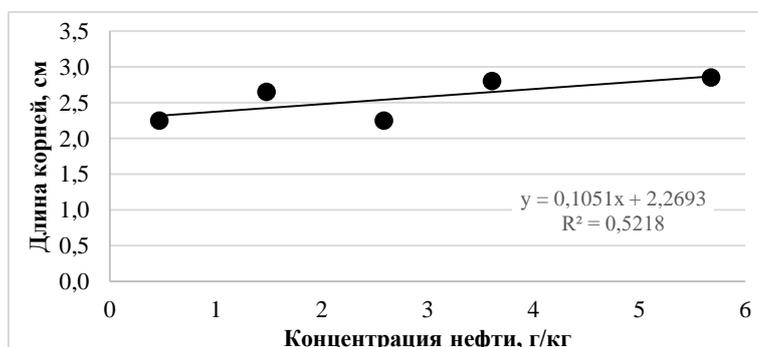


Рис. 5.1.16. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост корней растений кресс-салата

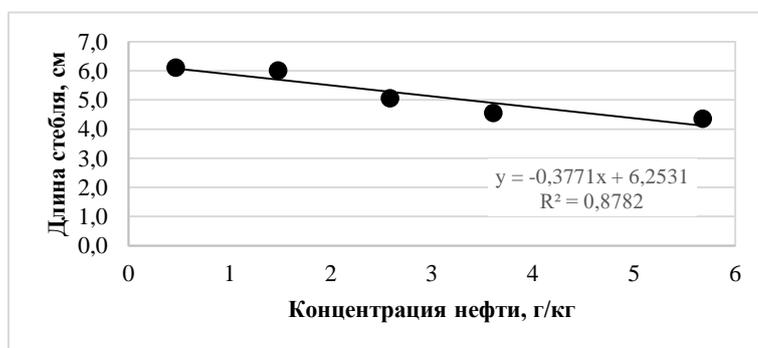


Рис. 5.1.17. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост стебля растений кресс-салата

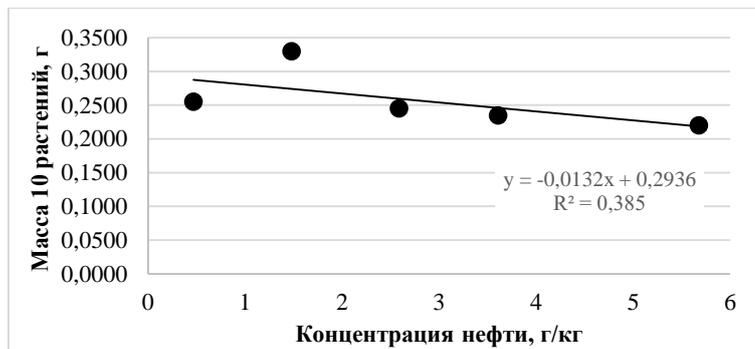


Рис. 5.1.18. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу растений кресс-салата

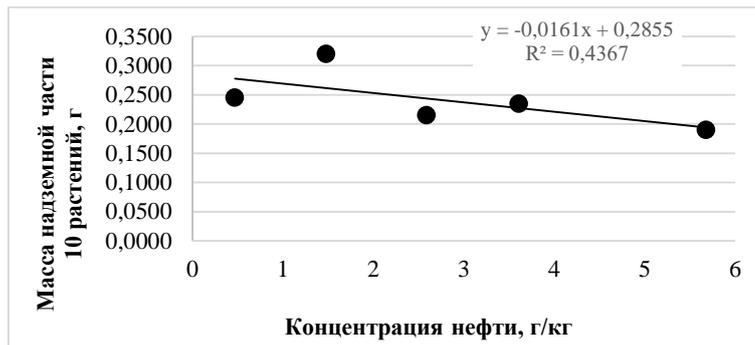


Рис. 5.1.19. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу надземной части растений кресс-салата

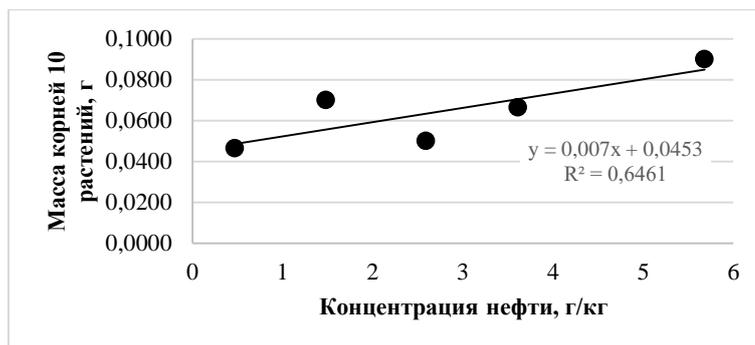


Рис. 5.1.20. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу корней растений кресс-салата

Таблица 5.1.5 – Влияние загрязнения нефтью *подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой* почвы на растения кресс-салата (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая									
Тест-объект	Кресс-салат									
Образец нефти	Апугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	
	0,42	1,58	2,53	3,33	5,31					
Длина корней, см	4,0	2,8	3,2	2,3	2,2	$y = -0,3355x + 3,8081$	0,74	1,8	2,3	
Длина стебля, см	3,3	2,7	2,2	2,3	1,9	$y = -0,2561x + 3,1607$	0,84	2,2	2,5	
Масса 10 растений, г	0,1042	0,0906	0,0585	0,0597	0,0530	$y = -0,0109x + 0,1019$	0,78	1,7	1,9	
Масса надземной части 10 растений, г	0,0956	0,0809	0,0491	0,0526	0,0466	$y = -0,0103x + 0,0921$	0,75	1,5	1,8	
Масса корней 10 растений, г	0,0134	0,0098	0,0094	0,0071	0,0064	$y = -0,0014x + 0,0128$	0,86	1,5	1,8	

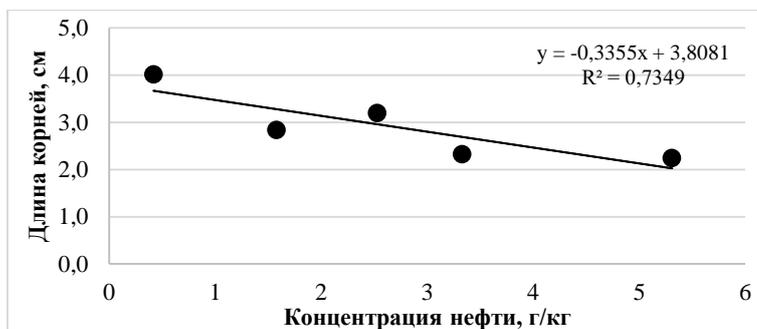


Рис. 5.1.21. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений кресс-салата

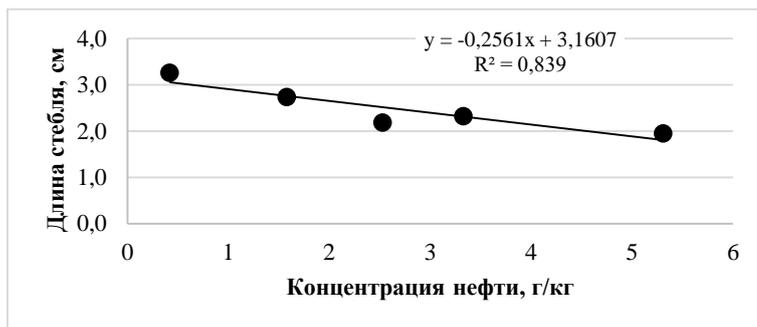


Рис. 5.1.22. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений кресс-салата

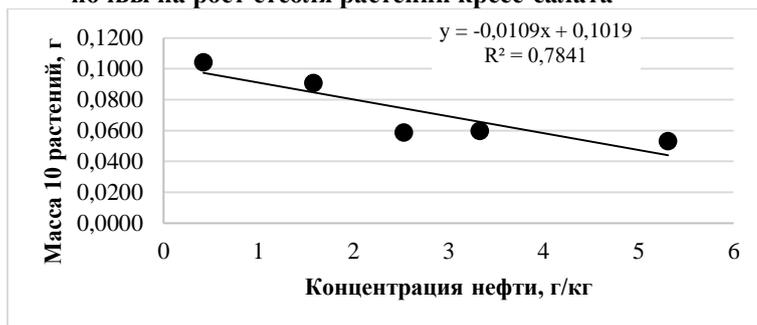


Рис. 5.1.23. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу растений кресс-салата

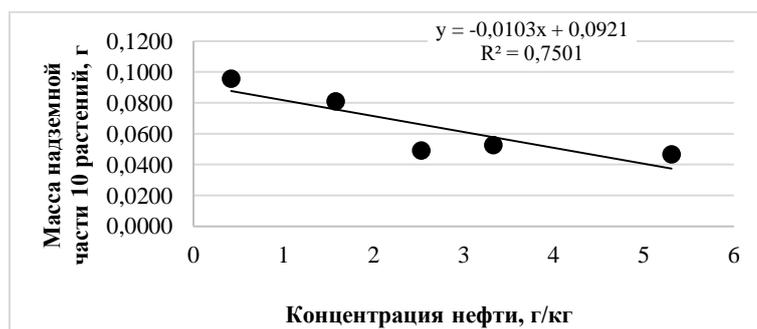


Рис. 5.1.24. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений кресс-салата

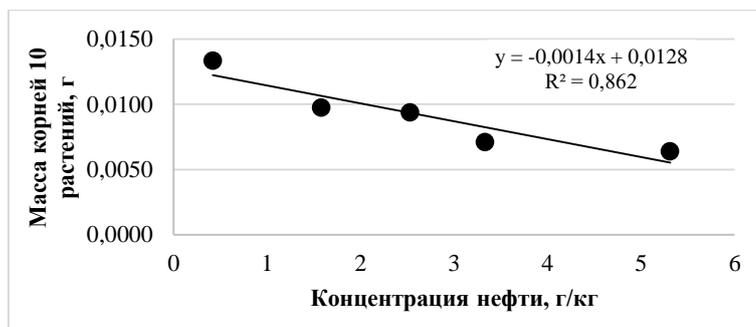


Рис. 5.1.25. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений кресс-салата

Таблица 5.1.6 – Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на растения кресс-салата (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Кресс-салат								
Образец нефти	Аптугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,42	1,58	2,53	3,33	5,31				
Длина корней, см	3,3	2,6	3,8	1,8	2,3	$y = -0,2241x + 3,3304$	0,2718	3,3	
Длина стебля, см	3,3	2,8	2,0	2,4	1,9	$y = -0,2757x + 3,1762$	0,7783	2,8	
Масса 10 растений, г	0,1080	0,0885	0,0585	0,0545	0,0530	$y = -0,0116x + 0,1031$	0,7626	2,1	
Масса надземной части 10 растений, г	0,0940	0,0830	0,0475	0,0490	0,0470	$y = -0,0103x + 0,0912$	0,7071	2,1	
Масса корней 10 растений, г	0,0095	0,0080	0,0080	0,0045	0,0045	$y = -0,0011x + 0,0098$	0,8083	2,1	

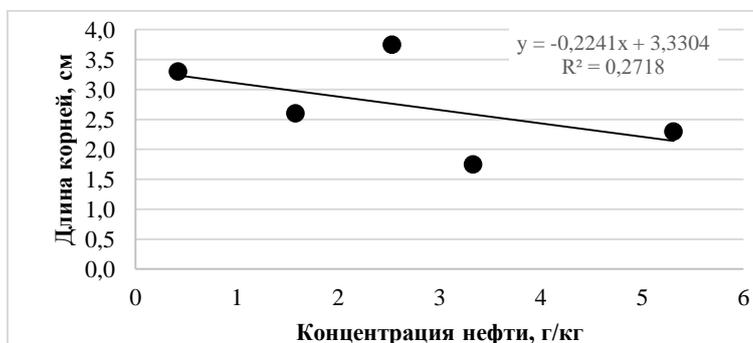


Рис. 5.1.26. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений кресс-салата



Рис. 5.1.27. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений кресс-салата

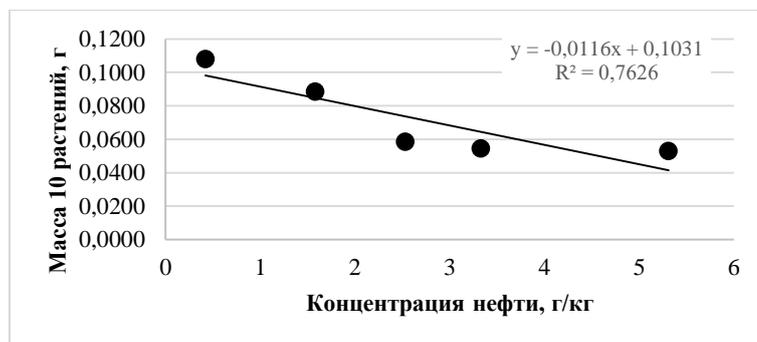


Рис. 5.1.28. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу растений кресс-салата

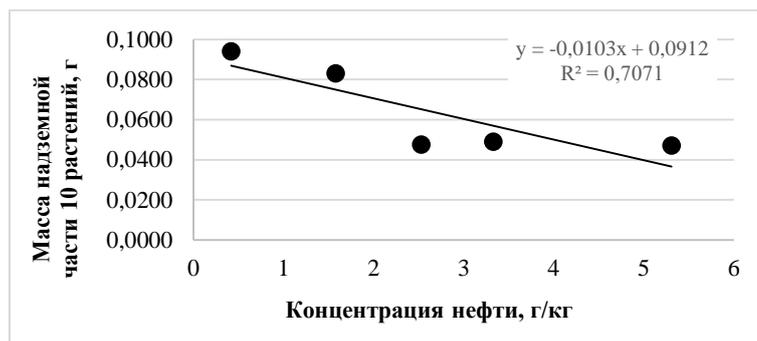


Рис. 5.1.29. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений кресс-салата

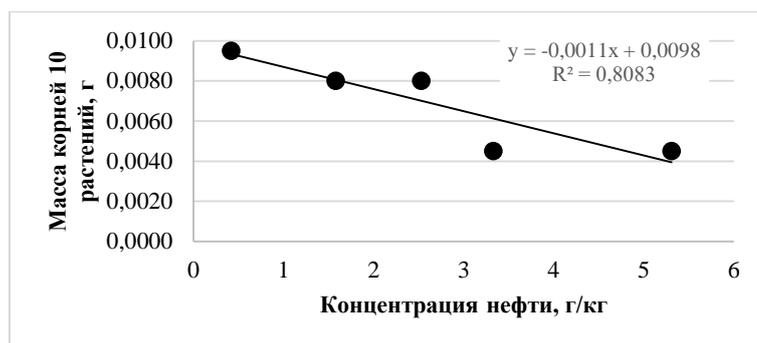


Рис. 5.1.30. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений кресс-салата

Таблица 5.1.7 – Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на растения кресс-салата (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Пойменная слабокислая и нейтральная									
Тест-объект	Кресс-салат									
Образец нефти	Аптугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	
	0,26	1,44	2,1	3,54	5,49					
Длина корней, см	1,08	1,06	1,11	0,96	1,03	$y = -0,0166x + 1,0911$	0,34	13,9	13,3	
Длина стебля, см	4,3	4,4	5,7	3,7	3,8	$y = -0,1261x + 4,4152$	0,67	7,6	7,0	
Масса 10 растений, г	0,3373	0,3205	0,4398	0,3050	0,2675	$y = -0,0162x + 0,3756$	0,26	6,5	4,6	
Масса надземной части 10 растений, г	0,3120	0,2800	0,3938	0,2275	0,1975	$y = -0,0221x + 0,3135$	0,99	2,9	2,8	
Масса корней 10 растений, г	0,0253	0,0405	0,0460	0,0775	0,0700	$y = 0,0095x + 0,0275$	0,49	0,3	0,6	

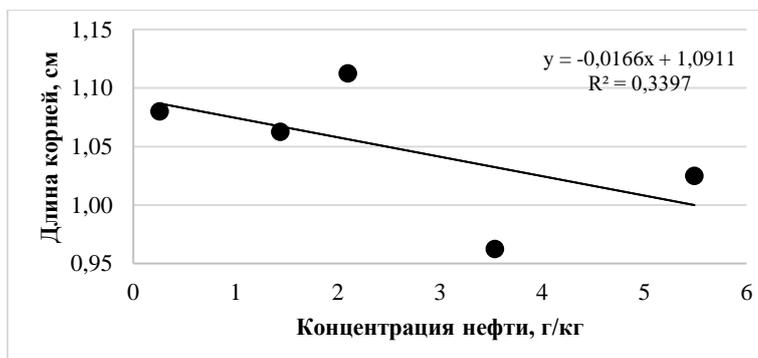


Рис. 5.1.31. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост корней растений кресс-салата



Рис. 5.1.32. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост стебля растений кресс-салата

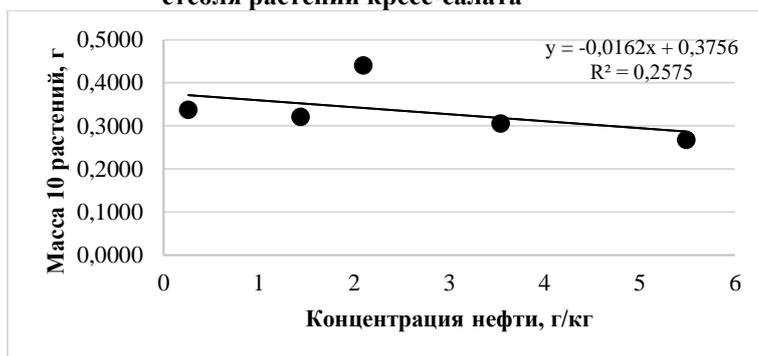


Рис. 5.1.33. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу растений кресс-салата



Рис. 5.1.34. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу надземной части растений кресс-салата

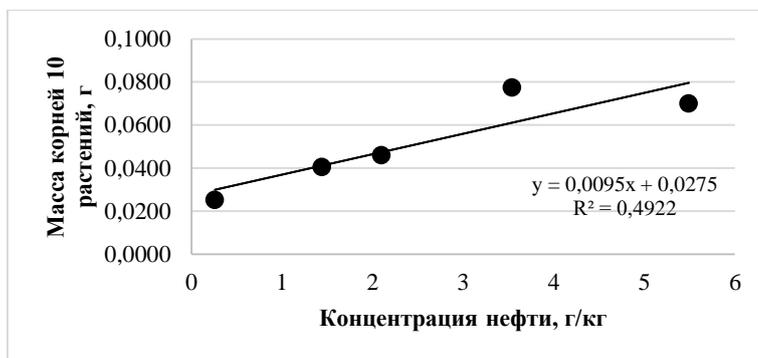


Рис. 5.1.35. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу корней растений кресс-салата

Таблица 5.1.8 – Влияние загрязнения нефтью *пойменной слабокислой и нейтральной* почвы на растения кресс-салата (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Пойменная слабокислая и нейтральная								
Тест-объект	Кресс-салат								
Образец нефти	Аптугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,26	1,44	2,1	3,54	5,49				
Длина корней, см	0,80	0,85	1,20	0,75	0,85	$y = -0,0089x + 0,9129$	0,0102	23,9	
Длина стебля, см	4,5	4,4	6,1	3,2	3,8	$y = -0,1893x + 4,4577$	0,5392	5,1	
Масса 10 растений, г	0,3000	0,2610	0,4000	0,2500	0,2150	$y = -0,0184x + 0,3324$	0,2739	3,8	
Масса надземной части 10 растений, г	0,2400	0,2600	0,4000	0,2000	0,1950	$y = -0,0116x + 0,2548$	0,7230	4,6	
Масса корней 10 растений, г	0,0150	0,0350	0,0300	0,0650	0,0700	$y = 0,011x + 0,0147$	0,5312	0,6	

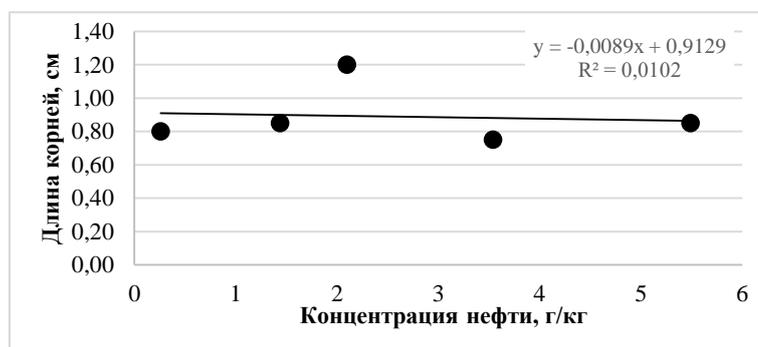


Рис. 5.1.36. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост корней растений кресс-салата



Рис. 5.1.37. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост стебля растений кресс-салата

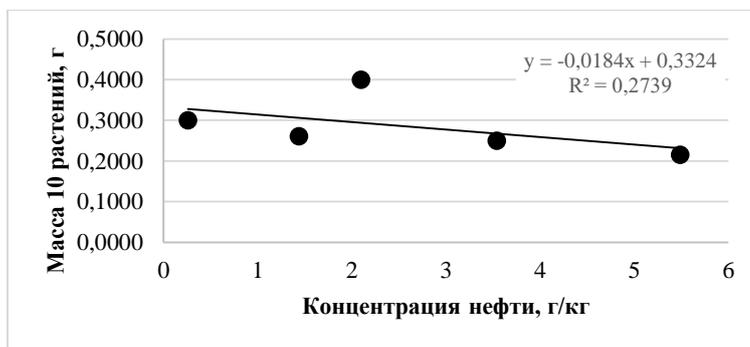


Рис. 5.1.38. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу растений кресс-салата

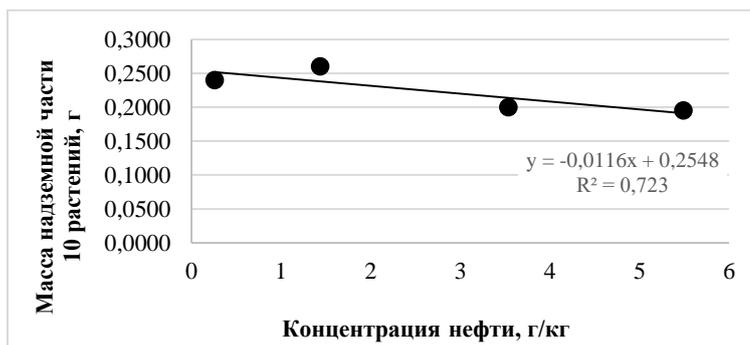


Рис. 5.1.39. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу надземной части растений кресс-салата

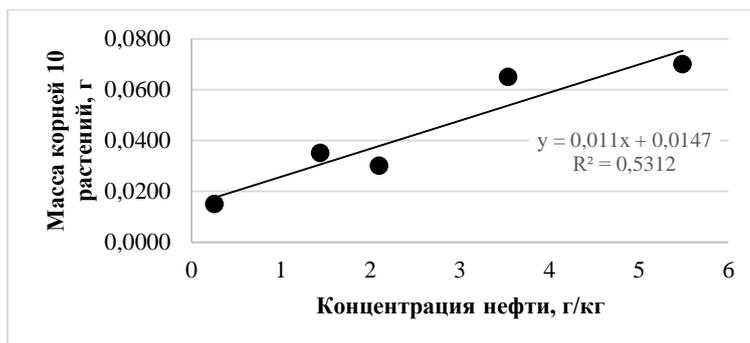


Рис. 5.1.40. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу корней растений кресс-салата

Таблица 5.1.9 – Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на растения кресс-салата (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Чернозем оподзоленный									
Тест-объект	Кресс-салат									
Образец нефти	Кокуйское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг						Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,9	2,24	3,17	4,11	6,16	10,8				
Длина корней, см	2,2	1,0	2,0	1,9	1,4	1,6	$y = -0,0338x + 1,8489$	0,08	2,0	10,9
Длина стебля, см	4,4	3,9	3,0	2,8	2,3	2,4	$y = -0,4087x + 4,6282$	0,93	2,7	2,3
Масса 10 растений, г	0,1819	0,0949	0,0808	0,0894	0,0588	0,0715	$y = -0,008x + 0,1328$	0,42	–	3,3
Масса надземной части 10 растений, г	0,1809	0,0939	0,0798	0,0884	0,0578	0,0705	$y = -0,008x + 0,1317$	0,42	–	3,3
Масса корней 10 растений, г	0,0010	0,0010	0,0011	0,0010	0,0010	0,0010	$y = -1E-06x + 0,001$	0,04	–	–

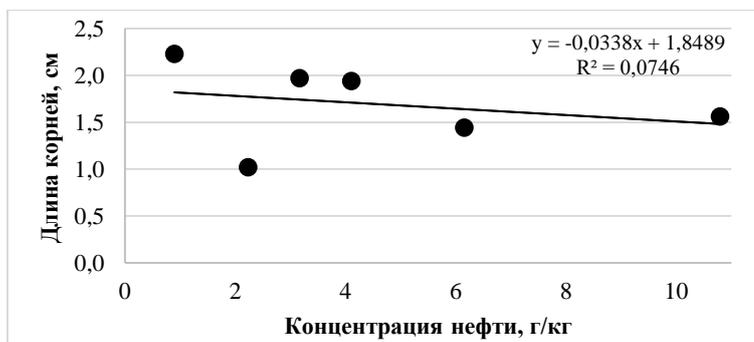


Рис. 5.1.41. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост корней растений кресс-салата

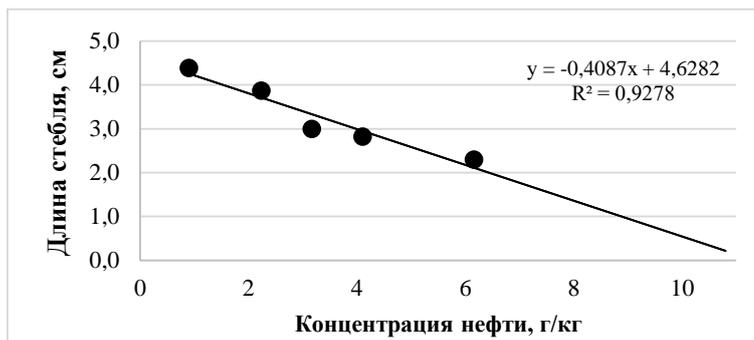


Рис. 5.1.42. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост стебля растений кресс-салата

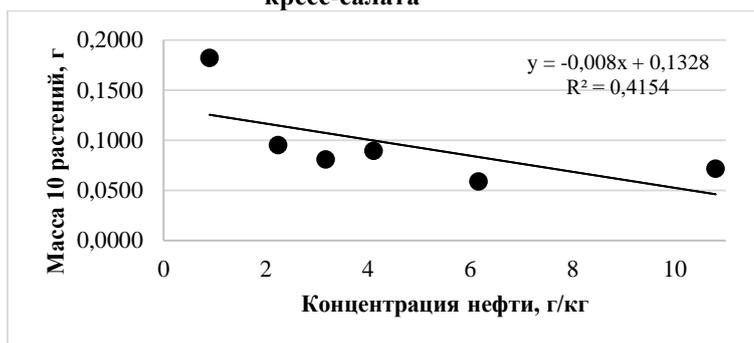


Рис. 5.1.43. Влияние загрязнения чернозема оподзоленного на массу растений кресс-салата

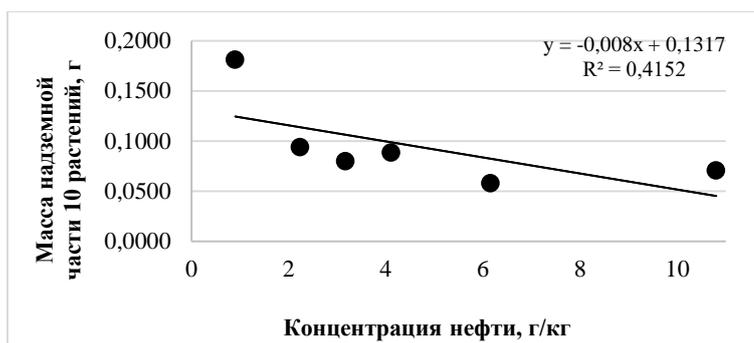


Рис. 5.1.44. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу надземной части растений кресс-салата

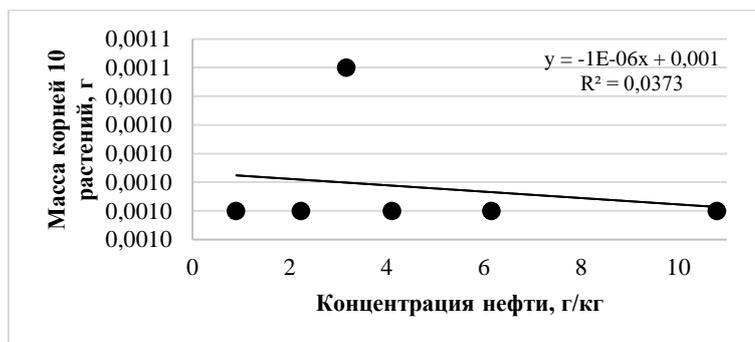


Рис. 5.1.45. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу корней растений кресс-салата

Таблица 5.1.10 – Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на растения кресс-салата (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Чернозем оподзоленный								
Тест-объект	Кресс-салат								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг						Уравнение регрессии	R2	ДК20
	0,9	2,24	3,17	4,11	6,16	10,8			
Длина корней, см	2,1	0,9	1,9	2,0	1,3	1,5	$y = -0,0274x + 1,7085$	0,0466	14,91
Длина стебля, см	4,5	3,7	2,9	2,9	2,2	2,4	$y = -0,4278x + 4,6286$	0,9209	2,9
Масса 10 растений, г	0,1475	0,0810	0,0770	0,0895	0,0595	0,0730	$y = -0,0052x + 0,1118$	0,3588	5,0
Масса надземной части 10 растений, г	0,1465	0,0800	0,0760	0,0885	0,0585	0,0720	$y = -0,0052x + 0,1108$	0,3588	5,0
Масса корней 10 растений, г	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	$y = 7E-20x + 0,001$	3E-16	1,0

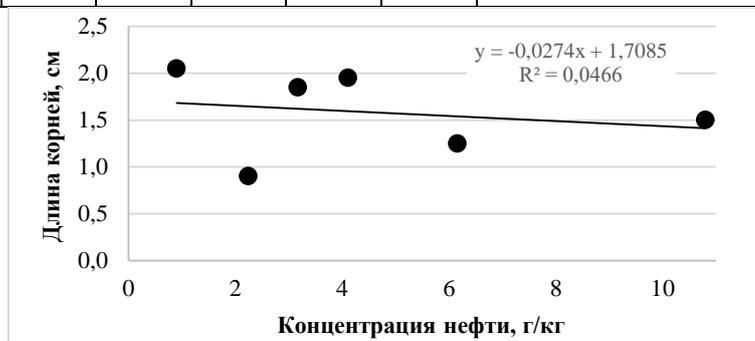


Рис. 5.1.46. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост корней растений кресс-салата

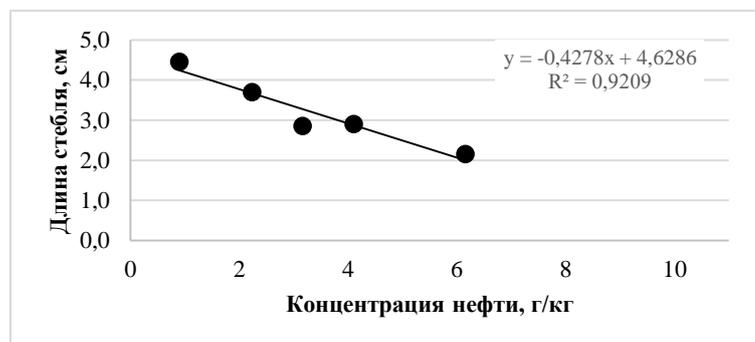


Рис. 5.1.47. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост стебля растений кресс-салата

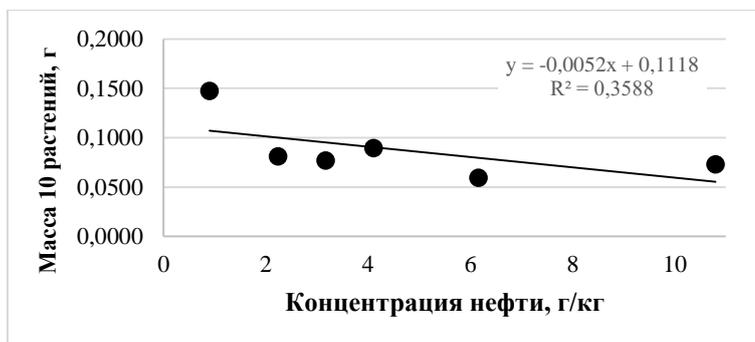


Рис. 5.1.48. Влияние загрязнения чернозема оподзоленного на массу растений кресс-салата



Рис. 5.1.49. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу надземной части растений кресс-салата



Рис. 5.1.50. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу корней растений кресс-салата

Результаты эксперимента через 1 месяц:

2. Влияние нефти на растения пшеницы мягкой

Показатели влияния нефти на растения пшеницы мягкой через 1 месяц представлены в таблицах 5.1.11-5.1.20.

Таблица 5.1.11 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на растения пшеницы мягкой (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Пшеница мягкая								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,66	1,28	2,18	3,93	6,85				
Длина корней, см	11,9	9,7	12,6	11,4	9,8	$y = -0,2191x + 11,737$	0,18	10,0	10,7
Длина стебля, см	35,4	32,4	33,6	35,9	35,0	$y = 0,2213x + 33,803$	0,15	39,0	30,5
Длина самого длинного листа, см	13,1	13,4	11,6	12,1	11,9	$y = -0,1909x + 12,996$	0,36	13,2	13,6
Масса растения, г	0,2884	0,2608	0,2386	0,2329	0,2483	$y = -0,0049x + 0,2683$	0,30	7,7	11,0
Масса надземной части растения, г	0,2638	0,2478	0,2134	0,1738	0,1979	$y = -0,0279x + 0,2808$	0,99	2,5	2,0
Масса корней растения, г	0,0246	0,0130	0,0252	0,0591	0,0505	$y = 0,0061x + 0,0162$	0,62	2,2	0,5
Масса самого длинного листа, г	0,0289	0,0336	0,0303	0,0256	0,0252	$y = -0,0011x + 0,0319$	0,58	8,0	5,8

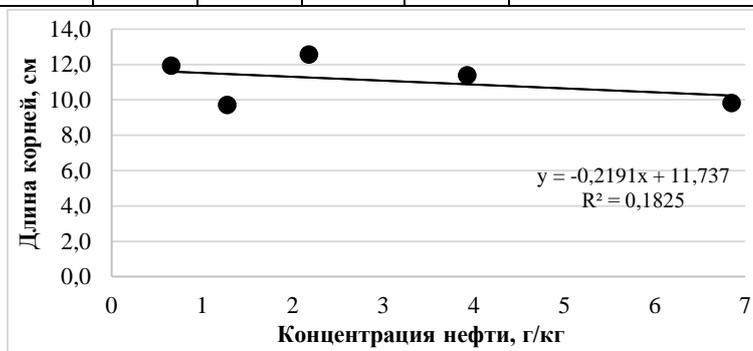


Рис. 5.1.51. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений пшеницы мягкой

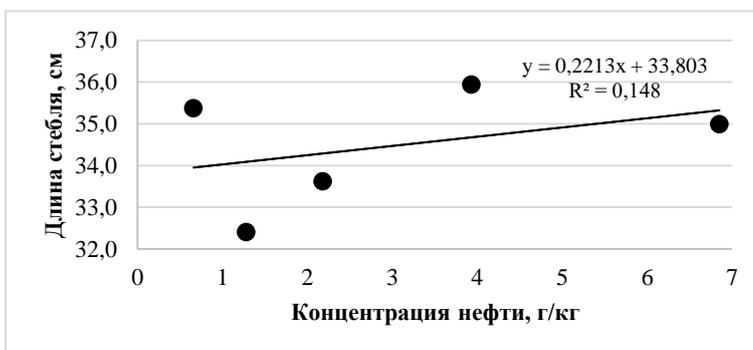


Рис. 5.1.52. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений пшеницы мягкой



Рис. 5.1.53. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой



Рис. 5.1.54. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу растений пшеницы мягкой

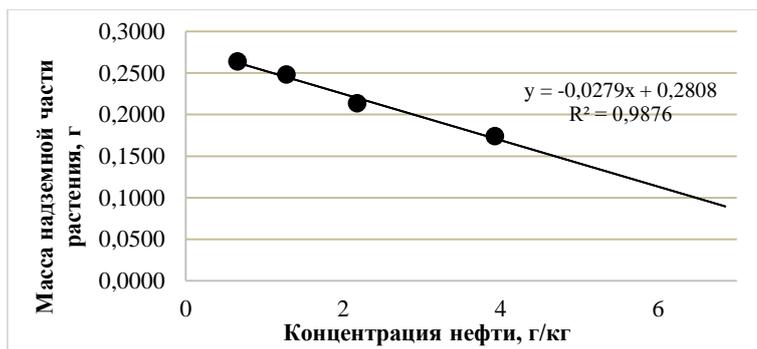


Рис. 5.1.55. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений пшеницы мягкой

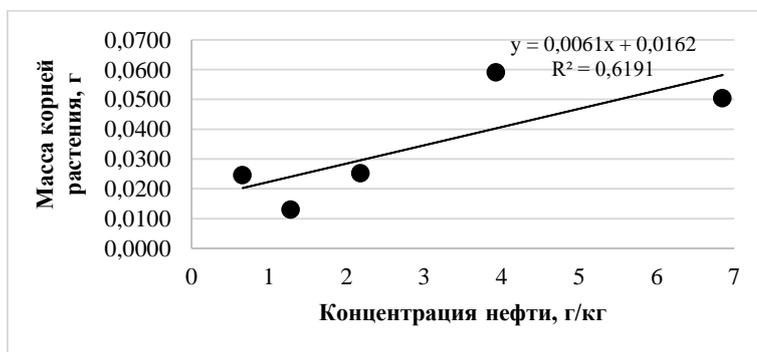


Рис. 5.1.56. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений пшеницы мягкой

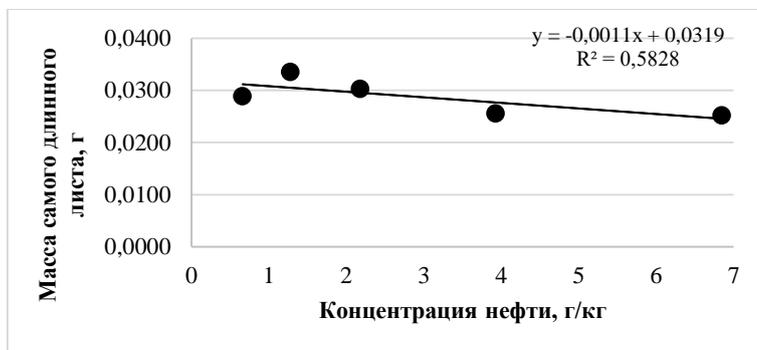


Рис. 5.1.57. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Таблица 5.1.12 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на растения пшеницы мягкой (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Пшеница мягкая								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,66	1,28	2,18	3,93	6,85				
Длина корней, см	11,8	9,8	13,4	10,5	9,1	$y = -0,3955x + 12,079$	0,3260	6,5	
Длина стебля, см	35,7	33,0	33,6	36,7	35,9	$y = 0,3275x + 33,984$	0,2535	21,4	
Длина самого длинного листа, см	15,1	13,2	11,4	14,0	11,3	$y = -0,3938x + 14,143$	0,3453	7,7	
Масса растения, г	0,2635	0,2740	0,2275	0,2045	0,2105	$y = -0,0101x + 0,2661$	0,6450	5,8	
Масса надземной части растения, г	0,2490	0,2620	0,1945	0,1610	0,1735	$y = -0,0309x + 0,2787$	0,8646	2,8	
Масса корней растения, г	0,0155	0,0125	0,0170	0,0330	0,0505	$y = 0,0063x + 0,007$	0,9599	–	
Масса самого длинного листа, г	0,0245	0,0320	0,0265	0,0250	0,0270	$y = -0,0002x + 0,0275$	0,0200	28,0	

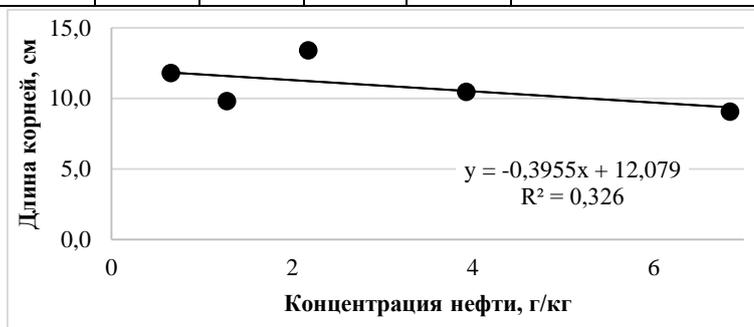


Рис. 5.1.58. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений пшеницы мягкой

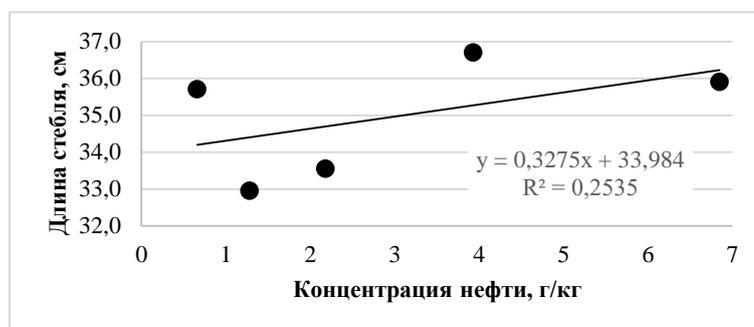


Рис. 5.1.59. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений пшеницы мягкой

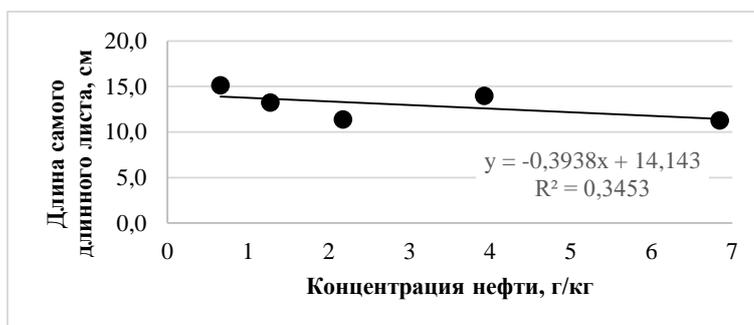


Рис. 5.1.60. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой

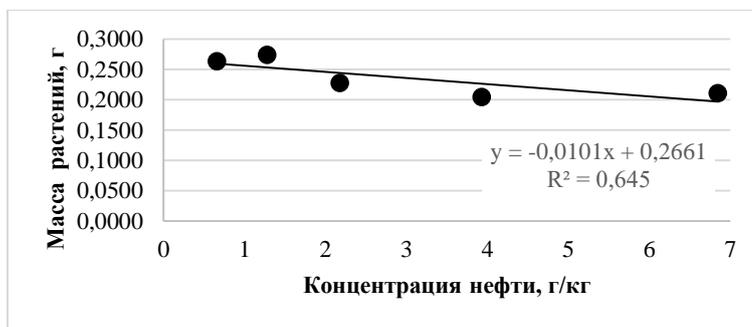


Рис. 5.1.61. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу растений пшеницы мягкой

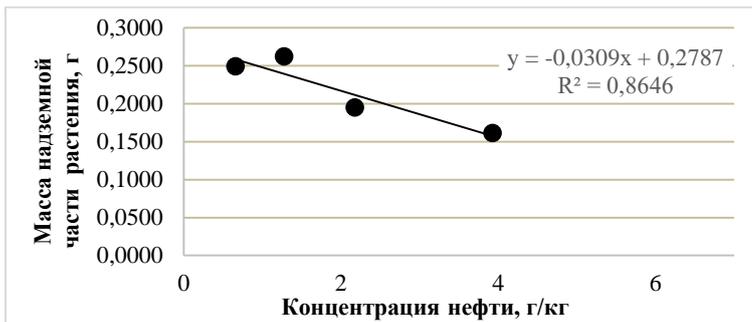


Рис. 5.1.62. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений пшеницы мягкой

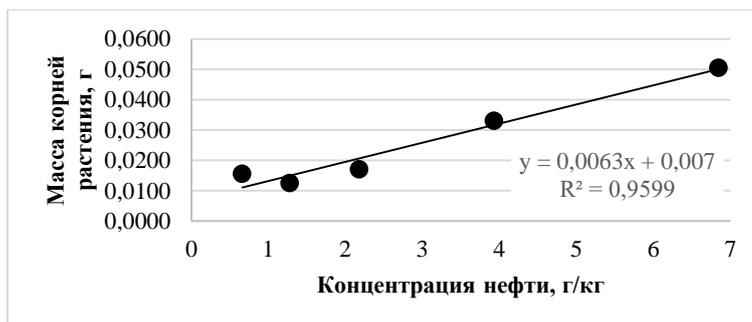


Рис. 5.1.63. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений пшеницы мягкой

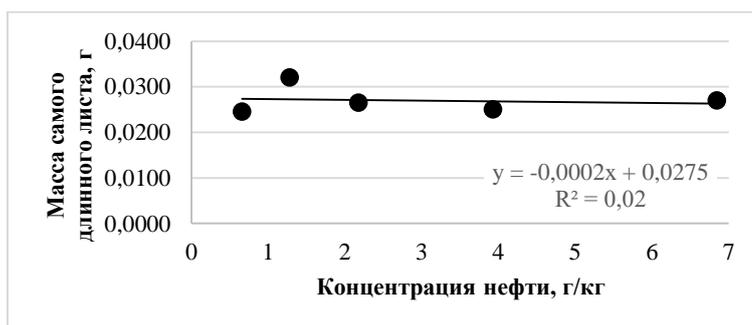


Рис. 5.1.64. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Таблица 5.1.13 – Влияние загрязнения нефтью *дерново-подзолистой иллювиально-железистой* почвы на растения пшеницы мягкой (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая								
Тест-объект	Пшеница мягкая								
Образец нефти	Апугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,47	1,47	2,59	3,61	5,68				
Длина корней, см	14,42	17,22	15,49	14,49	15,90	$y = 0,2362x + 14,342$	0,49	12,5	12,1
Длина стебля, см	40,11	35,25	38,21	39,20	37,19	$y = -0,5029x + 40,226$	0,75	16,2	16,0
Длина самого длинного листа, см	11,87	8,55	12,92	10,75	10,81	$y = -0,2727x + 12,426$	0,33	10,8	9,1
Масса растения, г	0,2600	0,1202	0,2416	0,2860	0,2230	$y = -0,0052x + 0,2687$	0,18	11,7	10,3
Масса надземной части растения, г	0,2393	0,1049	0,2184	0,2380	0,1827	$y = -0,0097x + 0,2496$	0,64	6,0	5,1
Масса корней растения, г	0,0207	0,0153	0,0232	0,0480	0,0403	$y = 0,0054x + 0,0147$	0,60	1,9	0,6
Масса самого длинного листа, г	0,0375	0,0138	0,0321	0,0297	0,0249	$y = -0,0024x + 0,0385$	0,99	3,5	3,2

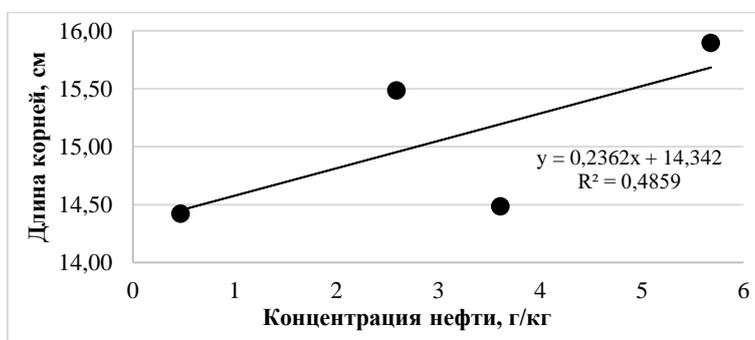


Рис. 5.1.65. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост корней растений пшеницы мягкой

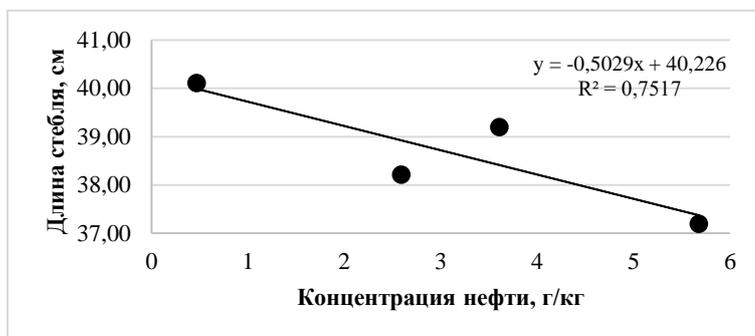


Рис. 5.1.66. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост стебля растений пшеницы мягкой

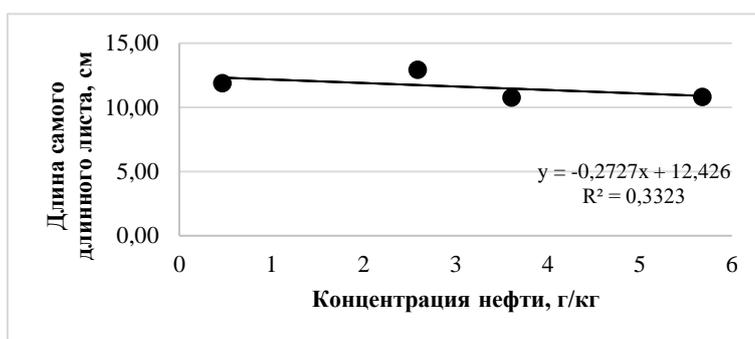


Рис. 5.1.67. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой

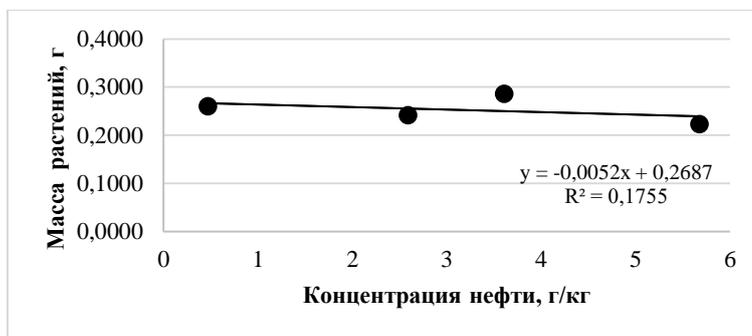


Рис. 5.1.68. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу растений пшеницы мягкой

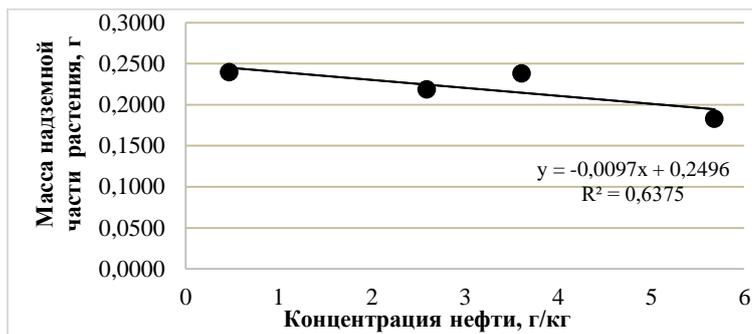


Рис. 5.1.69. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу надземной части растений пшеницы мягкой

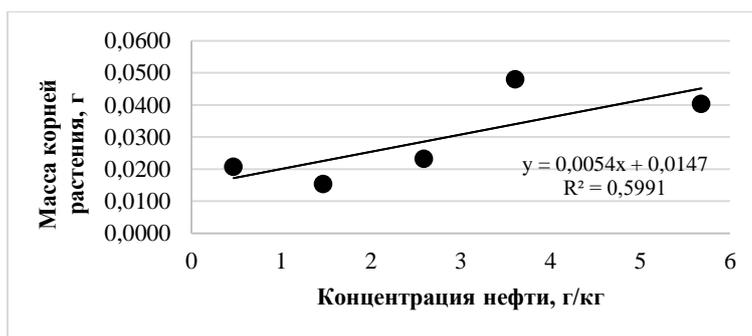


Рис. 5.1.70. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу корней растений пшеницы мягкой



Рис. 5.1.71. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Таблица 5.1.14 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на растения пшеницы мягкой (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая							
Тест-объект	Пшеница мягкая							
Образец нефти	Апугайское месторождение							
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20
	0,47	1,48	2,59	3,61	5,68			
Длина корней, см	13,85	16,20	15,15	14,40	15,20	$y = 0,2228x + 13,962$	0,5576	13,2
Длина стебля, см	39,40	34,45	38,15	39,30	38,40	$y = -0,1435x + 39,256$	0,2436	54,7
Длина самого длинного листа, см	12,40	9,05	13,20	11,55	9,50	$y = -0,5932x + 13,494$	0,6529	4,9
Масса растения, г	0,2515	0,1115	0,2235	0,2880	0,2165	$y = -0,0041x + 0,2575$	0,0747	12,9
Масса надземной части растения, г	0,2280	0,0985	0,2005	0,2360	0,1800	$y = -0,0076x + 0,2345$	0,4060	6,6
Масса корней растения, г	0,0180	0,0120	0,0230	0,0380	0,0305	$y = 0,0037x + 0,014$	0,5344	0,4
Масса самого длинного листа, г	0,0375	0,0115	0,0240	0,0300	0,0210	$y = -0,0028x + 0,0369$	0,7124	3,0

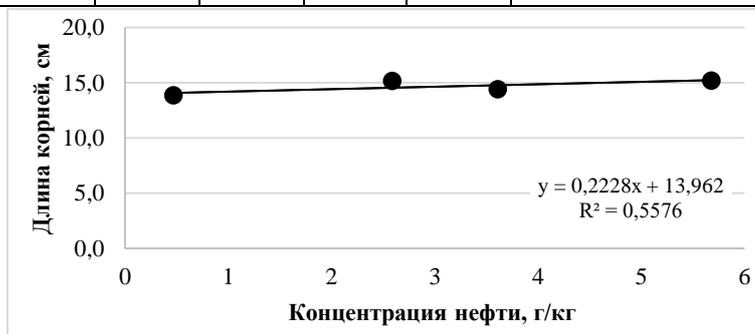


Рис. 5.1.72. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост корней растений пшеницы мягкой

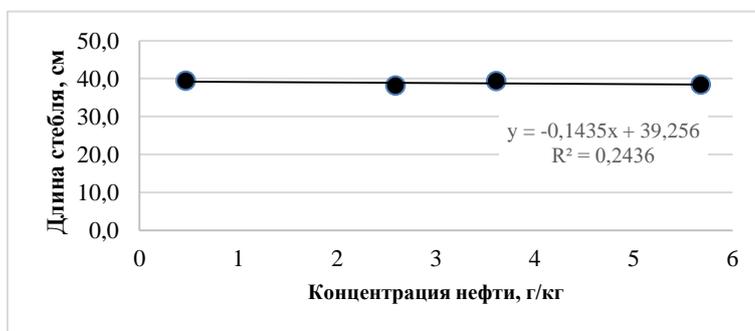


Рис. 5.1.73. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост стебля растений пшеницы мягкой

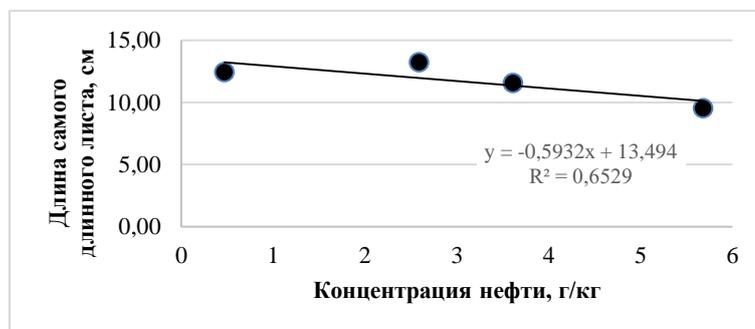


Рис. 5.1.74. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой

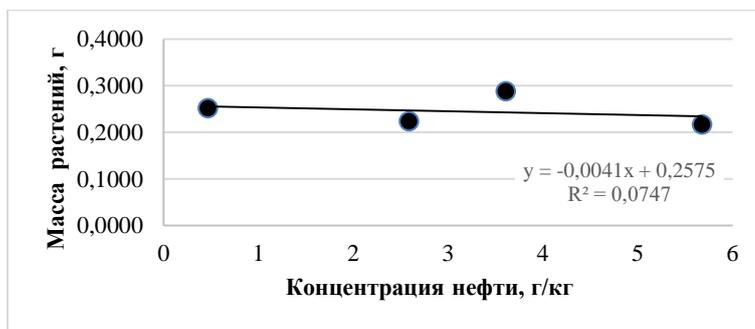


Рис. 5.1.75. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу растений пшеницы мягкой

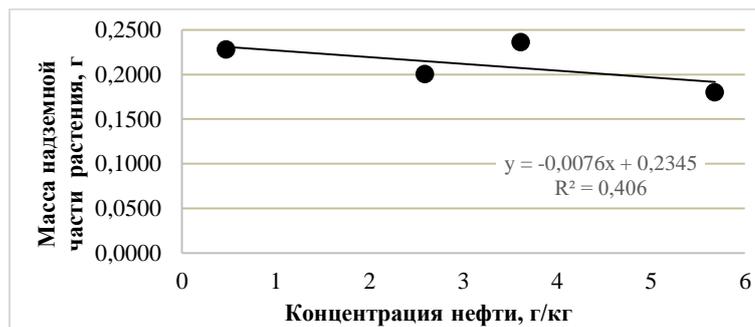


Рис. 5.1.76. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу надземной части растений пшеницы мягкой

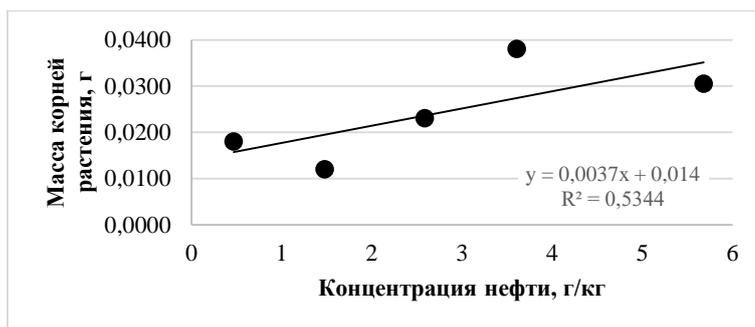


Рис. 5.1.77. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу корней растений пшеницы мягкой

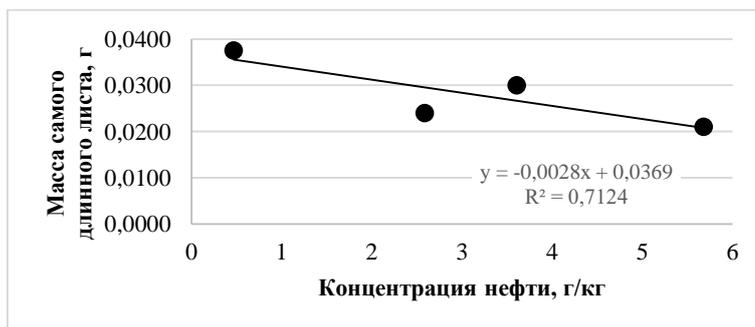


Рис. 5.1.78. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Таблица 5.1.15 – Влияние загрязнения нефтью *подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой* почвы на растения пшеницы мягкой (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая									
Тест-объект	Пшеница мягкая									
Образец нефти	Аптугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	
	0,42	1,58	2,53	3,33	5,31					
Длина корней, см	10,51	10,68	9,04	10,27	8,64	$y = -0,3801x + 10,827$	0,58	6,4	5,6	
Длина стебля, см	20,47	22,28	18,49	18,34	18,72	$y = -0,5751x + 21,173$	0,39	8,3	7,4	
Длина самого длинного листа, см	25,03	25,89	25,22	27,78	25,73	$y = 0,2099x + 25,375$	0,13	–	–	
Масса растения, г	0,1791	0,2098	0,1611	0,1633	0,1422	$y = -0,0103x + 0,1981$	0,56	5,4	3,8	
Масса надземной части растения, г	0,1463	0,1730	0,1366	0,1339	0,1171	$y = -0,0083x + 0,1633$	0,56	5,6	3,9	
Масса корней растения, г	0,0328	0,0368	0,0245	0,0293	0,0251	$y = -0,0019x + 0,0348$	0,47	4,5	3,7	
Масса самого длинного листа, г	0,0532	0,0418	0,0314	0,0350	0,0292	$y = -0,0046x + 0,0502$	0,76	1,7	2,2	

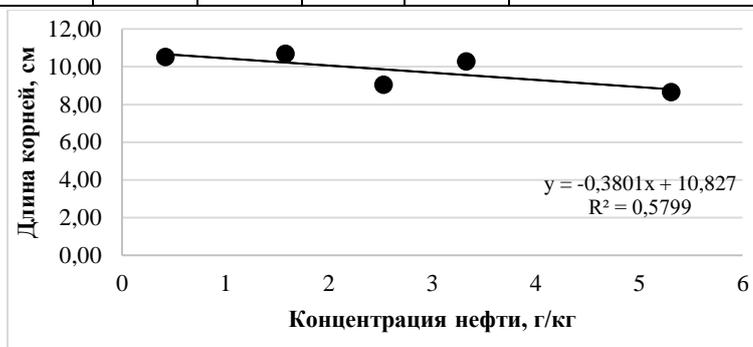


Рис. 5.1.79. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений пшеницы мягкой

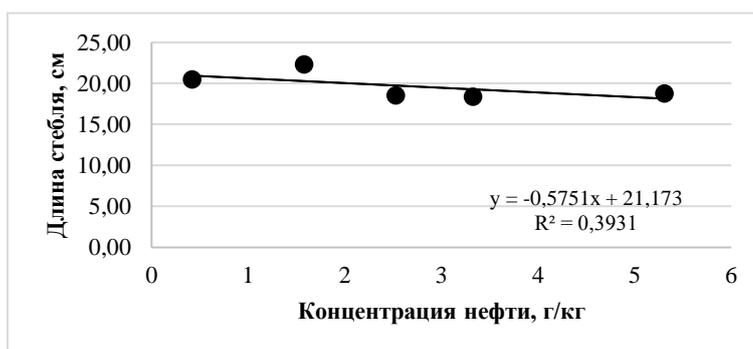


Рис. 5.1.80. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений пшеницы мягкой

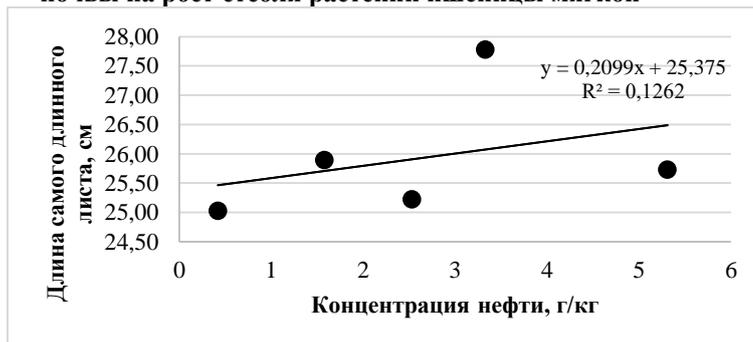


Рис. 5.1.81. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой

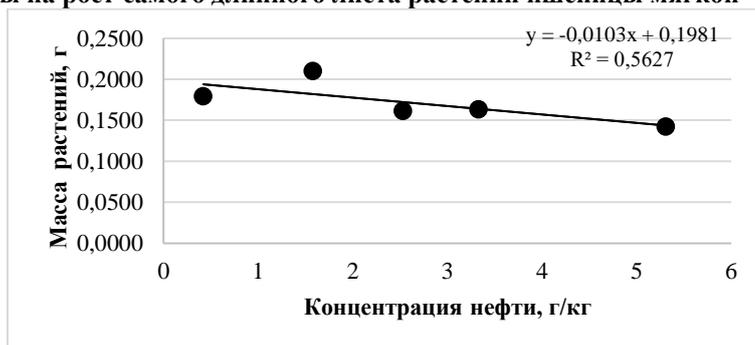


Рис. 5.1.82. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу растений пшеницы мягкой

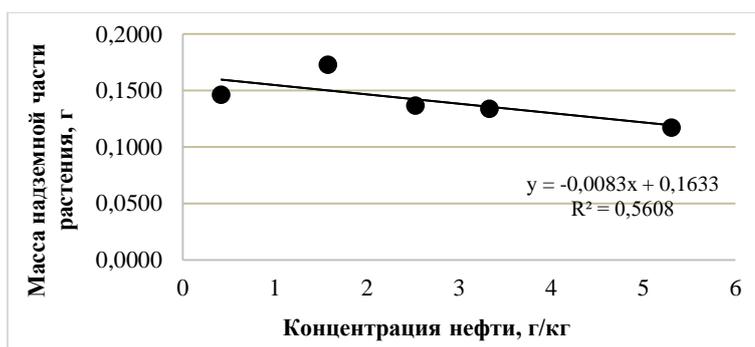


Рис. 5.1.83. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений пшеницы мягкой

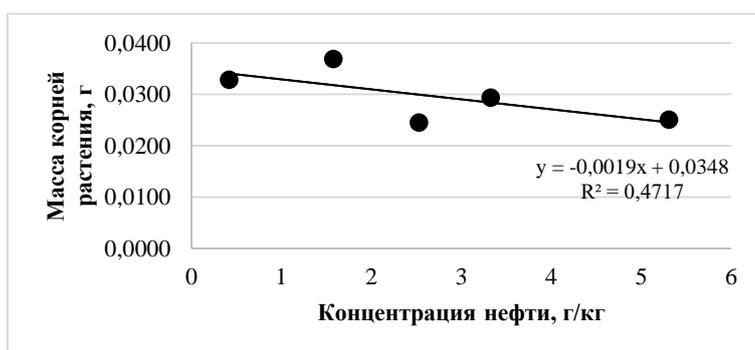


Рис. 5.1.84. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений пшеницы мягкой



Рис. 5.1.85. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Таблица 5.1.16 – Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на растения пшеницы мягкой (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Пшеница мягкая								
Образец нефти	Аптугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,42	1,58	2,53	3,33	5,31				
Длина корней, см	10,70	11,35	8,75	10,35	9,05	$y = -0,3761x + 11,031$	0,3953	6,2	
Длина стебля, см	20,80	23,10	17,40	17,85	19,55	$y = -0,5464x + 21,179$	0,1898	8,0	
Длина самого длинного листа, см	24,65	25,40	28,25	28,45	25,45	$y = 0,2649x + 25,742$	0,0762	19,8	
Масса растения, г	0,1794	0,1956	0,1615	0,1679	0,1479	$y = -0,0079x + 0,1911$	0,6460	5,2	
Масса надземной части растения, г	0,1383	0,1602	0,1403	0,1383	0,1156	$y = -0,0062x + 0,1547$	0,5187	5,3	
Масса корней растения, г	0,0304	0,0356	0,0229	0,0305	0,0242	$y = -0,0015x + 0,0327$	0,3036	4,6	
Масса самого длинного листа, г	0,0375	0,0419	0,0327	0,0373	0,0285	$y = -0,0021x + 0,041$	0,5627	4,2	

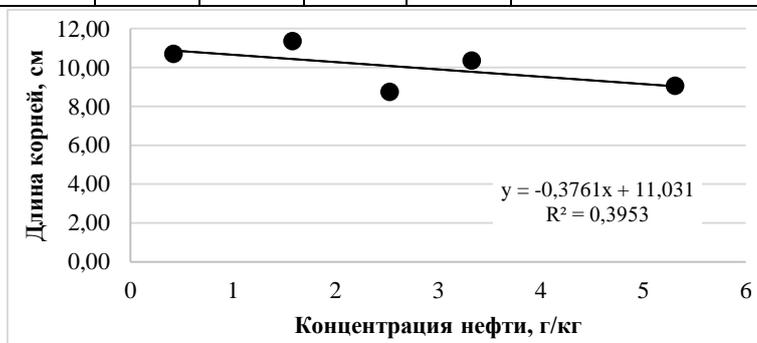


Рис. 5.1.86. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений пшеницы мягкой

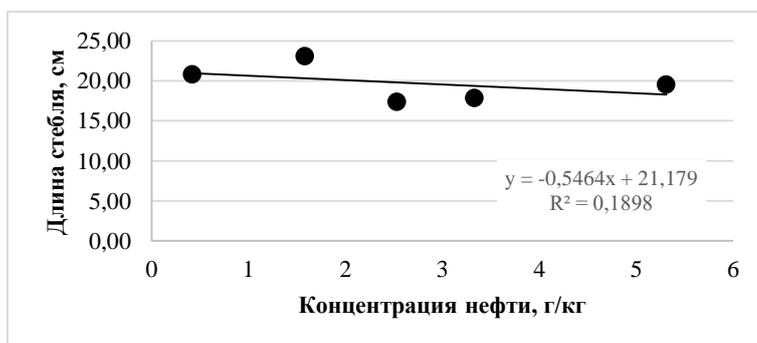


Рис. 5.1.87. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений пшеницы мягкой

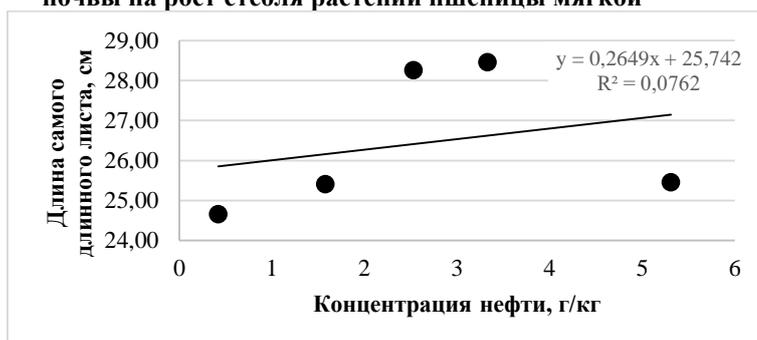


Рис. 5.1.88. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой



Рис. 5.1.89. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу растений пшеницы мягкой

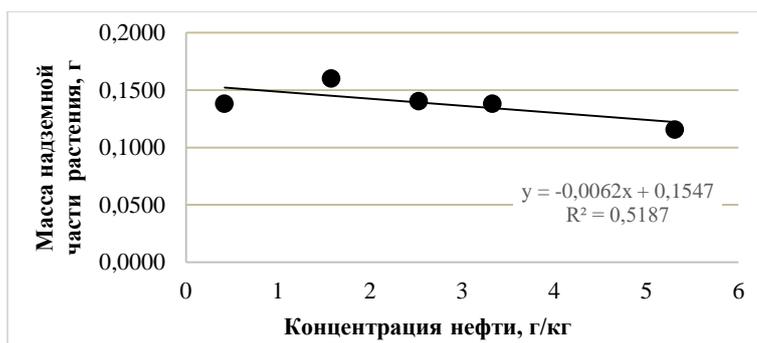


Рис. 5.1.90. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений пшеницы мягкой



Рис. 5.1.91. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений пшеницы мягкой

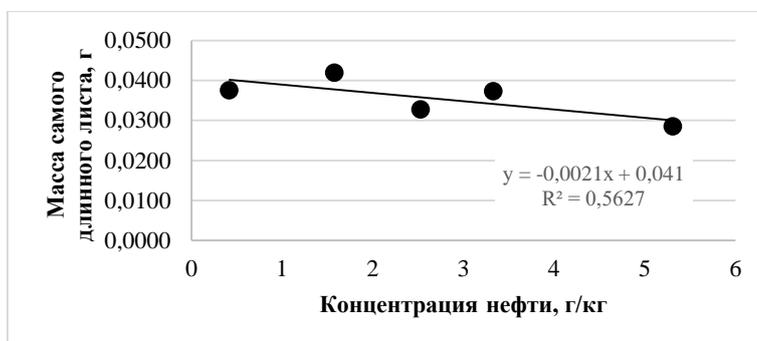


Рис. 5.1.92. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Таблица 5.1.17 – Влияние загрязнения нефтью *пойменной слабокислой и нейтральной* почвы на растения пшеницы мягкой (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Пойменная слабокислая и нейтральная								
Тест-объект	Пшеница мягкая								
Образец нефти	Апугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,26	1,44	2,1	3,54	5,49				
Длина корней, см	8,97	9,88	9,59	11,35	10,31	$y = 0,3027x + 9,2425$	0,47	5,0	6,1
Длина стебля, см	24,14	32,83	30,94	29,21	25,41	$y = -0,2639x + 29,184$	0,02	37,4	22,1
Длина самого длинного листа, см	7,36	9,47	9,30	8,47	6,25	$y = -0,3335x + 9,0244$	0,24	9,4	5,4
Масса растения, г	0,0739	0,0678	0,0626	0,0714	0,0615	$y = -0,0016x + 0,0716$	0,37	7,8	8,9
Масса надземной части растения, г	0,0694	0,0631	0,0581	0,0612	0,0567	$y = -0,002x + 0,0669$	0,66	5,7	6,7
Масса корней растения, г	0,0044	0,0047	0,0045	0,0102	0,0048	$y = 0,0004x + 0,0047$	0,10	1,5	2,3
Масса самого длинного листа, г	0,0066	0,0073	0,0121	0,0084	0,0055	$y = -0,0003x + 0,0087$	0,06	11,3	5,7

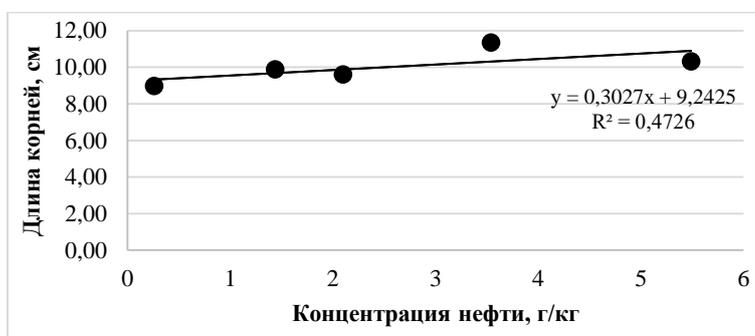


Рис. 5.1.93. Влияние загрязнения нефтью *пойменной слабокислой и нейтральной* почвы на рост корней растений пшеницы мягкой



Рис. 5.1.94. Влияние загрязнения нефтью *пойменной слабокислой и нейтральной* почвы на рост стебля растений пшеницы мягкой

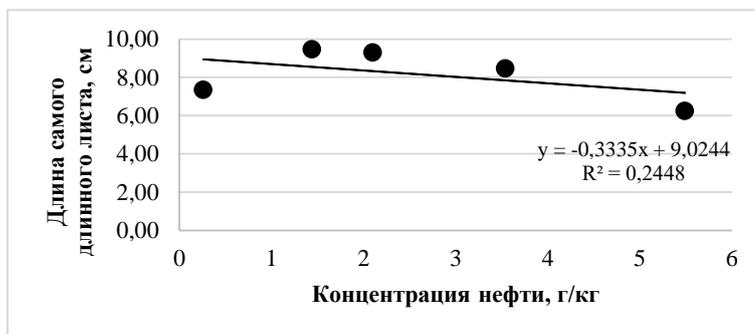


Рис. 5.1.95. Влияние загрязнения нефтью *пойменной слабокислой и нейтральной* почвы на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой

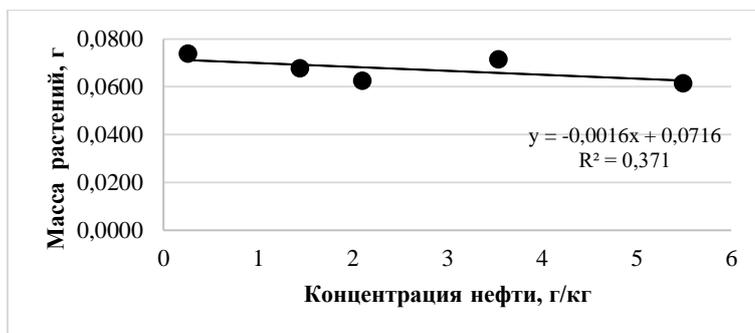


Рис. 5.1.96. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу растений пшеницы мягкой

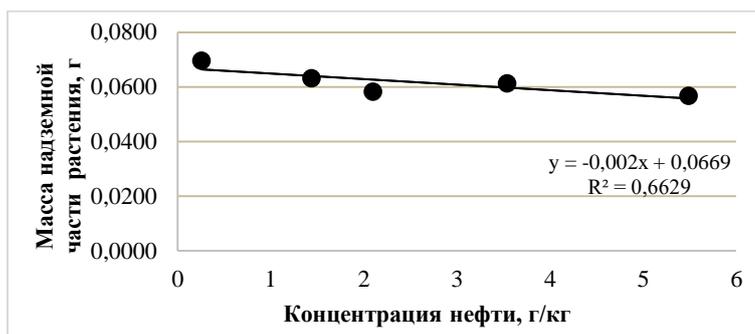


Рис. 5.1.97. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу надземной части растений пшеницы мягкой

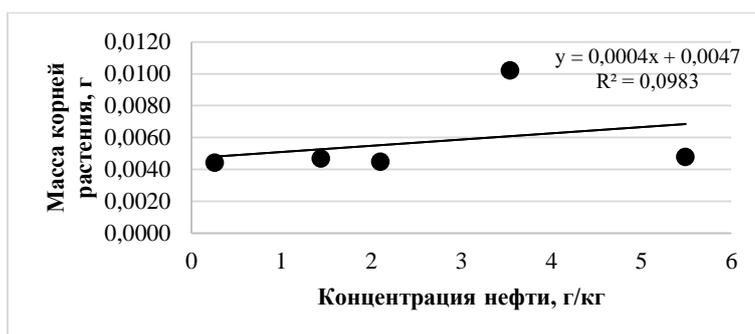


Рис. 5.1.98. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу корней растений пшеницы мягкой

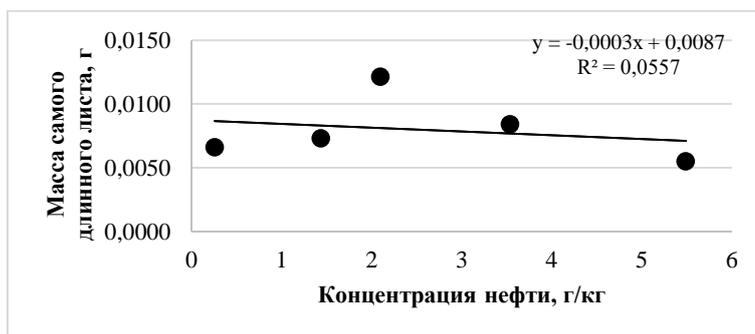


Рис. 5.1.99. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Таблица 5.1.18 – Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на растения пшеницы мягкой (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Пойменная слабокислая и нейтральная					Уравнение регрессии	R2	ДК20
Тест-объект	Пшеница мягкая							
Образец нефти	Апугайское месторождение							
Параметры	Концентрация нефти, г/кг							
	0,26	1,44	2,1	3,54	5,49			
Длина корней, см	9,10	9,35	9,35	12,05	11,35	$y = 0,5554x + 8,8147$	0,6803	3,6
Длина стебля, см	29,80	33,00	31,55	28,95	29,45	$y = -0,3846x + 31,537$	0,2128	16,7
Длина самого длинного листа, см	8,55	10,50	9,75	9,80	6,05	$y = -0,5427x + 10,323$	0,3894	4,1
Масса растения, г	0,0700	0,0628	0,0628	0,0738	0,0604	$y = -0,0008x + 0,068$	0,0809	17,3
Масса надземной части растения, г	0,0642	0,0583	0,0577	0,0592	0,0579	$y = -0,0008x + 0,0616$	0,3916	15,6
Масса корней растения, г	0,0031	0,0041	0,0040	0,0079	0,0037	$y = 0,0003x + 0,0038$	0,0946	3,0
Масса самого длинного листа, г	0,0076	0,0071	0,0073	0,0083	0,0055	$y = -0,0003x + 0,0079$	0,3098	5,3

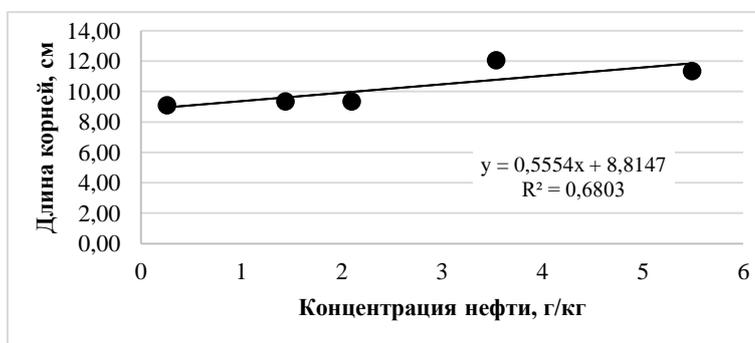


Рис. 5.1.100. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост корней растений пшеницы мягкой



Рис. 5.1.101. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост стебля растений пшеницы мягкой

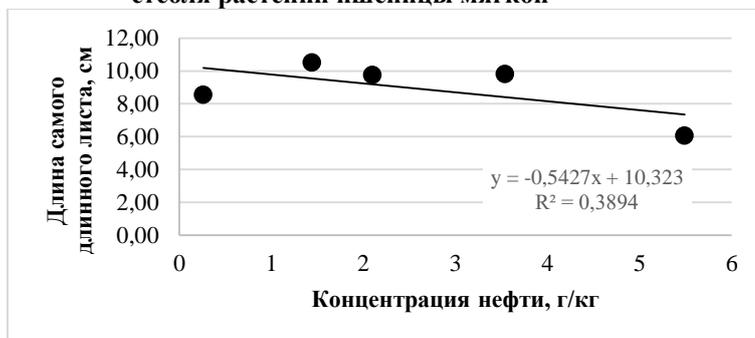


Рис. 5.1.102. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой

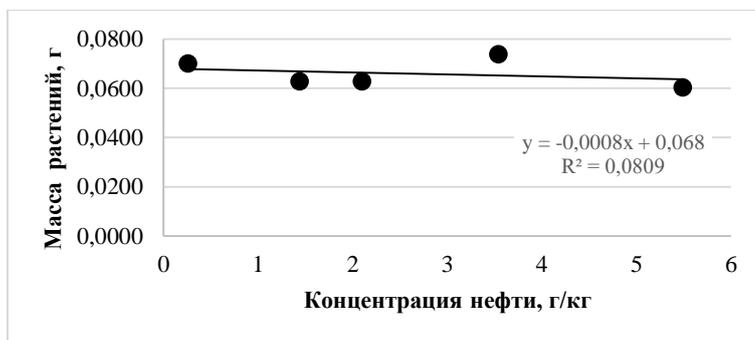


Рис. 5.1.103. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу растений пшеницы мягкой

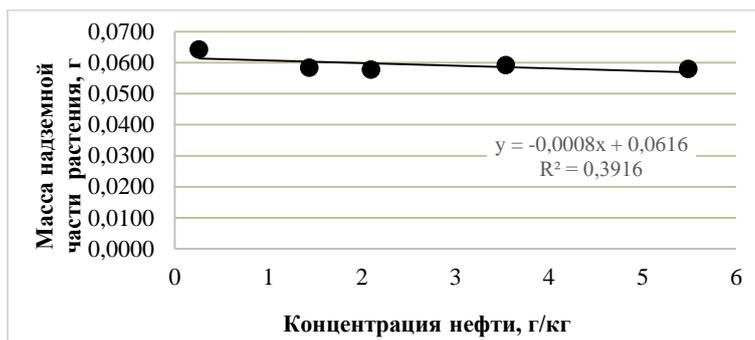


Рис. 5.1.104. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу надземной части растений пшеницы мягкой

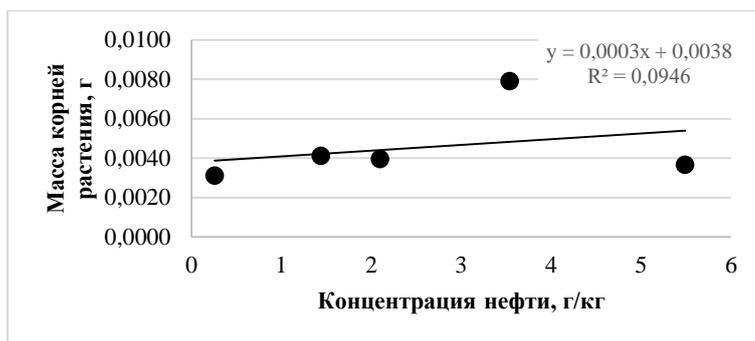


Рис. 5.1.105. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу корней растений пшеницы мягкой

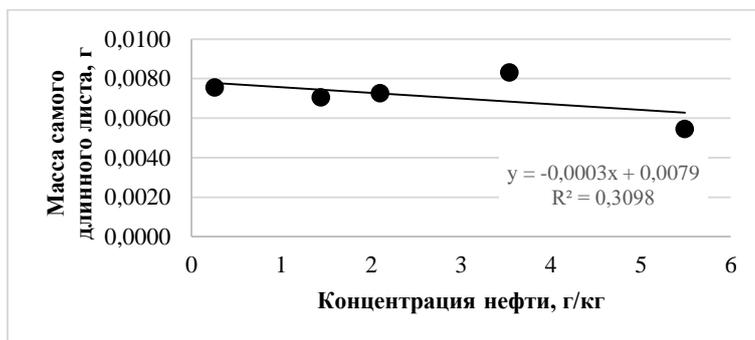


Рис. 5.1.106. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Таблица 5.1.19 – Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на растения пшеницы мягкой (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Чернозем оподзоленный									
Тест-объект	Пшеница мягкая									
Образец нефти	Кокуйское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг						Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,9	2,24	3,17	4,11	6,16	10,8				
Длина корней, см	7,48	8,46	6,80	8,21	7,22	7,62	$y = -0,0193x + 7,7164$	0,01	89,9	80,1
Длина стебля, см	17,65	18,62	20,10	18,66	17,72	17,45	$y = -0,116x + 18,893$	0,17	41,1	32,6
Длина самого длинного листа, см	30,58	31,39	30,55	32,63	29,98	24,95	$y = -0,6225x + 32,854$	0,69	–	–
Масса растения, г	0,2258	0,1976	0,1900	0,2347	0,2115	0,2642	$y = 0,0053x + 0,1966$	0,47	–	–
Масса надземной части растения, г	0,2162	0,1872	0,1829	0,2226	0,1908	0,1902	$y = -0,0015x + 0,205$	0,10	21,3	27,3
Масса корней растения, г	0,0096	0,0104	0,0071	0,0121	0,0207	0,0740	$y = 0,0067x - 0,0084$	0,85	3,0	2,8
Масса самого длинного листа, г	0,0629	0,0889	0,0508	0,0644	0,0574	0,0392	$y = -0,0033x + 0,0752$	0,46	7,5	4,5

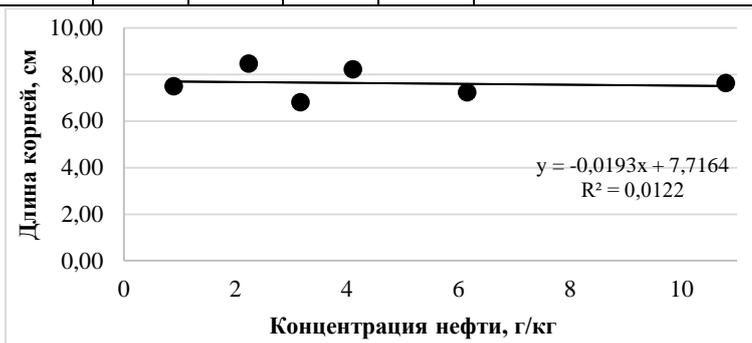


Рис. 5.1.107. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост корней растений пшеницы мягкой

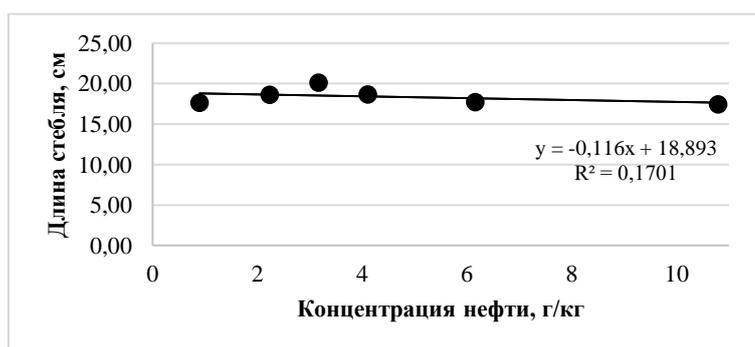


Рис. 5.1.108. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост стебля растений пшеницы мягкой

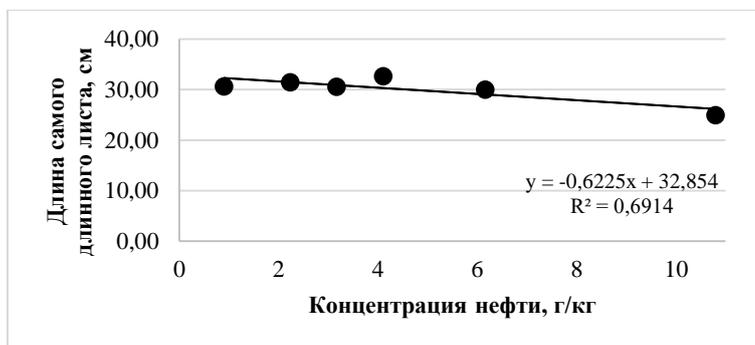


Рис. 5.1.109. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой

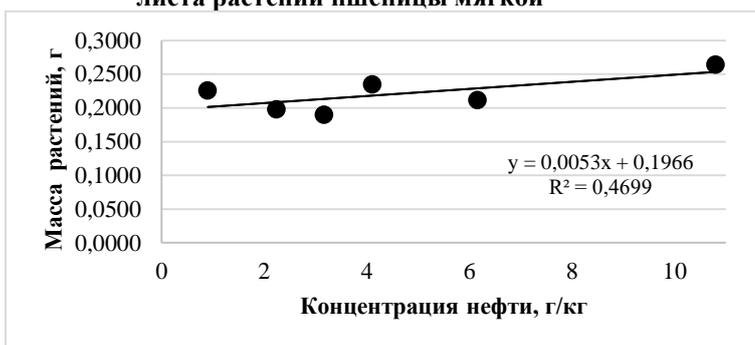


Рис. 5.1.110. Влияние загрязнения чернозема оподзоленного на массу растений пшеницы мягкой

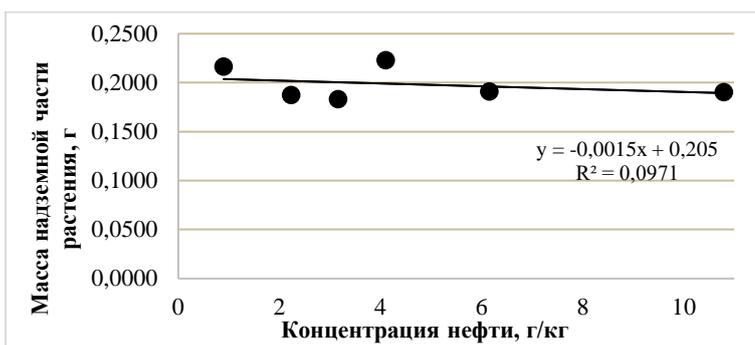


Рис. 5.1.111. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу надземной части растений пшеницы мягкой

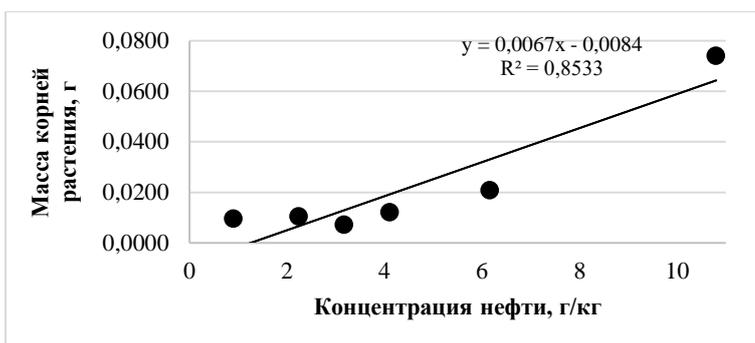


Рис. 5.1.112. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу корней растений пшеницы мягкой

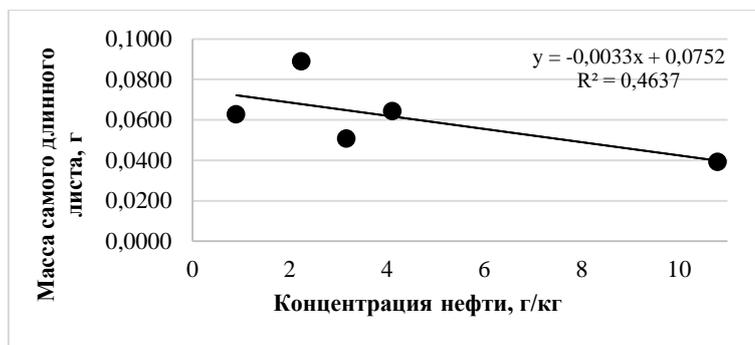


Рис. 5.1.113. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Таблица 5.1.20 – Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на растения пшеницы мягкой (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Чернозем оподзоленный								
Тест-объект	Пшеница мягкая								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг						Уравнение регрессии	R2	ДК20
	0,9	2,24	3,17	4,11	6,16	10,8			
Длина корней, см	7,55	8,00	6,90	7,90	7,35	7,65	$y = 9E-05x + 7,5579$	7E-07	–
Длина стебля, см	15,65	16,40	21,45	19,55	17,70	17,55	$y = 0,0566x + 17,792$	0,0088	63,7
Длина самого длинного листа, см	32,70	31,30	31,25	32,60	30,95	26,05	$y = -0,6241x + 33,656$	0,8133	11,5
Масса растения, г	0,2181	0,1983	0,2145	0,2461	0,2174	0,1717	$y = -0,004x + 0,2294$	0,3343	12,2
Масса надземной части растения, г	0,2111	0,1884	0,2041	0,2310	0,1976	0,1436	$y = -0,0062x + 0,2244$	0,5600	8,0
Масса корней растения, г	0,0083	0,0103	0,0066	0,0118	0,0149	0,0273	$y = 0,002x + 0,004$	0,6589	1,5
Масса самого длинного листа, г	0,0609	0,0539	0,0517	0,0605	0,0591	0,0380	$y = -0,0021x + 0,062$	0,7745	6,6

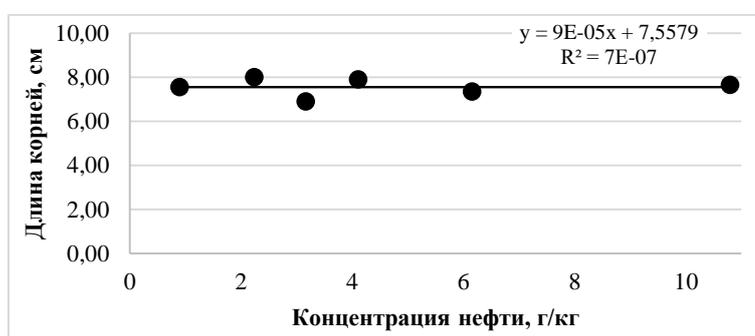


Рис. 5.1.114. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост корней растений пшеницы мягкой

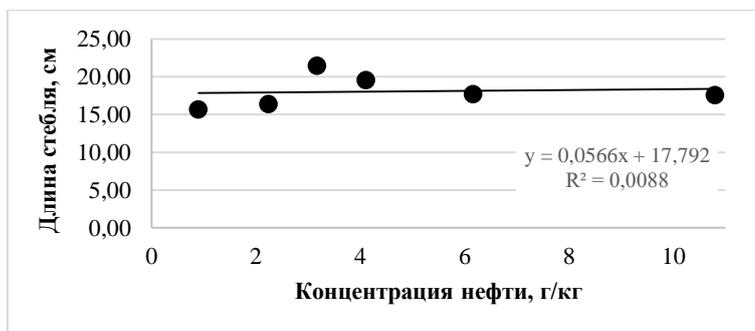


Рис. 5.1.115. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост стебля растений пшеницы мягкой

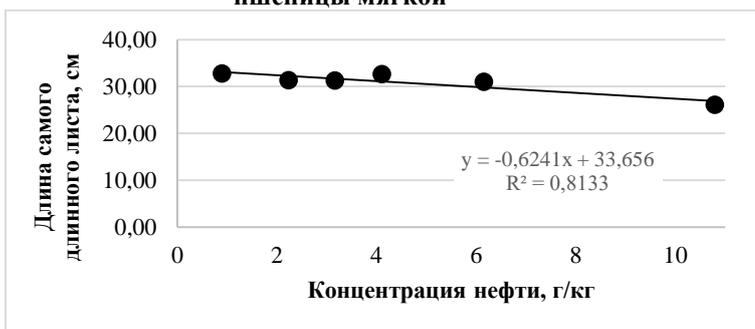


Рис. 5.1.116. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост самого длинного листа растений пшеницы мягкой

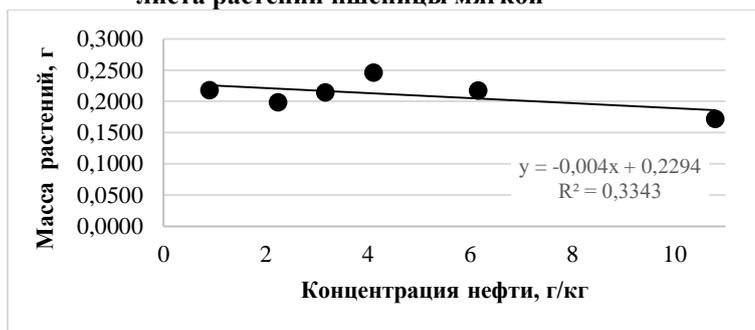


Рис. 5.1.117. Влияние загрязнения чернозема оподзоленного на массу растений пшеницы мягкой

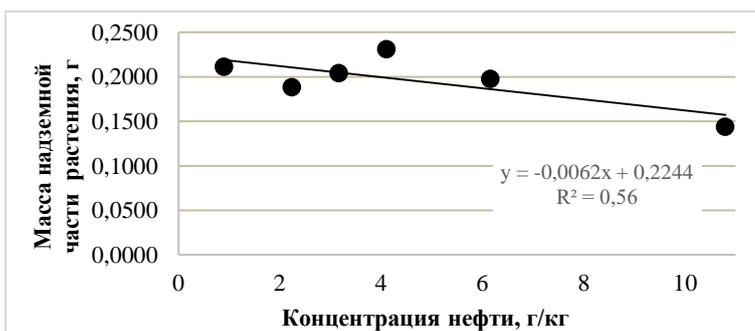


Рис. 5.1.118 Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу надземной части растений пшеницы мягкой

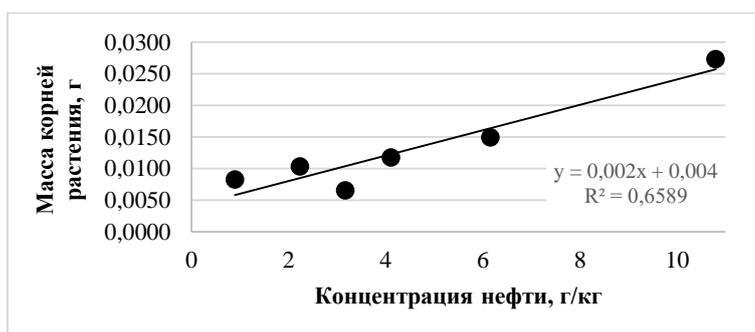


Рис. 5.1.119. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу корней растений пшеницы мягкой

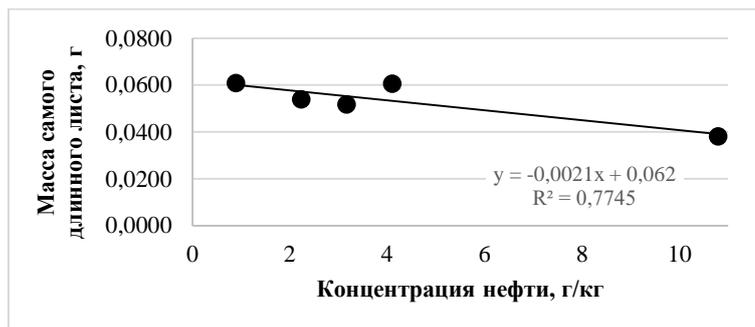


Рис. 5.1.120. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу самого длинного листа растений пшеницы мягкой

Результаты эксперимента через 2 месяца:

3. Влияние нефти на растения ели сибирской

Показатели влияния нефти на растения ели сибирской через 2 месяца представлены в таблицах 5.1.21-5.1.30.

Таблица 5.1.21 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на растения ели сибирской (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая									
Тест-объект	Ель сибирская									
Образец нефти	Кокуйское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	
	0,66	1,28	2,18	3,93	6,85					
Длина корней, см	4,6	3,8	2,9	1,9	1,6	$y = -0,4637x + 4,3144$	0,83	1,5	1,9	
Длина стебля, см	4,4	4,8	4,1	3,6	3,7	$y = -0,1506x + 4,566$	0,61	7,1	6,1	
Масса растения, г	0,0347	0,0386	0,0321	0,0293	0,0239	$y = -0,0021x + 0,0379$	0,87	4,8	3,6	
Масса надземной части растения, г	0,0288	0,0316	0,0271	0,0262	0,0217	$y = -0,0013x + 0,0311$	0,84	6,2	4,8	
Масса корней растения, г	0,0060	0,0070	0,0050	0,0031	0,0022	$y = -0,0007x + 0,0068$	0,84	2,9	2,0	

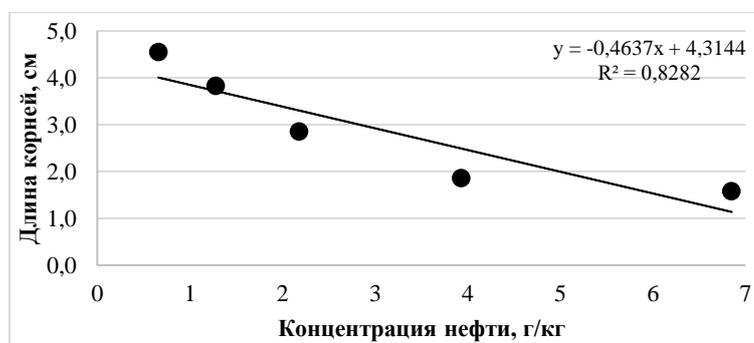


Рис. 5.1.121. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений ели сибирской

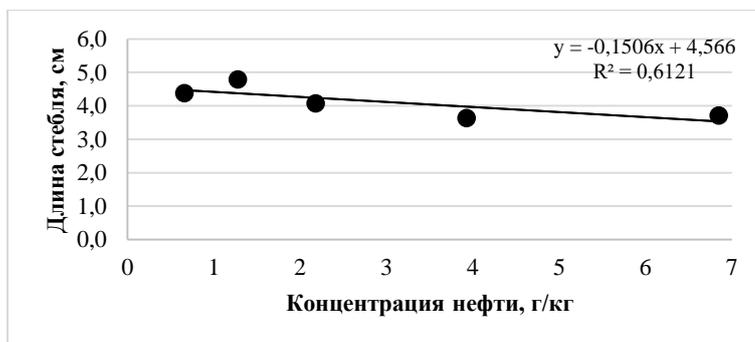


Рис. 5.1.122. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений ели сибирской



Рис.5.1.123. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу растений ели сибирской



Рис.5.1.124. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений ели сибирской



Рис. 5.1.125. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений ели сибирской

Таблица 5.1.22 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на растения ели сибирской (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Ель сибирская								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,66	1,28	2,18	3,93	6,85				
Длина корней, см	4,9	3,6	2,4	1,6	1,4	$y = -0,503x + 4,2789$	0,7287	2,1	
Длина стебля, см	4,2	4,7	4,3	3,7	3,7	$y = -0,1331x + 4,5067$	0,6169	7,6	
Масса растения, г	0,0345	0,0384	0,0339	0,0302	0,0240	$y = -0,002x + 0,0383$	0,8873	4,4	
Масса надземной части растения, г	0,0294	0,0312	0,0267	0,0280	0,0219	$y = -0,0013x + 0,0311$	0,7912	5,2	
Масса корней растения, г	0,0058	0,0067	0,0047	0,0026	0,0023	$y = -0,0007x + 0,0065$	0,8003	2,4	

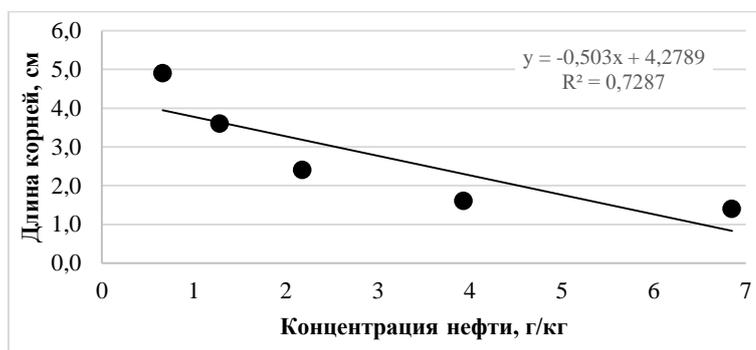


Рис. 5.1.126. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений ели сибирской

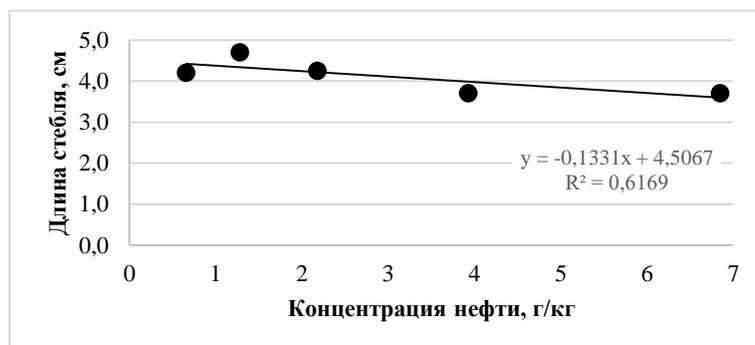


Рис. 5.1.127. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений ели сибирской



Рис. 5.1.128. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу растений ели сибирской

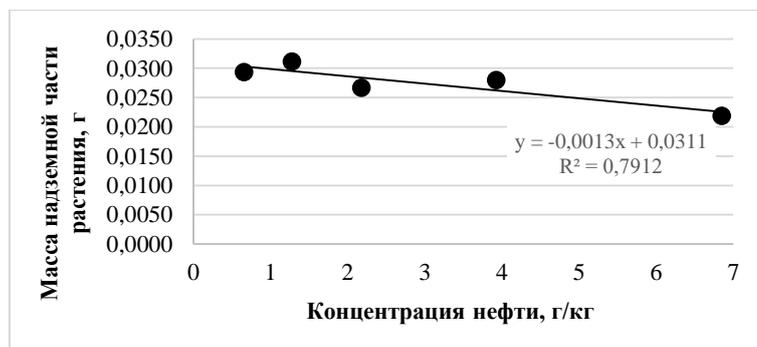


Рис. 5.1.129. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений ели сибирской

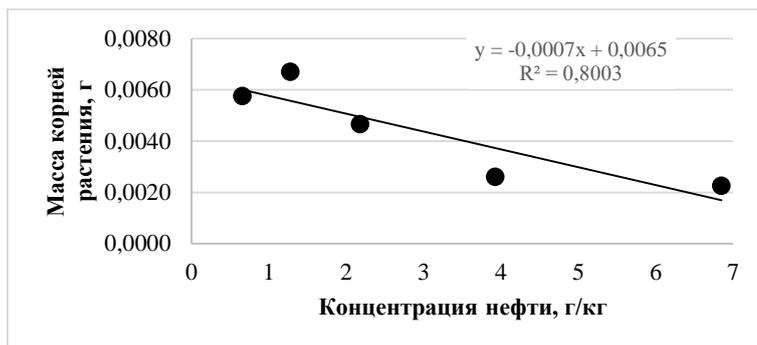


Рис. 5.1.130. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений ели сибирской

Таблица 5.1.23 – Влияние загрязнения нефтью *дерново-подзолистой иллювиально-железистой* почвы на растения ели сибирской (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая									
Тест-объект	Ель сибирская									
Образец нефти	Аптугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	
	0,47	1,47	2,59	3,61	5,68					
Длина корней, см	4,1	4,6	3,2	2,5	2,4	$y = -0,419x + 4,5183$	0,74	3,0	2,2	
Длина стебля, см	4,5	4,1	4,4	4,4	3,1	$y = -0,2265x + 4,7288$	0,59	5,0	4,2	
Масса растения, г	0,0376	0,0392	0,0338	0,0275	0,0267	$y = -0,0026x + 0,0401$	0,82	3,9	3,1	
Масса надземной части растения, г	0,0341	0,0352	0,0307	0,0249	0,0246	$y = -0,0022x + 0,0361$	0,82	4,0	3,3	
Масса корней растения, г	0,0034	0,0040	0,0031	0,0026	0,0021	$y = -0,0003x + 0,0039$	0,80	4,0	2,7	

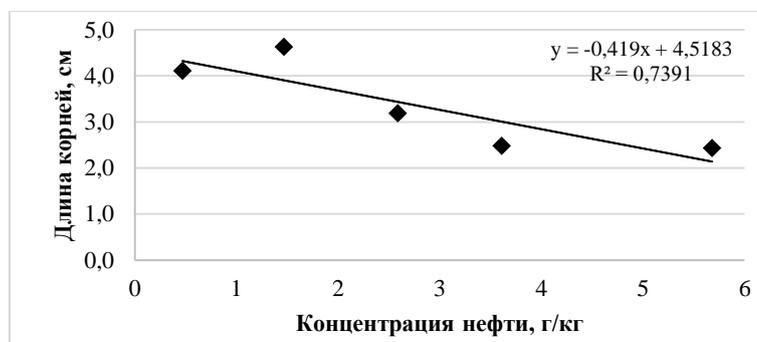


Рис. 5.1.131. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост корней растений ели сибирской

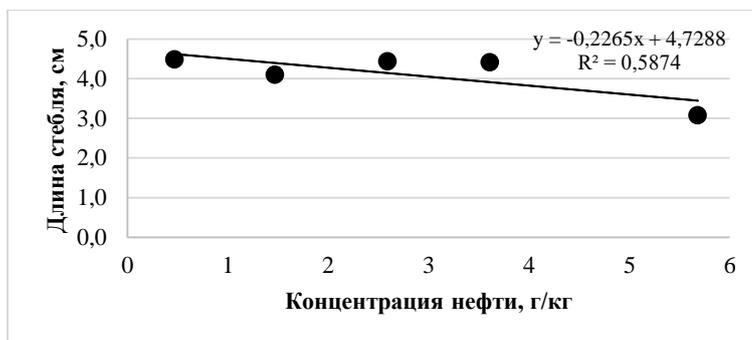


Рис. 5.1.132. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост стебля растений ели сибирской



Рис. 5.1.133. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу растений ели сибирской

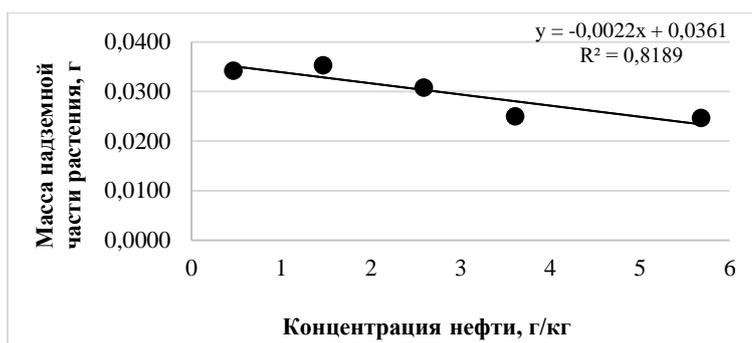


Рис. 5.1.134. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу надземной части растений ели сибирской

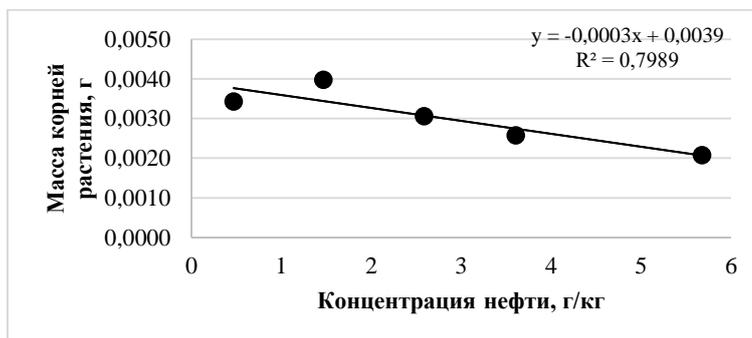


Рис. 5.1.135. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу корней растений ели сибирской

Таблица 5.1.24 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на растения ели сибирской (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая							
Тест-объект	Ель сибирская							
Образец нефти	Апугайское месторождение							
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20
	0,47	1,48	2,59	3,61	5,68			
Длина корней, см	4,2	4,2	2,9	2,5	2,4	$y = -0,3947x + 4,3118$	0,7885	2,6
Длина стебля, см	4,4	4,2	4,6	4,8	3,3	$y = -0,1663x + 4,7101$	0,3439	6,1
Масса растения, г	0,0349	0,0380	0,0352	0,0272	0,0270	$y = -0,0021x + 0,0382$	0,6872	4,0
Масса надземной части растения, г	0,0316	0,0332	0,0311	0,0251	0,0247	$y = -0,0017x + 0,0338$	0,7591	4,4
Масса корней растения, г	0,0032	0,0039	0,0031	0,0026	0,0020	$y = -0,0003x + 0,0038$	0,7072	3,0

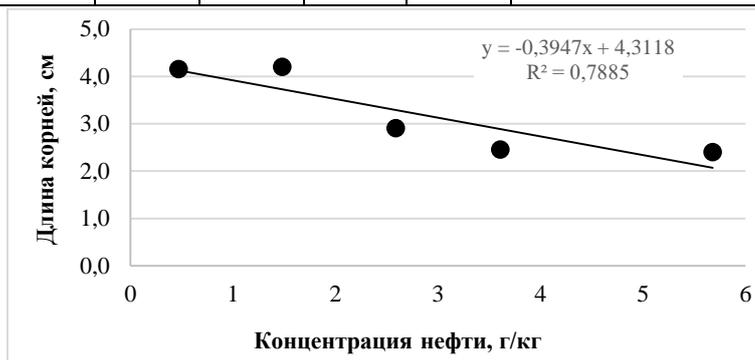


Рис. 5.1.136. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост корней растений ели сибирской

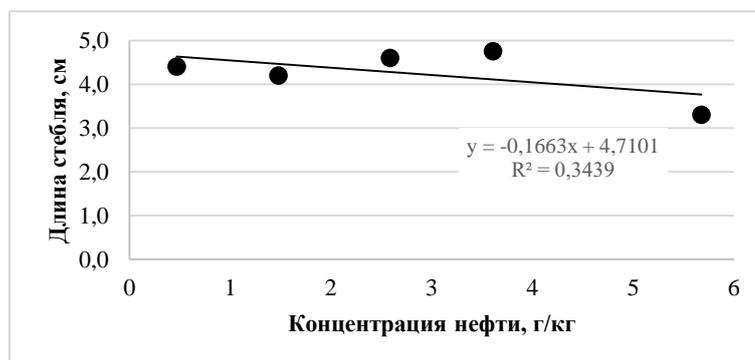


Рис. 5.1.137. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост стебля растений ели сибирской



Рис. 5.1.138. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу растений ели сибирской



Рис. 5.1.139. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу надземной части растений ели сибирской

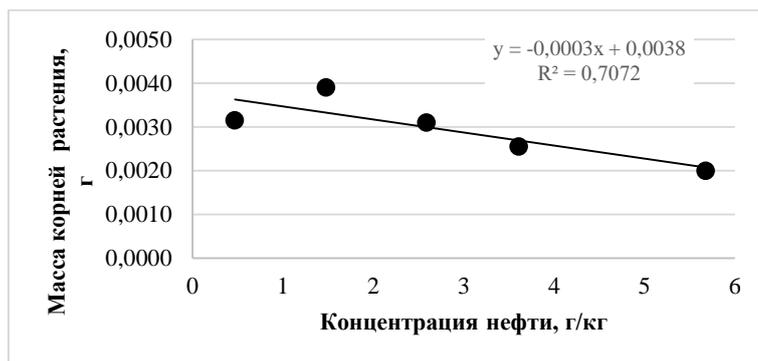


Рис. 5.1.140. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу корней растений ели сибирской

Таблица 5.1.25 – Влияние загрязнения нефтью *подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой* почвы на растения ели сибирской (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Ель сибирская								
Образец нефти	Аптугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,42	1,58	2,53	3,33	5,31				
Длина корней, см	3,6	3,4	2,3	1,2	1,0	$y = -0,6183x + 3,9241$	0,89	1,7	1,3
Длина стебля, см	5,1	4,7	3,4	4,3	2,9	$y = -0,4193x + 5,1628$	0,75	2,5	2,5
Масса растения, г	0,0285	0,0249	0,0185	0,0155	0,0093	$y = -0,0041x + 0,0301$	0,98	1,8	1,5
Масса надземной части растения, г	0,0219	0,0175	0,0147	0,0132	0,0088	$y = -0,0026x + 0,0221$	0,98	1,8	1,7
Масса корней растения, г	0,0066	0,0074	0,0038	0,0024	0,0005	$y = -0,0014x + 0,0079$	0,86	1,9	1,1

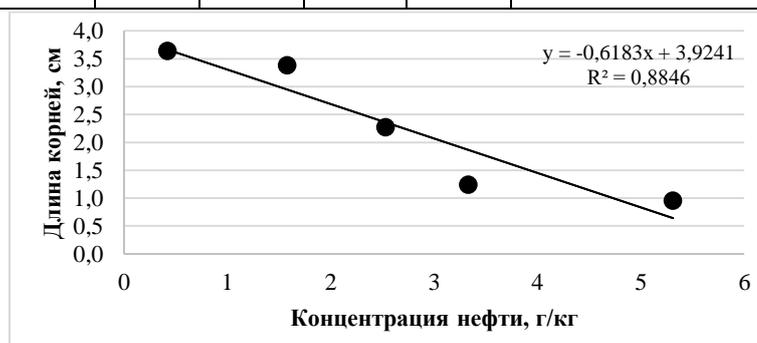


Рис. 5.1.141. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений ели сибирской

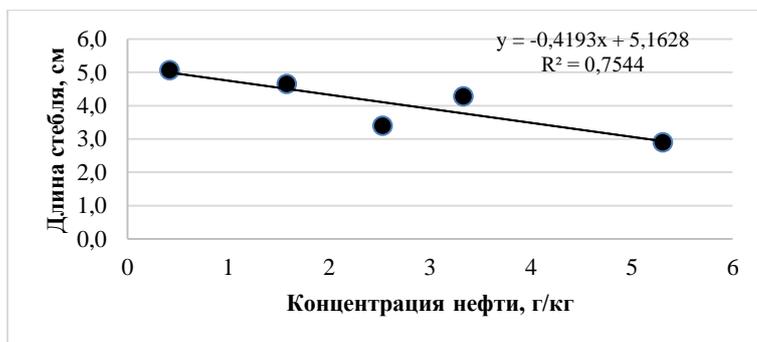


Рис. 5.1.142. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений ели сибирской

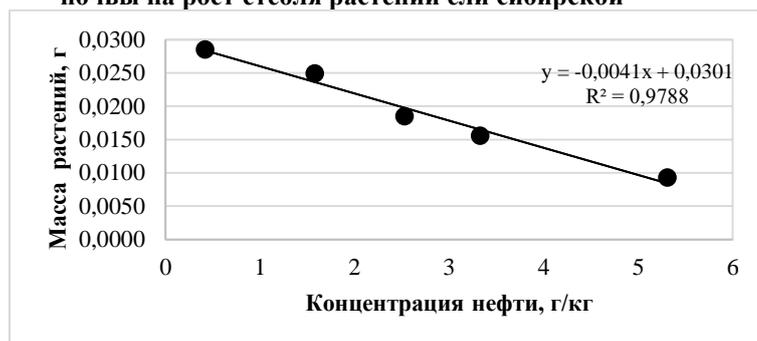


Рис. 5.1.143. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу растений ели сибирской



Рис. 5.1.144. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений ели сибирской

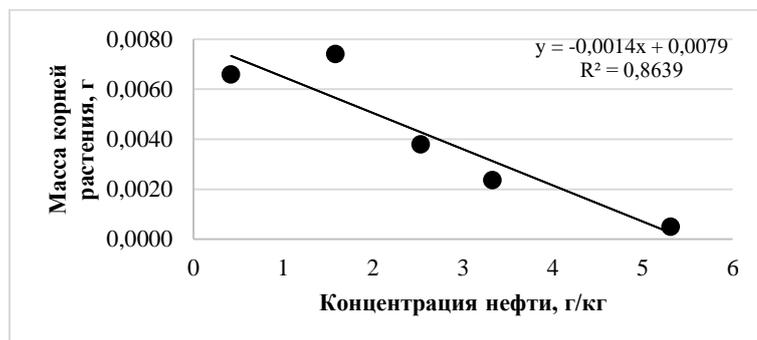


Рис. 5.1.145. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений ели сибирской

Таблица 5.1.26 – Влияние загрязнения нефтью *подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой* почвы на растения ели сибирской (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Ель сибирская								
Образец нефти	Аптугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,42	1,58	2,53	3,33	5,31				
Длина корней, см	3,4	2,9	2,1	1,0	1,0	$y = -0,5414x + 3,4762$	0,8627	1,6	
Длина стебля, см	4,9	4,7	3,2	4,5	2,9	$y = -0,3832x + 5,0393$	0,5770	3,0	
Масса растения, г	0,0281	0,0237	0,0188	0,0158	0,0093	$y = -0,0039x + 0,0294$	0,9928	1,9	
Масса надземной части растения, г	0,0214	0,0169	0,0146	0,0144	0,0088	$y = -0,0024x + 0,0216$	0,9650	2,1	
Масса корней растения, г	0,0057	0,0057	0,0035	0,0019	0,0005	$y = -0,0012x + 0,0066$	0,9157	1,4	

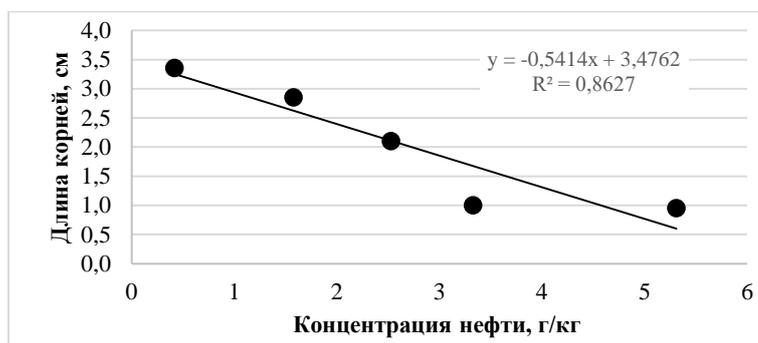


Рис. 5.1.146. Влияние загрязнения нефтью *подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой* почвы на рост корней растений ели сибирской

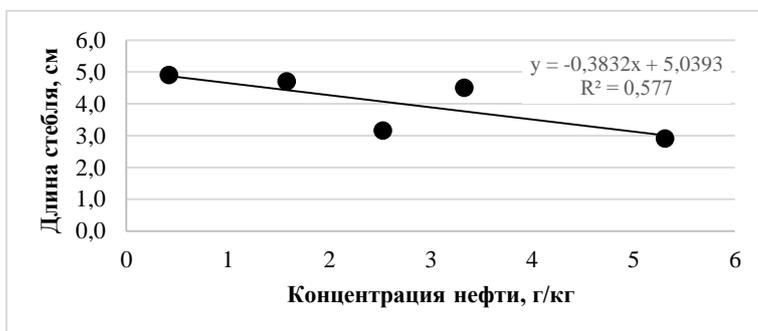


Рис. 5.1.147. Влияние загрязнения нефтью *подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой* почвы на рост стебля растений ели сибирской



Рис. 5.1.148. Влияние загрязнения нефтью *подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой* почвы на массу растений ели сибирской

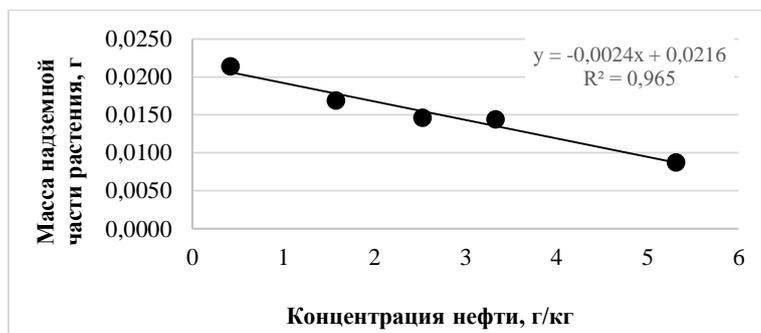


Рис. 5.1.149. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений ели сибирской

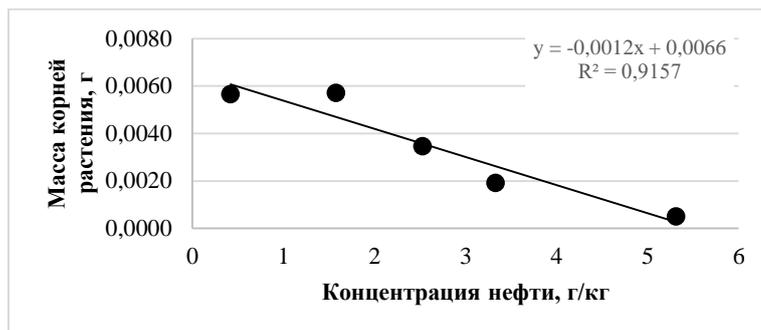


Рис. 5.1.150. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений ели сибирской

Таблица 5.1.27 – Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на растения ели сибирской (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Пойменная слабокислая и нейтральная								
Тест-объект	Ель сибирская								
Образец нефти	Аптугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,26	1,44	2,1	3,54	5,49				
Длина корней, см	5,8	5,7	4,1	4,7	3,9	$y = -0,3429x + 5,7192$	0,64	3,2	3,3
Длина стебля, см	3,0	3,2	4,5	4,0	3,6	$y = 0,1006x + 3,395$	0,11	2,0	6,7
Масса растения, г	0,0265	0,0291	0,0324	0,0387	0,0426	$y = 0,0033x + 0,0255$	0,98	1,9	1,6
Масса надземной части растения, г	0,0240	0,0247	0,0263	0,0291	0,0250	$y = 0,0004x + 0,0249$	0,14	9,8	12,5
Масса корней растения, г	0,0025	0,0044	0,0061	0,0095	0,0176	$y = 0,0029x + 0,0006$	0,97	0,8	0,03



Рис. 5.1.151. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост корней растений ели сибирской

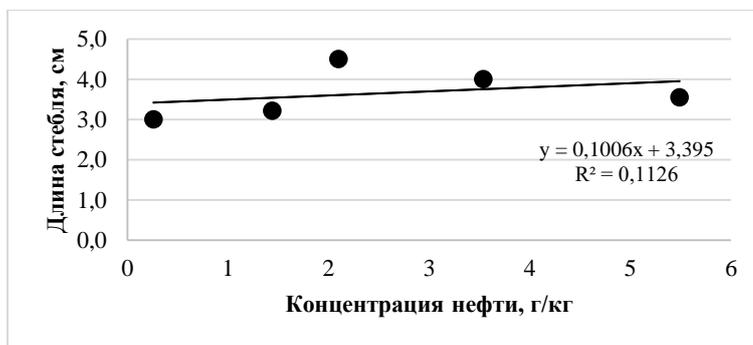


Рис. 5.1.152. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост стебля растений ели сибирской



Рис. 5.1.153. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу растений ели сибирской

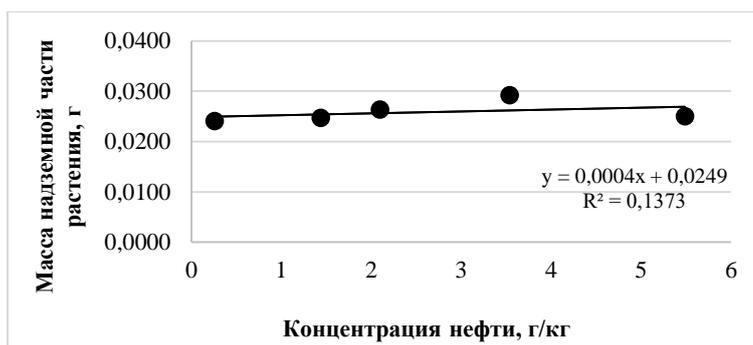


Рис. 5.1.154. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу надземной части растений ели сибирской



Рис. 5.1.155. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу корней растений ели сибирской

Таблица 5.1.28 – Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на растения ели сибирской (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Пойменная слабокислая и нейтральная							
Тест-объект	Ель сибирская							
Образец нефти	Аптугайское месторождение							
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20
	0,26	1,44	2,1	3,54	5,49			
Длина корней, см	5,8	6,2	4,1	4,5	3,7	$y = -0,4424x + 5,9851$	0,6577	2,9
Длина стебля, см	3,0	3,4	4,5	4,0	3,6	$y = 0,0969x + 3,4514$	0,1159	7,7
Масса растения, г	0,0265	0,0292	0,0324	0,0370	0,0355	$y = 0,0019x + 0,0273$	0,7653	3,2
Масса надземной части растения, г	0,0240	0,0255	0,0263	0,0287	0,0231	$y = -0,00005x + 0,0256$	0,0022	102,0
Масса корней растения, г	0,0025	0,0044	0,0061	0,0070	0,0062	$y = 0,0007x + 0,0034$	0,6130	1,3

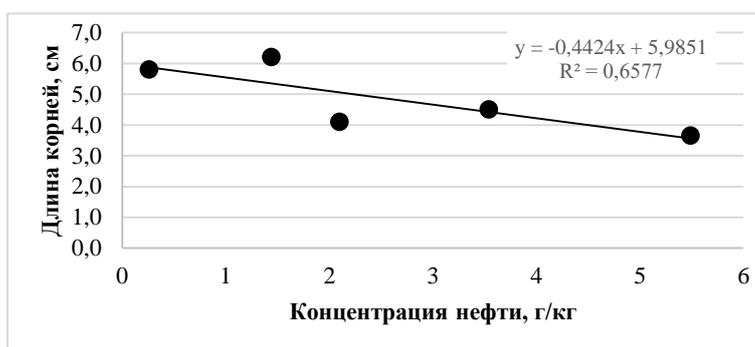


Рис. 5.1.156. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост корней растений ели сибирской

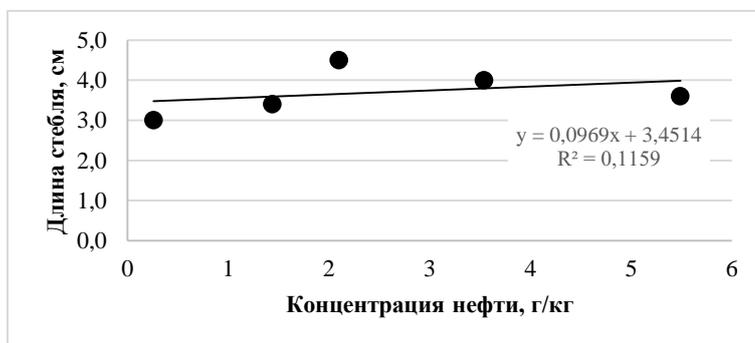


Рис. 5.1.157. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост стебля растений ели сибирской



Рис. 5.1.158. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу растений ели сибирской

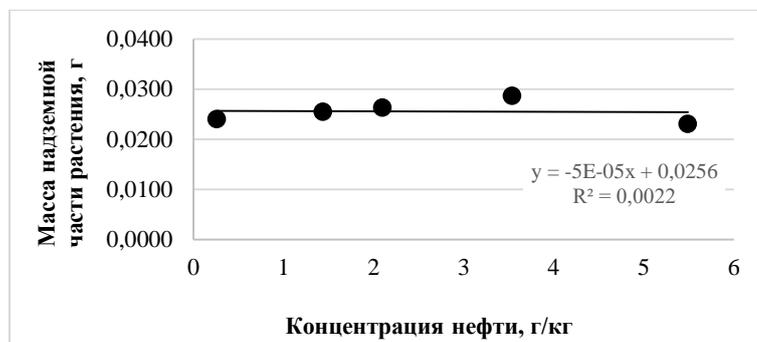


Рис. 5.1.159. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу надземной части растений ели сибирской

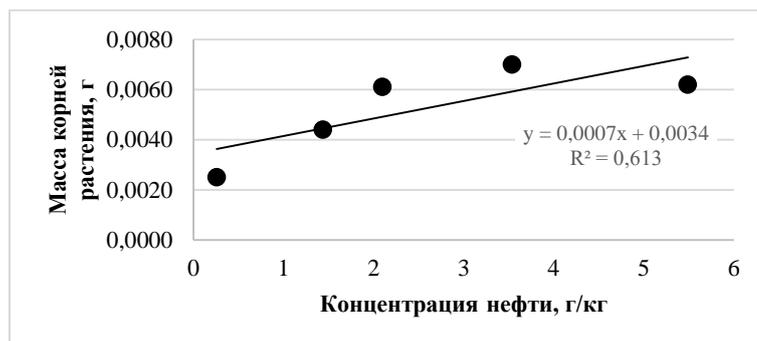


Рис. 5.1.160. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу корней растений ели сибирской

Таблица 5.1.29 – Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на растения ели сибирской (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Чернозем оподзоленный						Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
Тест-объект	Ель сибирская									
Образец нефти	Кокуйское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг									
	0,9	2,24	3,17	4,11	6,16	10,8				
Длина корней, см	4,0	3,7	3,6	3,2	2,3	2,0	$y = -0,2159x + 4,1214$	0,89	4,5	3,8
Длина стебля, см	4,9	4,9	5,0	4,6	4,4	3,8	$y = -0,1277x + 5,1842$	0,95	9,7	8,1
Масса растения, г	0,0282	0,0262	0,0229	0,0222	0,0183	0,0154	$y = -0,0013x + 0,0281$	0,92	4,2	4,3
Масса надземной части растения, г	0,0246	0,0228	0,0196	0,0195	0,0158	0,0129	$y = -0,0012x + 0,0246$	0,93	4,1	4,1
Масса корней растения, г	0,0036	0,0034	0,0033	0,0026	0,0025	0,0026	$y = -0,0001x + 0,0035$	0,64	6,0	7,0

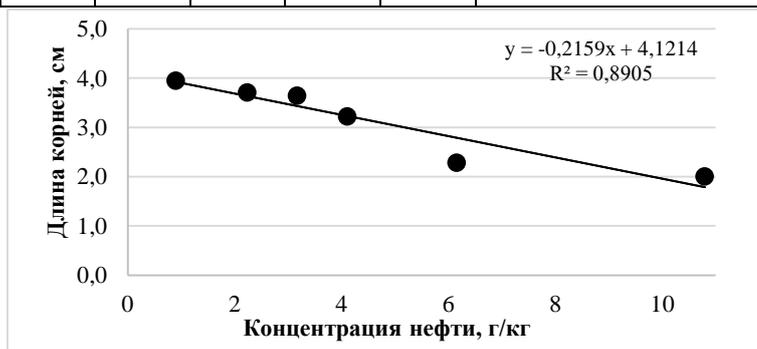


Рис. 5.1.161. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост корней растений ели сибирской



Рис. 5.1.162. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост стебля растений ели сибирской



Рис. 5.1.163. Влияние загрязнения чернозема оподзоленного на массу растений ели сибирской



Рис. 5.1.164. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу надземной части растений ели сибирской

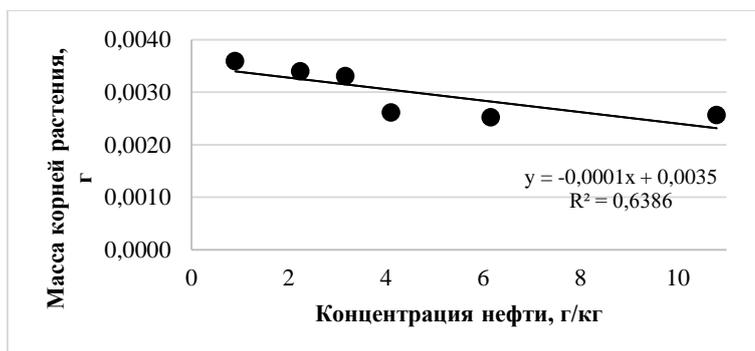


Рис. 5.1.165. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу корней растений ели сибирской

Таблица 5.1.30 – Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на растения ели сибирской (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Чернозем оподзоленный						Уравнение регрессии	R2	ДК20
Тест-объект	Ель сибирская								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг						Уравнение регрессии	R2	ДК20
	0,9	2,24	3,17	4,11	6,16	10,8			
Длина корней, см	3,8	3,9	3,4	3,0	2,2	1,7	$y = -0,2339x + 4,0422$	0,9141	4,03
Длина стебля, см	5,0	5,2	4,7	4,7	4,4	3,8	$y = -0,1305x + 5,2038$	0,9265	8,5
Масса растения, г	0,0286	0,0250	0,0221	0,0202	0,0187	0,0156	$y = -0,0012x + 0,0272$	0,8563	5,3
Масса надземной части растения, г	0,0248	0,0215	0,0193	0,0177	0,0156	0,0120	$y = -0,0012x + 0,024$	0,9180	4,8
Масса корней растения, г	0,0040	0,0033	0,0029	0,0024	0,0021	0,0025	$y = -0,0001x + 0,0034$	0,4623	8,0

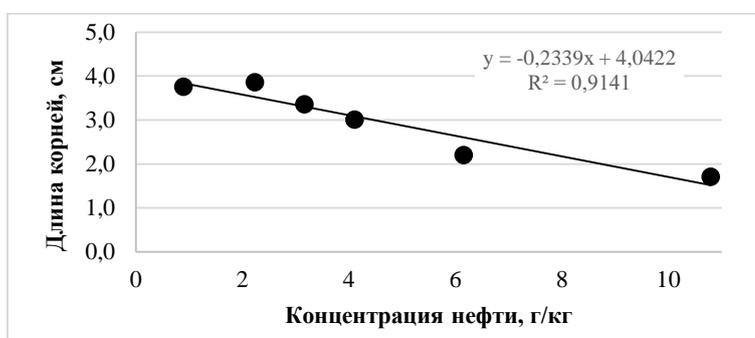


Рис. 5.1.166. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост корней растений ели сибирской

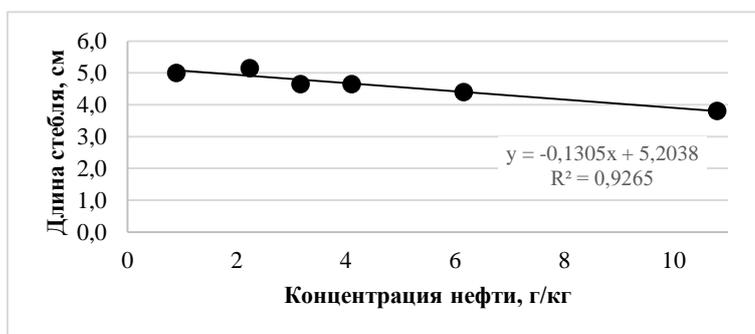


Рис. 5.1.167. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост стебля растений ели сибирской

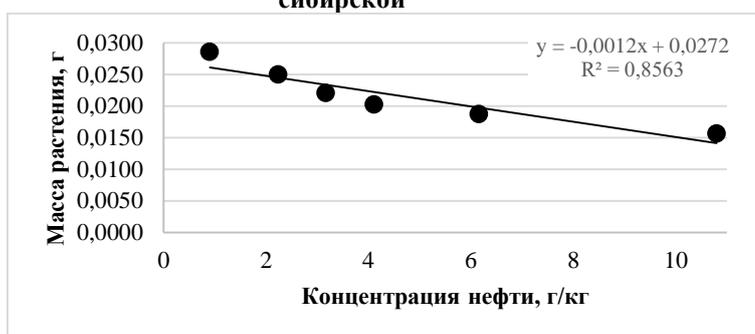


Рис. 5.1.168. Влияние загрязнения чернозема оподзоленного на массу растений ели сибирской

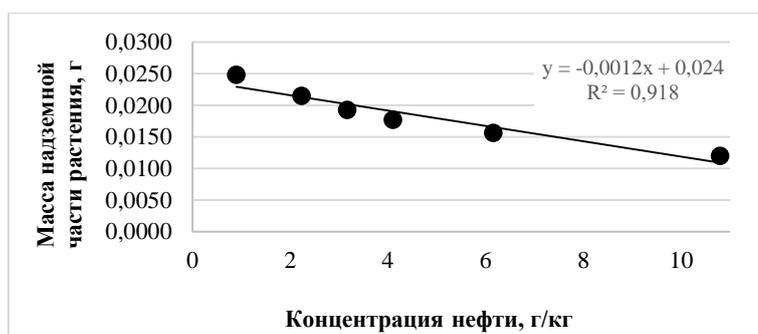


Рис. 5.1.169. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу надземной части растений ели сибирской

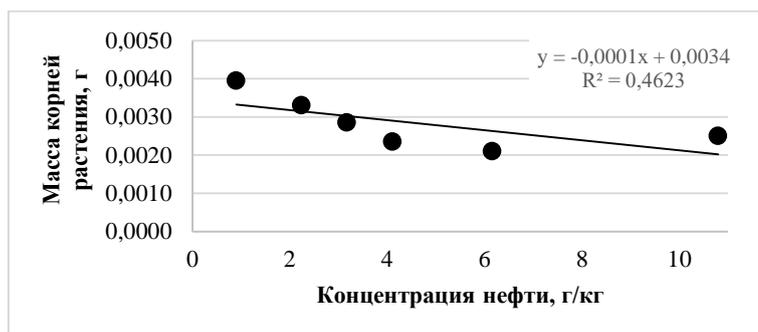


Рис. 5.1.170. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу корней растений ели сибирской

4. Влияние нефти на растения сосны обыкновенной

Показатели влияния нефти на растения сосны обыкновенной через 2 месяца представлены в таблицах 5.1.31-5.1.40.

Таблица 5.1.31 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на растения сосны обыкновенной (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Сосна обыкновенная								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,66	1,28	2,18	3,93	6,85				
Длина корней, см	3,9	3,4	3,0	3,4	3,0	$y = -0,1037x + 3,6491$	0,43	5,0	7,0
Длина стебля, см	6,3	6,5	6,1	5,8	5,6	$y = -0,1396x + 6,471$	0,87	10,3	9,3
Масса растения, г	0,0797	0,1040	0,0706	0,0686	0,0585	$y = -0,0051x + 0,0915$	0,55	5,4	3,6
Масса надземной части растения, г	0,0765	0,1010	0,0669	0,0646	0,0541	$y = -0,0053x + 0,0885$	0,56	5,2	3,3
Масса корней растения, г	0,0032	0,0030	0,0037	0,0039	0,0045	$y = 0,0002x + 0,003$	0,89	4,0	7,0

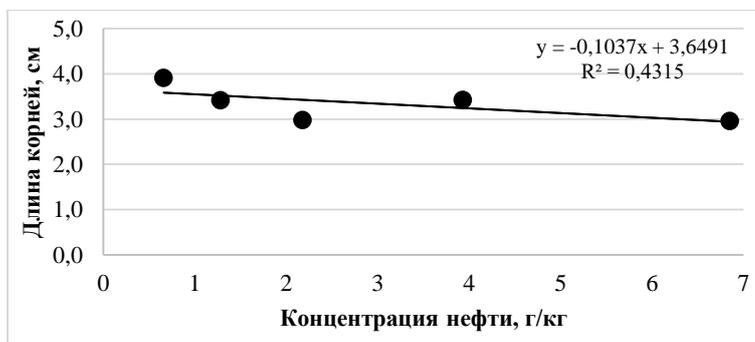


Рис. 5.1.171. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений сосны обыкновенной

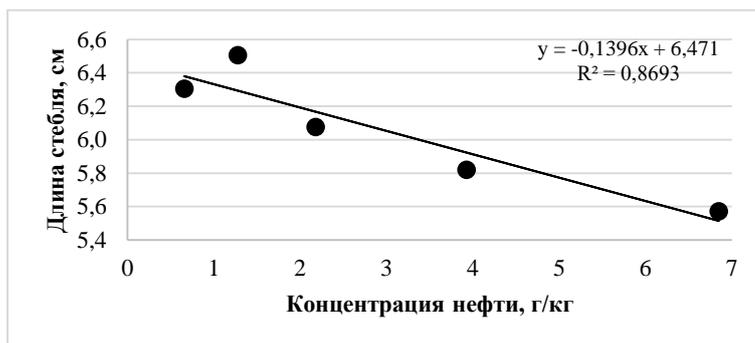


Рис. 5.1.172. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений сосны обыкновенной

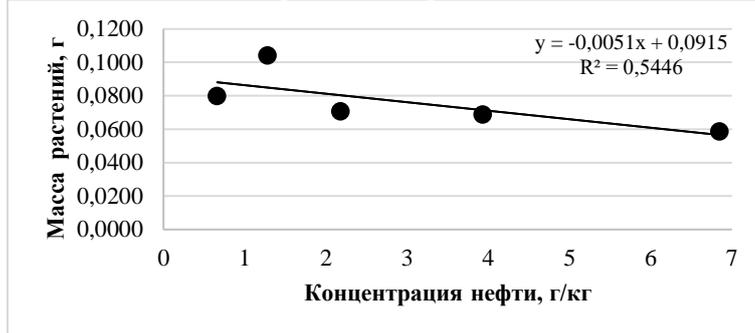


Рис. 5.1.173. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.174. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений сосны обыкновенной

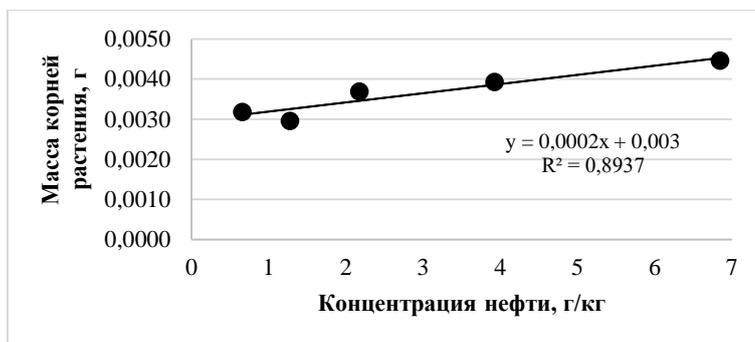


Рис. 5.1.175. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений сосны обыкновенной

Таблица 5.1.32 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на растения сосны обыкновенной (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Сосна обыкновенная								
Образец нефти	Кокуйское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,66	1,28	2,18	3,93	6,85				
Длина корней, см	4,0	3,4	3,0	3,4	3,1	$y = -0,0916x + 3,6229$	0,3381	9,0	
Длина стебля, см	6,5	6,7	6,2	5,8	5,5	$y = -0,1808x + 6,6487$	0,8834	8,0	
Масса растения, г	0,0778	0,0815	0,0672	0,0640	0,0593	$y = -0,0033x + 0,0799$	0,7820	5,4	
Масса надземной части растения, г	0,0767	0,0783	0,0633	0,0593	0,0542	$y = -0,0039x + 0,0778$	0,8074	4,5	
Масса корней растения, г	0,0032	0,0025	0,0034	0,0037	0,0037	$y = 0,0001x + 0,0029$	0,5094	7,0	

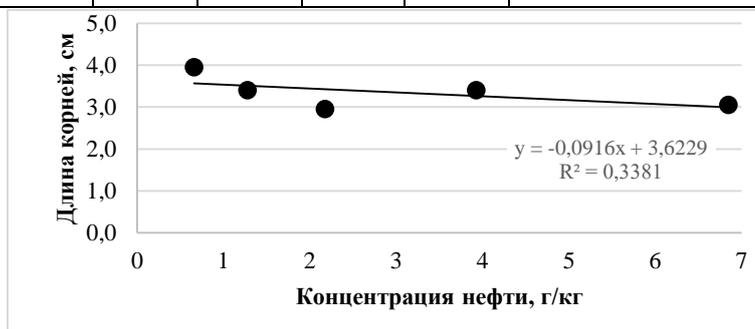


Рис. 5.1.176. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений сосны обыкновенной

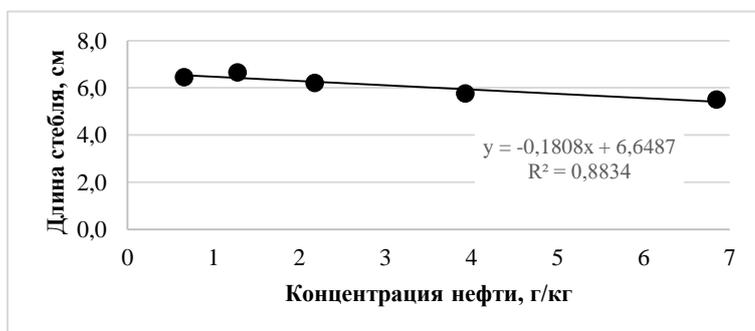


Рис. 5.1.177. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений сосны обыкновенной

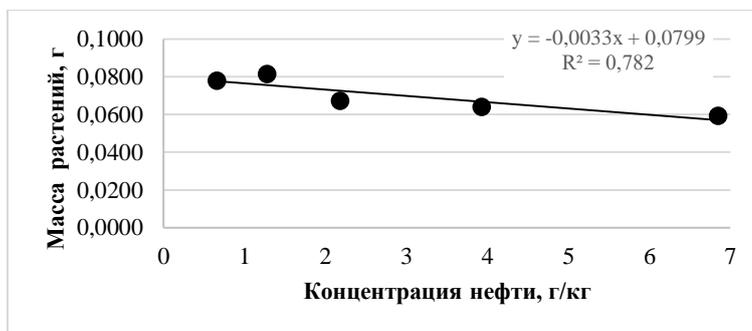


Рис. 5.1.178. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу растений сосны обыкновенной

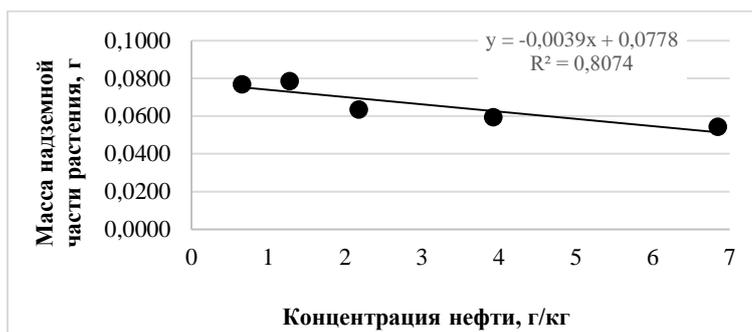


Рис. 5.1.179. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений сосны обыкновенной

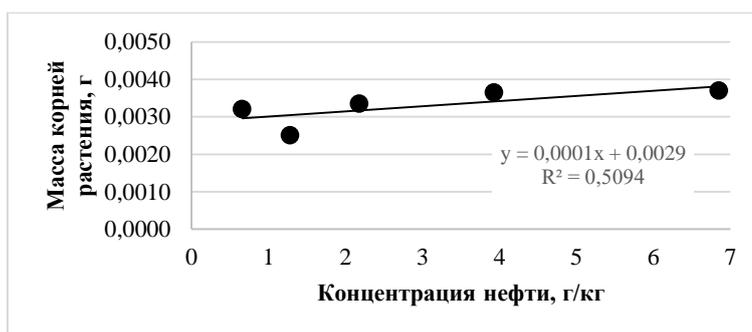


Рис. 5.1.180. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений сосны обыкновенной

Таблица 5.1.33 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на растения сосны обыкновенной (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая									
Тест-объект	Сосна обыкновенная									
Образец нефти	Аптугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	
	0,47	1,47	2,59	3,61	5,68					
Длина корней, см	4,8	5,6	3,5	4,7	3,1	$y = -0,3511x + 5,3195$	0,49	4,3	3,0	
Длина стебля, см	6,4	6,2	5,7	5,4	5,2	$y = -0,2382x + 6,4482$	0,92	5,6	5,4	
Масса растения, г	0,0813	0,1186	0,0558	0,0529	0,0447	$y = -0,0069x + 0,0799$	0,89	2,2	2,3	
Масса надземной части растения, г	0,0789	0,1157	0,0540	0,0510	0,0424	$y = -0,0069x + 0,0778$	0,90	2,1	2,3	
Масса корней растения, г	0,0024	0,0029	0,0018	0,0019	0,0023	$y = -8E-05x + 0,0025$	0,11	-	-	

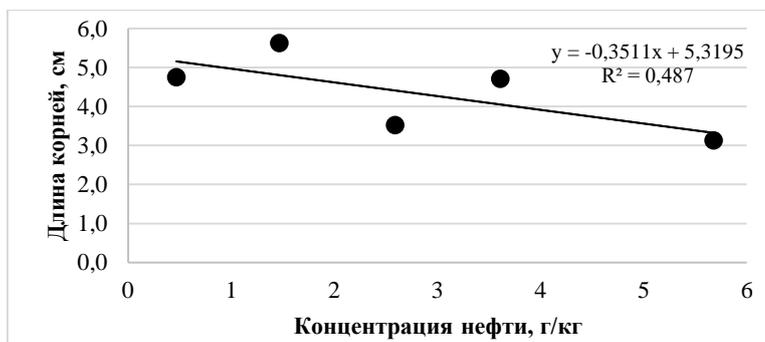


Рис. 5.1.181. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост корней растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.182. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост стебля растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.183. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.184. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу надземной части растений сосны обыкновенной

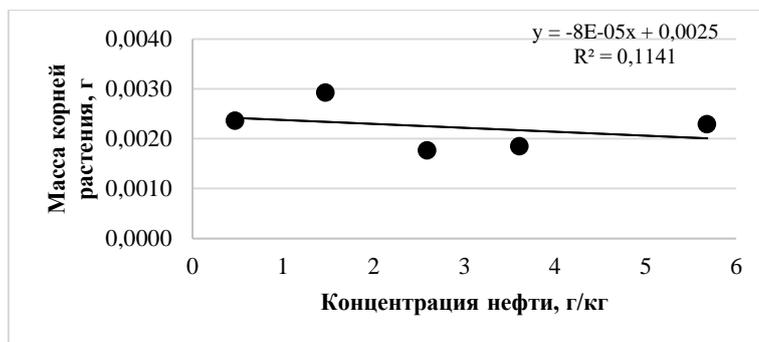


Рис.5.1.185. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу корней растений сосны обыкновенной

Таблица 5.1.34 – Влияние загрязнения нефтью *дерново-подзолистой иллювиально-железистой* почвы на растения сосны обыкновенной (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая								
Тест-объект	Сосна обыкновенная								
Образец нефти	Апугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,47	1,48	2,59	3,61	5,68				
Длина корней, см	4,4	5,3	3,4	4,3	2,9	$y = -0,3288x + 4,9494$	0,4953	3,5	
Длина стебля, см	6,7	6,3	5,7	5,5	5,4	$y = -0,2564x + 6,6093$	0,8081	5,5	
Масса растения, г	0,0840	0,0792	0,0541	0,0523	0,0433	$y = -0,0076x + 0,0819$	0,8681	2,5	
Масса надземной части растения, г	0,0818	0,0761	0,0518	0,0503	0,0415	$y = -0,0075x + 0,0795$	0,8609	2,5	
Масса корней растения, г	0,0021	0,0027	0,0016	0,0019	0,0020	$y = -0,000065x + 0,0022$	0,0937	7,7	



Рис. 5.1.186. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост корней растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.187. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на рост стебля растений сосны обыкновенной

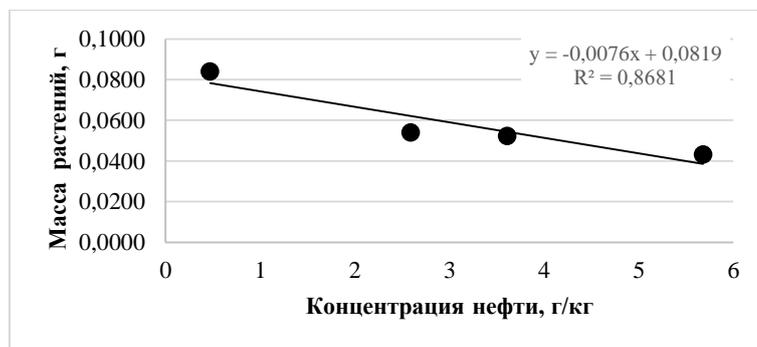


Рис. 5.1.188. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу растений сосны обыкновенной

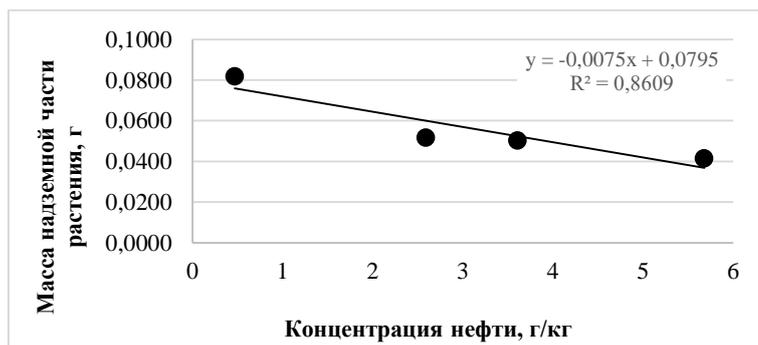


Рис. 5.1.189. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу надземной части растений сосны обыкновенной

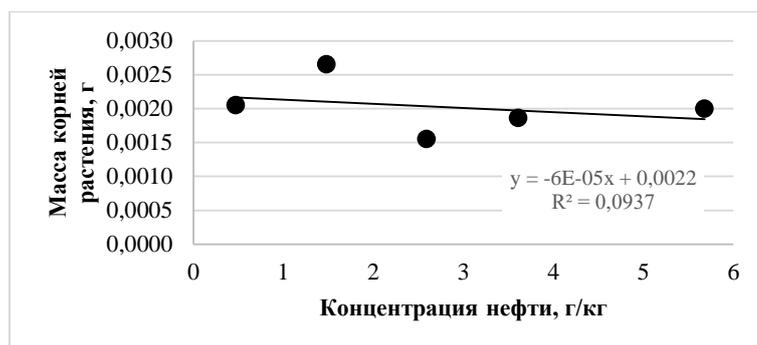


Рис. 5.1.190. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на массу корней растений сосны обыкновенной

Таблица 5.1.35 – Влияние загрязнения нефтью *подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой* почвы на растения сосны обыкновенной (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая									
Тест-объект	Сосна обыкновенная									
Образец нефти	Аптугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	
	0,42	1,58	2,53	3,33	5,31					
Длина корней, см	5,6	3,8	3,7	4,5	4,4	$y = -0,1256x + 4,7512$	0,10	2,0	7,6	
Длина стебля, см	6,3	6,6	6,8	6,2	5,4	$y = -0,2216x + 6,8338$	0,56	7,8	6,0	
Масса растения, г	0,0894	0,0750	0,0737	0,0677	0,0472	$y = -0,0081x + 0,092$	0,97	2,5	2,3	
Масса надземной части растения, г	0,0836	0,0719	0,0695	0,0623	0,0411	$y = -0,0084x + 0,0878$	0,97	2,5	2,1	
Масса корней растения, г	0,0058	0,0032	0,0042	0,0054	0,0060	$y = 0,0002x + 0,0042$	0,14	2,0	–	



Рис. 5.1.191. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.192. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.193. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.194. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений сосны обыкновенной

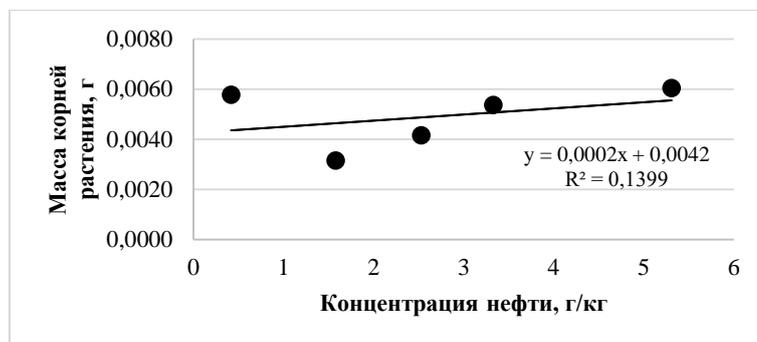


Рис. 5.1.195. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений сосны обыкновенной

Таблица 5.1.36 – Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на растения сосны обыкновенной (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая								
Тест-объект	Сосна обыкновенная								
Образец нефти	Аптугайское месторождение								
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20	
	0,42	1,58	2,53	3,33	5,31				
Длина корней, см	5,5	3,6	3,9	4,7	4,5	$y = -0,0655x + 4,5825$	0,0263	15,0	
Длина стебля, см	7,0	6,6	6,7	6,2	5,4	$y = -0,3111x + 7,1593$	0,9236	5,0	
Масса растения, г	0,0898	0,0717	0,0718	0,0596	0,0463	$y = -0,0085x + 0,0902$	0,9503	2,5	
Масса надземной части растения, г	0,0815	0,0681	0,0694	0,0559	0,0392	$y = -0,0085x + 0,0851$	0,9536	2,3	
Масса корней растения, г	0,0054	0,0023	0,0038	0,0055	0,0049	$y = 0,0002x + 0,004$	0,0473	4,5	

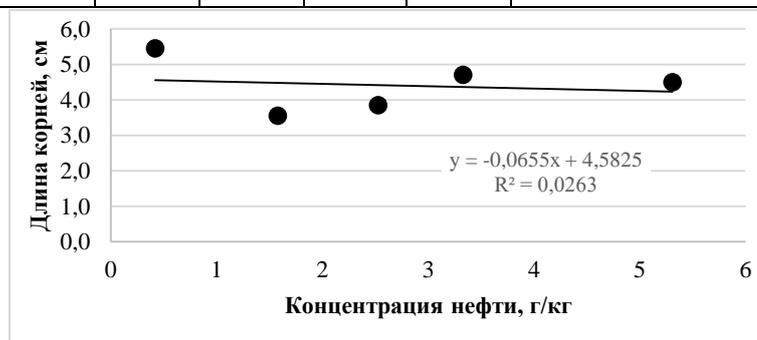


Рис. 5.1.196. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост корней растений сосны обыкновенной

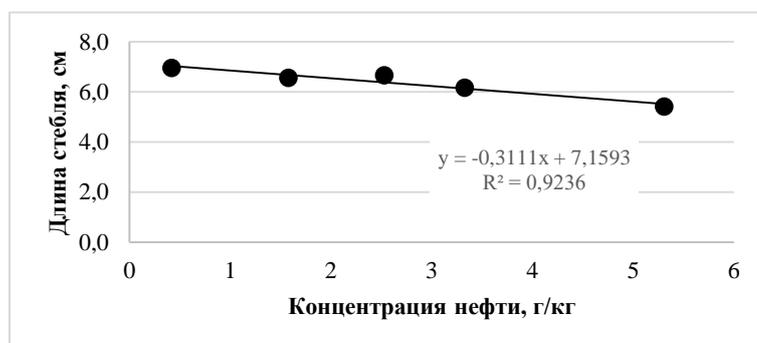


Рис. 5.1.197. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на рост стебля растений сосны обыкновенной

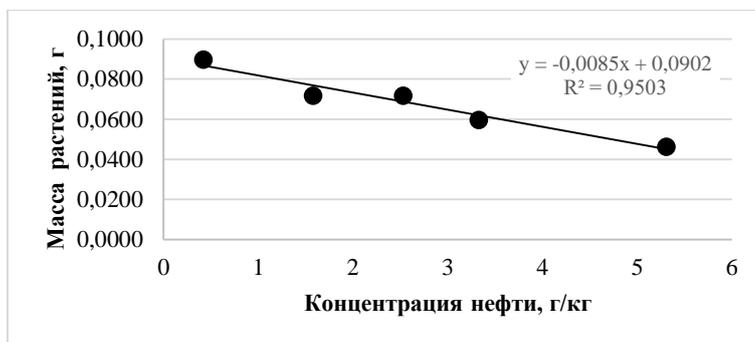


Рис. 5.1.198. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.199. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу надземной части растений сосны обыкновенной

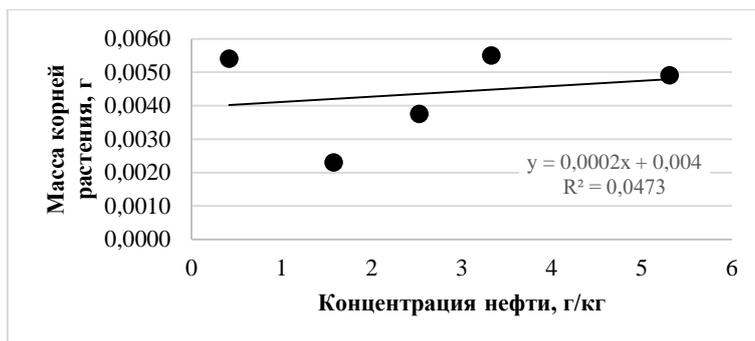


Рис. 5.1.200. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на массу корней растений сосны обыкновенной

Таблица 5.1.37 – Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на растения сосны обыкновенной (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Пойменная слабокислая и нейтральная									
Тест-объект	Сосна обыкновенная									
Образец нефти	Аптугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	
	0,26	1,44	2,1	3,54	5,49					
Длина корней, см	4,1	3,3	3,8	3,0	3,4	$y = -0,3098x + 4,103$	0,68	2,6	2,7	
Длина стебля, см	4,8	5,1	4,4	4,2	4,3	$y = -0,1097x + 4,7595$	0,75	8,0	8,8	
Масса растения, г	0,0337	0,1341	0,0533	0,0484	0,0410	$y = 0,0053x + 0,0757$	0,07	–	–	
Масса надземной части растения, г	0,0315	0,1316	0,0505	0,0465	0,0390	$y = 0,0052x + 0,0732$	0,07	–	–	
Масса корней растения, г	0,0022	0,0025	0,0028	0,0019	0,0021	$y = -7E-05x + 0,0025$	0,17	–	–	

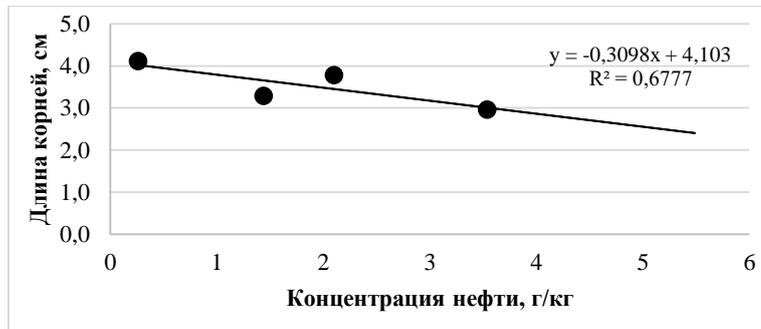


Рис. 5.1.201. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост корней растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.202. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост стебля растений сосны обыкновенной



Рис. 5.1.203. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу растений сосны обыкновенной

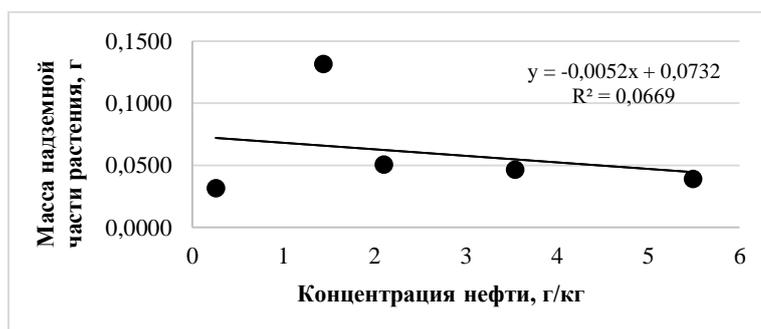


Рис. 5.1.204. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу надземной части растений сосны обыкновенной

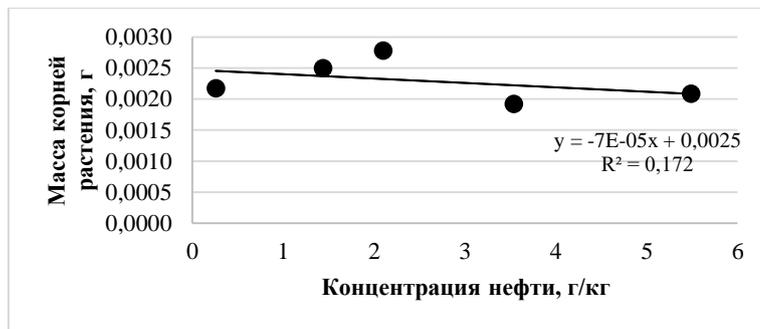


Рис. 5.1.205. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу корней растений сосны обыкновенной

Таблица 5.1.38 – Влияние загрязнения нефтью *пойменной слабокислой и нейтральной* почвы на растения сосны обыкновенной (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Пойменная слабокислая и нейтральная							
Тест-объект	Сосна обыкновенная							
Образец нефти	Аптугайское месторождение							
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20
	0,26	1,44	2,1	3,54	5,49			
Длина корней, см	4,2	3,2	3,8	2,6	3,2	$y = -0,4368x + 4,2391$	0,7455	2,1
Длина стебля, см	4,6	5,1	4,7	4,5	4,5	$y = -0,0367x + 4,6671$	0,5381	26,4
Масса растения, г	0,0274	0,0581	0,0591	0,0501	0,0426	$y = 0,0011x + 0,0447$	0,0268	–
Масса надземной части растения, г	0,0264	0,0549	0,0546	0,0484	0,0408	$y = 0,0011x + 0,0421$	0,0359	–
Масса корней растения, г	0,0016	0,0026	0,0024	0,0018	0,0021	$y = 0,00001x + 0,0021$	0,0023	–

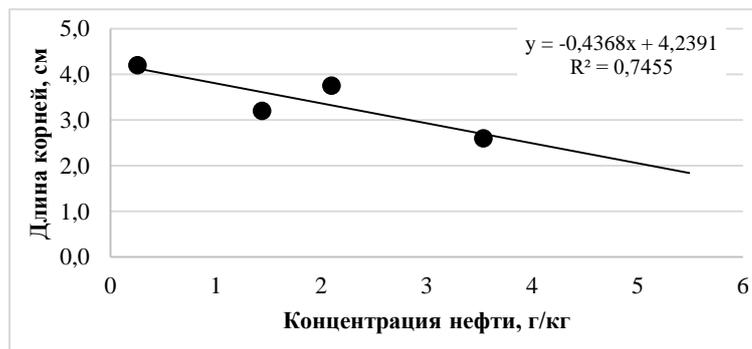


Рис. 5.1.206. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост корней растений сосны обыкновенной

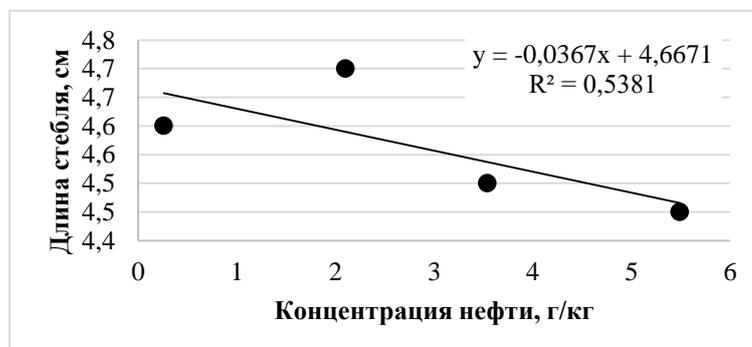


Рис. 5.1.207. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на рост стебля растений сосны обыкновенной

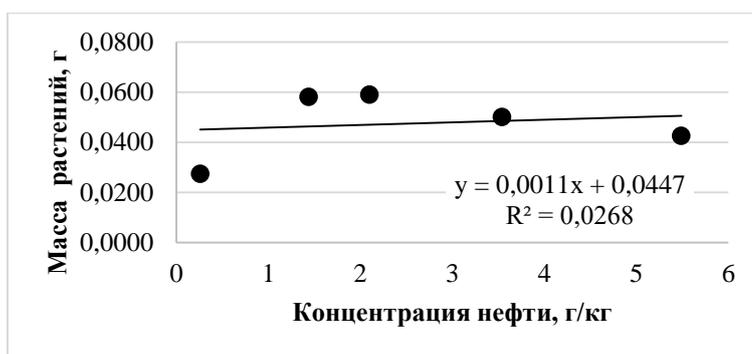


Рис. 5.1.208. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу растений сосны обыкновенной

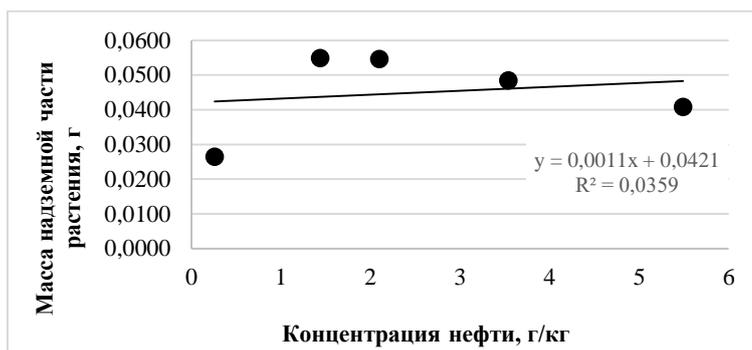


Рис. 5.1.209. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу надземной части растений сосны обыкновенной

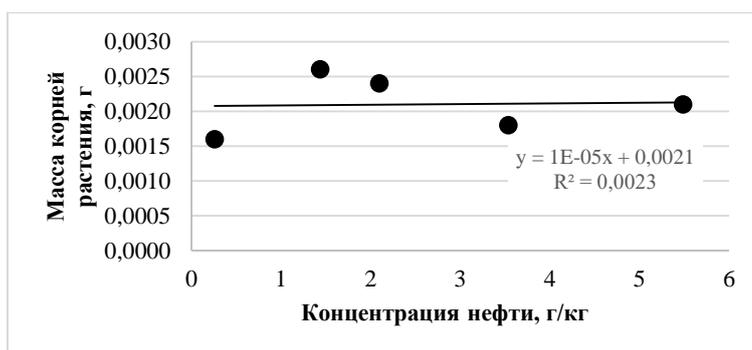


Рис. 5.1.210. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на массу корней растений сосны обыкновенной

Таблица 5.1.39 – Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на растения сосны обыкновенной (расчет по среднему значению)

Тип почвы	Чернозем оподзоленный									
Тест-объект	Сосна обыкновенная									
Образец нефти	Кокуйское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг						Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)
	0,9	2,24	3,17	4,11	6,16	10,8				
Длина корней, см	5,0	6,6	5,6	4,5	7,1	7,3	$y = 0,2721x + 4,5478$	0,65	5,3	3,4
Длина стебля, см	5,8	6,5	6,3	5,9	6,0	5,6	$y = -0,0574x + 6,2911$	0,33	28,8	22,0
Масса растения, г	0,0577	0,0777	0,0738	0,0651	0,0679	0,0688	$y = 0,0002x + 0,0675$	0,01	9,0	67,5
Масса надземной части растения, г	0,0521	0,0695	0,0673	0,0609	0,0616	0,0589	$y = -0,0011x + 0,0694$	0,67	25,0	12,6
Масса корней растения, г	0,0057	0,0083	0,0065	0,0042	0,0063	0,0099	$y = 0,0003x + 0,0053$	0,35	5,0	3,7

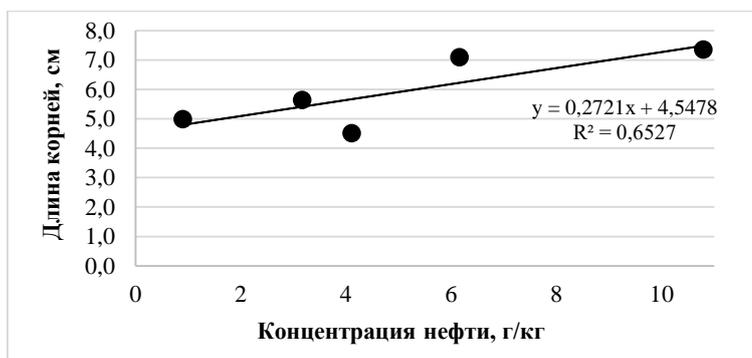


Рис. 5.1.211. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост корней растений сосны обыкновенной

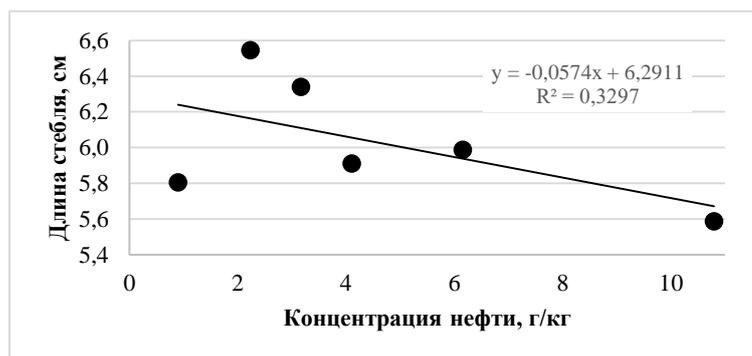


Рис. 5.1.212. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост стебля растений сосны обыкновенной

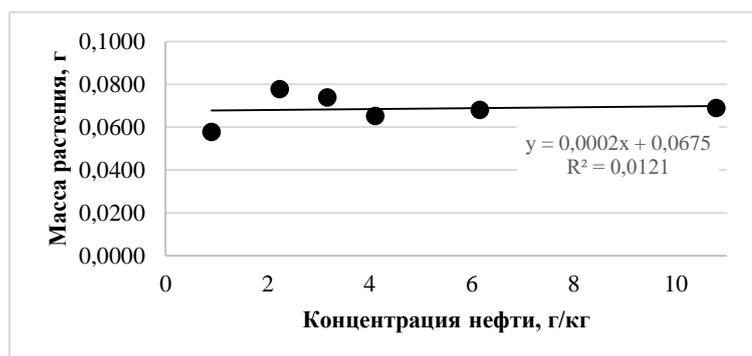


Рис. 5.1.213. Влияние загрязнения чернозема оподзоленного на массу растений сосны обыкновенной

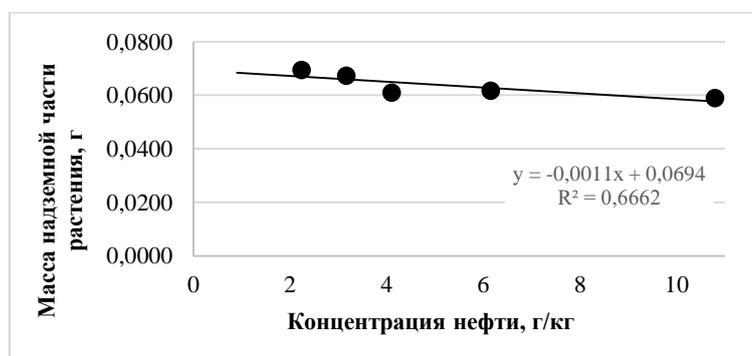


Рис. 5.1.214. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу надземной части растений сосны обыкновенной

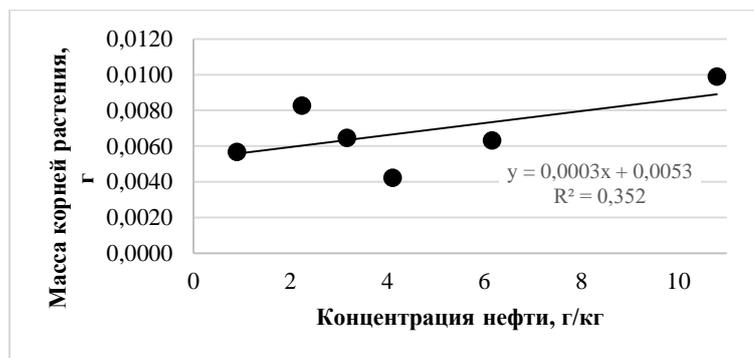


Рис.5.1.215. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу корней растений сосны обыкновенной

Таблица 2.1.40 – Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на растения сосны обыкновенной (расчет по медианному значению)

Тип почвы	Чернозем оподзоленный						Уравнение регрессии	R2	ДК20
Тест-объект	Сосна обыкновенная								
Образец нефти	Кокуйское месторождение						Уравнение регрессии	R2	ДК20
Параметры	Концентрация нефти, г/кг								
	0,9	2,24	3,17	4,11	6,16	10,8			
Длина корней, см	4,7	7,1	5,4	4,2	7,2	7,7	$y = 0,3451x + 4,1047$	0,7019	4,8
Длина стебля, см	5,8	6,7	6,4	5,9	6,0	5,6	$y = -0,061x + 6,3284$	0,2834	21,8
Масса растения, г	0,0574	0,0770	0,0727	0,0636	0,0707	0,0693	$y = 0,0004x + 0,0665$	0,0445	34,2
Масса надземной части растения, г	0,0532	0,0722	0,0670	0,0599	0,0638	0,0597	$y = -0,0011x + 0,0703$	0,4970	13,5
Масса корней растения, г	0,0053	0,0073	0,0065	0,0038	0,0059	0,0085	$y = 0,0002x + 0,0051$	0,2854	6,0

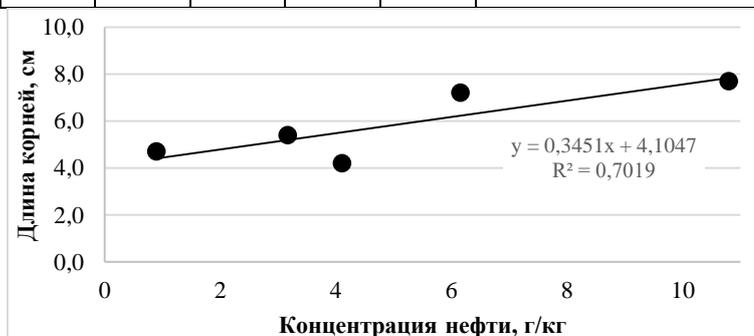


Рис. 2.1.216. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост корней растений сосны обыкновенной



Рис. 2.1.217. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на рост стебля растений сосны обыкновенной

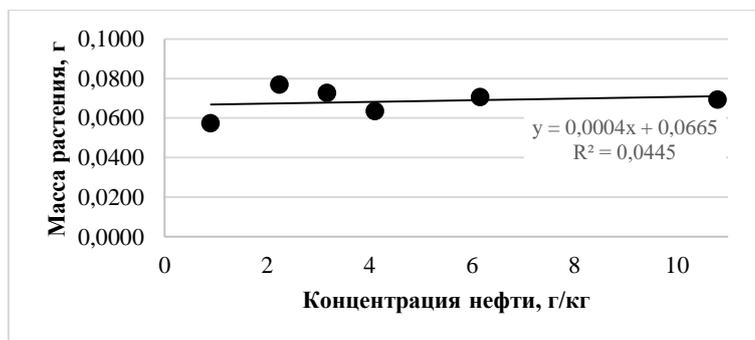


Рис. 2.1.218. Влияние загрязнения чернозема оподзоленного на массу растений сосны обыкновенной

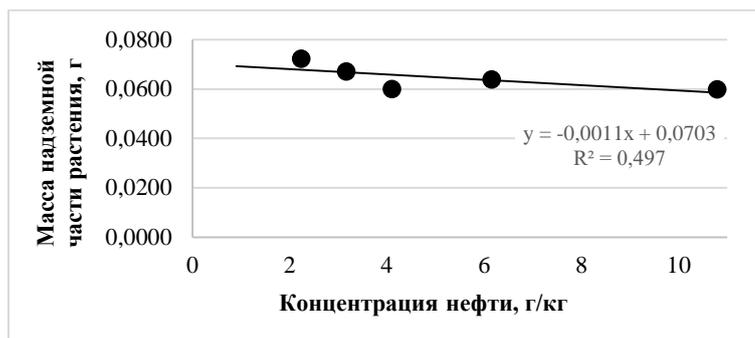


Рис. 2.1.219. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу надземной части растений сосны обыкновенной

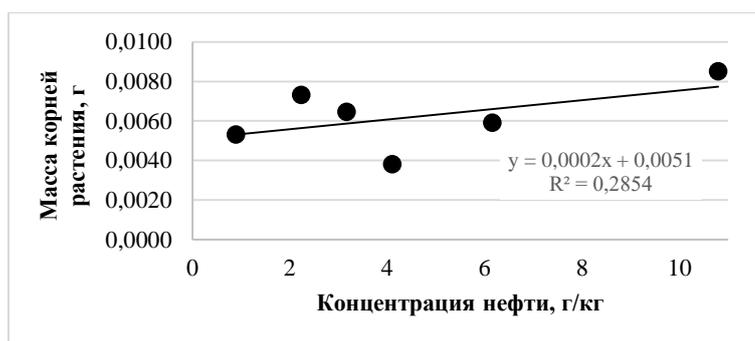


Рис. 2.1.220. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на массу корней растений сосны обыкновенной

В таблице 2.1.41 представлены полученные данные расчетов ДК20 по результатам вегетационного хронического эксперимента.

Таблица 2.1.41 – Значения ДК20, полученные тремя методами по результатам фитотестирования, г/кг

	Кресс-салат			Пшеница			Ель			Сосна		
	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)
Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая	1,6	2,0	2,6	2,5	2,0	2,8	1,5	1,9	2,1	4,0	3,0	4,5
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая	4,3	4,0	3,6	3,5	3,2	3,0	3,0	2,2	2,6	2,1	2,3	2,5
Подзолистая,	1,5	1,8	2,1	1,7	2,2	5,2	1,7	1,1	1,4	2,5	2,1	2,3

	Кресс-салат			Пшеница			Ель			Сосна		
	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)									
преимущественно неглубокоподзолистая												
Пойменная слабокислая нейтральная	и 2,9	2,8	4,6	5,7	6,7	3,6	3,2	3,3	2,9	2,6	2,7	2,1
Чернозем оподзоленный	2,7	2,3	2,9	3,0	2,8	6,6	4,1	3,8	4,0	5,3	3,4	3,4

5.2. Результаты биотестирования

Биотестирование на тест-объекте *Chlorella vulgaris*

Биотестирование проведено на почвенных вытяжках шести типов почв с различной концентрацией нефтепродуктов. Результаты биотестирования на тест-объекте *Chlorella vulgaris* представлены в таблице 5.2.1. Токсичность водных вытяжек из почв проявилась как в виде повышенного (более 30%) стимулирования роста тест-культуры, так и в виде снижения средней величины оптической плотности (более 20%).

Таблица 5.2.1. – Результаты биотестирования на тест-объекте *Chlorella vulgaris*

Концентрация нефти, г/кг	Среднее значение оптической плотности	Процентное отклонение от контроля, %	Оценка тестируемой пробы
Дерново-подзолистая преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая			
0 (контроль)	1,628		
1	0,381	76,63	Оказывает токсическое действие
2	0,253	84,49	Оказывает токсическое действие
3	0,516	68,34	Оказывает токсическое действие
5	0,913	43,93	Оказывает токсическое действие
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая			
0 (контроль)	0,240		
1	0,303	-26,30	Не оказывает токсическое действие
2	0,287	-19,62	Не оказывает токсическое действие
3	0,323	-34,97	Оказывает токсическое действие
5	0,307	-28,29	Не оказывает токсическое действие
Пойменная слабокислая и нейтральная			
0 (контроль)	0,266		
1	0,246	7,62	Не оказывает токсическое действие
2	0,273	-2,63	Не оказывает токсическое действие
3	0,250	5,93	Не оказывает токсическое действие
5	0,271	-2,07	Не оказывает токсическое действие
Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая			
0 (контроль)	0,349		
1	0,311	11	Не оказывает токсическое действие
2	0,322	8	Не оказывает токсическое действие
3	0,365	-4	Не оказывает токсическое действие
5	0,364	-4	Не оказывает токсическое действие
Чернозем оподзоленный			
0 (контроль)	0,259		
1	0,284	-9	Не оказывает токсическое действие
2	0,295	-14	Не оказывает токсическое действие
3	0,410	-58	Оказывает токсическое действие

5	0,465	-79	Оказывает токсическое действие
10	0,456	-76	Оказывает токсическое действие

Результаты эксперимента показали, что дерново-подзолистая неглубокоподзолистая почва при всех взятых концентрациях нефти оказывает токсическое действие на хлореллу, что проявилось в виде подавления ее роста на 43% и более. В пробах чернозема оподзоленного с концентрациями 3, 5 и 10 г/кг так же отмечено токсическое действие, которое проявилось в виде стимуляции ростовых процессов на 58% и более.

В таблицах 5.2.2 – 5.2.6. представлены средние данные и медианные значения, и полученные уравнения регрессии относительно *Chlorella vulgaris*. На рисунках 5.2.1 – 5.2.10 представлены полученные графики.

Таблица 5.2.2 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на *Chlorella vulgaris* (расчет по среднему значению и медиане)

Тип почвы	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая									
Тест-объект	<i>Chlorella vulgaris</i>									
Образец нефти	Кокуйское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)
	0,66	1,28	2,18	3,93	6,85					
Плотность, среднее	1,6280	0,3805	0,2525	0,5155	0,9128	$y = 0,0947x^2 - 0,7454x + 1,6479$	0,5381	7,4	7,4	
Плотность, медиана	1,6285	0,3800	0,2530	0,5170	0,9125	$y = 0,0946x^2 - 0,7444x + 1,6471$	0,5367			7,4

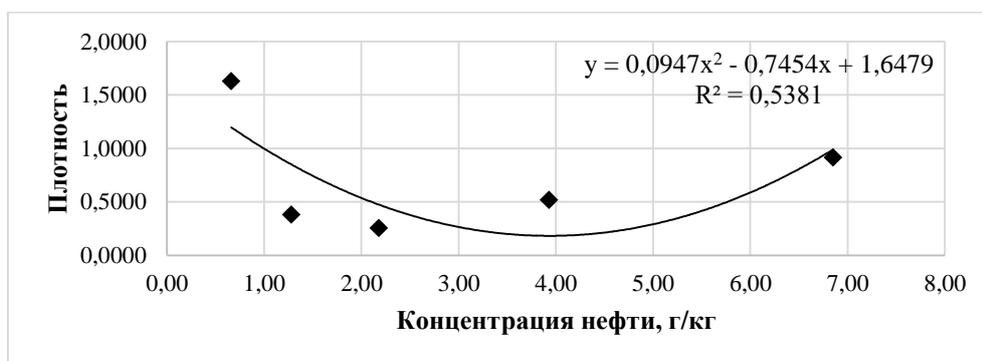


Рис. 5.2.1. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на плотность *Chlorella vulgaris* (по среднему значению)

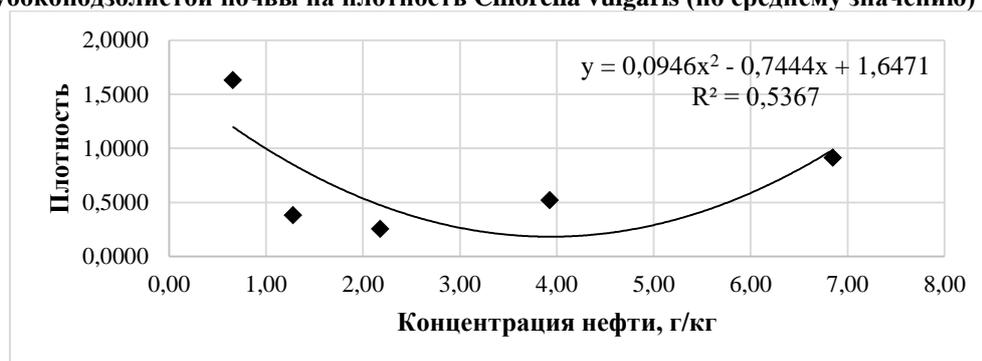


Рис. 5.2.2. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвы на плотность *Chlorella vulgaris* (по медиане)

Таблица 5.2.3 – Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на *Chlorella vulgaris* (расчет по среднему значению и медиане)

Тип почвы	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая									
Тест-объект	<i>Chlorella vulgaris</i>									
Образец нефти	Аптугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)
	0,47	1,47	2,59	3,61	5,68					
Плотность, среднее	0,353	0,334	0,333	0,360	0,351	$y = 0,0107x^2 - 0,0417x + 0,3709$	0,9956	4,9	5,2	
Плотность, медиана	0,352	0,331	0,334	0,364	0,356	$y = 0,0119x^2 - 0,045x + 0,3708$	0,9984			5,0

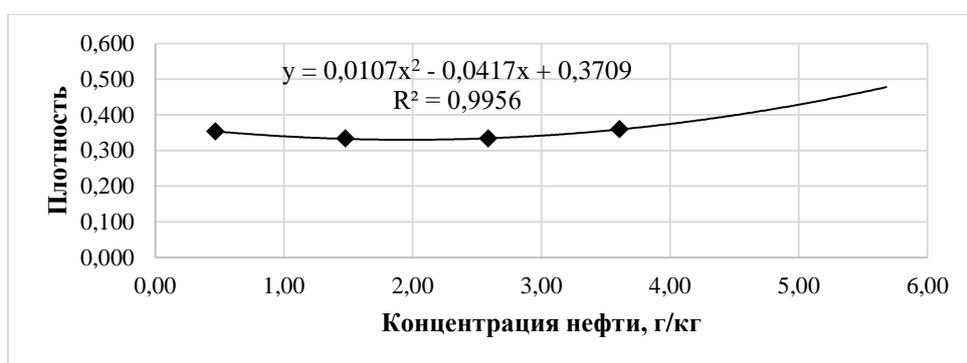


Рис. 5.2.3. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на плотность *Chlorella vulgaris* (по среднему значению)

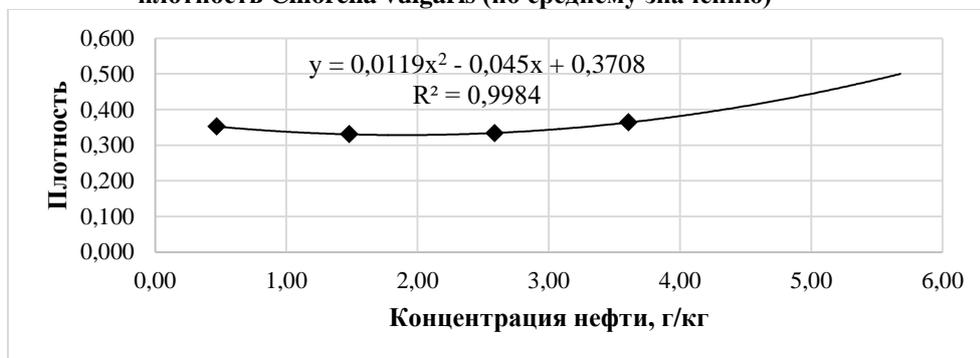


Рис. 5.2.4. Влияние загрязнения нефтью дерново-подзолистой иллювиально-железистой почвы на плотность *Chlorella vulgaris* (по медиане)

Таблица 5.2.4 – Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на *Chlorella vulgaris* (расчет по среднему значению и медиане)

Тип почвы	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая									
Тест-объект	<i>Chlorella vulgaris</i>									
Образец нефти	Аптугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)
	0,42	1,58	2,53	3,33	5,31					
Плотность, среднее	0,349	0,311	0,322	0,365	0,364	$y = 0,0067x^2 - 0,0347x + 0,3591$	0,9032	6,5	6,8	
Плотность, медиана	0,349	0,310	0,323	0,364	0,363	$y = 0,0065x^2 - 0,0335x + 0,3575$	0,8766			6,8

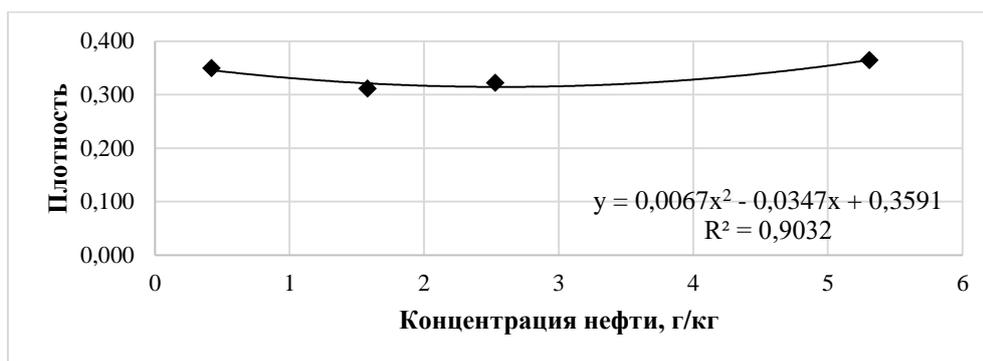


Рис. 5.2.5. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на плотность *Chlorella vulgaris* (по среднему значению)

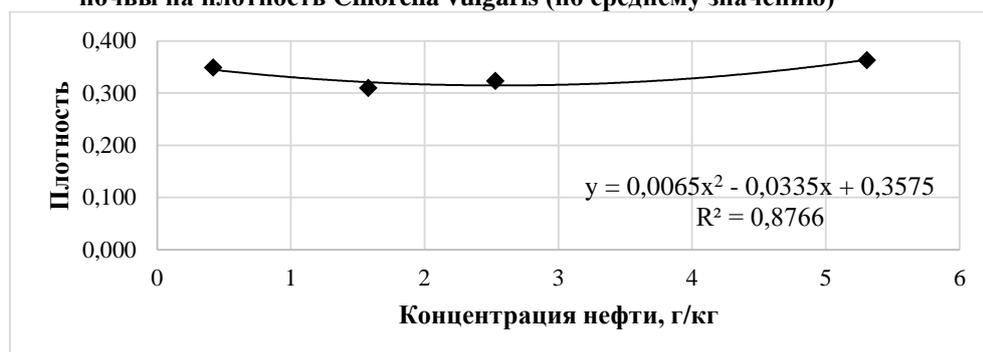


Рис. 5.2.6. Влияние загрязнения нефтью подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы на плотность *Chlorella vulgaris* (по медиане)

Таблица 5.2.5 – Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на *Chlorella vulgaris* (расчет по среднему значению и медиане)

Тип почвы	Пойменная слабокислая и нейтральная									
Тест-объект	<i>Chlorella vulgaris</i>									
Образец нефти	Аптугайское месторождение									
Параметры	Концентрация нефти, г/кг					Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)
	0,26	1,44	2,1	3,54	5,49					
Смертность, среднее	0,266	0,246	0,273	0,250	0,271	$y = 0,0034x^2 - 0,0181x + 0,2683$	0,9399	7,4	7,4	
Смертность, медиана	0,266	0,244	0,271	0,254	0,269	$y = 0,0029x^2 - 0,0152x + 0,2662$	0,8138			7,6

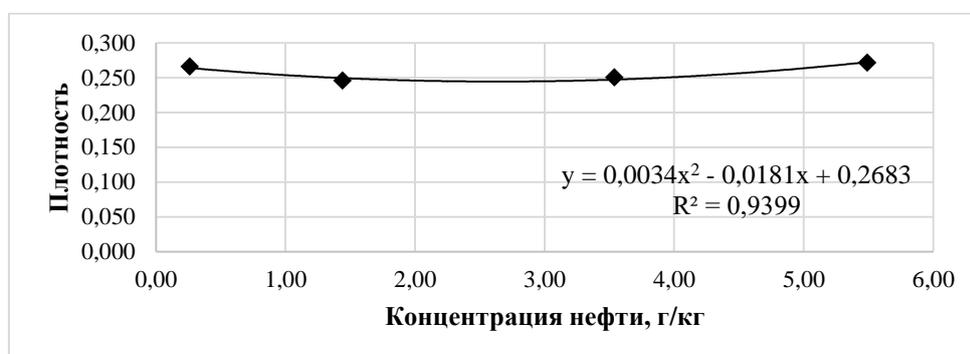


Рис. 5.2.7. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на плотность *Chlorella vulgaris* (по среднему значению)

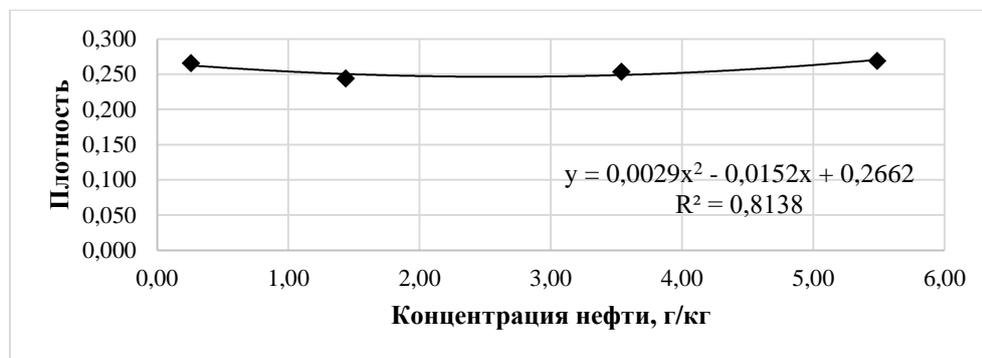


Рис. 5.2.8. Влияние загрязнения нефтью пойменной слабокислой и нейтральной почвы на плотность *Chlorella vulgaris* (по медиане)

Таблица 5.2.6 – Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на *Chlorella vulgaris* (расчет по среднему значению и медиане)

Тип почвы	Чернозем оподзоленный										
Тест-объект	<i>Chlorella vulgaris</i>										
Образец нефти	Кокуйское месторождение										
Параметры	Концентрация нефти, г/кг						Уравнение регрессии	R2	ДК20 (1)	ДК20 (2)	ДК20 (3)
	0,9	2,24	3,17	4,11	6,16	10,8					
Смертность, среднее	0,259	0,284	0,295	0,410	0,465	0,456	$y = -0,0036x^2 + 0,0657x + 0,1745$	0,8797	15,9	17,7	
Смертность, медиана	0,259	0,280	0,295	0,409	0,464	0,456	$y = -0,0036x^2 + 0,0657x + 0,173$	0,8807			17,7

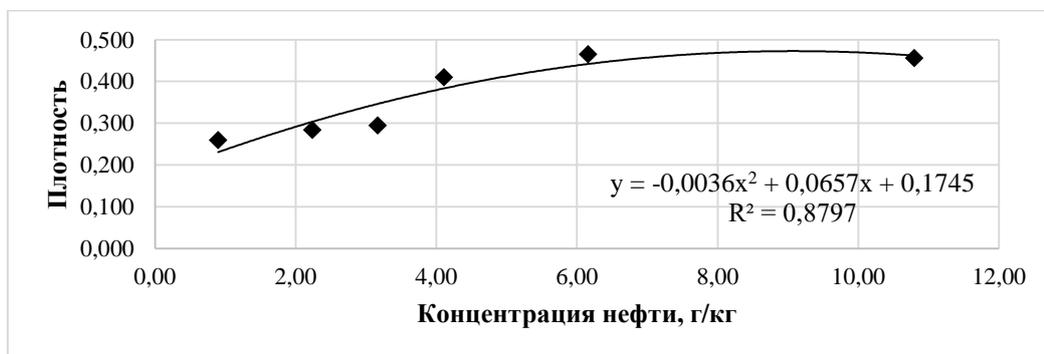


Рис. 5.2.9. Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на плотность *Chlorella vulgaris* (по среднему значению)

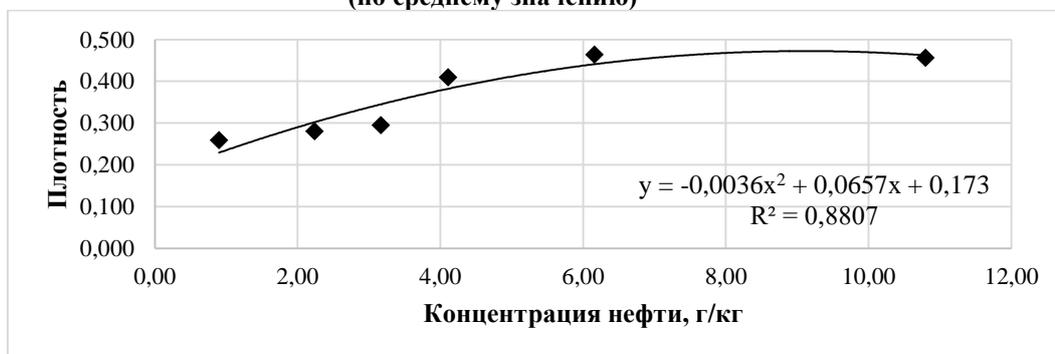


Рис.5.2.10 Влияние загрязнения нефтью чернозема оподзоленного на плотность *Chlorella vulgaris* (по медиане)

Результаты биотестирования на тест-объекте *Daphnia magna* представлены в таблице

5.2.7.

Таблица 5.2.7 – Результаты биотестирования почв на тест-объекте *Daphnia magna*

Концентрация, г/кг	Количество выживших дафний	Смертность дафний в опыте, в % к контролю	Результат
Дерново-подзолистая преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая			
0 (контроль)	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
1	26	0,00	Оказывает токсическое действие
2	16	0,00	Оказывает токсическое действие
3	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
5	26	0,00	Оказывает токсическое действие
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая			
0 (контроль)	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
1	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
2	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
3	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
5	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
Пойменная слабокислая и нейтральная			
0 (контроль)	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
1	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
2	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
3	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
5	29	3,33	Не оказывает острое токсическое действие
Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая			
0 (контроль)	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
1	29	3,33	Не оказывает острое токсическое действие
2	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
3	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
5	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
Чернозем оподзоленный			
0 (контроль)	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
1	29	3,33	Не оказывает острое токсическое действие
2	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
3	29	3,33	Не оказывает острое токсическое действие
5	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие
10	30	0,00	Не оказывает острое токсическое действие

Результаты опытов не показали острого токсического действия ни для одного типа почв. Все взятые концентрации оказались безвредными.

В таблице 5.2.8 представлены полученные ДК 20 относительно влияния на тест-объекты *Chlorella vulgaris* и *Daphnia magna*.

Таблица 5.2.8 – Критические уровни воздействия нефтью на почвы (отклонение от контроля 20%), г/кг

№	Типы почв	<i>Chlorella vulgaris</i>			<i>Daphnia magna</i>
		ДК 20(1)	ДК 20 (2)	ДК 20 (3)	ДК 20
1	Дерново-подзолистые преимущественно мелко-неглубокоподзолистые	7,4	7,4	7,4	>5
2	Дерново-подзолистые иллювиально-железистые	4,9	5,2	5,0	>5
3	Пойменные слабокислые и нейтральные	6,5	6,8	6,8	>5
4	Подзолистая неглубокоподзолистая	7,4	7,4	7,6	>5
5	Чернозем оподзоленный	15,9	17,7	17,7	>5

Сравнивая результаты экспериментов на двух тест-объектах, следует отметить, что, в целом, загрязнение почв нефтью оказывает острое токсическое действие на тест-объект *Chlorella vulgaris*, но в отношении *Daphnia magna* токсическое воздействие не проявляется. В связи с тем, что биотестирование на *Daphnia magna* не показало токсического воздействия, составление уравнение регрессии не представляется возможным. Следовательно, относительно *Daphnia magna* полученное значение ДК 20 > 5 г/кг.

5.3.Содержание микроэлементов в почве

Для установления норматива ДОСНП необходимой частью является исследование влияния загрязнения почв нефти и продуктов ее трансформации на изменение геохимических свойств почв, в частности изменение содержания микроэлементов в почвах. Для этого было исследовано валовое содержание 8 химических элементов (Sr, Pb, As, Zn, Ni, Fe, Mn, V). Содержание микроэлементов измерялось в контрольных образцах почв, которые не были загрязнены, а также в образцах с содержанием нефти в концентрациях: 1, 2, 3 и 5 г/кг (таблица 5.3.1 – 5.3.4).

Таблица 5.3.1 – Содержание элементов в исследуемых почвах с различной внесенной дозой нефти, тест-объект – кресс-салат

Микро-элементы	Доза нефти					
	контроль	1 г/кг	2 г/кг	3 г/кг	5 г/кг	10 г/кг
	\bar{x} , мг/кг					
Дерново-подзолистая, преимущественно мелко и неглубокоподзолистая						
Стронций	223,44	260,13	262,23	272,8	262,61	-
Свинец	7,77	23,31	21,83	22,44	20,24	-
Мышьяк	5	13,68	10,42	13,17	12	-
Цинк	73,58	66,62	69,28	1,79	74,21	-

Микро-элементы	Доза нефти					
	контроль	1 г/кг	2 г/кг	3 г/кг	5 г/кг	10 г/кг
	\bar{x} , мг/кг					
Никель	49,41	43,46	46,6	51,17	47,85	-
Железо	22565,51	21739,85	22464,82	23121,75	23443,94	-
Марганец	209,07	975,51	830,59	887,13	788,3	-
Ванадий	60	70,69	69,17	73,89	79,08	-
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая						
Стронций	237,48	378,37	376,16	431,1	249,04	-
Свинец	17,18	29,07	35,37	11,81	35,73	-
Мышьяк	5	12,05	9,57	5	18,45	-
Цинк	244,58	161,83	162,64	166,5	183,18	-
Никель	71,15	47,65	46,49	50,02	50,06	-
Железо	35021,43	24430,32	23419,04	24724,73	26415,38	-
Марганец	2311,93	2144,58	2155,53	2059,35	1817,22	-
Ванадий	119,51	65,12	61,27	66,02	74,84	-
Пойменная (пойменные слабокислые и нейтральные)						
Стронций	50	357,2	193,47	537,95	181,5	-
Свинец	10	19,39	114,37	2,59	10	-
Мышьяк	5	6,83	56,37	5	5	-
Цинк	137,5	57,51	199,03	57,67	2772,55	-
Никель	172,84	72	71,43	77,79	746,17	-
Железо	69118,53	31405,33	31398,74	28687,12	259591,5	-
Марганец	916,62	876,67	865,48	855,34	858,82	-
Ванадий	178,86	67,02	54,51	48,24	692,97	-
Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая						
Стронций	50	-	-	-	278,21	-
Свинец	10	-	-	-	1,88	-
Мышьяк	5	-	-	-	5	-
Цинк	160,57	-	-	-	58,8	-
Никель	49,28	-	-	-	41,59	-
Железо	6993,01	-	-	-	23122,32	-
Марганец	653,06	-	-	-	635,3	-
Ванадий	284,08	-	-	-	103,78	-
Чернозем оподзоленный						
Стронций	107,88	-	-	-	176,91	180,07
Свинец	12,68	-	-	-	19,08	18,27
Мышьяк	5	-	-	-	5	5
Цинк	75,22	-	-	-	63,57	68,05
Никель	64,21	-	-	-	56,15	64,49
Железо	32059,95	-	-	-	26320,83	28369,1
Марганец	956,57	-	-	-	933,72	912,78
Ванадий	74,23	-	-	-	46,26	52,27

Таблица 5.3.2 – Содержание элементов в исследуемых почвах с различной внесенной дозой нефти, тест-объект – пшеница

Микро-элементы	Доза нефти					
	контроль	1 г/кг	2 г/кг	3 г/кг	5 г/кг	10 г/кг
	\bar{x} , мг/кг					
Дерново-подзолистая, преимущественно мелко и неглубокоподзолистая						
Стронций	223,44	334,6	227,28	140,19	225,38	-
Свинец	7,77	33,13	36,04	21,71	46,58	-
Мышьяк	5	21,36	8,92	2,32	5	-
Цинк	73,58	69,78	99,96	79,44	160,44	-
Никель	49,41	44,71	70,26	48,01	109,06	-
Железо	22565,51	22562,13	31136,31	24829,16	49608,15	-
Марганец	209,07	874,06	1155,3	884,18	924,34	-
Ванадий	60	61,92	101,54	81,14	160,29	-
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая						
Стронций	237,48	340,15	408,41	207,83	523,65	-
Свинец	17,18	18,05	26,67	35,08	10,34	-
Мышьяк	5	5	12,27	15,68	5	-
Цинк	244,58	146,61	153,48	185,9	161,59	-
Никель	71,15	43,24	44,48	54,12	46,58	-
Железо	35021,43	21784,63	22762,63	27159,05	23416,11	-
Марганец	2311,93	1630,63	1757,48	1957,37	2002,19	-
Ванадий	119,51	67,75	61,95	77,5	67,88	-
Пойменная (пойменные слабокислые и нейтральные)						
Стронций	50	300,31	277,52	228,51	226,62	-
Свинец	10	10	10	10	10	-
Мышьяк	5	5	5	5	5	-
Цинк	137,5	51,63	49,56	49,85	63,03	-
Никель	172,84	68,63	65,29	66,35	67,62	-
Железо	69118,53	28098,07	26379,8	27934,87	34361,05	-
Марганец	916,62	845,1	764,01	858,72	1331,92	-
Ванадий	178,86	62,38	57,15	64,31	139,19	-
Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая						
Стронций	50	-	-	-	22,85	-
Свинец	10	-	-	-	10	-
Мышьяк	5	-	-	-	5	-
Цинк	160,57	-	-	-	50,68	-
Никель	49,28	-	-	-	37,61	-
Железо	6993,01	-	-	-	21342,48	-
Марганец	653,06	-	-	-	688,47	-
Ванадий	284,08	-	-	-	73,92	-
Чернозем оподзоленный						
Стронций	107,88	-	-	-	256,82	206,35
Свинец	12,68	-	-	-	72,86	6,44

Микро-элементы	Доза нефти					
	контроль	1 г/кг	2 г/кг	3 г/кг	5 г/кг	10 г/кг
	\bar{x} , мг/кг					
Мышьяк	5	-	-	-	26,86	5
Цинк	75,22	-	-	-	74,62	87,98
Никель	64,21	-	-	-	66,4	86,7
Железо	32059,95	-	-	-	30198,24	36160,61
Марганец	956,57	-	-	-	976,99	908,52
Ванадий	74,23	-	-	-	53,6	68,23

Таблица 5.3.3 – Содержание элементов в исследуемых почвах с различной внесенной дозой нефти, тест-объект – ель

Микро-элементы	Доза нефти					
	контроль	1 г/кг	2 г/кг	3 г/кг	5 г/кг	10 г/кг
	\bar{x} , мг/кг					
Дерново-подзолистая, преимущественно мелко и неглубокоподзолистая						
Стронций	234,58	260,16	213,77	195,94	201,53	-
Свинец	18,13	18,23	142,79	14,58	13,17	-
Мышьяк	5	6,85	86,62	5	9,4	-
Цинк	69,52	934,39	63,17	69,1	69,74	-
Никель	47,08	40,55	40,72	47,46	46,99	-
Железо	21259,59	192408,5	19517,61	20955,37	21442,36	-
Марганец	789,11	822,58	835,84	840,84	921,52	-
Ванадий	73,76	792,65	69,63	84,53	69,84	-
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая						
Стронций	350,09	386,12	327,28	354,88	404,86	-
Свинец	56,45	30,22	24,98	20,48	18,42	-
Мышьяк	22,22	12,51	13,82	9,53	2,83	-
Цинк	174,11	160,65	160,51	167,89	158,88	-
Никель	47,29	43,73	64,76	44,71	45,45	-
Железо	24445,23	22784,23	23426,82	23193,87	22451,57	-
Марганец	2287,5	2188,15	2230,68	2335,25	2321,91	-
Ванадий	64,88	60,84	68,21	63,44	61,06	-
Пойменная (пойменные слабокислые и нейтральные)						
Стронций	212,67	289,51	205,05	288,47	226,71	-
Свинец	14,26	21,08	10,68	17,18	15,97	-
Мышьяк	5	9,79	5	5	1,4	-
Цинк	57,25	59,66	60,16	56,73	59,4	-
Никель	68,4	70,82	71,06	67,35	75,76	-
Железо	30347,65	30386,49	30315,46	30196,66	30691,27	-
Марганец	750,68	835,83	817,59	733,34	914,94	-
Ванадий	77,74	79,15	76,97	80,75	71,97	-
Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая						
Стронций	1200	1200	1200	1200	204,33	-

Микро-элементы	Доза нефти					
	контроль	1 г/кг	2 г/кг	3 г/кг	5 г/кг	10 г/кг
	\bar{x} , мг/кг					
Свинец	300	10	300	10	10	-
Мышьяк	5	5	70	5	5	-
Цинк	610	610	270,88	70,82	46,44	-
Никель	400	400	84	10	35,5	-
Железо	76923,08	22528,78	6993,01	6993,01	20267,72	-
Марганец	1024,19	1140,93	277,71	1213,42	686,3	-
Ванадий	200	200	171,93	43,66	75,57	-
Чернозем оподзоленный						
Стронций	107,88	50	1200	1200	72,19	95,18
Свинец	12,68	10	300	300	6,86	25,71
Мышьяк	5	5	70	70	49,4	5
Цинк	75,22	610	10	10	75,57	79,46
Никель	64,21	400	432,66	400	68,89	73,1
Железо	32059,95	6993,01	6993,01	6993,01	30547,21	32144,52
Марганец	956,57	3875,97	642,66	1433,48	991,99	1003,92
Ванадий	74,23	10	10	10	50,47	77,8

Таблица 5.3.4 – Содержание элементов в исследуемых почвах с различной внесенной дозой нефти, тест-объект – сосна

Микро-элементы	Доза нефти					
	контроль	1 г/кг	2 г/кг	3 г/кг	5 г/кг	10 г/кг
	\bar{x} , мг/кг					
Дерново-подзолистая, преимущественно мелко и неглубокоподзолистая						
Стронций	187,01	217,19	201,53	245,57	193,8	-
Свинец	12,73	18,83	28,49	12,74	18,51	-
Мышьяк	3,51	10,43	16,85	6,81	9,94	-
Цинк	64,62	70,74	68,95	72	71,93	-
Никель	45,4	41,9	41,38	40,7	44,81	-
Железо	22371,09	20964,21	21381,9	21894,86	21444,16	-
Марганец	797,69	841,43	829,32	784,87	776,68	-
Ванадий	78,34	82,57	75,72	84,71	84,88	-
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая						
Стронций	381,07	349,07	543,3	517,85	496,69	-
Свинец	27,7	28,44	24	19,74	8,78	-
Мышьяк	3,68	13,05	11,47	10,83	15,69	-
Цинк	158,13	172,3	174,68	187,92	187,47	-
Никель	48,63	46,55	47,02	48,7	50,69	-
Железо	23803,53	23147,88	23653,83	25273,22	25027,53	-
Марганец	2102,33	2228,77	2085,65	2172,05	2189,22	-
Ванадий	59,25	65	59,77	63,62	68,75	-

Микро-элементы	Доза нефти					
	контроль	1 г/кг	2 г/кг	3 г/кг	5 г/кг	10 г/кг
	\bar{x} , мг/кг					
Пойменная (пойменные слабокислые и нейтральные)						
Стронций	206,18	260,97	217,2	212,02	229,19	-
Свинец	16,4	2,9	13,85	16,9	11,62	-
Мышьяк	15,69	5	5	5	15,69	-
Цинк	58,39	57,27	56,12	54,97	51,72	-
Никель	74,42	68,15	66,85	69,91	67,87	-
Железо	31082,01	29590,82	30251,18	30261,83	28576,51	-
Марганец	916,86	862,31	890,45	906,7	737,84	-
Ванадий	69,06	70,39	81,24	85,16	62,44	-
Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая						
Стронций	146,22	50	364,25	365,71	153,33	-
Свинец	10	221,59	59,24	23,78	10	-
Мышьяк	5	70	29,73	6,55	61,78	-
Цинк	160,57	69,68	10	52,04	50,04	-
Никель	49,28	33	32,51	33,9	35,41	-
Железо	6993,01	6993,01	21250,03	21688,16	20923,14	-
Марганец	653,06	850,17	754,7	854,58	638,61	-
Ванадий	284,08	103,56	78,31	76,77	73,97	-
Чернозем оподзоленный						
Стронций	107,88	1200	50	50	199,61	95,18
Свинец	12,68	10	42,59	354,88	2,55	25,71
Мышьяк	5	5	5	70	35,82	15,69
Цинк	76,42	10	129,28	84,07	72,62	79,46
Никель	71,15	10,21	108,21	90,28	68,32	73,1
Железо	32059,95	6993,01	48001,66	33379,64	30120,59	32144,52
Марганец	956,57	158,98	556,82	1012,21	975,71	1003,92
Ванадий	74,18	10	146,92	59,77	48,31	77,8

При анализе полученных результатов было выявлено, что внесение нефти в объеме до 5 г/кг не происходит значительного увеличения содержания исследованных микроэлементов относительно контроля.

Отмечены отдельные небольшие (менее чем в 2 раза) повышения содержания стронция (рис. 5.3.1), но по литературным данным (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989) стронций может фиксироваться в органическом веществе, и в целом его содержание для исследованных почв в различных концентрациях остается в рамках типичного содержания в почвах.

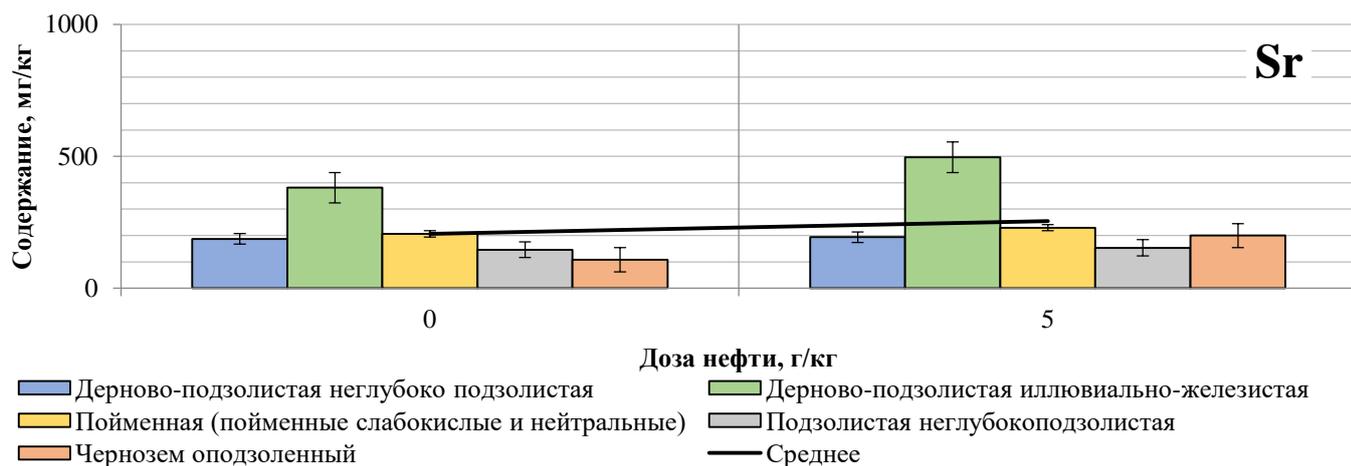


Рис. 5.3.1. Содержание Sr в почвах, загрязненных нефтью (5 г/кг) и в контроле (0 г/кг)

Для таких элементов как цинк, никель, железо, марганец (рисунки 5.3.2-5.3.5) выявлено достаточно однородное содержание (коэффициент вариации ниже 30%), вне зависимости от концентрации нефти в почвах.

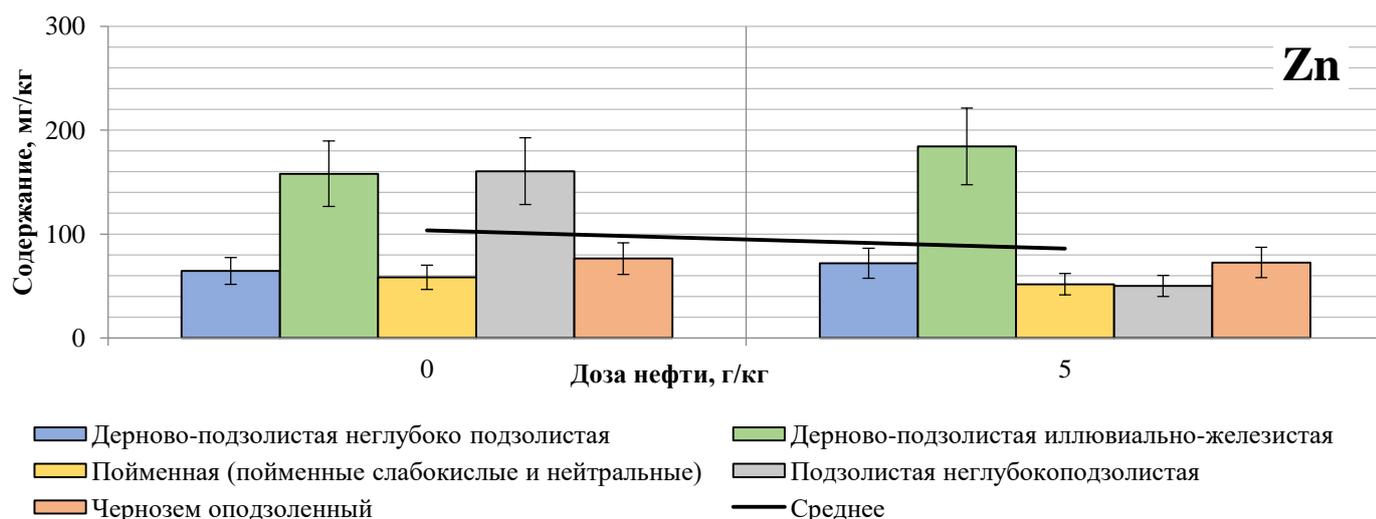


Рис. 5.3.2. Содержание Zn в почвах, загрязненных нефтью (5 г/кг) и в контроле (0 г/кг)

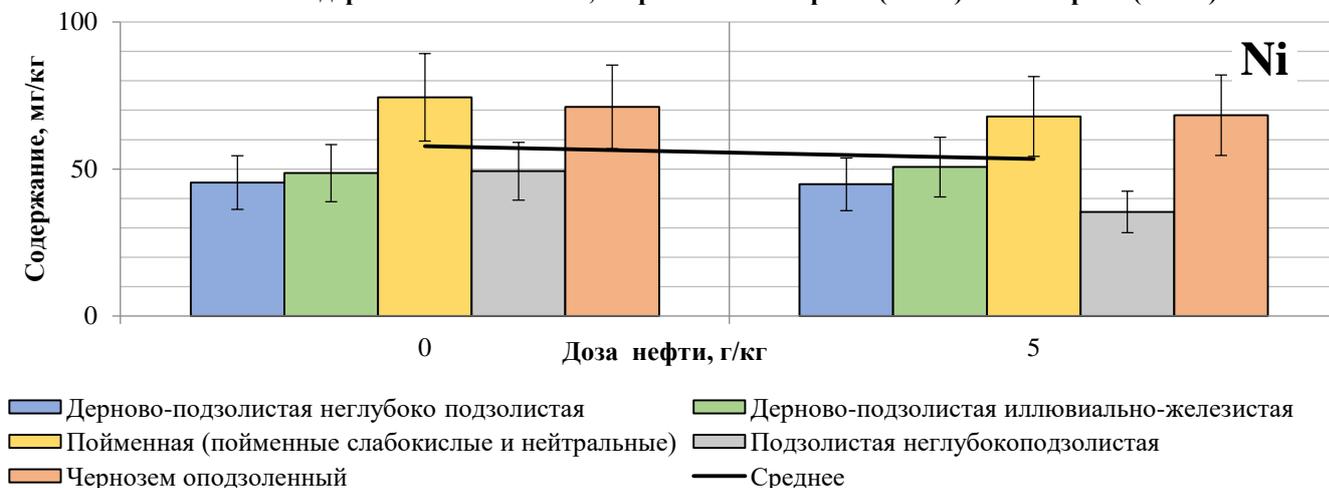


Рис. 5.3.3. Содержание Ni в почвах, загрязненных нефтью (5 г/кг) и в контроле (0 г/кг)

Содержание свинца (рисунок 5.3.6) достаточно равномерно, отдельные изменения содержания находятся в пределах допустимой погрешности.

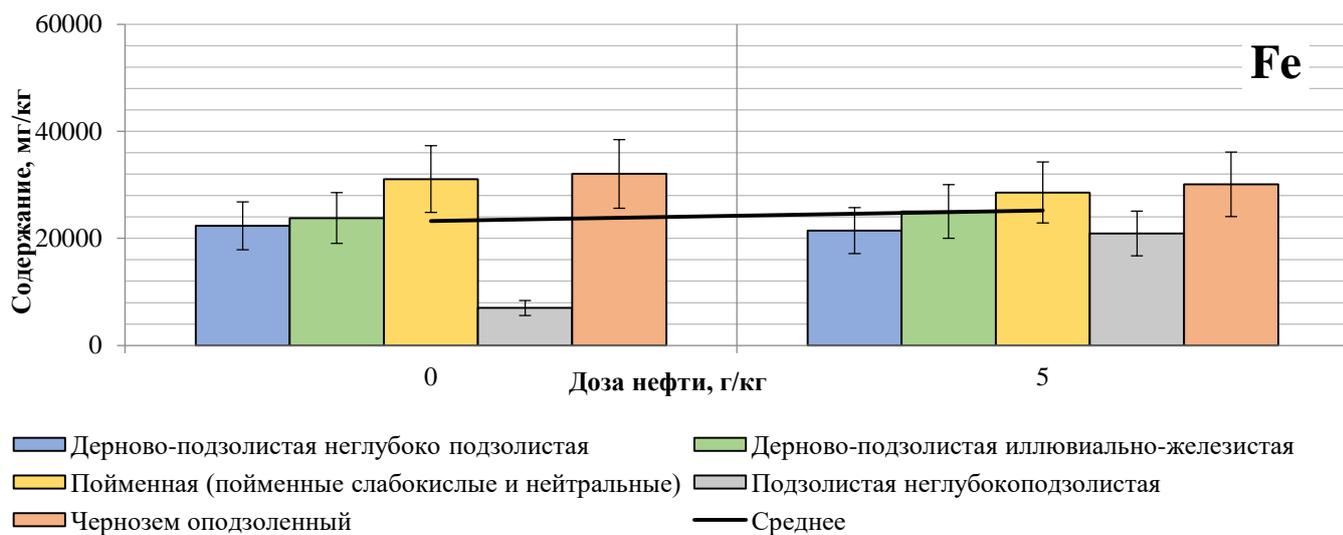


Рис. 5.3.4. Содержание Fe в почвах, загрязненных нефтью (5 г/кг) и в контроле (0 г/кг)

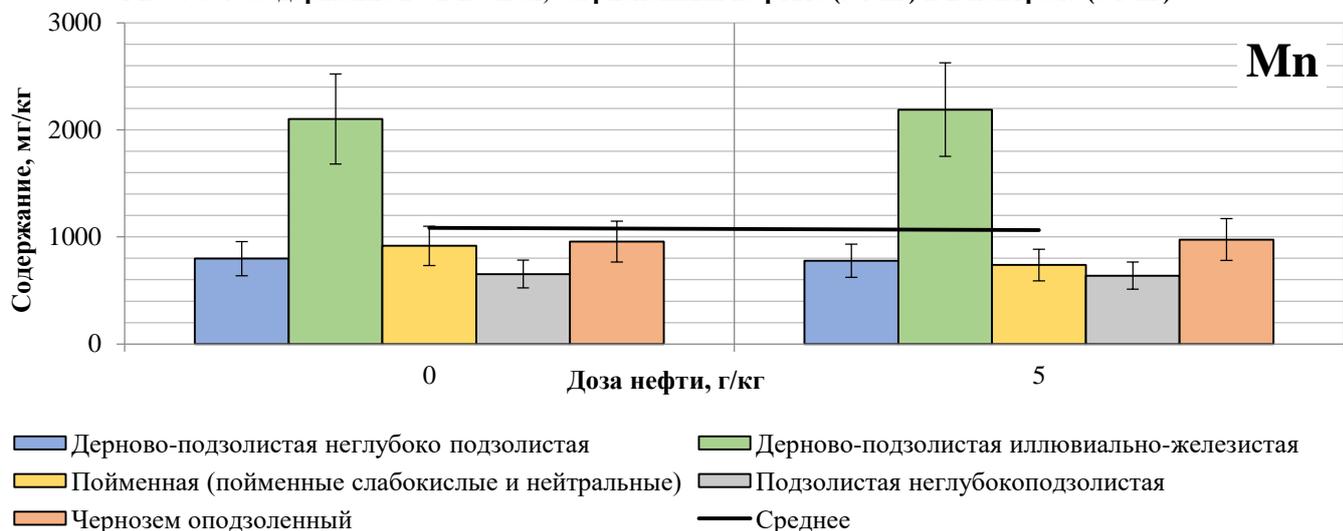


Рис. 5.3.5. Содержание Mn в почвах, загрязненных нефтью (5 г/кг) и в контроле (0 г/кг)

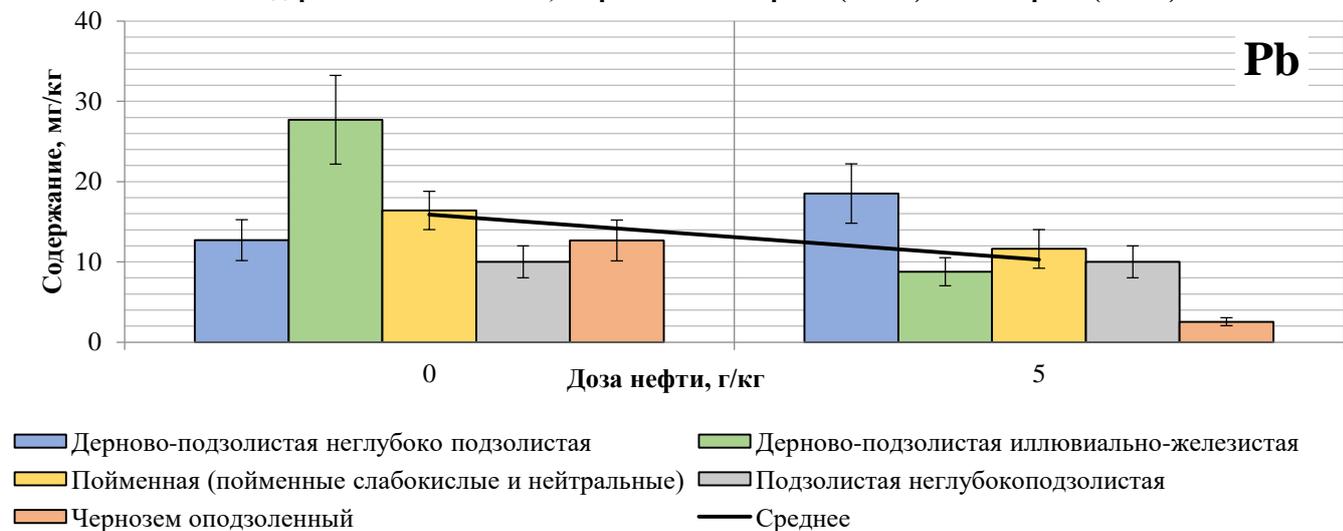


Рис. 5.3.6. Содержание Pb в почвах, загрязненных нефтью (5 г/кг) и в контроле (0 г/кг)

При внесении нефти отмечено повышение содержание мышьяка в почвах (рисунок 5.3.7), однако из литературных данных (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989) известно, что мышьяк может активно фиксироваться глинистыми частицами и органическим веществом

Содержание ванадия (рисунок 5.3.8) достаточно равномерно, отдельные изменения содержания находятся в пределах допустимой погрешности.

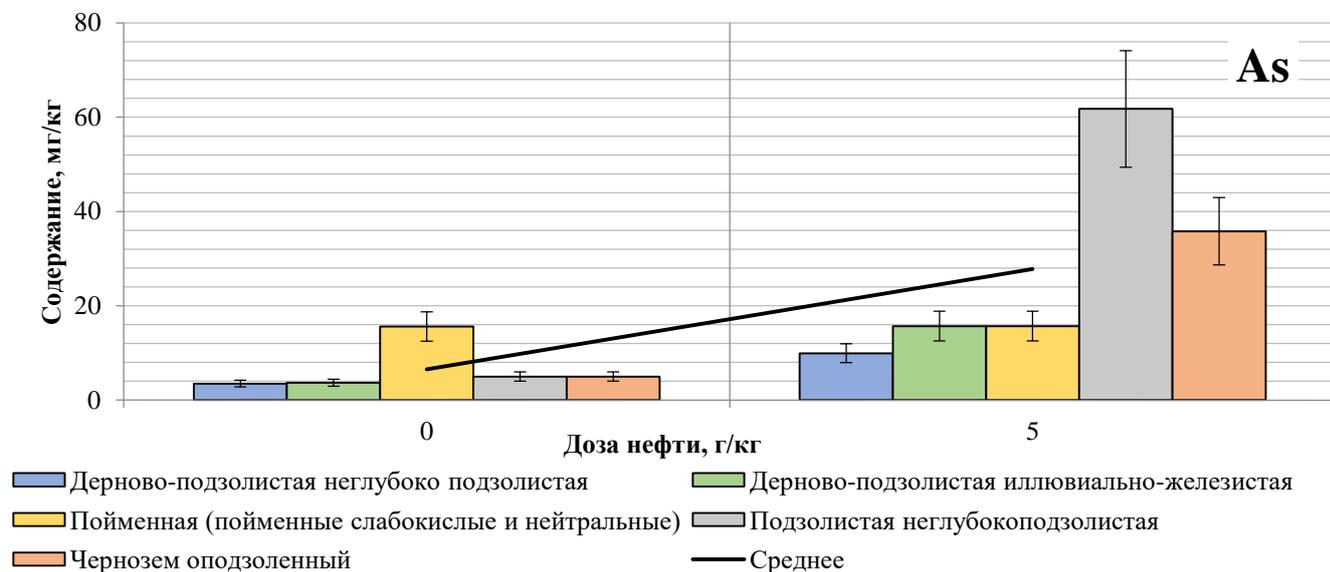


Рис. 5.3.7. Содержание As в почвах, загрязненных нефтью (5 г/кг) и в контроле (0 г/кг)

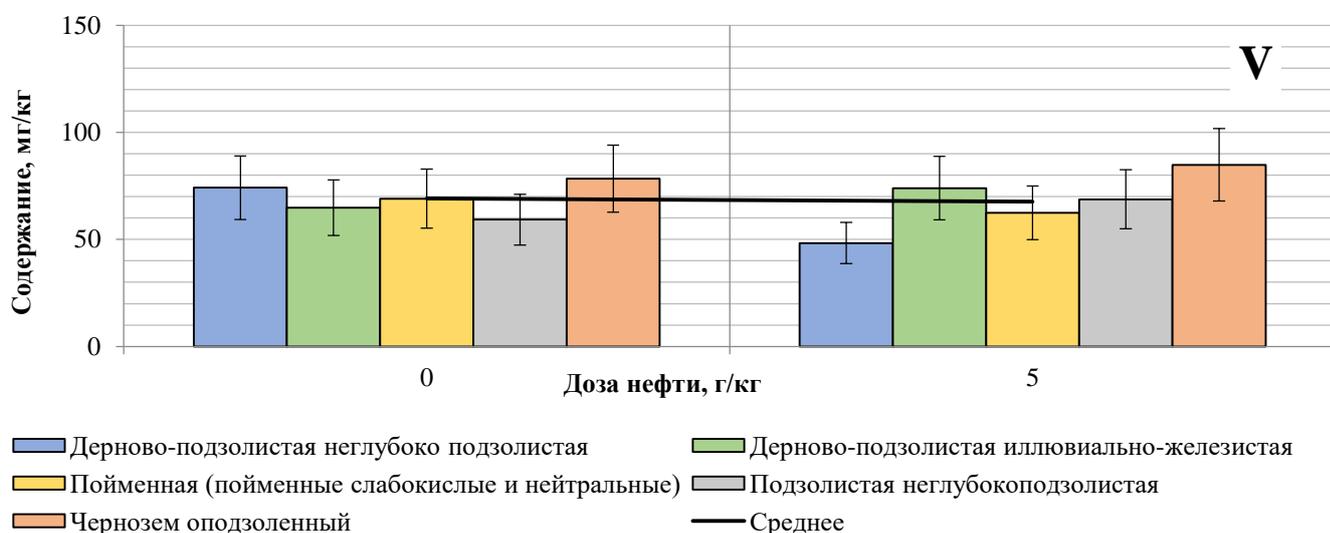


Рис. 5.3.8. Содержание V в почвах, загрязненных нефтью (5 г/кг) и в контроле (0 г/кг)

Приведенные данные по содержанию микроэлементов в почвах, загрязненных нефтью в концентрации 5 г/кг, и в контрольных образцах, свидетельствуют об отсутствии вторичного загрязнения почв микроэлементами. Внесенные в почвы концентрации нефти не приводят к загрязнению почв микроэлементами.

5.4. Результаты прогнозной оценки экологического риска от воздействия загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами при соблюдении ДОНП

Результаты прогнозной оценки экологического риска от воздействия загрязнения дерново-подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почвы нефтью из Кокуйского месторождения

Используемые в качестве входных параметров при расчете экологического риска концентрации приоритетных углеводородных загрязнителей – алифатических и ароматических фракций нефти, а также индивидуальных ПАУ в дерново-подзолистой, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почве приведены в таблице 5.4.1.

Таблица 5.4.1 – Расчетные концентрации компонентов нефти (мг/кг) в дерново-подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почве, используемые в качестве входных параметров

Углеводородные компоненты	Содержание в нефти, %	Содержание нефти в почве, г/кг			
		0,6	1,5	3,2	6,2
Алифатические углеводороды					
C10-C12	5,2	31,2	78	166,4	322,4
C12-C16	12,6	75,6	189	403,2	781,2
C16-C35	38,5	231	577,5	1232	2387
C8-C10	8,1	48,6	121,5	259,2	502,2
Ароматические углеводороды					
C5-C7	9,2	55,2	138	294,4	570,4
C10-C12	7,8	46,8	117	249,6	483,6
C16-C21	12,3	73,8	184,5	393,6	762,6
Acenaphthylene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Anthracene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Benzo(a)pyrene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2
Benzo(b)fluoranthene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Benzo(g,h,i)perylene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2
Benzo(k)fluoranthene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2
Chrysene	0,4	2,4	6	12,8	24,8
Dibenzo(a,h)anthracene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Fluoranthene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Fluorene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2
Phenanthrene	1,2	7,2	18	38,4	74,4
Pyrene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2

В результате проведенной оценки экологического риска установлено (таблицы 5.4.2 и 5.4.3), что при концентрациях нефти 1,0-2,0 г/кг, соответствующих рекомендуемым значениям допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в дерново-

подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почве, полученные прогнозные уровни суммарного канцерогенного риска и интегрального индекса опасности ниже максимально допустимых уровней риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов и ≤ 1 для неканцерогенов соответственно). Данные уровни риска классифицируются как приемлемые, которые не требуют дополнительных мер по его снижению и незначительны по отношению к рискам, существующим в повседневной деятельности или жизни людей. Следовательно, при соблюдении установленных нормативов ДОСНП в почвах на территории Пермского края не будет возникать серьезной угрозы здоровью проживающего на данной территории населения, включая чувствительную подгруппу – детей.

При более высокой (3,0 г/кг) концентрации загрязнения дерново-подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почвы нефтью и нефтепродуктами суммарный уровень канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляет $1,19 \times 10^{-4}$, что находится на грани приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируется как повышенный (таблица 5.4.4). При этом интегральный индекс опасности составляет 0,45, что ниже порогового значения риска (≤ 1 для неканцерогенов).

При максимальной (5,0 г/кг) тестируемой концентрации загрязнения дерново-подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почвы нефтью и нефтепродуктами суммарный уровень канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляет $2,30 \times 10^{-4}$, что превышает уровень приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируется как повышенный (таблица 5.4.5). При этом интегральный индекс опасности составляет 0,87, что близко к пороговому значению риска (≤ 1 для неканцерогенов).

В структуре формирования риска здоровью населения при концентрации (3,0-5,0 г/кг) нефтепродуктов в почве ведущие места будут занимать полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обуславливающие канцерогенный риск, а также производные бензола и нафталиновые арены (ароматические фракции C5-C7 и C10-C12), вызывающие повышение интегрального индекса опасности. Наиболее значимый прогнозируемый путь поступления нефтезагрязнителей к рецепторам для развития канцерогенного риска – ингаляционный (вдыхание почвенных паров). Риск развития неканцерогенного вреда здоровью будет наиболее выражен при употреблении в пищу продуктов растениеводства, выращенных на нефтезагрязненной почве при использовании для полива нефтезагрязненной воды.

Таблица 5.4.2 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для дерново-подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почвы (1,0 г/кг нефти, по факту экстракции 0,6 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-05	6,66E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,98E-05	1,31E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,53E-05	1,14E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,74E-05	1,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,79E-05	3,18E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,12E-05	8,86E-05
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	7,23E-06	2,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,31E-06	4,85E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	3,05E-05	1,04E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,08E-05	2,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,29E-04	6,85E-04
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-05	5,90E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-05	1,16E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,77E-02	6,46E-02
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	7,33E-05	2,50E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,41E-05	4,91E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,29E-03	1,85E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,54E-04	5,26E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,56E-04	1,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	2,50E-07	8,55E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,54E-07	1,68E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,23E-06	1,91E-05
Benzo(a)pyrene	1,96E-07	6,68E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,98E-07	1,31E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,07E-06	2,26E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	3,91E-08	1,34E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,97E-08	2,63E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-07	4,03E-07	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	1,96E-09	1,87E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,98E-09	1,31E-08	0,00E+00	0,00E+00	9,51E-09	2,01E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	7,84E-10	2,68E-08	0,00E+00	0,00E+00	7,93E-10	5,25E-09	0,00E+00	0,00E+00	6,70E-09	1,48E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	3,91E-07	1,34E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,97E-07	2,63E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-06	2,24E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	1,88E-06	6,42E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-06	1,26E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,60E-05	7,49E-05
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	1,88E-06	6,42E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-06	1,26E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,16E-04	2,40E-04
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,96E-08	6,68E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,58E-08	1,71E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,30E-08	1,14E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-06	4,27E-05	1,26E-06	8,40E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-05	4,99E-05
Суммарный индекс опасности	6,49E-07	2,23E-05	3,55E-04	1,21E-02	1,93E-06	1,28E-05	3,57E-04	2,37E-03	2,37E-06	5,06E-06	3,66E-02	8,43E-02

Таблица 5.4.3 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для дерново-подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почвы (2,0 г/кг нефти, по факту экстракции 1,5 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,89E-05	1,67E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,94E-05	3,28E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,88E-04	2,86E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,18E-04	4,04E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-04	7,94E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,03E-04	2,22E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,81E-05	6,16E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,83E-05	1,21E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	7,62E-05	2,61E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,71E-05	5,10E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,22E-04	1,71E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	4,32E-05	1,47E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,36E-05	2,91E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,92E-02	1,62E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,83E-04	6,25E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-04	1,23E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-02	4,62E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	3,85E-04	1,32E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,90E-04	2,58E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	6,25E-07	2,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,35E-07	4,20E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,31E-05	4,78E-05
Benzo(a)pyrene	4,89E-07	1,67E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,96E-07	3,28E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,68E-06	5,65E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	9,78E-08	3,35E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,92E-08	6,58E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,75E-07	1,01E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	4,89E-09	4,68E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,96E-09	3,28E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,38E-08	5,03E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	1,96E-09	6,69E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,98E-09	1,31E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,68E-08	3,69E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	9,78E-07	3,35E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,92E-07	6,58E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,61E-06	5,61E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	4,71E-06	1,60E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,75E-06	3,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,00E-05	1,87E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	4,71E-06	1,60E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,75E-06	3,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,91E-04	6,00E-04
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	4,89E-08	1,67E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,44E-08	4,27E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-07	2,86E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-06	1,07E-04	3,16E-06	2,10E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-05	1,25E-04
Суммарный индекс опасности	1,62E-06	5,57E-05	8,86E-04	3,03E-02	4,82E-06	3,20E-05	8,94E-04	5,92E-03	5,93E-06	1,26E-05	9,15E-02	2,11E-01

Таблица 5.4.4 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для дерново-подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почвы (3,0 г/кг нефти, по факту экстракции 3,2 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-04	3,55E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-04	6,99E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,02E-04	6,10E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,53E-04	8,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,56E-04	1,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,20E-04	4,73E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	3,85E-05	1,31E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,90E-05	2,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,62E-04	5,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,64E-04	1,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,75E-03	3,65E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	9,21E-05	3,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,30E-05	6,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,48E-01	3,45E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	3,91E-04	1,33E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,95E-04	2,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,42E-02	9,85E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	8,22E-04	2,81E-02	0,00E+00	0,00E+00	8,32E-04	5,51E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-06	4,56E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,35E-06	8,96E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,92E-05	1,02E-04
Benzo(a)pyrene	1,04E-06	3,56E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-06	6,99E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,71E-06	1,21E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	2,09E-07	7,14E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-07	1,40E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-06	2,15E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	1,04E-08	9,99E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-08	6,99E-08	0,00E+00	0,00E+00	5,07E-08	1,07E-07	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	4,18E-09	1,43E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,23E-09	2,80E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,57E-08	7,88E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	2,09E-06	7,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-06	1,40E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,56E-06	1,20E-05	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-05	3,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-05	6,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-04	3,99E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-05	3,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-05	6,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,20E-04	1,28E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,04E-07	3,56E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,37E-07	9,11E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,83E-07	6,10E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	6,70E-06	2,28E-04	6,74E-06	4,48E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-04	2,66E-04
Суммарный индекс опасности	3,46E-06	1,19E-04	1,89E-03	6,46E-02	1,03E-05	6,82E-05	1,91E-03	1,26E-02	1,27E-05	2,70E-05	1,95E-01	4,50E-01

Таблица 5.4.5 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для дерново-подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почвы (5,0 г/кг нефти, по факту экстракции 6,2 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,02E-04	6,89E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,04E-04	1,35E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,78E-04	1,18E-03
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,89E-04	1,67E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,95E-04	3,28E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,25E-04	9,16E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	7,47E-05	2,55E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,55E-05	5,01E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	3,15E-04	1,08E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,19E-04	2,11E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,40E-03	7,08E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,78E-04	6,10E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,80E-04	1,20E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,86E-01	6,68E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	7,57E-04	2,58E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,66E-04	5,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	8,57E-02	1,91E-01
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,59E-03	5,44E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,61E-03	1,07E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	2,58E-06	8,83E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,62E-06	1,74E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,54E-05	1,97E-04
Benzo(a)pyrene	2,02E-06	6,91E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,05E-06	1,35E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-05	2,34E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	4,04E-07	1,38E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,10E-07	2,72E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-06	4,17E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	2,02E-08	1,94E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,05E-08	1,35E-07	0,00E+00	0,00E+00	9,82E-08	2,08E-07	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	8,10E-09	2,77E-07	0,00E+00	0,00E+00	8,19E-09	5,43E-08	0,00E+00	0,00E+00	6,92E-08	1,53E-07	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	4,04E-06	1,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,10E-06	2,72E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,08E-05	2,32E-05	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	1,95E-05	6,63E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-05	1,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,72E-04	7,74E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	1,95E-05	6,63E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-05	1,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-03	2,48E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	2,02E-07	6,91E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,66E-07	1,76E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,48E-07	1,18E-06	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	1,30E-05	4,42E-04	1,31E-05	8,68E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,48E-04	5,16E-04
Суммарный индекс опасности	6,70E-06	2,30E-04	3,66E-03	1,25E-01	1,99E-05	1,32E-04	3,69E-03	2,45E-02	2,45E-05	5,23E-05	3,78E-01	8,72E-01

Результаты прогнозной оценки экологического риска от воздействия загрязнения дерново-подзолистой иллювиально железистой почвы нефтью из Аптугайского месторождения

Используемые в качестве входных параметров при расчете экологического риска концентрации приоритетных углеводородных загрязнителей – алифатических и ароматических фракций нефти и индивидуальных ПАУ в дерново-подзолистой иллювиально железистой почве приведены в таблице 5.4.6.

Таблица 5.4.6 – Расчетные концентрации компонентов нефти (мг/кг) в дерново-подзолистой иллювиально железистой почве, используемые в качестве входных параметров

Углеводородные компоненты	Содержание в нефти, %	Содержание нефти в почве, г/кг			
		1,0	2,1	3,1	5,2
Алифатические углеводороды					
C10-C12	7,5	75	157,5	232,5	390
C12-C16	24,3	243	510,3	753,3	1263,6
C16-C35	29,2	292	613,2	905,2	1518,4
C8-C10	7,4	74	155,4	229,4	384,8
Ароматические углеводороды					
C5-C7	6,3	63	132,3	195,3	327,6
C10-C12	9,8	98	205,8	303,8	509,6
C16-C21	10,3	103	216,3	319,3	535,6
Acenaphthylene	0,1	1	2,1	3,1	5,2
Anthracene	0,2	2	4,2	6,2	10,4
Benzo(a)pyrene	0,2	2	4,2	6,2	10,4
Benzo(b)fluoranthene	0,2	2	4,2	6,2	10,4
Benzo(g,h,i)perylene	0,1	1	2,1	3,1	5,2
Benzo(k)fluoranthene	0,1	1	2,1	3,1	5,2
Chrysene	0,3	3	6,3	9,3	15,6
Dibenzo(a,h)anthracene	0,1	1	2,1	3,1	5,2
Fluoranthene	0,2	2	4,2	6,2	10,4
Fluorene	0,2	2	4,2	6,2	10,4
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	0,1	1	2,1	3,1	5,2
Phenanthrene	1	10	21	31	52
Pyrene	0,2	2	4,2	6,2	10,4

В результате проведенной оценки экологического риска установлено (таблицы 5.4.7 и 5.4.8), что при концентрациях нефти 1,0-2,0 г/кг, соответствующих рекомендуемым значениям допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в дерново-подзолистой иллювиально железистой почве, полученные прогнозные уровни суммарного канцерогенного риска и интегрального индекса опасности ниже максимально допустимых уровней риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов и ≤ 1 для неканцерогенов соответственно). Данные уровни риска

классифицируются как приемлемые, которые не требуют дополнительных мер по его снижению и незначительны по отношению к рискам, существующим в повседневной деятельности или жизни людей. Следовательно, при соблюдении установленных нормативов ДОСНП в почвах на территории Пермского края не будет возникать серьезной угрозы здоровью проживающего на данной территории населения, включая чувствительную подгруппу – детей.

При более высокой (3,0 г/кг) концентрации загрязнения дерново-подзолистой иллювиально железистой почвы нефтью и нефтепродуктами суммарный уровень канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляет $1,14 \times 10^{-4}$, что выше уровня приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируется как повышенный (таблица 5.4.9). При этом интегральный индекс опасности составляет 0,35, что ниже порогового значения риска (≤ 1 для неканцерогенов).

При более высокой (5,0 г/кг) концентрации загрязнения дерново-подзолистой иллювиально железистой почвы нефтью и нефтепродуктами суммарный уровень канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляет $1,92 \times 10^{-4}$, что выше уровня приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируется как повышенный (таблица 5.4.10). При этом интегральный индекс опасности составляет 0,59, что также ниже порогового значения риска (≤ 1 для неканцерогенов).

В структуре формирования риска здоровью населения при данной концентрации нефтепродуктов в почве ведущие места будут занимать полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обуславливающие канцерогенный риск, а также производные бензола и нафталиновые арены (ароматические фракции C5-C7 и C10-C12), вызывающие повышение интегрального индекса опасности. Наиболее значимый прогнозируемый путь поступления нефтезагрязнителей к рецепторам для развития канцерогенного риска – ингаляционный (вдыхание почвенных паров). Риск развития неканцерогенного вреда здоровью будет наиболее выражен при употреблении в пищу продуктов растениеводства, выращенных на нефтезагрязненной почве при использовании для полива нефтезагрязненной воды.

Таблица 5.4.7 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для дерново-подзолистой иллювиально железистой почвы (1,0 г/кг нефти, по факту экстракции 1,0 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,70E-05	1,60E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,75E-05	3,15E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,81E-04	3,81E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-04	5,19E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,54E-04	1,02E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-04	2,85E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	9,14E-06	3,12E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,25E-06	6,13E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,63E-05	1,58E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,69E-05	3,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,99E-04	1,04E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,97E-05	6,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,00E-05	1,32E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,00E-02	7,00E-02
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,53E-04	5,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,55E-04	1,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,00E-02	4,00E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	2,15E-04	7,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,18E-04	1,44E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	4,17E-07	1,42E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,22E-07	2,80E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,54E-05	3,19E-05
Benzo(a)pyrene	6,53E-07	2,23E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,61E-07	4,38E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,56E-06	7,53E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	6,53E-08	2,23E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,61E-08	4,38E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,17E-07	6,72E-07	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	3,27E-09	1,11E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,30E-09	2,19E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-08	3,36E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	9,80E-10	3,34E-08	0,00E+00	0,00E+00	9,91E-10	6,57E-09	0,00E+00	0,00E+00	8,79E-09	1,84E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	3,27E-07	1,11E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,30E-07	2,19E-06	0,00E+00	0,00E+00	8,69E-07	1,87E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	3,13E-06	1,07E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,17E-06	2,10E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-05	1,25E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	3,13E-06	1,07E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,17E-06	2,10E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,94E-04	4,00E-04
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	3,27E-08	1,11E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,30E-08	2,85E-07	0,00E+00	0,00E+00	8,83E-08	1,90E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	4,17E-06	1,42E-04	4,22E-06	2,80E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,01E-05	1,66E-04
Суммарный индекс опасности	1,08E-06	3,69E-05	6,53E-04	2,23E-02	5,32E-06	3,53E-05	6,57E-04	4,35E-03	4,86E-06	1,03E-05	6,12E-02	1,12E-01

Таблица 5.4.8 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для дерново-подзолистой иллювиально железистой почвы (2,0 г/кг нефти, по факту экстракции 2,1 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	9,87E-05	3,36E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E-05	6,62E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-04	8,00E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	3,19E-04	1,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,23E-04	2,14E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,77E-04	5,99E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-05	6,55E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,94E-05	1,29E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	9,72E-05	3,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,85E-05	6,53E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-03	2,18E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	4,14E-05	1,41E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,20E-05	2,77E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-02	1,47E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	3,21E-04	1,10E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,26E-04	2,16E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,20E-02	8,40E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	4,52E-04	1,54E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,58E-04	3,02E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	8,76E-07	2,98E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,86E-07	5,88E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,23E-05	6,70E-05
Benzo(a)pyrene	1,37E-06	4,68E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-06	9,20E-06	0,00E+00	0,00E+00	7,48E-06	1,58E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	1,37E-07	4,68E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-07	9,20E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-07	1,41E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	6,87E-09	2,33E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,93E-09	4,60E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,32E-08	7,06E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	2,06E-09	7,01E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,08E-09	1,38E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-08	3,86E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	6,87E-07	2,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,93E-07	4,60E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,82E-06	3,93E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	6,57E-06	2,25E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-06	4,41E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-04	2,63E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	6,57E-06	2,25E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-06	4,41E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,07E-04	8,40E-04
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	6,87E-08	2,33E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,03E-08	5,99E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-07	3,99E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	8,76E-06	2,98E-04	8,86E-06	5,88E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,68E-04	3,49E-04
Суммарный индекс опасности	2,27E-06	7,75E-05	1,37E-03	4,68E-02	1,12E-05	7,42E-05	1,38E-03	9,14E-03	1,02E-05	2,17E-05	1,28E-01	2,36E-01

Таблица 5.4.9 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для дерново-подзолистой иллювиально железистой почвы (3,0 г/кг нефти, по факту экстракции 3,1 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,46E-04	4,96E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,47E-04	9,77E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,61E-04	1,18E-03
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,71E-04	1,61E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,77E-04	3,16E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,09E-04	8,84E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,83E-05	9,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,87E-05	1,90E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,44E-04	4,90E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,45E-04	9,64E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,55E-03	3,22E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	6,11E-05	2,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,20E-05	4,09E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,24E-01	2,17E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	4,74E-04	1,62E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,81E-04	3,19E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,20E-02	1,24E-01
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	6,67E-04	2,28E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,76E-04	4,46E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-06	4,40E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-06	8,68E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,77E-05	9,89E-05
Benzo(a)pyrene	2,02E-06	6,91E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,05E-06	1,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-05	2,33E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	2,02E-07	6,91E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,05E-07	1,36E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,83E-07	2,08E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	1,01E-08	3,44E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-08	6,79E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,90E-08	1,04E-07	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	3,04E-09	1,04E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,07E-09	2,04E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,72E-08	5,70E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	1,01E-06	3,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-06	6,79E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,69E-06	5,80E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	9,70E-06	3,32E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,83E-06	6,51E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,86E-04	3,88E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	9,70E-06	3,32E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,83E-06	6,51E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,01E-04	1,24E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,01E-07	3,44E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-07	8,84E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,74E-07	5,89E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-05	4,40E-04	1,31E-05	8,68E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,48E-04	5,15E-04
Суммарный индекс опасности	3,35E-06	1,14E-04	2,02E-03	6,91E-02	1,65E-05	1,09E-04	2,04E-03	1,35E-02	1,51E-05	3,20E-05	1,90E-01	3,49E-01

Таблица 5.4.10 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для дерново-подзолистой иллювиально железистой почвы (5,0 г/кг нефти, по факту экстракции 5,2 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,44E-04	8,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,47E-04	1,64E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,41E-04	1,98E-03
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	7,90E-04	2,70E-02	0,00E+00	0,00E+00	8,01E-04	5,30E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,86E-04	1,48E-03
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,75E-05	1,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,81E-05	3,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,41E-04	8,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,44E-04	1,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,59E-03	5,41E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-04	3,50E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-04	6,86E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,08E-01	3,64E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	7,96E-04	2,72E-02	0,00E+00	0,00E+00	8,06E-04	5,36E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-01	2,08E-01
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,12E-03	3,82E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-03	7,49E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	2,17E-06	7,38E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-06	1,46E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,01E-05	1,66E-04
Benzo(a)pyrene	3,40E-06	1,16E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,44E-06	2,28E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-05	3,92E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	3,40E-07	1,16E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,44E-07	2,28E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,65E-06	3,49E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	1,70E-08	5,77E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,72E-08	1,14E-07	0,00E+00	0,00E+00	8,22E-08	1,75E-07	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	5,10E-09	1,74E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,15E-09	3,42E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,57E-08	9,57E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	1,70E-06	5,77E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,72E-06	1,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,52E-06	9,72E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	1,63E-05	5,56E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,65E-05	1,09E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,12E-04	6,50E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	1,63E-05	5,56E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,65E-05	1,09E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-03	2,08E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,70E-07	5,77E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,24E-07	1,48E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,59E-07	9,88E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	2,17E-05	7,38E-04	2,19E-05	1,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,17E-04	8,63E-04
Суммарный индекс опасности	5,63E-06	1,92E-04	3,40E-03	1,16E-01	2,77E-05	1,84E-04	3,42E-03	2,26E-02	2,53E-05	5,36E-05	3,18E-01	5,85E-01

Результаты прогнозной оценки экологического риска от воздействия загрязнения пойменной слабокислой и нейтральной почвы нефтью из Аптугайского месторождения

Используемые в качестве входных параметров при расчете экологического риска концентрации приоритетных углеводородных загрязнителей – алифатических и ароматических фракций нефти и индивидуальных ПАУ в пойменной слабокислой и нейтральной почве приведены в таблице 5.4.11.

Таблица 5.4.11 – Расчетные концентрации компонентов нефти (мг/кг) в пойменной слабокислой и нейтральной почве, используемые в качестве входных параметров

Углеводородные компоненты	Содержание в нефти, %	Содержание нефти в почве, г/кг			
		1,1	1,8	3,2	5,2
Алифатические углеводороды					
C10-C12	7,5	82,5	135	240	390
C12-C16	24,3	267,3	437,4	777,6	1263,6
C16-C35	29,2	321,2	525,6	934,4	1518,4
C8-C10	7,4	81,4	133,2	236,8	384,8
Ароматические углеводороды					
C5-C7	6,3	69,3	113,4	201,6	327,6
C10-C12	9,8	107,8	176,4	313,6	509,6
C16-C21	10,3	113,3	185,4	329,6	535,6
Acenaphthylene	0,1	1,1	1,8	3,2	5,2
Anthracene	0,2	2,2	3,6	6,4	10,4
Benzo(a)pyrene	0,2	2,2	3,6	6,4	10,4
Benzo(b)fluoranthene	0,2	2,2	3,6	6,4	10,4
Benzo(g,h,i)perylene	0,1	1,1	1,8	3,2	5,2
Benzo(k)fluoranthene	0,1	1,1	1,8	3,2	5,2
Chrysene	0,3	3,3	5,4	9,6	15,6
Dibenzo(a,h)anthracene	0,1	1,1	1,8	3,2	5,2
Fluoranthene	0,2	2,2	3,6	6,4	10,4
Fluorene	0,2	2,2	3,6	6,4	10,4
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	0,1	1,1	1,8	3,2	5,2
Phenanthrene	1	11	18	32	52
Pyrene	0,2	2,2	3,6	6,4	10,4

В результате проведенной оценки экологического риска установлено (таблицы 5.4.12-5.4.14), что при концентрациях нефти 1,0-3,0 г/кг, соответствующих рекомендуемым значениям допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в пойменной слабокислой и нейтральной почве, полученные прогнозные уровни суммарного канцерогенного риска и интегрального индекса опасности ниже максимально допустимых уровней риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов и ≤ 1 для неканцерогенов соответственно). Данные уровни риска классифицируются как приемлемые, которые не требуют дополнительных мер по его

снижению и незначительны по отношению к рискам, существующим в повседневной деятельности или жизни людей. Следовательно, при соблюдении установленных нормативов ДОСНП в почвах на территории Пермского края не будет возникать серьезной угрозы здоровью проживающего на данной территории населения, включая чувствительную подгруппу – детей.

При более высокой (5,0 г/кг) концентрации загрязнения пойменной слабокислой и нейтральной почвы нефтью и нефтепродуктами суммарный уровень канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляет $0,90 \times 10^{-4}$, что находится на грани приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируется как повышенный (таблица 5.4.15). При этом интегральный индекс опасности составляет 0,71, что также близко к пороговому значению риска (≤ 1 для неканцерогенов). В структуре формирования риска здоровью населения при данной концентрации нефтепродуктов в почве ведущие места будут занимать полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обуславливающие канцерогенный риск, а также производные бензола и нафталиновые арены (ароматические фракции C5-C7 и C10-C12), вызывающие повышение интегрального индекса опасности. Наиболее значимый прогнозируемый путь поступления нефтезагрязнителей к рецепторам для развития канцерогенного риска – ингаляционный (вдыхание почвенных паров). Риск развития неканцерогенного вреда здоровью будет наиболее выражен при употреблении в пищу продуктов растениеводства, выращенных на нефтезагрязненной почве при использовании для полива нефтезагрязненной воды.

Таблица 5.4.12 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для пойменной слабокислой и нейтральной почвы (1,0 г/кг нефти, по факту экстракции 1,1 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,89E-04	3,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,93E-04	5,96E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,22E-04	2,57E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	5,28E-04	5,55E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,35E-04	1,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,03E-05	1,08E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	7,63E-05	8,02E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,73E-05	1,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	8,29E-04	8,72E-03	0,00E+00	0,00E+00	8,39E-04	1,71E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,80E-04	2,05E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	3,55E-04	3,74E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,60E-04	7,33E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,77E-02	1,52E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	4,40E-04	4,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,45E-04	9,07E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,45E-03	1,12E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-04	1,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,27E-04	2,59E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	2,10E-06	2,20E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-06	4,32E-06	0,00E+00	0,00E+00	8,46E-06	1,76E-05
Benzo(a)pyrene	6,55E-07	6,89E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,63E-07	1,35E-06	0,00E+00	0,00E+00	7,06E-08	9,93E-08	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	3,28E-07	3,44E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,32E-07	6,75E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,13E-08	4,43E-08	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	3,28E-08	3,44E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,32E-08	6,75E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,13E-09	4,43E-09	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	1,31E-08	1,38E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-08	2,71E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,32E-09	3,25E-09	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	6,55E-07	6,89E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,63E-07	1,35E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,44E-08	4,92E-08	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	4,72E-05	4,96E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,77E-05	9,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,90E-05	2,06E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	4,72E-05	4,96E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,77E-05	9,73E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,20E-04	6,60E-04
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	3,28E-07	3,44E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,32E-07	8,78E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-08	2,52E-08	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	2,10E-05	2,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-05	4,32E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,40E-05	4,40E-05
Суммарный риск	2,01E-06	2,11E-05	2,76E-03	2,90E-02	2,14E-06	4,35E-06	2,80E-03	5,69E-03	1,59E-07	2,26E-07	7,48E-02	1,67E-01

Таблица 5.4.13 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для пойменной слабокислой и нейтральной почвы (2,0 г/кг нефти, по факту экстракции 2,2 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	5,79E-04	6,06E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,86E-04	1,19E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,44E-04	5,14E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-03	1,11E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,07E-03	2,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-04	2,17E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,53E-04	1,60E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,55E-04	3,15E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,66E-03	1,74E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,68E-03	3,42E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-03	4,10E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	7,11E-04	7,48E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,21E-04	1,47E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,35E-01	3,05E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	8,80E-04	9,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	8,90E-04	1,81E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-02	2,25E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	2,51E-04	2,64E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,55E-04	5,18E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	4,20E-06	4,40E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,23E-06	8,63E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,69E-05	3,52E-05
Benzo(a)pyrene	1,31E-06	1,38E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-06	2,70E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,41E-07	1,99E-07	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	6,57E-07	6,87E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,63E-07	1,35E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,26E-08	8,87E-08	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	6,57E-08	6,87E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,63E-08	1,35E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,26E-09	8,87E-09	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	2,62E-08	2,75E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,65E-08	5,42E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,64E-09	6,50E-09	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	1,31E-06	1,38E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-06	2,70E-06	0,00E+00	0,00E+00	6,87E-08	9,85E-08	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	9,44E-05	9,92E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,54E-05	1,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,98E-04	4,13E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	9,44E-05	9,92E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,54E-05	1,95E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,40E-04	1,32E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	6,57E-07	6,87E-06	0,00E+00	0,00E+00	8,63E-07	1,76E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,49E-08	5,04E-08	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	4,20E-05	4,40E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,23E-05	8,63E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,80E-05	8,80E-05
Суммарный риск	4,02E-06	4,23E-05	5,52E-03	5,80E-02	4,27E-06	8,70E-06	5,59E-03	1,14E-02	3,18E-07	4,52E-07	1,50E-01	3,34E-01

Таблица 5.4.14 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для пойменной слабокислой и нейтральной почвы (3,0 г/кг нефти, по факту экстракции 3,1 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	8,16E-04	8,54E-03	0,00E+00	0,00E+00	8,25E-04	1,68E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,44E-04	7,25E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,49E-03	1,56E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,51E-03	3,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-04	3,05E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,15E-04	2,26E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,18E-04	4,44E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,34E-03	2,46E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,37E-03	4,82E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,76E-03	5,77E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-03	1,05E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,02E-03	2,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,91E-01	4,29E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,24E-03	1,30E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,25E-03	2,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,54E-02	3,17E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	3,54E-04	3,72E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,59E-04	7,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	5,91E-06	6,20E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,96E-06	1,22E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,38E-05	4,96E-05
Benzo(a)pyrene	1,85E-06	1,94E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,87E-06	3,81E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,99E-07	2,80E-07	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	9,25E-07	9,68E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,35E-07	1,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	8,82E-08	1,25E-07	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	9,25E-08	9,68E-07	0,00E+00	0,00E+00	9,35E-08	1,90E-07	0,00E+00	0,00E+00	8,82E-09	1,25E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	3,70E-08	3,88E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,74E-08	7,63E-08	0,00E+00	0,00E+00	6,53E-09	9,16E-09	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	1,85E-06	1,94E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,87E-06	3,81E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,68E-08	1,39E-07	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,40E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,34E-04	2,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,79E-04	5,82E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-04	1,40E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,34E-04	2,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,01E-04	1,86E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	9,25E-07	9,68E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,22E-06	2,48E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,91E-08	7,11E-08	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	5,91E-05	6,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,96E-05	1,22E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,24E-04	1,24E-04
Суммарный риск	5,67E-06	5,95E-05	7,78E-03	8,18E-02	6,02E-06	1,23E-05	7,88E-03	1,60E-02	4,48E-07	6,36E-07	2,11E-01	4,70E-01

Таблица 5.4.15 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для пойменной слабокислой и нейтральной почвы (5,0 г/кг нефти, по факту экстракции 4,7 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,24E-03	1,29E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,25E-03	2,55E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,22E-04	1,10E-03
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,26E-03	2,37E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,28E-03	4,66E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,15E-04	4,63E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	3,26E-04	3,43E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,30E-04	6,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	3,54E-03	3,72E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,59E-03	7,30E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,19E-03	8,75E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-03	1,60E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,54E-03	3,13E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,89E-01	6,51E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,88E-03	1,97E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-03	3,88E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,33E-02	4,80E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	5,37E-04	5,64E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,44E-04	1,11E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	8,97E-06	9,40E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,04E-06	1,84E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,62E-05	7,52E-05
Benzo(a)pyrene	2,80E-06	2,94E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,83E-06	5,78E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,02E-07	4,24E-07	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	1,40E-06	1,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-06	2,89E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,34E-07	1,89E-07	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	1,40E-07	1,47E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,42E-07	2,89E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,34E-08	1,89E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	5,60E-08	5,88E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,67E-08	1,16E-07	0,00E+00	0,00E+00	9,91E-09	1,39E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	2,80E-06	2,94E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,83E-06	5,78E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,47E-07	2,10E-07	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	2,02E-04	2,12E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,04E-04	4,16E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,23E-04	8,82E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	2,02E-04	2,12E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,04E-04	4,16E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,37E-03	2,82E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,40E-06	1,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,84E-06	3,75E-06	0,00E+00	0,00E+00	7,45E-08	1,08E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	8,97E-05	9,40E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,04E-05	1,84E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,88E-04	1,88E-04
Суммарный риск	8,60E-06	9,03E-05	1,18E-02	1,24E-01	9,13E-06	1,86E-05	1,19E-02	2,43E-02	6,80E-07	9,65E-07	3,19E-01	7,13E-01

Результаты прогнозной оценки экологического риска от воздействия загрязнения чернозема оподзоленного нефтью из Кокуйского месторождения

Используемые в качестве входных параметров при расчете экологического риска концентрации приоритетных углеводородных загрязнителей – алифатических и ароматических фракций нефти и индивидуальных ПАУ в черноземе оподзоленном приведены в таблице 5.4.16.

Таблица 5.4.16 – Расчетные концентрации компонентов нефти (мг/кг) в черноземе оподзоленном, используемые в качестве входных параметров

	Содержание в нефти, %	Содержание нефти в почве, г/кг			
		0,6	1,5	3,2	6,2
Алифатические углеводороды					
C10-C12	5,2	31,2	78	166,4	322,4
C12-C16	12,6	75,6	189	403,2	781,2
C16-C35	38,5	231	577,5	1232	2387
C8-C10	8,1	48,6	121,5	259,2	502,2
Ароматические углеводороды					
C5-C7	9,2	55,2	138	294,4	570,4
C10-C12	7,8	46,8	117	249,6	483,6
C16-C21	12,3	73,8	184,5	393,6	762,6
Acenaphthylene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Anthracene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Benzo(a)pyrene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2
Benzo(b)fluoranthene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Benzo(g,h,i)perylene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2
Benzo(k)fluoranthene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2
Chrysene	0,4	2,4	6	12,8	24,8
Dibenzo(a,h)anthracene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Fluoranthene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Fluorene	0,2	1,2	3	6,4	12,4
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2
Phenanthrene	1,2	7,2	18	38,4	74,4
Pyrene	0,1	0,6	1,5	3,2	6,2

В результате проведенной оценки экологического риска установлено (таблицы 5.4.17 и 5.4.18), что при концентрациях нефти 1,0-2,0 г/кг, соответствующих рекомендуемым значениям допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в черноземе оподзоленном, полученные прогнозные уровни суммарного канцерогенного риска и интегрального индекса опасности ниже максимально допустимых уровней риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов и ≤ 1 для неканцерогенов соответственно). Данные уровни риска классифицируются как приемлемые, которые не требуют дополнительных мер по его снижению и незначительны по отношению к

рискам, существующим в повседневной деятельности или жизни людей. Следовательно, при соблюдении установленных нормативов ДОСНП в почвах на территории Пермского края не будет возникать серьезной угрозы здоровью проживающего на данной территории населения, включая чувствительную подгруппу – детей.

При более высокой (3,0 г/кг) концентрации загрязнения чернозема оподзоленного нефтью и нефтепродуктами суммарный уровень канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляет $1,19 \times 10^{-4}$, что превышает уровень приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируется как повышенный (таблица 5.4.19). При этом интегральный индекс опасности составляет 0,45, что ниже порогового значения риска (≤ 1 для неканцерогенов).

При более высоких (5,0-10,0 г/кг) концентрации загрязнения чернозема оподзоленного нефтью и нефтепродуктами суммарный уровень канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляет $1,97-3,68 \times 10^{-4}$, что превышает уровень приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируется как повышенный (таблицы 5.4.20 и 5.4.21). Интегральный индекс опасности при уровне загрязнения почвы 5,0 г/кг составляет 0,75, что ниже порогового значения, а при уровне загрязнения 10,0 г/кг – 1,39, что превышает пороговое значение (≤ 1 для неканцерогенов).

В структуре формирования риска здоровью населения при данной концентрации нефтепродуктов в почве ведущие места будут занимать полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обуславливающие канцерогенный риск, а также производные бензола и нафталиновые арены (ароматические фракции C5-C7 и C10-C12), вызывающие повышение интегрального индекса опасности. Наиболее значимый прогнозируемый путь поступления нефтезагрязнителей к рецепторам для развития канцерогенного риска – ингаляционный (вдыхание почвенных паров). Риск развития неканцерогенного вреда здоровью будет наиболее выражен при употреблении в пищу продуктов растениеводства, выращенных на нефтезагрязненной почве при использовании для полива нефтезагрязненной воды.

Таблица 5.4.17 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для чернозема оподзоленного (1,0 г/кг нефти, по факту экстракции 1,3 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,24E-05	1,44E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,28E-05	2,84E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,63E-04	2,48E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,03E-04	3,50E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-04	6,88E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,92E-05	1,92E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,57E-05	5,34E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-05	1,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	6,60E-05	2,26E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,68E-05	4,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,12E-04	1,48E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	3,74E-05	1,28E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,78E-05	2,52E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-02	1,40E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,59E-04	5,42E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,61E-04	1,06E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,80E-02	4,00E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	3,34E-04	1,14E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,38E-04	2,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	5,42E-07	1,85E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,50E-07	3,64E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,00E-05	4,14E-05
Benzo(a)pyrene	4,24E-07	1,45E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,30E-07	2,84E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,32E-06	4,90E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	8,48E-08	2,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	8,60E-08	5,70E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,12E-07	8,74E-07	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	4,24E-09	4,06E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,30E-09	2,84E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,06E-08	4,36E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	1,70E-09	5,80E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,72E-09	1,14E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,45E-08	3,20E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	8,48E-07	2,90E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,60E-07	5,70E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,26E-06	4,86E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	4,08E-06	1,39E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,12E-06	2,72E-05	0,00E+00	0,00E+00	7,80E-05	1,62E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	4,08E-06	1,39E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,12E-06	2,72E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,52E-04	5,20E-04
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	4,24E-08	1,45E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,58E-08	3,70E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-07	2,48E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	2,72E-06	9,26E-05	2,74E-06	1,82E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,20E-05	1,08E-04
Суммарный индекс опасности	1,41E-06	4,83E-05	7,68E-04	2,62E-02	4,18E-06	2,77E-05	7,74E-04	5,13E-03	5,14E-06	1,10E-05	7,93E-02	1,83E-01

Таблица 5.4.18 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для чернозема оподзоленного (2,0 г/кг нефти, по факту экстракции 2,3 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	7,50E-05	2,55E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,57E-05	5,02E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,89E-04	4,39E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,82E-04	6,19E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,84E-04	1,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-04	3,40E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,77E-05	9,45E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,80E-05	1,86E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,17E-04	4,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,18E-04	7,82E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-03	2,63E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	6,62E-05	2,26E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,69E-05	4,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-01	2,48E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	2,81E-04	9,59E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,84E-04	1,88E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,18E-02	7,08E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	5,91E-04	2,02E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,98E-04	3,96E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	9,59E-07	3,28E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,73E-07	6,44E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,54E-05	7,32E-05
Benzo(a)pyrene	7,50E-07	2,56E-05	0,00E+00	0,00E+00	7,61E-07	5,02E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,10E-06	8,67E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	1,50E-07	5,13E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-07	1,01E-06	0,00E+00	0,00E+00	7,29E-07	1,55E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	7,50E-09	7,18E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,61E-09	5,02E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,64E-08	7,71E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	3,00E-09	1,03E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,04E-09	2,01E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,57E-08	5,66E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	1,50E-06	5,13E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-06	1,01E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,00E-06	8,60E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	7,22E-06	2,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,29E-06	4,81E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,38E-04	2,87E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	7,22E-06	2,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	7,29E-06	4,81E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,46E-04	9,20E-04
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	7,50E-08	2,56E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,87E-08	6,55E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,03E-07	4,39E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	4,81E-06	1,64E-04	4,85E-06	3,22E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,20E-05	1,91E-04
Суммарный индекс опасности	2,49E-06	8,54E-05	1,36E-03	4,64E-02	7,39E-06	4,90E-05	1,37E-03	9,08E-03	9,10E-06	1,94E-05	1,40E-01	3,23E-01

Таблица 5.4.19 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для чернозема оподзоленного (3,0 г/кг нефти, по факту экстракции 3,2 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-04	3,55E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-04	6,99E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,02E-04	6,10E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,53E-04	8,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,56E-04	1,69E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,20E-04	4,73E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	3,85E-05	1,31E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,90E-05	2,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,62E-04	5,56E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,64E-04	1,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,75E-03	3,65E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	9,21E-05	3,15E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,30E-05	6,20E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,48E-01	3,45E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	3,91E-04	1,33E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,95E-04	2,62E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,42E-02	9,85E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	8,22E-04	2,81E-02	0,00E+00	0,00E+00	8,32E-04	5,51E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-06	4,56E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,35E-06	8,96E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,92E-05	1,02E-04
Benzo(a)pyrene	1,04E-06	3,56E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-06	6,99E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,71E-06	1,21E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	2,09E-07	7,14E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-07	1,40E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-06	2,15E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	1,04E-08	9,99E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-08	6,99E-08	0,00E+00	0,00E+00	5,07E-08	1,07E-07	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	4,18E-09	1,43E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,23E-09	2,80E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,57E-08	7,88E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	2,09E-06	7,14E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-06	1,40E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,56E-06	1,20E-05	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-05	3,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-05	6,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-04	3,99E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-05	3,42E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-05	6,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,20E-04	1,28E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,04E-07	3,56E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,37E-07	9,11E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,83E-07	6,10E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	6,70E-06	2,28E-04	6,74E-06	4,48E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-04	2,66E-04
Суммарный индекс опасности	3,46E-06	1,19E-04	1,89E-03	6,46E-02	1,03E-05	6,82E-05	1,91E-03	1,26E-02	1,27E-05	2,70E-05	1,95E-01	4,50E-01

Таблица 5.4.20 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для чернозема оподзоленного (5,0 г/кг нефти, по факту экстракции 5,3 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-04	5,89E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-04	1,16E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,65E-04	1,01E-03
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,18E-04	1,43E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,23E-04	2,80E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,64E-04	7,83E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	6,38E-05	2,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,46E-05	4,28E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,69E-04	9,21E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,72E-04	1,80E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,90E-03	6,05E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-04	5,21E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,54E-04	1,03E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,45E-01	5,71E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	6,47E-04	2,21E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,55E-04	4,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	7,32E-02	1,63E-01
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,36E-03	4,65E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,38E-03	9,13E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	2,21E-06	7,55E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,24E-06	1,48E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,15E-05	1,69E-04
Benzo(a)pyrene	1,73E-06	5,90E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,75E-06	1,16E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,46E-06	2,00E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	3,46E-07	1,18E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,51E-07	2,32E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,68E-06	3,56E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	1,73E-08	1,66E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,75E-08	1,16E-07	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-08	1,78E-07	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	6,92E-09	2,36E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,00E-09	4,64E-08	0,00E+00	0,00E+00	5,92E-08	1,30E-07	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	3,46E-06	1,18E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,51E-06	2,32E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,21E-06	1,98E-05	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	1,66E-05	5,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,68E-05	1,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,18E-04	6,61E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	1,66E-05	5,67E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,68E-05	1,11E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,03E-03	2,12E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,73E-07	5,90E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,27E-07	1,51E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,68E-07	1,01E-06	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-05	3,78E-04	1,12E-05	7,42E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E-04	4,41E-04
Суммарный индекс опасности	5,73E-06	1,97E-04	3,13E-03	1,07E-01	1,70E-05	1,13E-04	3,16E-03	2,09E-02	2,10E-05	4,47E-05	3,23E-01	7,45E-01

Таблица 5.4.21 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для чернозема оподзоленного (10,0 г/кг нефти, по факту экстракции 9,9 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	3,23E-04	1,10E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,26E-04	2,16E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,24E-03	1,89E-03
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	7,81E-04	2,67E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,90E-04	5,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,79E-04	1,46E-03
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-04	4,07E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-04	8,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	5,03E-04	1,72E-02	0,00E+00	0,00E+00	5,09E-04	3,37E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,42E-03	1,13E-02
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	2,85E-04	9,73E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,88E-04	1,92E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,57E-01	1,07E+00
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-03	4,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,22E-03	8,10E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,37E-01	3,05E-01
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	2,54E-03	8,68E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,57E-03	1,71E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	4,13E-06	1,41E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,19E-06	2,77E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,52E-04	3,15E-04
Benzo(a)pyrene	3,23E-06	1,10E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,27E-06	2,16E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,77E-05	3,73E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	6,46E-07	2,21E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,55E-07	4,34E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-06	6,66E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	3,23E-08	3,09E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,27E-08	2,16E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,57E-07	3,32E-07	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	1,29E-08	4,42E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,31E-08	8,67E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-07	2,44E-07	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	6,46E-06	2,21E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,55E-06	4,34E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,72E-05	3,70E-05	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	3,11E-05	1,06E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-05	2,07E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,94E-04	1,24E-03
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	3,11E-05	1,06E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,14E-05	2,07E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-03	3,96E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	3,23E-07	1,10E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,25E-07	2,82E-06	0,00E+00	0,00E+00	8,74E-07	1,89E-06	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-05	7,05E-04	2,09E-05	1,39E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,96E-04	8,24E-04
Суммарный индекс опасности	1,07E-05	3,68E-04	5,85E-03	2,00E-01	3,18E-05	2,11E-04	5,90E-03	3,91E-02	3,92E-05	8,34E-05	6,04E-01	1,39E+00

Результаты прогнозной оценки экологического риска от воздействия загрязнения подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы нефтью из Аптугайского месторождения

Используемые в качестве входных параметров при расчете экологического риска концентрации приоритетных углеводородных загрязнителей – алифатических и ароматических фракций нефти и индивидуальных ПАУ в подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почве приведены в таблице 5.4.22.

Таблица 5.4.22 – Расчетные концентрации компонентов нефти (мг/кг) в подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почве, используемые в качестве входных параметров

Углеводородные компоненты	Содержание в нефти, %	Содержание нефти в почве, г/кг			
		1,2	2,1	2,9	4,9
Алифатические углеводороды					
C10-C12	7,5	90	157,5	217,5	367,5
C12-C16	24,3	291,6	510,3	704,7	1190,7
C16-C35	29,2	350,4	613,2	846,8	1430,8
C8-C10	7,4	88,8	155,4	214,6	362,6
Ароматические углеводороды					
C5-C7	6,3	75,6	132,3	182,7	308,7
C10-C12	9,8	117,6	205,8	284,2	480,2
C16-C21	10,3	123,6	216,3	298,7	504,7
Acenaphthylene	0,1	1,2	2,1	2,9	4,9
Anthracene	0,2	2,4	4,2	5,8	9,8
Benzo(a)pyrene	0,2	2,4	4,2	5,8	9,8
Benzo(b)fluoranthene	0,2	2,4	4,2	5,8	9,8
Benzo(g,h,i)perylene	0,1	1,2	2,1	2,9	4,9
Benzo(k)fluoranthene	0,1	1,2	2,1	2,9	4,9
Chrysene	0,3	3,6	6,3	8,7	14,7
Dibenzo(a,h)anthracene	0,1	1,2	2,1	2,9	4,9
Fluoranthene	0,2	2,4	4,2	5,8	9,8
Fluorene	0,2	2,4	4,2	5,8	9,8
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	0,1	1,2	2,1	2,9	4,9
Phenanthrene	1	12	21	29	49
Pyrene	0,2	2,4	4,2	5,8	9,8

В результате проведенной оценки экологического риска установлено (таблицы 5.4.23 и 5.4.24), что при концентрациях нефти 1,0-2,0 г/кг, соответствующих рекомендуемым значениям допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почве, полученные прогнозные уровни суммарного канцерогенного риска и интегрального индекса опасности ниже максимально допустимых

уровней риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов и ≤ 1 для неканцерогенов соответственно). Данные уровни риска классифицируются как приемлемые, которые не требуют дополнительных мер по его снижению и незначительны по отношению к рискам, существующим в повседневной деятельности или жизни людей. Следовательно, при соблюдении установленных нормативов ДОСНП в почвах на территории Пермского края не будет возникать серьезной угрозы здоровью проживающего на данной территории населения, включая чувствительную подгруппу – детей.

При более высокой (3,0 г/кг) концентрации загрязнения подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы нефтью и нефтепродуктами суммарный уровень канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляет $1,07 \times 10^{-4}$, что выше уровня приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируется как повышенный (таблица 5.4.25). При этом интегральный индекс опасности составляет 0,32, что ниже порогового значения риска (≤ 1 для неканцерогенов).

При самой высокой (5,0 г/кг) концентрации загрязнения подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы нефтью и нефтепродуктами суммарный уровень канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляет $1,8 \times 10^{-4}$, что выше уровня приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируется как повышенный (таблица 5.4.26). При этом интегральный индекс опасности составляет 0,55, что ниже порогового значения риска (≤ 1 для неканцерогенов).

В структуре формирования риска здоровью населения при данной концентрации нефтепродуктов в почве ведущие места будут занимать полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обуславливающие канцерогенный риск, а также производные бензола и нафталиновые арены (ароматические фракции C5-C7 и C10-C12), вызывающие повышение интегрального индекса опасности. Наиболее значимый прогнозируемый путь поступления нефтезагрязнителей к рецепторам для развития канцерогенного риска – ингаляционный (вдыхание почвенных паров). Риск развития неканцерогенного вреда здоровью будет наиболее выражен при употреблении в пищу продуктов растениеводства, выращенных на нефтезагрязненной почве при использовании для полива нефтезагрязненной воды.

Таблица 5.4.23 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы (1,0 г/кг нефти, по факту экстракции 1,2 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	5,64E-05	1,92E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,70E-05	3,78E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,17E-04	4,57E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,82E-04	6,23E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-04	1,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-04	3,42E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,10E-05	3,74E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-05	7,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	5,56E-05	1,90E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,63E-05	3,73E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,99E-04	1,25E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	2,36E-05	8,08E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-05	1,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	4,80E-02	8,40E-02
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,84E-04	6,29E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,86E-04	1,24E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-02	4,80E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	2,58E-04	8,81E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,62E-04	1,73E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-07	1,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,06E-07	3,36E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-05	3,83E-05
Benzo(a)pyrene	7,84E-07	2,68E-05	0,00E+00	0,00E+00	7,93E-07	5,26E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,27E-06	9,04E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	7,84E-08	2,68E-06	0,00E+00	0,00E+00	7,93E-08	5,26E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-07	8,06E-07	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	3,92E-09	1,33E-07	0,00E+00	0,00E+00	3,96E-09	2,63E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-08	4,03E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	1,18E-09	4,01E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,19E-09	7,88E-09	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-08	2,21E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	3,92E-07	1,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,96E-07	2,63E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,04E-06	2,24E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-06	1,28E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-06	2,52E-05	0,00E+00	0,00E+00	7,20E-05	1,50E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	3,76E-06	1,28E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-06	2,52E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,33E-04	4,80E-04
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	3,92E-08	1,33E-06	0,00E+00	0,00E+00	5,16E-08	3,42E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-07	2,28E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-06	1,70E-04	5,06E-06	3,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,61E-05	1,99E-04
Суммарный индекс опасности	1,30E-06	4,43E-05	7,84E-04	2,68E-02	6,39E-06	4,24E-05	7,89E-04	5,22E-03	5,83E-06	1,24E-05	7,34E-02	1,35E-01

Таблица 5.4.24 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы (2,0 г/кг нефти, по факту экстракции 2,1 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	9,87E-05	3,36E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,98E-05	6,62E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-04	8,00E-04
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	3,19E-04	1,09E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,23E-04	2,14E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,77E-04	5,99E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-05	6,55E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,94E-05	1,29E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	9,72E-05	3,32E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,85E-05	6,53E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-03	2,18E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	4,14E-05	1,41E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,20E-05	2,77E-04	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-02	1,47E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	3,21E-04	1,10E-02	0,00E+00	0,00E+00	3,26E-04	2,16E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,20E-02	8,40E-02
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	4,52E-04	1,54E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,58E-04	3,02E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	8,76E-07	2,98E-05	0,00E+00	0,00E+00	8,86E-07	5,88E-06	0,00E+00	0,00E+00	3,23E-05	6,70E-05
Benzo(a)pyrene	1,37E-06	4,68E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-06	9,20E-06	0,00E+00	0,00E+00	7,48E-06	1,58E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	1,37E-07	4,68E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-07	9,20E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-07	1,41E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	6,87E-09	2,33E-07	0,00E+00	0,00E+00	6,93E-09	4,60E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,32E-08	7,06E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	2,06E-09	7,01E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,08E-09	1,38E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-08	3,86E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	6,87E-07	2,33E-05	0,00E+00	0,00E+00	6,93E-07	4,60E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,82E-06	3,93E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	6,57E-06	2,25E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-06	4,41E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-04	2,63E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	6,57E-06	2,25E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,66E-06	4,41E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,07E-04	8,40E-04
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	6,87E-08	2,33E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,03E-08	5,99E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,85E-07	3,99E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	8,76E-06	2,98E-04	8,86E-06	5,88E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,68E-04	3,49E-04
Суммарный индекс опасности	2,27E-06	7,75E-05	1,37E-03	4,68E-02	1,12E-05	7,42E-05	1,38E-03	9,14E-03	1,02E-05	2,17E-05	1,28E-01	2,36E-01

Таблица 5.4.25 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы (3,0 г/кг нефти, по факту экстракции 2,9 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,36E-04	4,64E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,38E-04	9,14E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,25E-04	1,10E-03
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,41E-04	1,51E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,47E-04	2,96E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,83E-04	8,27E-04
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,65E-05	9,05E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,68E-05	1,78E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	1,34E-04	4,58E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,36E-04	9,02E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,45E-03	3,02E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	5,71E-05	1,95E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,80E-05	3,83E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,16E-01	2,03E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	4,44E-04	1,52E-02	0,00E+00	0,00E+00	4,50E-04	2,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,80E-02	1,16E-01
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	6,24E-04	2,13E-02	0,00E+00	0,00E+00	6,32E-04	4,18E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-06	4,12E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,22E-06	8,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,47E-05	9,25E-05
Benzo(a)pyrene	1,89E-06	6,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-06	1,27E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,03E-05	2,18E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	1,89E-07	6,47E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-07	1,27E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,19E-07	1,95E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	9,48E-09	3,22E-07	0,00E+00	0,00E+00	9,57E-09	6,35E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,58E-08	9,74E-08	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	2,84E-09	9,69E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,87E-09	1,91E-08	0,00E+00	0,00E+00	2,55E-08	5,34E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	9,48E-07	3,22E-05	0,00E+00	0,00E+00	9,57E-07	6,35E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,52E-06	5,42E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	9,08E-06	3,10E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,19E-06	6,09E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-04	3,63E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	9,08E-06	3,10E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,19E-06	6,09E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,63E-04	1,16E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	9,48E-08	3,22E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,25E-07	8,27E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,56E-07	5,51E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	1,21E-05	4,12E-04	1,22E-05	8,12E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,32E-04	4,81E-04
Суммарный индекс опасности	3,14E-06	1,07E-04	1,89E-03	6,47E-02	1,54E-05	1,02E-04	1,91E-03	1,26E-02	1,41E-05	2,99E-05	1,77E-01	3,26E-01

Таблица 5.4.26 – Результаты расчета канцерогенного риска (КР) и индекса опасности (ИО) для подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы (5,0 г/кг нефти, по факту экстракции 4,9 г/кг)

Углеводородные компоненты	Вдыхание почвенных паров				Контакт почвы с кожей				Употребление загрязнённых овощей			
	КР		ИО		КР		ИО		КР		ИО	
	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок	Взрослый	Ребенок
C10-C12 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,30E-04	7,84E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,33E-04	1,54E-03	0,00E+00	0,00E+00	8,87E-04	1,87E-03
C12-C16 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	7,45E-04	2,54E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,55E-04	5,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,47E-04	1,40E-03
C16-C35 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	4,48E-05	1,53E-03	0,00E+00	0,00E+00	4,53E-05	3,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C8-C10 (алифатические)	0,00E+00	0,00E+00	2,27E-04	7,74E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,30E-04	1,52E-03	0,00E+00	0,00E+00	2,45E-03	5,10E-03
C5-C7 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	9,65E-05	3,30E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,80E-05	6,47E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-01	3,43E-01
C10-C12 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	7,50E-04	2,57E-02	0,00E+00	0,00E+00	7,60E-04	5,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	9,80E-02	1,96E-01
C16-C21 (ароматические)	0,00E+00	0,00E+00	1,05E-03	3,60E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,07E-03	7,06E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Acenaphthylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Anthracene	0,00E+00	0,00E+00	2,04E-06	6,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-06	1,37E-05	0,00E+00	0,00E+00	7,55E-05	1,56E-04
Benzo(a)pyrene	3,20E-06	1,09E-04	0,00E+00	0,00E+00	3,24E-06	2,15E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-05	3,69E-05	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(b)fluoranthene	3,20E-07	1,09E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,24E-07	2,15E-06	0,00E+00	0,00E+00	1,55E-06	3,29E-06	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(g,h,i)perylene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Benzo(k)fluoranthene	1,60E-08	5,44E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,62E-08	1,07E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,74E-08	1,65E-07	0,00E+00	0,00E+00
Chrysene	4,80E-09	1,64E-07	0,00E+00	0,00E+00	4,86E-09	3,22E-08	0,00E+00	0,00E+00	4,31E-08	9,02E-08	0,00E+00	0,00E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	1,60E-06	5,44E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,62E-06	1,07E-05	0,00E+00	0,00E+00	4,26E-06	9,16E-06	0,00E+00	0,00E+00
Fluoranthene	0,00E+00	0,00E+00	1,53E-05	5,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,55E-05	1,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,94E-04	6,13E-04
Fluorene	0,00E+00	0,00E+00	1,53E-05	5,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,55E-05	1,03E-04	0,00E+00	0,00E+00	9,51E-04	1,96E-03
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,60E-07	5,44E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,11E-07	1,40E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,33E-07	9,31E-07	0,00E+00	0,00E+00
Phenanthrene	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Pyrene	0,00E+00	0,00E+00	2,04E-05	6,96E-04	2,07E-05	1,37E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,92E-04	8,13E-04
Суммарный индекс опасности	5,30E-06	1,81E-04	3,20E-03	1,09E-01	2,61E-05	1,73E-04	3,22E-03	2,13E-02	2,38E-05	5,05E-05	3,00E-01	5,51E-01

Выводы по результатам прогнозной оценки экологического риска от воздействия загрязнения нефтью и нефтепродуктами почв Пермского края

В результате проведенной оценки экологического риска установлено, что при концентрациях нефти менее 3,0 г/кг, соответствующих рекомендуемым значениям допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в почвах Пермского края, полученные прогнозные уровни суммарного канцерогенного риска и интегрального индекса опасности ниже максимально допустимых уровней риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов и ≤ 1 для неканцерогенов соответственно). Данные уровни риска классифицируются как приемлемые, которые не требуют дополнительных мер по его снижению и незначительны по отношению к рискам, существующим в повседневной деятельности или жизни людей. Следовательно, при соблюдении установленных нормативов ДОСНП в почвах на территории Пермского края не будет возникать серьезной угрозы здоровью проживающего на данной территории населения, включая чувствительную подгруппу – детей.

При более высокой (3,0 г/кг) концентрации загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами суммарные уровни канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка составляют от $1,07 \times 10^{-4}$ для подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы до $1,19 \times 10^{-4}$ для чернозема и дерново-подзолистой, преимущественно мелко и неглубокоподзолистой почвы, что превышает уровень приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) и, следовательно, прогнозируются как повышенные риски. Лишь для пойменной слабокислой и нейтральной почвы суммарный уровень канцерогенного риска для ребенка составляет $5,95 \times 10^{-5}$, что ниже уровня приемлемого риска. Следует отметить, что для этой почвы уровень нефтезагрязнения 5,0 г/кг также не вызывает повышенного канцерогенного риска ($9,03 \times 10^{-5}$). При этом интегральные индексы опасности для всех почв при уровне нефтезагрязнения 3,0 г/кг составляют от 0,32 для подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой почвы до 0,47 для пойменной слабокислой и нейтральной почвы, что ниже порогового значения риска (≤ 1 для неканцерогенов).

При наиболее высокой (5,0 г/кг) концентрации загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами суммарные уровни канцерогенного риска для наиболее чувствительного рецептора - ребенка превышают уровень приемлемого риска ($\leq 10^{-4}$ для канцерогенов) для всех исследованных почв (за исключением пойменной), следовательно, однозначно прогнозируются как повышенные риски. При этом, однако, интегральные индексы опасности для всех почв при уровне нефтезагрязнения 5,0 г/кг были ниже порогового значения риска (≤ 1 для неканцерогенов), что свидетельствует об отсутствии прямого

риска от воздействия неканцерогенных компонентов нефти

Исследуемые почвы можно расположить в следующем порядке возрастания прогнозного уровня риска: пойменная < подзолистая < дерново-подзолистая < чернозем. Таким образом, наибольший экологический риск представляет нефтяное загрязнение дерново-подзолистой почвы и чернозема, менее опасно нефтезагрязнение подзолистой и пойменной почвы.

В структуре формирования риска здоровью населения при концентрации выше установленных нормативов ДОСНП в почвах на территории Пермского края, соответствующих уровню загрязнения $\geq 3,0$ г/кг нефтепродуктов в почвах, ведущие места будут занимать полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обуславливающие канцерогенный риск, а также производные бензола и нафталиновые арены (ароматические фракции C5-C7 и C10-C12), вызывающие повышение интегрального индекса опасности. Наиболее значимый прогнозируемый путь поступления нефтезагрязнителей к рецепторам для развития канцерогенного риска – ингаляционный (вдыхание почвенных паров). Риск развития неканцерогенного вреда здоровью будет наиболее выражен при употреблении в пищу продуктов растениеводства, выращенных на нефтезагрязненной почве при использовании для полива нефтезагрязненной воды.

6. Анализ возможности объединения региональных нормативов ДОСНП, установленных и предлагаемых для разных типов почв по статистическим показателям

Существует возможность схожей реакции различных видов почв на нефтяное загрязнение и как следствие объединение этих почв в группы для установления единых нормативов остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почве. Для проверки этой гипотезы использовались данные, полученные в ходе вегетационных экспериментов, утвержденных ранее нормативов (*дерново-подзолистые преимущественно неглубокоподзолистые, дерново-карбонатные (включая выщелоченные и оподзоленные), светло-серые лесные, темно-серые лесные и пойменные виды почв*) и предлагаемых в текущем отчете (*дерново-подзолистые, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистые, дерново-подзолистые иллювиально-железистые, пойменные слабокислые и нейтральные, подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые почвы и чернозем оподзоленный*).

Экспериментальные данные получены в одинаковых условиях проведения вегетационных экспериментов, при одинаковых тест-объектах (кресс-салат посевной, пшеница мягкая, ель сибирская и сосна обыкновенная), концентрациях нефти, вносимых в почву (1, 2, 3, 5 г/кг), производимых замерах параметров у различных тест-объектов и количестве повторности замеров (20 штук для каждого параметра).

Основная идея сравнения двух видов почв между собой состояла в том, чтобы статически сравнить результаты замеряемых параметров, полученных в ходе вегетационного эксперимента, у одних и тех же тест-объектов. Если замеряемые параметры имели одинаковые результаты при статистических сравнениях у разных типов почв, то их реакция на загрязнение признается одинаковой.

Первое, от чего пришлось отказаться – использование t-критерия Стьюдента при сравнении результатов. t-критерий Стьюдента основан на сравнении средних значений в двух выборках и главное требование к выборкам – нормальный закон распределения для анализируемых данных. В нашем случае, сравниваются две независимые выборки (распределения которых нельзя отнести к нормальному), имеющие «выбросные» значения, искажающие итоговые средние значения величин.

Замену t-критерия Стьюдента нашли в применении U-критерия Манна-Уитни, представляющего собой непараметрическую альтернативу t-критерия для независимых выборок. Его преимущество – отказ от предположения нормальности распределения данных. Принцип его действия заключается в том, что он вычисляется как сумма индикаторов попарного сравнения элементов первой выборки с элементами второй

выборки, заранее проранжированных. Таким образом, этот критерий становится более чувствительный чем t-критерий.

Применимо к нашему случаю – возможность статистической оценки результатов измерений параметров при разных концентрациях с контрольными. Затем, сравнение данных оценок для разных типов почв. Если эти оценки одинаковы или близки, то подтверждение гипотезы о схожести реакций на повышение концентраций в разных типах почв и как следствие – возможность объединения нормативов.

Однако, на практике применение U-критерия для сравнения реакции на загрязнение различных почв на полученные в ходе эксперимента данные оказалось невозможным, в виду различия набора данных в выборках. Например, при измерении параметров у кресс-салата на дерново-подзолистых иллювиально железистых почвах повторность измерений составила 20 у каждого, на пойменных слабокислых и нейтральных почвах в среднем 8, а на подзолистых, преимущественно неглубокоподзолистых – 18 и т.д. Таким образом, данные, полученные при статистическом сравнении будут неадекватны.

Еще один вариант сравнения нескольких типов почв между собой – использование коэффициента линейной корреляции. Он представляет собой статистический показатель вероятности связи между двумя переменными, измеренными в количественной шкале. При сравнении двух выборок отражает изменение одной переменной на одну единицу, которое приводит к изменению другой (график представляет прямую линию).

Использование коэффициента линейной корреляции в нашем случае – сравнение двух рядов данных изменения параметров (длина корня, длина стебля и т.д.) с увеличением концентрации нефтяного загрязнения у разных типов почв. Для математической достоверности при расчетах данных, полученных в ходе эксперимента, а также логической взаимосвязи с основной темой исследования, к входным данным и результатам были выдвинуты следующие требования. Ряды данных должны состоять из медианных значений изменения параметров с увеличением концентрации загрязнения, чтобы минимизировать влияния «выбросных» значений. Сравнить почвы, только по изменению тех параметров, ДК20 которых, были выдвинуты в норматив. В результаты учитывать только положительную связь, поскольку отрицательная показывает обратную зависимость, принимаемую в нашем случае, как отсутствие зависимости.

Существует 2 основных коэффициента линейной корреляции, применяемых в корреляционном анализе – Спирмена (для выборок длиной менее 30) и Пирсона (длиной более 30). В нашем случае, подходит первый. Поскольку выборки представляют собой 5

значений, отражающих изменение параметров растений с повышением концентрации нефти, внесенной в почву.

На примере результатов эксперимента, где в качестве тест-объекта был использован кресс-салат посевной, показан принцип работы коэффициента Спирмена (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Результаты линейной корреляции (коэффициент Спирмена) для параметра «Длина стебля» растений кресс-салата, выращенного на разных типах почв

Кресс-салат (2 недели)					
Параметр растения – Длина стебля					
	Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая	Дерново-подзолистая иллювиально-железистая	Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая	Пойменная слабокислая и нейтральная	Чернозем оподзоленный
Дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая	-	0,990	0,905	0,333	0,962
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая		-	0,879	0,328	0,931
Подзолистая, преимущественно неглубокоподзолистая			-	-0,069	0,975
Пойменная слабокислая и нейтральная				-	0,149



- Сильная связь
- Слабая связь
- Отсутствие связи



- почвы, ДК20 которых, были выдвинуты в норматив по данному параметру

В качестве примера была выбрана таблица результатов линейной корреляции по длине стебля, поскольку в ней присутствует два типа почв (*дерново-подзолистая иллювиально-железистая и чернозем оподзоленный*), рассчитанные ДК20 которых были предложены в рассмотрение на норматив.

Можно отметить, что почвы дерново-подзолистая иллювиально-железистая и чернозем оподзоленный имеют сильную корреляционную связь данных изменения длины стебля с увеличением концентрации нефти в почве. Таким образом, можно предположить, что эти типы почв одинаково реагируют на нефтяное загрязнение. Так же можно заметить, что сильную корреляционную связь дерново-подзолистая иллювиально-железистая почва имеет с подзолистой, преимущественно неглубокоподзолистой и дерново-подзолистой, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистой почвами. Но, как указывалось ранее, эти данные мы не берем во внимание ввиду того, что предложенные ДК20 в норматив использованы по другим параметрам растений.

Однако, у данного способа также присутствуют недостатки. Первый и самый важный – невозможность сравнения всех типов почв по одному измеряемому параметру, поскольку в предлагаемый норматив (ДК20) попадают различные изменения параметров растения (длина стебля, длина корня, масса надземной части и т.д.), а сравнивать почвы по разным параметрам будет математически необоснованно.

Следующий недостаток – сравнение между собой параметрических значений, а не нормативных. Результаты порой получаются необоснованными, например, почвы между собой по изменениям параметра одинаково реагируют на загрязнение и их нормативы, согласно доказанной гипотезе, можно объединять. Однако, нормативы, предложенные для этих почв, могут сильно различаться. Например, в нашем случае дерново-подзолистая иллювиально-железистая и чернозем оподзоленный схожи по результатам корреляционного анализа, а предложенные нормативы (рассчитанные ДК20) 3,6 г/кг и 2,9 г/кг соответственно. Нормативы отличаются на 0,7 г/кг, что является значимой величиной и объединение таких данные невозможно в виду экологической необоснованности. Таким образом, данным способом мы не достигаем практическую цель, которую мы ставили перед собой – возможность объединения некоторых нормативов для разных типов почв.

Единственный возможный вариант, по которому можно объединить различные типы почв в группы – это применение кластерного анализа к результатам рассчитанных ДК20 для всех тест-объектов у всех типов почв (ранее утвержденные нормативы и предлагаемые в текущем отчете). Кластерный анализ определяет «наиболее возможно значимое решение» и проверка статистической значимости здесь неприменима. Он предназначен для разбиения исходных данных (в нашем случае, установленных ДК20 по типам почв для разных тест объектов) на поддающиеся интерпретации группы, таким образом, чтобы элементы, входящие в одну группу, были максимально «схожи», а элементы из разных групп были максимально «отличными» друг от друга.

Для проверки возможности объединения некоторых почв в группы полученные данные (установленные ДК20 по типам почв для разных тест объектов) были подгружены в программу Statistica. Использованный метод древовидной кластеризации – евклидово расстояние (наиболее часто используемый метод). Применяемое правило объединения – одиночная связь (метод ближайшего соседа), когда два кластера связываются вместе, если любые два объекта в этих двух кластерах ближе друг к другу, чем соответствующее расстояние связи. Полученная горизонтальная древовидная диаграмма представлена на рисунке 6.1.

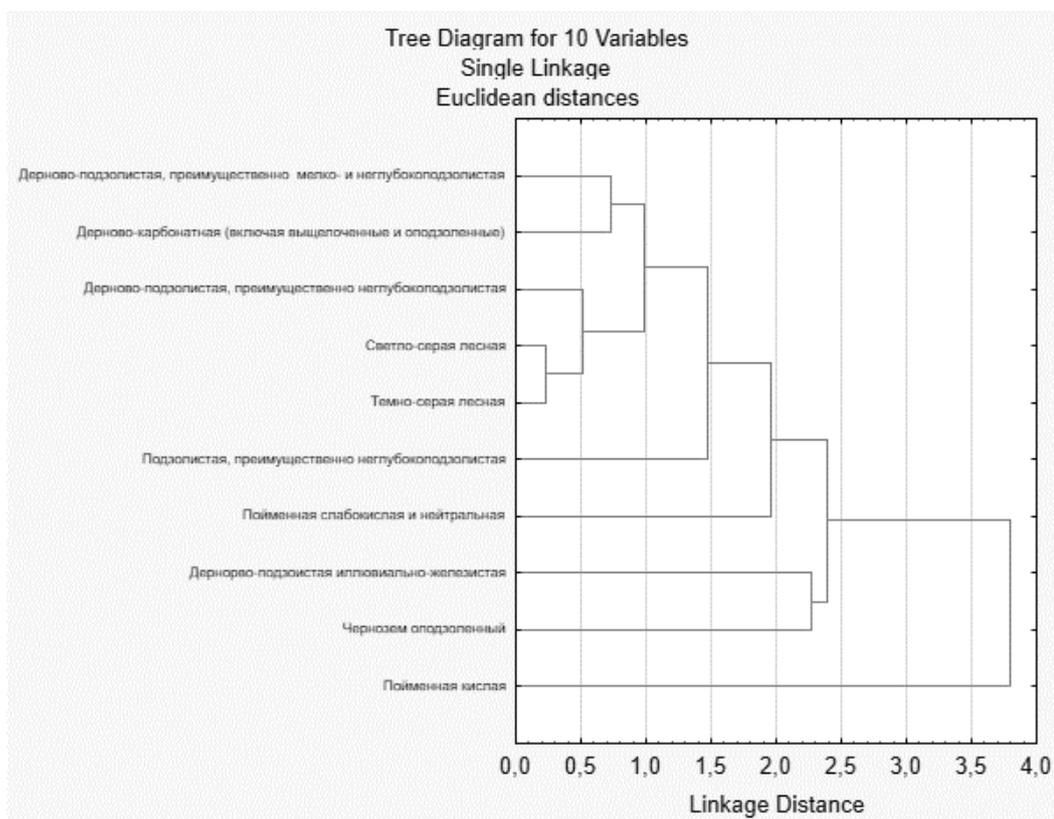


Рис. 6.1. Горизонтальная древовидная диаграмма кластеров, полученных при использовании данных ДК20 у разных тест-объектов и типов почв

Исходя из диаграммы, можно сделать вывод, что по установленным и предложенным нормативам (значениям ДК20) образовалось 2 кластера: а) светло-серая и темно-серая почвы; б) дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая и дерново-карбонатная (включая выщелоченные и оподзоленные) почвы.

Поиск метода для математически обоснованной возможности объединения некоторых нормативов для разных типов почв показал, что использование t-критерия Стьюдента не подходит для полученных в ходе эксперимента данных, поскольку они не имеют нормального распределения. Не учитывающий нормальность распределения данных U-критерий Манна-Уитни, который был предложен на замену t-критерию, также не подошел ввиду различия наполненности сравниваемых выборок.

Использование линейной корреляции (коэффициент Спирмена) для установления связи между реакциями на загрязнение различных параметров у растений, выраженной числовым значением, показало реальную возможность сравнения нескольких типов почв между собой. Основной недостаток данного способа – сравнение параметрических значений, а не нормативных. Он несет в себе экологическую необоснованность объединения сильно различимых предлагаемых нормативных данных.

Таким образом, пока единственный опробованный вариант, учитывающий преследуемую цель и объем экспериментальных данных – применение кластерного анализа к результатам рассчитанных ДК20 для всех тест-объектов у всех типов почв. Он показал, что схожими по нормативу ДОСНП являются следующие пары почв: светло-серая и темно-серая почвы; дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая и дерново-карбонатная (включая выщелоченные и оподзоленные) почвы. Стоит отметить, что группирование этих типов почв произошло по схожим значениям ДК20 для всех тест-объектов. **Проведенные расчеты показали, что полученные результаты не позволяют выполнить процедуру объединения показателей нормативов ДОСНП для различных почв.**

7. Результаты расчетов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почве

Допустимое остаточное содержание нефти и продуктов ее трансформации в почве (ДОСНП) – определенное по аттестованным в установленном порядке методикам содержание в почве нефти и продуктов ее трансформации после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ, при котором (Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 12 сентября 2002 года № 574):

- исключается возможность поступления нефти и продуктов ее трансформации в сопредельные среды и на сопредельные территории;

- допускается вовлечение земельных участков в хозяйственный оборот по основному целевому назначению с возможными ограничениями (не природоохранного характера) режима использования или вводится режим консервации, обеспечивающий достижение санитарно-гигиенических нормативов содержания в почве нефти и продуктов ее трансформации или иных установленных в соответствии с действующим законодательством нормативных значений в процессе самовосстановления, т.е. без проведения дополнительных специальных ресурсоемких мероприятий.

Нормативы допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почве – установленные и введенные в действие на территории отдельного субъекта Российской Федерации значения допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах земельных участков, рекультивируемых под различные виды использования.

Нормативы ДОСНП устанавливаются для основных типов (подтипов) почв, распространенных на территориях субъектов Российской Федерации, с учетом зонально-биоклиматических и ландшафтно-литологических факторов, в том числе гранулометрического состава и строения почвенного профиля, категории и вида использования земель, а также химического состава нефтей и продуктов их трансформации (Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 12 сентября 2002 года № 574).

Для разработки нормативов ДОСНП в почвах Пермского края рассчитаны показатели вредности по итогам следующих экспериментов:

1. Оценка хронической фитотоксичности в отношении высших растений;
2. Биотестирование на тест-объектах *Chlorella vulgaris* и *Daphnia magna*;
3. Оценка экологического риска.

Сравнение результатов экспериментов представлено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты расчетов концентрации допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почве, г/кг

№	Наименование почв	Показатели вредности, г/кг		
		Фитотоксичность	Биотестирование	Влияние на здоровье человека
1	Дерново-подзолистые преимущественно мелко-неглубокоподзолистые	1,6 ¹ 1,5 ²	7,4	3,0
2	Дерново-подзолистые иллювиально-железистые	3,0 ¹ 2,1 ¹	>5	3,0
3	Пойменные слабокислые и нейтральные	2,8 ¹ 2,1 ²	>5	3,0
4	Подзолистая неглубокоподзолистая	1,5 ¹ 1,1 ²	>5	3,0
5	Чернозем оподзоленный	2,3 ¹ 3,4 ²	>5	3,0

Примечания: 1 – для земель сельскохозяйственного назначения; 2 – для земель лесного фонда.

Разработка проекта по дополнению региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края выполняется с целью установления нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации для следующих типов почв Пермского края:

1. Дерново-подзолистые преимущественно мелко- неглубокоподзолистые;
2. Дерново-подзолистые иллювиально-железистые;
3. Пойменные слабокислые и нейтральные;
4. Подзолистая неглубокоподзолистая;
5. Чернозем оподзоленный.

Для пойменных почв ранее были установлены нормативы, которые приняты в Постановлении Правительства Пермского края от 20 декабря 2018 г. № 813-п. В таблице 7.2 представлены установленные ранее нормативы ДОСНП и значения, рекомендуемые по результатам текущих работ. В 2019 году при установлении нормативов ДОСНП для пойменных почв была взята пойменная кислая почва. Но в связи с тем, что пойменные почвы имеют различные физико-химические свойства, стало необходимым провести исследования в том числе относительно пойменной почвы, относящейся к слабокислым и нейтральным, которые так же распространены на территория нефтепромысла в Пермском крае.

Таблица 7.2 – Региональные нормативы допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в пойменных почвах и результаты определения ДК 20 для пойменных слабокислых и нейтральных почв

	Типы почв			
	Пойменные кислые почвы, относительно которых установлен норматив ДОСНП Постановлением Правительства от 23 декабря 2020 г. №1015-п		Пойменные слабокислые и нейтральные	
Категория земель	земли сельскохозяйственного назначения	земли лесного фонда	земли сельскохозяйственного назначения	земли лесного фонда
ДК 20, г/кг	3,9	3,3	2,8	2,1

Полученные значения для пойменных слабокислых и нейтральных почв ниже установленных для пойменных кислых почв. Вследствие чего целесообразно установление норматива ДОСНП для пойменных почв на наименьшем уровне – относительно пойменных слабокислых и нейтральных почв.

Таким образом, допустимое остаточное содержание нефти и продуктов ее трансформации в почвах на территории Пермского края целесообразно установить на уровне:

- в дерново-подзолистых, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистых почвах для земель сельскохозяйственного назначения – 1,6 г/кг почвы;
- в дерново-подзолистых, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистых почвах для земель лесного фонда – 1,5 г/кг почвы;
- в дерново-подзолистых иллювиально-железистых почвах для земель сельскохозяйственного назначения – 3,0 г/кг почвы;
- в дерново-подзолистых иллювиально-железистых почвах для земель лесного фонда – 2,1 г/кг почвы;
- в пойменных почвах для земель сельскохозяйственного назначения – 2,8 г/кг почвы;
- в пойменных почвах для земель лесного фонда – 2,1 г/кг почвы;
- в подзолистых неглубокоподзолистых почвах для земель сельскохозяйственного назначения – 1,5 г/кг почвы;
- в подзолистых неглубокоподзолистых почвах для земель лесного фонда – 1,1 г/кг почвы;
- в черноземах оподзоленных для земель сельскохозяйственного назначения – 2,3 г/кг почвы;
- в черноземах оподзоленных для земель лесного фонда – 3,0 г/кг почвы.

8. Дополнения нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края

Нормативы допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах на территории Пермского края устанавливаются в целях ограничения и регламентации уровня загрязнения почв и земель нефтяными углеводородами, устранения негативного воздействия на почвенные биоценозы и экосистемы Пермского края.

Региональные нормативы ДОСНП с учетом дополнения будут применяться для следующих типов почв: дерново-подзолистых, преимущественно глубокоподзолистых; подзолов иллювиально-железистых (подзолы иллювиально-малогумусовые); торфяных болотных верховых; дерново-подзолистых, преимущественно неглубокоподзолистых; дерново-карбонатных (включая выщелоченные и оподзоленные); светло-серых лесных; темно-серых лесных; пойменных почв; дерново-подзолистых, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистых; дерново-подзолистых иллювиально-железистых; подзолистых неглубокоподзолистых; черноземах оподзоленных. Для двух категорий земель: лесного фонда и земель сельскохозяйственного назначения (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Предлагаемые региональные нормативы ДОСНП в Пермском крае

№ п/п	Тип почвы	Нормативное значение, г/кг	
		Земли сельскохозяйственного назначения	Земли лесного фонда
1	2	3	4
1	Дерново-подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые	2,4	1,5
2	Подзолы иллювиально-железистые (подзолы иллювиально-малогумусовые)	1,0	1,4
3	Торфяные болотные верховые	5,3	2,8
4	Дерново-подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	2,3	2,1
5	Дерново-карбонатные (включая выщелоченные и оподзоленные)	2,5	2,4
6	Светло-серые лесные	2,4	2,2
7	Темно-серые лесные	2,6	1,9
8	Пойменные почвы	2,8	2,1
9	Дерново-подзолистые, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистые	1,6	1,5
10	Дерново-подзолистые иллювиально-железистые	3,0	2,1
11	Подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	1,5	1,1
12	Черноземы оподзоленные	2,3	3,0

Региональные нормативы ДОСНП, установленные для земель сельскохозяйственного назначения, применимы к землям населенных пунктов, отнесенных к территориальной зоне сельскохозяйственного использования.

Региональные нормативы ДОСНП для продуктов трансформации нефти принимаются на уровне установленных предельно-допустимых концентраций соответствующих веществ.

Норматив допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах на территории Пермского края применяется при осуществлении надзорных мероприятий в рамках государственного экологического надзора, оценки состояния почв и земель после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ, расчете вреда окружающей среде, причиненного нарушением законодательства в области охраны окружающей среды, а также выполнении мероприятий по оперативному производственному контролю уровня нефтезагрязнения почв и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтесодержащих продуктов.

9. Проект по дополнению Региональных нормативов остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края, утвержденных постановлением Правительства Пермского края от 20.12.2018 № 813-п (с изменениями на 23.12.2020) для 5-ти типов почв

В соответствии со статьей 6 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», статьей 10 Закона Пермского края от 03 сентября 2009 г. № 483-ПК «Об охране окружающей среды Пермского края» и Временными рекомендациями по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ, утвержденными приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 12 сентября 2002 г. № 574,

1. Внести в постановление Правительства Пермского края от 20 декабря 2018 г. № 813-п «Об утверждении региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края и Порядка их применения» следующие изменения:

1.1. региональные нормативы допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края изложить в редакции согласно приложению к настоящему постановлению;

1.2. в Порядке применения региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края:

1.2.1. в пункте 2.1:

1.2.1.1. после слов «пойменных почв» дополнить словами «дерново-подзолистых преимущественно мелко- и неглубокоподзолистых; дерново-подзолистых иллювиально-железистых; подзолистых неглубокоподзолистых; черноземов оподзоленных».

1.2.2. после пункта 2.1 добавить пункт 2.2 с текстом: «Региональные нормативы ДОСНП, установленные для земель сельскохозяйственного назначения, применимы к землям населенных пунктов, отнесенных к территориальной зоне сельскохозяйственного использования».

1.2.3. нумерацию пункта 2.2 заменить на «2.3».

1.2.4. нумерацию пункта 2.3 заменить на «2.4».

1.2.5. нумерацию пункта 2.4 заменить на «2.5».

1.2.6. нумерацию пункта 2.5 заменить на «2.6».

1.2.7. нумерацию пункта 2.6 заменить на «2.7».

1.2.8. нумерацию пункта 2.7 заменить на «2.8».

2. Настоящее Постановление вступает в силу с 01 января 2023 года.

Приложение
к постановлению
Правительства Пермского края

«УТВЕРЖДЕНЫ
Постановлением Правительства Пермского края
от 20.12.2018 №813-п

РЕГИОНАЛЬНЫЕ НОРМАТИВЫ
допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Пермского края

№ п/п	Тип почвы	Нормативное значение, г/кг		Срок действия
		земли сельскохозяйственного назначения	земли лесного фонда	
1	2	3	4	5
1	Дерново-подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые	2,4	1,5	С 1 января 2019 года по 31 декабря 2023 года
2	Подзолы иллювиально-железистые (подзолы иллювиально-малогумусовые)	1,0	1,4	С 1 января 2019 года по 31 декабря 2023 года
3	Торфяные болотные верховые	5,3	2,8	С 1 января 2019 года по 31 декабря 2023 года
4	Дерново-подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	2,3	2,1	С 1 января 2021 года по 31 декабря 2023 года
5	Дерново-карбонатные (включая выщелоченные и оподзоленные)	2,5	2,4	С 1 января 2021 года по 31 декабря 2023 года
6	Светло-серые лесные	2,4	2,2	С 1 января 2021 года по 31 декабря 2023 года
7	Темно-серые лесные	2,6	1,9	С 1 января 2021 года по 31 декабря 2023 года

1	2	3	4	5
8	Пойменные	2,8	2,1	Три года с момента вступления Постановления в силу
9	Подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	1,6	1,5	Три года с момента вступления Постановления в силу
10	Дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые	3,0	2,1	Три года с момента вступления Постановления в силу
11	Дерново-подзолистые иллювиально- железистые	1,5	1,1	Три года с момента вступления Постановления в силу
12	Черноземы оподзоленные	2,3	3,0	Три года с момента вступления Постановления в силу

»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нефтяные углеводороды – наиболее распространенный загрязнитель окружающей среды. Длительность их нахождения в среде обуславливается их индивидуальной устойчивостью к различным физико-химическим и биологическим агентам. Нефть, попадая в почвы и воды, привносит с собой разнообразный набор химических соединений, нарушающих сложившийся баланс в экосистемах.

Попадание на почвенный покров нефти и нефтепродуктов приводит к глубокому изменению всех основных почвенных характеристик – морфологических, физических, химических и биологических, что отражается в потере плодородия и отчуждении из землепользования, загрязнении водоемов, грунтовых вод, грунтов и негативном влиянии на живые организмы.

В результате специфика воздействия на почвы на нефтепромыслах заключается в привносе широкого спектра геохимически активных веществ, в первую очередь, хлоридов, карбонатов и сульфатов щелочных и щелочноземельных катионов, а также углеводородов. В ходе эксплуатации нефтяных месторождений в нормальном режиме в почвы поступает определенное количество нефти и нефтепродуктов. При неполном сгорании попутных газов в «факелах» в атмосферу выбрасываются сажа, канцерогенные углеводороды - полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в том числе 3,4-бенз(а)пирен, сернистые соединения, которые поступают в почвы в соответствии с розой ветров. Однако наибольшие масштабы нефтяного загрязнения связаны с авариями на нефтепроводах и разливами нефти при нарушении технологии эксплуатации скважин.

Для каждого района существует свой региональный фон содержания углеводородов в почвах. Этот фон колеблется в широких пределах - от 10 до 500 мг на 1 кг сухого веса почвы (Пиковский, 1993). В этих пределах нефтепродукты не оказывают заметного вредного влияния на окружающую среду. По данным исследования концентрации нефтепродуктов в почвах различных стран можно сделать вывод, что:

- максимальная безопасная концентрация нефтепродуктов в почвах и грунтах составляет 1 г/кг;
- при загрязнении от 1 до 10 г/кг достаточны мягкие мероприятия по усилению процессов самоочищения (рыхление, увлажнение, аэрация);
- при концентрациях от 5 до 10 г/кг требуются интенсивные мероприятия по рекультивации;
- при уровне загрязнения выше 10 г/кг необходимы целенаправленные рекультивации.

Опасность нефтяного загрязнения связана с высокой чувствительностью к нему высших растений, так как они занимают ключевое положение практически во всех наземных экосистемах, определяя существование и состав остальных биологических компонентов биогеоценозов. Кроме того, негативное влияние нефтяного загрязнения на растения снижает эффективность их использования при фиторекультивации нефтезагрязненных почв.

Загрязнение почвы нефтью приводит к повышению численности углеводородокисляющих микроорганизмов и усилению активности разложения в ней углеводов, это было показано для различных природных зон.

Попадание нефти в почву вызывает длительные воздействия на почвенные микроорганизмы, обусловленные прямым токсическим эффектом, модификационным изменением свойств почвы, а также тем, что нефть и продукты ее разложения являются субстратом для многих микроорганизмов, и физическим действием углеводов на клеточные мембраны, приводящем к изменению их структуры, толщины, текучести и, в итоге, к нарушению физиологических свойств мембран.

Трансформация наземных экосистем при эксплуатации месторождений нефти – последовательная и цикличная смена их состояний деградиционного и восстановительного направления, обратимого (зонального) и необратимого (азонального) характера, возникающая в результате взаимодействия загрязнителей, биотопа и биотических компонентов, обусловленная постоянным и/или периодическим воздействием техногенных факторов.

Обзор нормативов ДОСНП, введенных в действие на территории субъектов Российской Федерации показал, что на данный момент норматив ДОСНП установлен в Пермском крае (Постановление от 20 декабря 2018 года № 813-п), в Республике Удмуртия (Приказ от 11 сентября 2015 года № 179; Приказ от 27.04.2017 г № 73), в Ханты-Мансийском автономном округе – Югра (Постановление правительства от 10 декабря 2004 года № 466-п), в Ненецком автономном округе (Постановление от 15 декабря 2011 года № 293-п), в Республике Татарстан (Приказ от 28 октября 2016 г. № 1201-п), в Республике Коми (Постановление от 20 ноября 2007 года № 268), в Чувашской Республике (Постановление от 24 января 2013 г. № 6), в Сахалинской области (Постановление от 20 июня 2018 г. № 279), в Ставропольском крае (Приказ от 26 августа 2020 г. № 366), в Красноярском крае (Постановление от 08.07.2020 № 487-п).

Для некоторых регионов на данный момент нет принятых нормативов ДОСНП, но есть научно обоснованные рекомендации. К таким регионам относится Ленинградская область.

Региональные нормативы имеют свою специфику, несмотря на то, что разрабатываются они на основе единых рекомендаций по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ.

Во всех регионах несколько отличаются подходы по разработке нормативов, но общим остается учет разности типов почв и категорий земель. Многие регионы устанавливают нормативы с учетом гранулометрического состава, для отдельных горизонтов, по количеству содержания гумуса. **В Пермском крае установлены нормативы относительно типов почв и категорий земель, что с одной стороны достаточно просто для природопользователей (отсутствует необходимость определять гранулометрический состав, проводить отбор проб с различных горизонтов и т.д.), но с другой – учитывается устойчивость разных почв к загрязнению.**

В пункте 6 Временных рекомендаций описана возможность применения нормативов ДОСНП соседних регионов. **Анализ возможности применения нормативов ДОСНП, установленных в других субъектах РФ, к землям тех категорий, для которых в Пермском крае такие нормативы не установлены, показал, что относительно большинства категорий земель такая возможность отсутствует.**

В Пермском крае нормативы установлены для двух категорий земель из семи: для земель лесного фонда и земель сельскохозяйственного назначения (сенокосы, пашни, пастбища и пр.). Относительно других категорий были рассмотрены нормативы Республик Коми и Татарстан, ХМАО (в Свердловской и Кировской областях, в Республике Башкортостан нормативы ДОСНП не разработаны, а в Удмуртии они установлены для тех же категорий земель, что и в Пермском крае).

Для Пермского края не свойственны характеристики почвенного покрова и его теплового режима, отмечаемые на территории более северных регионов-соседей, вследствие чего невозможно корректно использовать нормативы Республики Коми и ХМАО.

Касаемо нормативов ДОСНП, установленных в Республике Татарстан для охраняемых территорий лесостепной зоны - по климатическим условиям и почвенным характеристикам (тип почв и их гранулометрический состав) они применимы лишь для района островной Кунгурской лесостепи, где помимо дерново-подзолистых почв встречаются также подтипы и виды серых лесных почв.

Анализ возможности применения нормативов ДОСНП, установленных региональными нормативами № 813-п для земель сельскохозяйственного назначения, к землям населенных пунктов, отнесенным к территориальной зоне сельскохозяйственного использования показал, что такая возможность есть, при условии того, что на территории распространены типы почв, для которых в Пермском крае установлены нормативы.

На 2022 год в Пермском крае нормативы ДОСНП разработаны для 8 наиболее распространенных типов почв, однако этого недостаточно, чтобы покрыть всю территорию нефтепромыслов в регионе. Они охватывают около 87% месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ». Оставшиеся 13% месторождений приходятся на 5 перспективных для разработки ДОСНП типов почв.

Территория, занимаемая месторождениями компании «УралОЙЛ», на 79% покрыта почвами, для которых уже установлены нормативы ДОСНП. Все остальные месторождения «УралОЙЛ» охватывают другие 5 типов почв, перспективных для разработки ДОСНП.

Для территории деятельности ООО ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ, наиболее актуально установить нормативы ДОСНП для следующих типов почв:

- подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые;
- дерново-подзолистые, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистые;
- дерново-подзолистые иллювиально-железистые;
- черноземы оподзоленные;
- пойменные слабокислые и нейтральные.

В качестве предложений по дополнению региональных нормативов ДОСНП на территории Пермского края рекомендуется следующее:

1. С целью упрощения работ по установлению типов почв разработать и утвердить приказом Минприроды Пермского края Методические указания по определению типов почв для применения региональных нормативов ДОСНП.
2. Организовать курсы повышения квалификации по теме «Определение типа почв на основании почвенного обследования».

Поиск метода для математически обоснованной возможности объединения некоторых нормативов для разных типов почв показал, что использование t-критерия Стьюдента не подходит для полученных в ходе эксперимента данных, поскольку они не имеют нормального распределения. Не учитывающий нормальность распределения данных U-критерий Манна-Уитни, который был предложен на замену t-критерию, также не подошел ввиду различия наполненности сравниваемых выборок.

Использование линейной корреляции (коэффициент Спирмена) для установления связи между реакциями на загрязнение различных параметров у растений, выраженной числовым значением, показало реальную возможность сравнения нескольких типов почв между собой. Основной недостаток данного способа – сравнение параметрических значений, а не нормативных. Он несет в себе экологическую необоснованность объединения сильно различимых предлагаемых нормативных данных.

Таким образом, пока единственный опробованный вариант, учитывающий преследуемую цель и объем экспериментальных данных – применение кластерного анализа к результатам рассчитанных ДК20 для всех тест-объектов у всех типов почв. Он показал, что схожими по нормативу ДОСНП являются следующие пары почв: светло-серая и темно-серая почвы; дерново-подзолистая, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистая и дерново-карбонатная (включая выщелоченные и оподзоленные) почвы. Стоит отметить, что группирование этих типов почв произошло по схожим значениям ДК20 для всех тест-объектов. **Проведенные расчеты показали, что полученные результаты не позволяют выполнить процедуру объединения показателей нормативов ДОСНП для различных почв.**

Анализ структуры почвенного покрова Пермского края и размещения в нём объектов нефтепромыслов показал, что целесообразно включить в перечень основных почв региона, для которых разрабатываются единые значения допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации, преобладающие в местах развитого нефтепромысла следующие почвы:

1. Дерново-подзолистые, преимущественно мелко- неглубокоподзолистые;
2. Дерново-подзолистые иллювиально-железистые;
3. Пойменные слабокислые и нейтральные;
4. Подзолистая неглубокоподзолистая;
5. Чернозем оподзоленный.

Для дополнения нормативов ДОСНП в почвах Пермского края рассчитаны показатели вредности по итогам следующих экспериментов:

1. Оценка хронической фитотоксичности в отношении высших растений;
2. Бiotестирование на тест-объектах *Chlorella vulgaris* и *Daphnia magna*;
3. Оценка экологического риска.

По результатам экспериментов сделан вывод, что допустимое остаточное содержание нефти и продуктов ее трансформации в почвах на территории Пермского края целесообразно установить на уровне:

- в дерново-подзолистых, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистых почвах для земель сельскохозяйственного назначения – 1,6 г/кг почвы;
- в дерново-подзолистых, преимущественно мелко- и неглубокоподзолистых почвах для земель лесного фонда – 1,5 г/кг почвы;
- в дерново-подзолистых иллювиально-железистых почвах для земель сельскохозяйственного назначения – 3,0 г/кг почвы;
- в дерново-подзолистых иллювиально-железистых почвах для земель лесного фонда – 2,1 г/кг почвы;
- в пойменных почвах для земель сельскохозяйственного назначения – 2,8 г/кг почвы;
- в пойменных почвах для земель лесного фонда – 2,1 г/кг почвы;
- в подзолистых неглубокоподзолистых почвах для земель сельскохозяйственного назначения – 1,5 г/кг почвы;
- в подзолистых неглубокоподзолистых почвах для земель лесного фонда – 1,1 г/кг почвы;
- в черноземах оподзоленных для земель сельскохозяйственного назначения – 2,3 г/кг почвы;
- в черноземах оподзоленных для земель лесного фонда – 3,0 г/кг почвы.

Список литературы

1. Абдуев М.Р., Аскеров А.О. Рекультивация нефтезагрязненных земель в Азербайджане // Вестник с-х. науки. 1979. № 1. С. 57–61.
2. Алиев С.А., Гвозденко Д.б., Бабаев М.П., Гаджиев Д.А. Рекомендации по рекультивации нефтезагрязненных земель. Баку, 1981. 26 с.
3. Алексеева Т.П. Перспективы использования торфа для очистки нефтезагрязненных почв // Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н., Стахина Л.Д., Панова И.И. Биотехнология. 2000. №1. С. 58-64.
4. Алексеенко В.А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов: монография / В. А. Алексеенко, А. В. Алексеенко. Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2013. 380 с.
5. Анализ нефтепродуктов. Ч. II. Методические указания к лабораторным занятиям для лаборантов химического анализа третьего и четвертого разрядов / сост. И.В. Александрова; Филиал ТИУ в г. Тобольске, Профессиональный учебный центр, 2017. 32 с.
6. Аниськина М.В. Мутагенный и токсический эффекты у растений *Tradescantia* (clon 02) и *Arabidopsis thaliana* (L.) Heunh., индуцированные нефтью и нефтепродуктами: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2006. 20 с.
7. Артемьева Т.И., Жеребцов А.К., Борисович Т.М. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. – С. 82-99.
8. Бабкина, В.Л. Влияние нефтезагрязнения почвы на структуру популяций клещей-орибатид / В.Л. Бабкина // Наука и образование XXI века: сборник тезисов докладов II окружной конференции молодых ученых ХМАО. Ч.1. – Сургут: Изд-во СурГУ, 2001. – С. 3-5.
9. Бакина Л.Г., Капелькина Л.П., Чугунова М.В., Бардина Т.В., Герасимов А.О. О разработке региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Ленинградской области // Региональная экология. 2010. №1-2, С. 33-40.
10. Баландина А.В., Жилкин С.М., Кузнецов Д.Б., Дубровина С.С. Восстановительная способность нефтезагрязненных почв при использовании различных препаратов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5, С. 716-724.
11. Баженова О.К. Геология и геохимия нефти и газа / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин // М.: Академик, 2004. – 415 с.
12. Баширова Р.М.; Григориади А.С.; Киреева Н.А.; Юмагужин М.С.; Тимербаева Г.Р.; Долотовская Л.З. Влияние загрязнения почвы нефтью на дягиль лекарственный *Archangelica officinalis* // Аграрная Россия. 2009. № 2. С. 42-44.
13. Буадзе О.А. Ультроструктурные и цитологические основы действия ксенобиотиков на растительные клетки // Биотрансформация ксенобиотиков в растениях. Тбилиси: Менциерба, 1988. С.248–284.
14. Бузмаков С.А. Географическая изменчивость морфофизиологических и фенетических показателей под влиянием техногенных загрязнений // Материалы VI Совещания «Вид и его продуктивность в ареале». С.-Пб.: Гидрометеоиздат. 1993. С.39.
15. Бузмаков С.А. Возможность оценки качества природной среды фенотипическими методами // Природные ресурсы Западно-Уральского Нечерноземья, их рациональное использование и охрана. Межвуз. сб. научн. трудов. Пермь. 1995. С. 18-23.
16. Бузмаков С.А. Морфофизиологические изменения популяций рыжей полевки на территории нефтяных месторождений // Экология и охрана окружающей среды. Тез. докл. 2-й Межд. научно-практической конф. Ч. 2. Морфофизиологические адаптации организмов, популяций, видов. Пермь. ПГПУ. 1995. С.21-22.
17. Бузмаков С.А. Трансформация биоты в условиях эксплуатации нефтяных месторождений // Экологические основы стабильного развития Прикамья: Материалы научно-практической конференции. Перм. ун-т. Пермь, 2000. С.304-306.

18. Бузмаков С.А. Сохранение биоразнообразия на территории нефтяных месторождений// География и регион.V.Биогеография и биоразнообразии Прикамья: Материалы Междунар. науч.-практ.конф. (30 сент.-4окт.2002г. г.Пермь). Перм.ун-т. Пермь, 2002. С.50-54.
19. Бузмаков С.А. Геоэкологический способ разработки нормативов предельно допустимого содержания нефтепродуктов в почвах. Свидетельство о регистрации интеллектуального продукта №7320030012 от 30.10.2003. М. ВНИИЦ.
20. Бузмаков С.А. Геоэкологические закономерности техногенной трансформации наземных экосистем под воздействием эксплуатации месторождений нефти Дис. д-ра геогр. наук / Пермь, 2005. 405 с.
21. Бузмаков С.А. Региональные закономерности техногенной трансформации природной среды при эксплуатации месторождений нефти// Геохимия ландшафтов (к 100-летию А.И.Перельмана). Доклады Всероссийской научной конференции. М., 18-20 октября 2016г., М.: Географический факультет МГУ, 2016. – 32 Мб. С.141-144.
22. Бузмаков С.А., Башин Г.П. Метод оценки воздействия остаточных нефтепродуктов на почву// География и природные ресурсы. 2004. №2. С.119-122.
23. Бузмаков С.А., Башин Г.П., Воронов Г.А. Расчет норм допустимого содержания остаточных нефтепродуктов в почвенных экосистемах на основе геоэкологического подхода// Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды: Доклады Международной школы. Научно-исследовательский институт Геохимии биосферы РГУ, 15-20 сентября 2003. С.28-35.
24. Бузмаков С.А., Башин Г.П., Воронов Г.А. О моделировании влияния нефтепродуктов на почву (по результатам биотестирования) // География и окружающая среда. СПб.: Наука, 2003. С.34-37.
25. Бузмаков С.А., Башин Г.П., Каменщикова В.И., Кувшинская Л.В. Количественные критерии предельно допустимого содержания остаточных нефтепродуктов в почвах Пермской области. Свидетельство о регистрации интеллектуального продукта №7320030013 от 30.10.2003. М. ВНИИЦ.
26. Бузмаков С.А., Воронов Г.А. Влияние нефтепромысловых загрязнений на популяции мелких млекопитающих// Тез. докл. межд. конф. Загрязнение окружающей среды. Проблемы токсикологии и эпидемиологии. М.-Пермь. 11-14 мая 1993г.
27. Бузмаков С.А., Егорова Д.О., Гатина Е.Л. Доза-эффект нефтезагрязнения почв на биотический компонент экосистем // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017 Т. 25 N 2. С.217—229. DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-2-217-229.
28. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь. Перм. ун-т, 2003. 171с.
29. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Трансформация геосистем в районах нефтедобычи// Известия вузов. Нефть и газ. 2004. №5. С.124-131.
30. Бузмаков С.А., Костарев С.М., Ладыгин И.В. Изучение техногенного воздействия нефтепромысловых объектов на растительный и животный мир // Геология и минеральные ресурсы. Тез. докл. научн. конф. Пермь. ПГУ. 13-15 апреля 1993. С.65.
31. Веселовский В.А., Вшивцев В.С. Биотестирование загрязнения среды нефтью по реакции фотосинтетического аппарата растений // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988, С. 99–112.
32. Викторов С.В. Ботанические признаки битуминозности пород и почв на Южном Устьюрте и в северо-восточной Турмении // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1957. Вып. 3. С.181–182.
33. Виноградов Б.В., Орлов В.П., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // Изв. РАН. Сер. геогр. 1993. № 5. С. 77–89.
34. Водяницкий Ю.Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах // Бюллетень Почвенного института В.В. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 56-82.

35. Водяницкий Ю.Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1276-1280
36. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем: Сб. науч. тр. / АН СССР, Научный совет по проблемам биосферы. М.: Наука, 1988.
37. Востокова Е.А., Вышивкин Д.Д., Касанова М.с. геоботанические показатели битуминозности // Труды Всесоюз. аэрогеолог. треста. 1955. Вып. 1. С. 99–117.
38. Временная методика определения предотвращения экологического ущерба. Госкомэкология России. Утверждена Председателем Госкомэкологии России 09 марта 1999 г. М., 1999.
39. Временный регламент приемки нарушенных и загрязненных нефтью и сопутствующими пластовыми водами земель после проведения восстановительных работ для Усинского района Республики Коми. Сыктывкар, 1995.
40. Гайнутдинов М.З., Гайсин И.А., Храмов И.Т., Гилязов М.Ю. О токсичности нефти // Проблема разработки автоматизированных систем наблюдения, контроля и оценки состояния окружающей среды: Материалы Всесоюз. науч.-техн. конф. Казань. 1979. С. 128–129.
41. Гашев С.Н. Влияние нефтяного загрязнения на мелких млекопитающих // V Съезд Всесоюзного териологического общества АН СССР. М. Т.3. С. 142-143.
42. Гашев С.Н. Фауна мелких млекопитающих нефтезагрязненных территорий Среднего Приобья // Млекопитающие в экосистемах. Свердловск. 1990. С. 18-20.
43. Гашев С. Н. Динамика численности млекопитающих в экологическом мониторинге// Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып.1. Тюмень. ИПОС СО РАН, 2000. С. 70-78.
44. Гашев С.Н., Казанцева М.Н. и др. Деградиционно-восстановительные процессы в лесных биоценозах, загрязненных нефтью // Экология, труд, здоровье нефтехимиков. Уфа. 1990. С. 20-22.
45. Гашев С.Н., Казанцева М.Н., Соромотин А.В. Влияние нефти на наземные экосистемы: от деградации к восстановлению (на примере нефтезагрязненных биогеоценозов в районе Среднего Приобья Тюменской области). – Saarbrucken: LAP LAMBERT, 2012. – 69 с.
46. Гашева М.Н., Гашев Н.С., Соромотин А.В., Состояние растительности как критерий нарушения лесных биоценозов при нефтяном загрязнении // Экология. 1990, № 2. С. 77–78.
47. Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И., Флоровская В.Н., Алексеева Т.А., Козин И.С., Оглоблина А.И., Раменская М.Е., Теплицкая Т.А., Шурубор Е.И. Геохимия полициклических ароматических углеводородов в горных породах и почвах. М.: Изд-во МГУ. 1996. 196 с.
48. Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И. Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами: метод и опыт составления // Почвоведение. 2015. № 1. С. 80-92).
49. Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И., Цибарт А.С., Смирнова М.А.. Углеводороды в почвах: происхождение, состав, поведение (обзор)// Почвоведение. 2015. № 10. С. 1195-1209.
50. Герасимова, М.И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация: учебное пособие / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Т.В. Прокофьева; под редакцией академика РАН Г.В. Добровольского. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.
51. Гилязов М.Ю. Изменение некоторых биохимических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении его нефтью // Агрехимия. 1980. № 12. С. 72–75.
52. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988, 328 с.
53. Глазовская М.А. Методологические основы эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997, 102 с.

54. Головченко А.В. Влияние нефти на численность, биомассу и жизнеспособность грибов в верховьях торфяника / А.В. Головченко, Л.М. Полянская // Микробиология. – 2001. – Т. 70, № 1. – С. 111-117.
55. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
56. ГОСТ 17.4.3.01-83. Общие требования к отбору проб почвы.
57. ГОСТ 17.4.3.03-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
58. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
59. ГОСТ Р 54039-2010 Качество почв. Экспресс-метод ИК-спектроскопии для определения количества и идентификации загрязнения почв нефтепродуктами.
60. ГОСТ Р ИСО 22033-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая токсичность в отношении высших растений.– М.: Стандартиформ, 2010. – 15 с.
61. Гриценко А.И. Экология. Нефть и газ / А.И. Гриценко, Г.С. Акопов, В.М. Максимов. – М.: Наука, 1997. 598 с.
62. Гриценко О.М. Ботанические аномалии как поисково-разведочный критерий нефтегазоносности // Экология. № 1. 1982. С. 18–22.
63. Грищенков В.Г. Бактериальные штаммы-деструкторы топочного мазута: характер деградации в лабораторных условиях / В.Г. Грищенков, Р.Р. Гаязов, В.Г. Токарев и др. // Прикл. биохим. и микробиол. – 1997. – Т. 33, № 4. – С. 423-427.
64. Гузев В.С. Перспективы эколого-микробиологической экспертизы состояния почв при антропогенных воздействиях // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 17. Почвоведение. – 1991. – №9. – С. 50–62.
65. Гузев В.С. Роль почвенной микробиоты в рекультивации нефтезагрязненных почв / В.С. Гузев, С.В. Левин, Г.И. Селецкий и др. // Микроорганизмы и охрана почв. – М., 1989. – С. 129-150.
66. Гузев В.С., Левин С.В. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов // Перспективы развития почвенной биологии / Под ред. Звягинцева Д. Г. М.: Изд-во МАКС Пресс, 2001. С. 178–219.
67. Гусейнов Д.М., Гвозденко Д.В. Опыты по рекультивации нефтезагрязненных земель, расположенных на окраинах г. Баку // Тез. докл. X научной сессии. Баку, 1973. С. 84–86.
68. Давыдова С.Л. Нефть как топливный ресурс и загрязнитель окружающей среды / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 131 с.
69. Дедков В.П., Масленников П.В., Гребенев Н.Н. Содержание антоцианов как показатель нефтяного загрязнения растений и растительных сообществ дюн Куршской косы // Вестн. РГУ им. И. Канта, 2006. № 1. С. 102-108.
70. Демиденко А.Я., Демурджан В.М. Пути восстановления нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины. // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: наука, 1988, С.197–206.
71. Демиденко А.Я., Демурджан В.М., Шеянова А.Д. Изучение питательного режима почв, загрязненных нефтью // Агрохимия. 1983. № 9. С. 100–103.
72. Ежелев З.С. Свойства и режимы рекультивированных после разливов нефти почв Усинского района Республики Коми. Дис. канд-та биол. н. М., 2015
73. Етеревская Л.В., Шеянова п.д. Изменения свойств почвы в связи с загрязнением их при разведке и добыче нефти и газа // Агрохимия и почвоведение. Вып. 29. Киев, 1975. С. 3–7.
74. Етеревская Л.В., Яранцева Л.Д., О влиянии на растения загрязнений почвы при бурении и разведке на нефть и газ // Растения и промышленная среда. Киев: Наук. думка, 1976. С.73–75.

75. Звягинцев Д.Г. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почв нефтью / Д. Г. Звягинцев, В. С. Гузев, С. В. Левин, А. А. Оборин // Почвоведение. – 1989. – № 1. – С. 72–78
76. Иванова Н.А. Особенности фотосинтетической активности и пигментного аппарата растений в условиях нефтяного загрязнения на территории Среднего Приобья // Естеств. науки, 2012. № 1. С.37-46.
77. Ившина И.Б. Бактерии рода *Rhodococcus*: биоразнообразие, иммунодиагностика, детекция, дис. ... д-ра биол. наук / И.Б. Ившина. – Пермь, 1997. – 197 с.
78. Ившина И.Б. Фенотипическая характеристика алканотрофных родококков из различных экосистем / И.Б. Ившина, М.В. Бердичевская, Л.В. Зверева и др. // Микробиология. – 1995. – Т. 64, № 4. – С. 507-513.
79. Ившина И.Б., Куюкина М.С., Костарев С.М. Применение экологически безопасной экспресс-технологии очистки нефтезагрязненных почв и грунтов (на примере районов нефтедобычи Пермской области) // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 9. – С. 116-118.
80. Иларионов С.А., Назаров А.В., Калачникова И.Г. Роль микромицетов в фитотоксичности нефтезагрязненных почв // Экология. №5. 2003. С. 341–346.
81. Иларионов, С.А. Восстановление почвенного биоценоза, подвергнутого нефтяному загрязнению / С.А. Иларионов, С.Ю. Иларионова, А.В. Назаров, И.Г. Калачникова // Письма в международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2005. – №1. – С. 56-59.
82. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Перевод с английского. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
83. Кабиров, Т.Р. Использование многоуровневой системы индикации биологической активности почв для оценки эффективности методов биорекультивации нефтезагрязненных территорий: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16, 03.00.23 / Кабиров Тагир Рустэмович. – Уфа, 2009. – 16 с.
84. Каменщикова В.И., Кувшинская Л.В. Влияние высоких температур на динамику свойств серых лесных почв агроценозов // Вестник Пермского ун-та. 2001. Вып. 4. Биология. С. 71-84.
85. Киреева Н.А., Галимзянова А.М., Мифтахова А.М. Микромицеты почв, загрязненных нефтью, и их фитотоксичность // Микология и фитопатология. Т. 34. Вып.1. 2000. С. 36-41.
86. Киреева Н.А., Мифтахова А.М., Кузяхметов Г.Г. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы // Агрехимия. 2001b. № 5. С. 64-69.
87. Киреева Н.А., Мифтахова А.М., Кузяхметов Г.Г. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы. // Вест. Башкирского ун-та. 2001a. №1. С. 32–34.
88. Киреева Н.А.; Новоселова Е.И.; Григориади А.С. Влияние загрязнения почв нефтью на физиологические показатели растений и ризосферную микробиоту // Агрехимия. № 7. 2009. С. 71-80.
89. Киреева Н.А. Комплексное биотестирование для оценки почв, загрязненных нефтью / Н.А. Киреева, М.Д. Бакаева, Е.М. Тарасенко // Экология и промышленность. – 2004. – № 2. – С. 26-29.
90. Киреева Н.А., Бакаева М.Д., Галимзянова Н.Ф. Влияние биоремедиации на условно-патогенные микромицеты нефтезагрязненных почв // Проблемы медицинской микологии. - 2005. - Т.7, № 2, С.40-41.
91. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
92. Козлов, К.С. Дождевые черви (*Lumbricus rubellus*) – биоиндикационный тест почв, загрязненных нефтью / К.С. Козлов // Всероссийская научно-техническая конференция «Наука и образование-2003»: материалы конференции. Ч.4. – Мурманск, 2003. – С. 92-94.

93. Коновалова Е.В. Влияние цеолитов и фитомелиоранта на агроэкологические показатели нефтезагрязненных почв в криоаридных условиях забайкалья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Коновалова Елена Викторовна. Улан-Удэ: 2009.
94. Колесников, С. И. Изменение комплекса почвенных микроорганизмов при загрязнении чернозема обыкновенного нефтью и нефтепродуктами / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, Н. В. Велигонова, Е. В. Патрушева, Д. К. Азнаурьян, В. Ф. Вальков // Агрохимия. – 2007. – № 12. – С. 44–48.
95. Колесников, С.И. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, М.Л. Татосян, В.Ф. Вальков // Почвоведение. - 2006. - № 5. - С. 616-620.
96. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Азнаурьян Д.К., Жаркова М.Г. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростиздат. 2007. 192 с.
97. Корнейкова, М.В. Комплексы потенциально патогенных микроскопических грибов в антропогенно загрязненных почвах Кольского Севера / М.В. Корнейкова, Г.А. Евдокимова, Е.В. Лебедева // Микология и фитопатология. - 2012. - Т.46, № 5. - С.323-328.
98. Коронелли Т.В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводов в окружающей среде / Т.В. Коронелли // Микробиология. – 1996. – Т. 32, № 6. – С. 579-585.
99. Коротаев Н.Я. Почвенное районирование Пермской области // Почвенное районирование СССР. М.: Изд-во МГУ, 1961. Вып. II. 268 с.
100. Коротаев Н.Я. Почвы Пермской области. Пермь: Пермское книжное изд-во, 1962. 280 с.
101. Кувшинская Л.В. Изменение свойств дерново-подзолистых почв при загрязнении нефтью // Вестник Пермского ун-та. 2001. Вып. 4. Биология. С. 63-70.
102. Кузьмин, Е.В. Скорость закапывания и выживаемость дождевых червей в условиях нефтяного загрязнения различной интенсивности / Е.В. Кузьмин // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: материалы IV научно-практической конференции. Вып. 4. Том 1. – Ярославль: Издание ВВО РАЭ, 2008. – 332 с.
103. Лапина Г.П., Чернавская Н.М., Литвиновский М.Е. и др. Влияние нефти на пигментный состав сосны обыкновенной — *Pinus sylvestris* // Электронный научный журнал «Исследовано в России». 2007. С. 569-580.
104. Леонтьев А.А., Ким В.И. Новые методы закрепления и облесения песков // Защитное лесоразведение на песчаных территориях Средней Азии. Вып. XV. Ташкент: СредазНИИЛ, 1973. С. 43–48.
105. Лысак Л.В. Бактериальные сообщества городских почв: Дис. д-ра биол. наук : 03.02.03 : / Лысак Людмила Вячеславовна. Москва, 2010.
106. Маганов Р.У., Маркарова М.Ю., Муляк В.В., Загвоздкин В.К., Заикин И.А. Природоохранные работы на предприятиях нефтегазового комплекса. Ч. 1. Рекультивация загрязненных нефтью земель в Усинском районе Республики Коми. Сыктывкар, 2006, 208 с.
107. Максименко О.Е., Червяков Н.А., Каркишко Т.И., Глотов Н.В. Динамика восстановления растительности антропогенно нарушенного сфагнового болота на территории нефтепромысла в Среднем Приобье // Экология. 1997. №4. С. 243–247.
108. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. - М. Медицина для всех. - 2005. - 196 с.
109. Маслова С.П., Табаленкова Г.Н. Реакция корневищного злака *Phalaroides arundinacea* на загрязнение почвы нефтью // Агрохимия. 2010. №8. С.66-71.
110. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель от 15 февраля 1995 года, [Электронный ресурс], режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902101153> (Дата обращения: 31.05.2022).

111. Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве. Издание второе. [Электронный ресурс], режим доступа: <http://lawru.info/dok/1982/08/05/n1184252.htm> (Дата обращения: 30.05.2022).
112. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева, МГУ, Москва, 1991. 304 с.
113. Морозов А.Е., Залесов С.В., Морозов Р.В. Эффективность применения различных способов рекультивации нефтезагрязненных земель на территории ХМАО-Югры // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2010. № 5. С. 36-42.
114. Морозов Н.В., Петров Г.Н. Опыты по самоочищению воды от нефти в присутствии водной растительности. // Теория и практика биологического самоочищения загрязненных вод. М.: Наука, 1972. С. 53–59.
115. Морозов Н.В., Петрова Р.Б., Петров Г.Н. Роль высшей волной растительности в самоочищении рек от нефтяного загрязнения // Гидробиол. журн. 1969. т. 5, вып. 4. с. 134–149.
116. Мотузова Г.В. Загрязнение почв и сопредельных сред. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000.
117. МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности. 2.1.7. Почва. Очистка населенных мест. Бытовые и промышленные отходы. – М: 2007. – 7 с.
118. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест.
119. МУ № 4266-87. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами.
120. МУК 4.1.1956-05 Определение концентрации нефти в почве методом инфракрасной спектrophотометрии.
121. Муравьева Д.А., Бубенчикова В.Н., Беликов В.В. Спектрофотометрическое определение суммы антоцианов в цветах василька синего // Фармация. 1987. №5. С. 28-29.
122. Назаров А.В. Влияние нефтяного загрязнения почв на растения // Вестн. Перм. Ун-та. 2007 Вып. 5(10). С. 134–139.
123. Назаров А.В., Иларионов С.А. Изучение причин фитотоксичности нефтезагрязненных почв // Альтернативная генетика и экология. 2006. №1. С. 60–65.
124. Назаров А.В., Иларионов С.А., Азизова Э.А. Формирование растительности на экспериментальных загрязненных площадках // Вестник Пермского государственного университета. Вып. 2: Биология. 2000. С. 121–125.
125. Назаров А.В., Иларионов С.А., Сергеев В.А., Калачникова И.Г., Фусс В.А. Способ фиторекультивации нефтезагрязненных почв. Патент РФ № 2225086 С1. 2004.
126. Национальный атлас почв Российской Федерации / М.: Астрель: АСТ, 2001. – 632 с.
127. Невзоров В.М. О вредном воздействии нефти на почву // Изв. вузов. Лесн. журн. 1976. № 2. с. 164–165.
128. Несветайлова Н.Г. О растительности битуминозных грунтов // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1953. Вып. 6. С. 55–62.
129. Нефтезагрязненные биогеоценозы (Процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы) / А. А. Оборин, В.Т. Хмурчик, С.А. Иларионов [и др.] // Ин-т экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермский гос. ун-т, Пермский гос. техн. ун-т. — Пермь, 2008. — 511 с.
130. Нефти, газы и битумоиды Пермского Прикамья и сопредельных районов. Каталог физико-химических свойств. – Пермь, 1977. – 567 с.
131. Обухов А.И., Ефремова Л.Л. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. М.: 1988. С. 23–36.

132. Овеснов С.А., Бузмаков С.А., Кувшинская Л.В. К вопросу об организации и ведении импактного биомониторинга //Вестник Пермского ун-та. 2000. Вып.2. Биология. С.72-79.
133. Овеснов С.А., Бузмаков С.А., Кувшинская Л.В. Современное состояние экосистем на нефтяном месторождении юга Пермской области //Мат. Науч.-практ. конф. «Экологические основы стабильного развития Прикамья». Пермь:Изд-во Пермского ун-та. 2000. С. 307-310.
134. Овеснов С.А., Ефимик Е.Г. Биоразнообразие и экология высших растений: учеб. пособие по учебной практике. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2009. 129 с.
135. Овчинникова М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ в разных условиях землепользования (на примере дерново-подзолистой почвы). Дис. ... д-ра биол. н. М., 2007.
136. Олькова А.С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134. № 6. С. 614-622.
137. Осипова Е. С. Влияние нефтяного загрязнения на биохимические и морфофизиологические показатели растений: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Осипова Елена Сергеевна. – Тюмень, 2013. 18 с.
138. Охрана окружающей природной среды: почвы. М.: ВНИИ природы, 2001. С. 65–110.
139. Павлов П.Н., Крамкова Т.В., Мартыянов Г.А. Современное земельное законодательство. М.: Элит, 2005.
140. Петухова Е.С., Петухова Г.А., Перекупка А.Г. Анализ биохимических и морфофизиологических изменений растений при действии нефтяного загрязнения воды и парааминобензойной кислоты// Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тез. докл. междунар. конф. Тюмень: Изд-во Тюменского ГУ, 2010. С. 139-140.
141. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 208 с.
142. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Чернянский С.С., Сахаров Г.Н. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение. 2003. № 9. С. 1132–1140.
143. Плеханова И.О. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах при увлажнении. Дис. ... д-ра биол. н. М., 2008.
144. ПНД Ф 16.1.38-02 Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почвы методом капиллярной газожидкостной хроматографии.
145. ПНД Ф 16.1.41-04 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом.
146. ПНД Ф 16.1.42-04 Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа.
147. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.79-2013 (НДП 30.5.102-2011) Методика измерений массовых долей ароматических углеводородов в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах производства и потребления газо-хроматографическим методом с масс-спектрометрическим детектированием.
148. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.64-10 Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом.
149. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.81-2013 (МУ 03/2012) Методика измерений массовых долей полиароматических углеводородов в пробах почв, грунтов, донных отложений, отходов производства и потребления хромато-масс-спектрометрическим методом.
150. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах.

151. Попов М.Г. Эндемичные виды грязевого вулкана Макутан // Бот. журн. 1949. № 5. с. 486–492.
152. Постановление Администрации Ненецкого автономного округа от 15 декабря 2011 г. № 293-п «Об утверждении региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефтяных углеводородов и продуктов их трансформации в почвах и в донных отложениях водных объектов на территории Ненецкого автономного округа» (с изменениями на: 17.08.2020), [Электронный ресурс], режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/460401802> (Дата обращения: 30.05.2022).
153. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 25.11.2021 № 13-Т «Об утверждении экологических норм и правил ЭкоНиП 17.03.01-001-2021 «Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах», [Электронный ресурс], режим доступа: <https://tnpa.by/#!/DocumentCard/523170/657073> (Дата обращения: 05.06.2022).
154. Постановление от 10.12.2004 г № 466-П «Об утверждении регионального норматива «Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», [Электронный ресурс], режим доступа: <http://khm-gov.ru/doc/16685> (Дата обращения: 30.05.2022).
155. Постановление правительства Республики Коми от 20 ноября 2007 года № 268 «О нормативах допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Республики Коми» (с изменениями на: 11.03.2020), [Электронный ресурс], режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/424055601> (Дата обращения: 30.05.2022).
156. Постановление правительства Сахалинской области от 20.06.2018 № 279 «Об утверждении региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Сахалинской области после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ», [Электронный ресурс], режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/6500201806220003?index=3&rangeSize=1> (Дата обращения: 04.06.2022).
157. Почвенная карта Пермского края. 1:700 000. М.: ГУГК, 1989.
158. Практикум по биологии почв: Учеб. пос. / Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манучарова Н.А. М.: Изд-во МГУ, 2002. 120 с.
159. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской Республики от 11 сентября 2015 года № 179 «Об установлении нормативов допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в торфяных почвах на территории Удмуртской Республики», [Электронный ресурс], режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/430544669> (Дата обращения: 30.05.2022).
160. Приказ министерства природных ресурсов Российской Федерации от 12 сентября 2002 года № 574 «Об утверждении Временных рекомендаций по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ», [Электронный ресурс], режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/424055601> (Дата обращения: 30.05.2022).
161. Приказ Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан от 28 октября 2016 года № 1201-п «Об утверждении региональных нормативов «допустимое остаточное содержание нефти и продуктов ее трансформации после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ в светло-серых лесных, серых лесных, темно-серых лесных легко- и среднесуглинистых почвах для земель сельскохозяйственного назначения, лесного фонда, особо охраняемых территорий и

- объектов, в черноземах типичных для тяжелосуглинистых и глинистых для земель лесного фонда, в черноземах оподзоленных, черноземах типичных, темно-серых лесных, дерново-карбонатных оподзоленных, дерново-карбонатных выщелоченных, дерново-подзолистых тяжелосуглинистых и глинистых почвах для земель особо охраняемых территорий и объектов на территории Республики Татарстан», [Электронный ресурс], режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/429081189> (Дата обращения: 29.05.2022).
162. Приказ от 27.04.2017 г № 73 «Об установлении норматива допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в дерново-подзолистых суглинистых почвах на территории Удмуртской Республики», [Электронный ресурс], режим доступа: <http://udmurtia-gov.ru/doc/53534> (Дата обращения: 30.05.2022).
163. Просяников Е.В. Влияние загрязнения нефтью на почвы Юго-Запада Нечернозёмной зоны России / Е.В. Просяников, Е.В. Смольский, А.С. Гуца // «Агрохимия», – 2012, – № 7. – С. 74-86.
164. Распоряжение Председателя правительства Санкт-Петербурга от 30 августа 1994 года № 891-р «О введении регионального норматива по охране почв в Санкт-Петербурге», [Электронный ресурс], режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9102762> (Дата обращения: 28.05.2022).
165. РД 52.18.647-2003 Определение массовой доли нефтепродуктов в почвах. Методика выполнения измерений гравиметрическим методом.
166. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990, 637с.
167. Рубин В.М., Ильюкова И.И., Кремко Л.М., Присмотров Ю.А., Самсонова А.С., Володько И.К., Лукашев О.В. Гигиеническое обоснование нормативов ПДК нефтепродуктов в почвах республики Беларусь // Гигиена и санитария, 2/2013. С. 99-101.
168. Рыбак В.К. Микрофлора почвы, загрязненной нефтью / В.К. Рыбак, Е.П. Овчарова, Э.З. Коваль // Микробиол. журн. – 1984. – Т. 46, № 4. – С. 29-33.
169. Савкина Т., Боярский З., Стжыц З. Повреждения почвы, вызванные повреждениями нефти // Материалы симп. по вопросам рекультивации наруш. пром-стью территорий. Лейпциг, 1970. Ч. 1. С. 199–205.
170. Салангинас Л.А. Изменение свойств почв под воздействием нефтезагрязнения и разработка системы мер по их реабилитации: Дис. д-ра биол. наук : 06.01.03 : / Салангинас Людмила Алексеевна. Екатеринбург, 2003. - 486 с.
171. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., Суондуков Я.Т. Изучение эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов в зоне влияния горнорудного производства // Фундаментальные исследования / Биологические науки. 2011. № 11. С. 410–414.
172. Середина В.П., Андреева Т.А., Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 270 с.
173. Скрябина О.А. Особенности почвенного покрова Кунгурской лесостепи на северной границе её ареала // Пермский аграрный вестник. 2016. №1 (13).
174. Смольникова, В.В. Влияние нефтяного загрязнения на почвенный биоценоз / В.В. Смольникова // XXXVII научно-техническая конференция по итогам работы профессорско-преподавательского состава СевКавГТУ за 2007 год. Том 1. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки: материалы конференции. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2008. – 236 с.
175. Сморгалов И.А. Роль фотогетеротрофных пурпурных бактерий в самоочищении почвы от углеводов. Дис. канд-та биол. н. Екатеринбург, 2008.
176. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998, 369 с.
177. Солнцева Н.П. Проблемы загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами: геохимия, экология, рекультивация / Н.П. Солнцева, Ю.И. Пиковский, Е.И. Никифорова и др. // Докл. симпози. VII делегатского съезда Всесоюз. об-ва почвоведов. – Ташкент, 1985. – С. 246-254.

178. Соромотин, А.В. Влияние нефтяного загрязнения на почвенных беспозвоночных (мезофауны) в таежных лесах Среднего Приобья / А.В. Соромотин // Сибирский экологический журнал. – 1995. – №6. – С. 549-552.
179. СТ СЭВ 4470-84 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния.
180. Суржко Л.Ф. Утилизация нефти в почве и в воде микробными клетками / Л.Ф. Суржко, З.Н. Финкильштейн, Б.П. Баскунов, и др. // Микробиология. – 1995. – Т. 64, вып. 3. – С. 393-398.
181. Тарасенко Е.М. Биологическая активность и токсичность нефтезагрязненных и рекультивируемых почв : дис. ... : канд. биол. наук. / Е. М. Тарасенко. – Уфа, 2006. – 140 с.
182. Таскаев А.И., Маркарова М.Ю., Заикин И.А. Восстановление нефтезагрязненных земель на Севере // Экология и промышленность России. 2004. Спец. вып. С. 19–23.
183. Третьяков Н.Н., Карнаухов Т.В., Паничкин Л.А. и др. Практикум по физиологии растений / под общей ред. Н.Н. Третьякова. М.: Агропромиздат. 1990. 271 с.
184. Трофимов С.Я., Аммосова Я.М., Орлов Д.С. и др. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение. 2000. № 2. С. 30–34.
185. Трофимов С.Я., Розанова М.С. Изменение свойств почв под влиянием нефтяного загрязнения // Деградация и охрана почв. М., 2002. С. 359-374.
186. Трофимов С.Я., Фокин А.Д., Купряшкин А.А., Дорофеева Е.И. Миграция нефти и ее компонентов по профилю торфяной верховой почвы в условиях модельного эксперимента // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 2008. № 1. С. 19–24.
187. Хазиев Ф.Х., Тишкина Е.И., Киреева Н.А., Кузяхметов Г.Г. Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты агроэкосистемы // Агрехимия. 1988. №2. С. 56–61.
188. Халимов Э.М., Левин С.В., Гузев В.С. Экологические и микробиологические аспекты повреждающего действия нефти на свойства почвы // Вестн. МГУ. Сер. 17. 1996. №2. С. 59–64.
189. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа нефтегазоносных провинций СССР. – М.: Недра, 1973. – 299 с.
190. Химия нефти / Под ред. Сюняева З.И. — Л.: Химия, 1984. — 343 с.
191. Чистые земли, [Электронный ресурс], режим доступа: http://www.transneft.ru/u/section_file/484/24.pdf (Дата обращения: 30.05.2022).
192. Чупахина Г.Н., Масленников П.В. Адаптация растений к нефтяному стрессу // Экология. 2004. № 5. С. 330–335.
193. Шамаева, А.А. Исследование процессов биоремедиации почв и объектов, загрязненных нефтяными углеводородами: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.23 / Шамаева Алия Азатовна. – Уфа, 2007. – 23 с.
194. Шилова И.И. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях таежной зоны // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 159–168.
195. Шилова И.И. Влияние загрязнения нефтью на формирование растительности в условиях техногенных песков нефтегазодобывающих районах Среднего Приобья // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1978. Вып. 5. С. 44–52.
196. Шилова И.И. Первичные сукцессии растительности на техногенных песчаных обнажениях в нефтегазодобывающих районах Среднего Приобья // Экология. 1977. №6. С. 5–15.
197. Шуйцев Ю.К. Деградация и восстановление растительных сообществ тайги в сфере влияния нефтедобычи // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. М.: Наука, 1982. С. 70–81.

198. Эколого-географические аспекты развития нефтегазового комплекса на Дальнем Востоке России / И. С. Арзамасцев [и др.]; ред. П. Я. Бакланов; Рос. акад. наук, Дальневост. отд-ние, Тихоокеан. ин-т географии. - Владивосток: Дальнаука, 2007. - 325 с.
199. Юдкин В.А., Вартапетов Л.Г., Козин В.Г. Изменения населения наземных позвоночных при освоении нефтяных и газовых месторождений на севере Западной Сибири//Сибирский экологический журнал. 1996. №6. С. 573-583
200. Яковлев А.С. Проблемы экологического нормирования и экологического аудита в нефтедобывающей отрасли // Бюл. «Использование и охрана природных ресурсов в России». 2005. № 6. С. 56–60.
201. Яковлев А.С., Евдокимова М.В. Экологическое нормирование почв и управление их качеством // Почвоведение. 2011. № 5. С. 582–596.
202. Яковлев А.С., Никулина Ю.Г. Определение нормы допустимого остаточного содержания нефти в почве в соответствии с принципами экологического нормирования // Мат-лы V Всерос. съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Ростов-на-Дону, 2008. С. 67.
203. Яковлев А.С., Никулина Ю.Г. Экологическое нормирование допустимого остаточного содержания нефти в почвах земель разного хозяйственного значения. Почвоведение. 2013. № 2. – С. 234-239.
204. Яковлев А.С., Плеханова И.О., Кудряшов С.В., Аймалетдинов Р.А. Оценка и нормирование экологического состояния почв в зоне деятельности предприятий металлургической компании «Норильский никель» // Почвоведение. 2008. № 6. С. 737–750.
205. Abbasian F., Lockington R., Mallavarapu M., Naidu R. A comprehensive review of aliphatic hydrocarbon biodegradation by bacteria // Appl. Biochem. Biotechnol. 2015. V. 176. P. 670–699.
206. Alvarez H.M., Silva R.A. Metabolic diversity and flexibility for hydrocarbon biodegradation by Rhodococcus. In: Amoroso, M.J., Benimeli, C.S., Cuozzo, S.A. (Eds.), Actinobacteria. Application in Bioremediation and Production of Industrial Enzymes. CRC Press, London, New York, 2013. pp. 241–273.
207. Atlas R.M., Schofield E.A., Morelli F.A., Cameron R.S. Effects of petroleum pollutants on Arctic microbial populations // Environ. Pollut. 1976. V. 10. № 1. P. 35–43.
208. Atlas R.M. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective / R.M. Atlas // Microbiol. Rev. – 1981. – V. 45. – P. 180-209.
209. Atlas R.M. Response of microbial populations to environmental disturbance / R.M. Atlas, A. Horowitz, M. Krichevsky, A.K. Bej // Microbial Ecology. – 1991. – V. 22. – P. 249-256.
210. Baker J.M. Seasonal effects of oil pollution on salt marsh vegetation // Oikos. 1971. V. 22. № 1. P. 106–110.
211. Baker J.M. The investigation of oil industry influences on tropical marine ecosystems // Mar. Pollut. Bull. 1981. V. 12. № 1. P. 6–10.
212. Benerjee A., Roy A., Dutta S., Mondal S. Bioremediation of hydrocarbon – a review // Int. J. Adv. Res. 2016. V. 4(6). P. 1303 – 1313.
213. Blankenship D.W., Larson R.A. Plant growth inhibition by the water extract of a crude oil // Water, Air and Soil Pollut. 1978. V. 10. № 4. P. 471–472.
214. Bundt M., Krauss M., Blaser P. and Wilcke W. Effect on the distribution and storage of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) // J. Environmental Quality. 2001. V. 30. P. 1296-1304.
215. Burk C.J. A four year analysis of vegetation, following an oil spill in a freshwater marsh // J. Appl. Ecol. 1977. V. 14, № 2. P. 515–522.
216. Cameron, P. Liability for catastrophic risk in the oil gas industry // Int. Energ. Law Rev. 2012. V. 6. P. 207–219.

217. Catalogue of Strains of Regional Specialized Collection of Alkanotrophic Microorganisms, 2018. <http://www.iegmc.ru/strains/index.html>.
218. Chen Y.-A., Liu P.-W. G., Whang L.-M., Wu Y.-J., Cheng S.-S. Biodegradability and microbial community investigation for soil contaminated with diesel blending with biodiesel // *Process Safety and Environmental Protection*. 2019. V. 130. P. 115 – 125.
219. Chen Y.-A., Liu P.-W.G., Whang L.-M., Wu Y.-J., Cheng S.-S. Effect of soil organic matter on petroleum hydrocarbon degradation in diesel/fuel oil-contaminated soil // *Journal of Bioscience and Bioengineering*. <http://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.12.001>.
220. Chikere C.B., Tekere M., Adeleke R. Enhanced microbial hydrocarbon biodegradation as stimulated during field-scale landfarming of crude oil-impacted soil // *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2019. V. 14. P. 100177.
221. CMR 40.0996(7), USA: Upper concentration levels (UCLs) in groundwater and soil.
222. De Carvalho C.C.C.R., Wick L.Y., Heipieper H.J. Cell wall adaptations of planktonic and biofilm *Rhodococcus erythropolis* cells to growth on C5 to C16 n-alkane hydrocarbons // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2009. V. 82. P. 311–320.
223. Dellagnezze B.M., de Sousa G.V., Martins L.L., Domingos D.F., Limache E.E.G., de Vasconcellos S.P., da Cruz G.F., de Oliveira V.M. Bioremediation potential of microorganisms derived from petroleum reservoirs // *Marine Pollut. Bull.* 2014. V. 89 (1–2). P. 191–200.
224. Deubel, A. Influence of microorganisms on phosphorus bioavailability in solis. *Microorganisms in solis: roles in genesis and functions* / A. Deubel, W. Merbach // Ed. F. Buscot, A. Varma. - Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2005. - P. 177-191.
225. Duarte H.O., Droguett E.L., Araújo M., Teixeira S.F. Quantitative ecological risk assessment of industrial accidents: the case of oil ship transportation in the coastal tropical area of northeastern Brazil // *Hum. Ecol. Risk Assess.* 2013. V. 19 (6). P. 1457–1476.
226. Duke N. C., Watkinson A. J. Chlorophyll-deficient propagules of *Avicennia marina* and apparent longer term deterioration of mangrove fitness in oil-polluted sediments // *Marine Pollution Bulletin*. 2002. V. 44. P. 1269–1276
227. Evdokimova, G.A., Complexes of potentially pathogenic microscopic fungi in anthropogenic polluted soils / G.A. Evdokimova, M.V. Korneykova, E.V. Lebedeva // *J. Environ. Sci. Health. Part A. Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* -2013. - V. 48. - P. 746-752.
228. Federal soil protection and contaminated sites ordinance. Berlin: Federal Law Gazette I., 1999. P. 1554.
229. Freedman W., Hutchinson T.C. Physical and biological effects of experimental crude oil spills on Low Arctic tundra in the vicinity of Tuktoyaktuk, N.W.T. Canada // *Canad. J. Bot.* 1976. V. 54, № 19. P. 2219–2230.
230. Gilfillan E.S., Page D.S., Bass A.E. et al. Use of Na/K ratios in leaf tissues to determine effects of petroleum on salt exclusion in marine halophytes // *Marine Pollut. Bull.* 1989. № 6. V. 20. P. 272-276.
231. Gomez R.B., Lima F.V. The use of respiration indices in the composting process: a review // *Waste Manage. Res.* - 2006. - V. 24. – P. 37–47.
232. Gondal M.A., Siddiqui M.N., Nasr M.M. (2010) Detection of trace metals in asphaltenes using an advanced laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) technique // *Energy Fuels*. 24, 1099–1105.
233. Grosswell I.W. The fate of petroleum in a soil environment // *Oil spill conf.* New Orleans, 1977. P. 449-482.
234. Gupta S., Pathak B., Fulekar M.H. Molecular approaches for biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbon compounds: a review // *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2015. V. 14. P. 241–269.
235. Hunt P.G., Ricard W.E., Denece F.J. Terrestrial oil spills in Alaska: Environmental effects and. recovery // *Proc. of joint conf. on prevention and control of oil spills.* Washington, 1973. P. 733–740.

236. Ivshina, I.B., Kuyukina, M.S., Krivoruchko, A.V. (2017) Hydrocarbon-oxidizing bacteria and their potential in eco-biotechnology and bioremediation. In: *Microbial Resources: From Functional Existence in Nature to Industrial Applications*. Ed. I. Kurtböke, Elsevier. 2017. P. 121-148.
237. Ivshina, I.B., Kuyukina, M.S., Krivoruchko, A.V., Barbe, V., Fischer, C., 2014. Draft genome sequence of propane and butane oxidizing actinobacterium *Rhodococcus ruber* IEGM 231 // *Genome Announc.* 2 (6.).
238. Ivshina, I.B., Kuyukina, M.S., Krivoruchko, A.V., Elkin, A.A., Makarov, S.O., Cunningham, C.J., Peshkur, T.A., Atlas, R.M., Philp, J.C. (2015). Oil spill problems and sustainable response strategies through new technologies // *Environmental Sciences: Processes and Impacts*. V. 17. P. 1201-1219.
239. Kuyukina M.S., Ivshina I.B. Application of *Rhodococcus* in bioremediation of contaminated environments. In: Alvarez, H.M. (Eds.), *Biology of Rhodococcus*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. pp. 231–232.
240. Kuyukina M.S., Ivshina I.B. *Rhodococcus* biosurfactants: biosynthesis, properties and potential application. Alvarez, H.M. (Ed.), *Microbiology Monographs. Biology of Rhodococcus*, vol. 16, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010. pp. 292–313.
241. Kuyukina M.S., Ivshina I.B., Kamenskikh T.N., Bulicheva M.V., Stukova G.I. Survival of cryogel-immobilized *Rhodococcus* cells in crude oil-contaminated soil and their impact on biodegradation efficiency // *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 2013. V. 84. P. 118-125.
242. Kuyukina M.S., Ivshina I.B., Makarov S.O., Philp J.C/ Risk assessment and management of terrestrial ecosystems exposed to petroleum contamination. In: *Environmental Contamination*. Ed. J. K. Srivastava. InTech, 2012. P. 177-198.
243. Lin Q., Mendelsohn I.A. A comparative investigation of the effects of South Louisiana Crude oil on the vegetation of fresh, brackish, and salt marshes // *Marine Pollut. Bull.* 1996. № 2. V. 32. P. 202-209.
244. Macaulay B.M., Rees D. Bioremediation of oil speels: a reviw of challenges for research advancement // *Annals of Environmental Science*. 2014. V. 8. P. 9 – 37.
245. Malallah G., Afzal M., Gulshan S., et al *Vicia faba* as a bioindicator of oil pollution // *Environmental Pollution*. 1996. V. 92, № 2. P. 213-217.
246. Marinescu M., Toti, M., Tanase, V., Plopeanu, G., Calciu, I., Marinescu, M., 2001. The effects of crude oil pollution on physical and chemical characteristics of soil. *Resaerch Journal of Agricultural Science*, 43(3), 125-129.
247. Mitchell W.W., Lounachan T.Z., Mikendrick J.D. Effects of tillage and fertilization on persistence of crude oil contamination in an. Alaskan soil // *J. Environ. Quality*. 1979. Vol. 8. P. 525–532.
248. Nyman J.A. Effect of Crude Oil and Chemical Additives on Metabolic Activity of Mixed Microbial Populations in Fresh Marsh Soils // *Microb. Ecol.* 1999. V. 37. P. 152–162.
249. Odu C.T.I. Biological aspects of land rehabilitation following hydrocarbons contamination // *J. Inst. Petrol.* 1972. V. 58. P. 201–206.
250. Oualha M., Al-Kaabi N., Al-Ghouti M., Zouari N. Identification and overcome of limitations of weathered oil hydrocarbons bioremediation by an adapted *Bacillus sorensis* strain // *Journal of Environmental Management*. 2019. V. 250. P. 109455.
251. Orisakwe, O.E., Akumka, D.D., Njan, A.A., Afonne, O.J. Testicular toxicity of Nigerian bonny light crude oil in male albino rats // *Reproductive Toxicology*. 2004. P. 439-442.
252. Pikovskii Y., Oborin A., Veselovskii V., Veselova T. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and photosynthetic activity of perennial cereals as markers of soil remediation after petroleum hydrocarbons pollution (field experience) // *Novel Approaches for Bioremediation of organic pollution: Proc. of the 42-nd OHOLO Conf.* 3-7 May. Eliat, 1998. P. 22.
253. Pucci O.H. Influence of crude oil contamination on the bacterial community of semi-arid soils of Patagonia (Argentina) / O.H. Pucci, M.A. Bak, S.R. Peressutti et al. // *Acta Biotechnologica*. – 2000. – V. 10. – P. 129-146.

254. Radwan S., Sorkhoh N., El-Nemr I. Oil biodegradation around roots // *Nature*. 1995. Vol. 376. № 27. P. 302.
255. Saul D.J., Aislabie J.M., Brown C.E., Harris L., Foght, J.M. Hydrocarbon contamination changes the bacterial diversity of soil from around Scott Base, Antarctica // *FEMS Microbiol. Ecol.* 2005. V. 53. P. 141-155.
256. Salam L.B., Idris H. Consequences of crude oil contamination on the structure and function of autochthonous microbial community of a tropical agricultural soil // *Environmental Sustainability*. 2019. V. 2. P. 167 – 187.
257. Scarlett A.G., Reinardy H.C., Henry T.B., West C.E., Frank R.A., Hewitt L.M., Rowland S.J. Acute toxicity of aromatic and non-aromatic fractions of naphthenic acids extracted from oil sands process-affected water to larval zebrafish // *Chemosphere*. 2013. V. 93(2). P. 415-420.
258. *Sediment Toxicity of Petroleum Hydrocarbon Fractions*. – Batelle, Duxbury, 2007. – 89 pp.
259. Simanzhenkov V., Iden R. *Crude Oil Chemistry*. Marcel Dekker, New York, 2003. – 411 pp.
260. Sorkhoh N.A. Establishment of oil-degrading bacteria associated with cyanobacteria in oil-polluted soil / N.A. Sorkhoh, R.H. Al-Hasan, M. Khanafer, S.S. Radwan // *J. Appl. Bacteriol.* – 1995. – V. 78. – P. 194-199.
261. *Toxicological Profile for Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. - Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1999. – 315 pp.
262. Udo E.J., Fayeni A.A. The effect of oil pollution of soil on germination, growth and nutrient uptake of corn // *J. Environ. Quality*. 1975. V. 4, № 4. P. 537–540.
263. Unlü K., Kemblowski M.W., Parker J.C., Stevens D., Chong P.K., Kamil I. A screening model for effects of land-disposed wastes on groundwater quality // *J. Contam. Hydrol.* – 1992. – V. 11. – P. 27-49.
264. Valiola I., Vince S., Teal J.M. Assimilation of sewage by wetlands // *Estuar. Proceed.* 1976. № 1. P. 234–253.
265. Varjani S., Upasani V.N. Influence of abiotic factors, natural attenuation, bioaugmentation and nutrient supplementation on bioremediation of petroleum crude contaminated agricultural soil // *Journal of Environmental Management*. 2019. V. 245. P. 358 – 366.
266. Vasilyeva G., Kondrashina V., Strijakova E., Ortega-Calvo J.-J. Adsorptive bioremediation of soil highly contaminated with crude oil // *Science of the Total Environment*. 2020. V. 706. P. 135739
267. William J.N. An overview of the USEPA national oil and hazardous substances pollution contingency plan. Subpart J. Product Schedule (40 CFR 300.900) // *Spill Science & Technology Bulletin*. 2003. V. 8. Iss. 5–6. P. 521–527.

Приложение 1. Фотографии площадок отбора почв



**Площадка 1. Куединский район, охраняемый ландшафт «Куединский».
Почва – дерново-подзолистая иллювиально-железистая**



**Площадка 2. Куединский район.
Почва – дерново-подзолистые, преимущественно мелко и неглубокоподзолистые**



Площадка 3. Кудымкарский район, охраняемый ландшафт «Буждомский ельник».
Почва – подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые



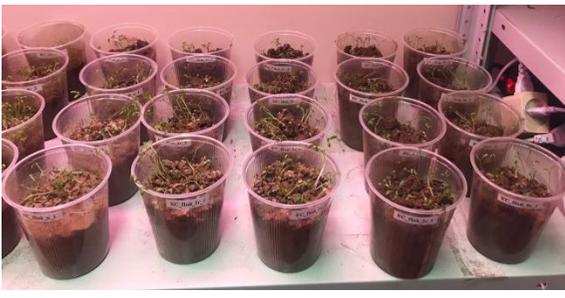
Площадка 4. Куединский район, охраняемый ландшафт «Куединский».
Почва – пойменные слабокислые и нейтральные



Площадка 5. Ординский район. Почва – чернозем оподзоленный

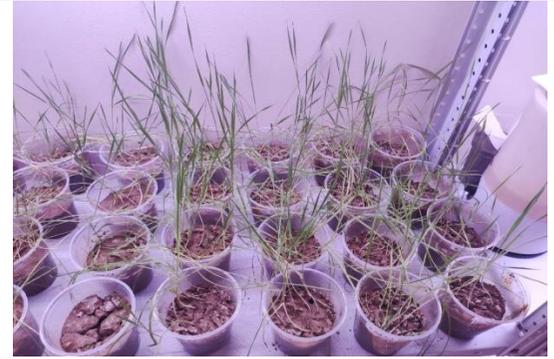
Приложение 2. Фотоотчет вегетационного хронического эксперимента

Тест-объект: кресс-салат посевной (*Lepidium sativum* L.)

	Начало эксперимента	Середина эксперимента	Окончание эксперимента
<p>Дерново-подзолистая преимущественно неглубокоподзолистая</p>			
<p>Дерново- подзолистая иллювиально- железистая</p>			
<p>Пойменная слабокислая и нейтральная</p>			

	Начало эксперимента	Середина эксперимента	Окончание эксперимента
<p style="text-align: center;">Подзолистая преимущественно неглубоко подзолистая</p>			
<p style="text-align: center;">Чернозем оподзоленный</p>			

Тест-объект: пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.)

	Начало эксперимента	Середина эксперимента	Окончание эксперимента
Дерново-подзолистая преимущественно неглубокоподзолистая			
Дерново-подзолистая иллювиально- железистая			
Пойменная и слабокислая и нейтральная			

	Начало эксперимента	Середина эксперимента	Окончание эксперимента
Подзолистая преимущественно неглубоко подзолистая			
Чернозем оподзоленный			

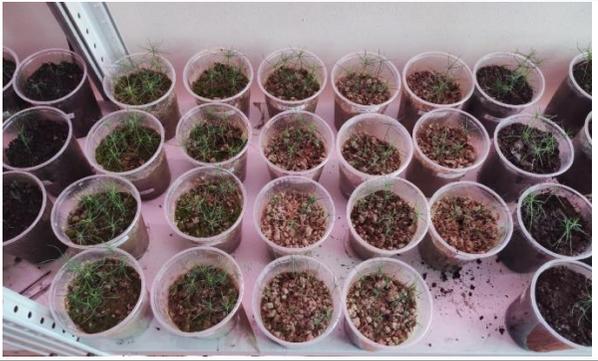
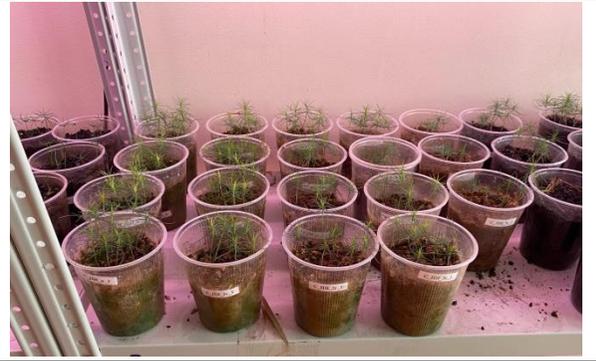
Тест-объект: ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.)

	Начало эксперимента	Середина эксперимента	Окончание эксперимента
Дерново-подзолистая преимущественно неглубокоподзолистая			
Дерново-подзолистая иллювиально- железистая			
Пойменная слабокислая и нейтральная			

	Начало эксперимента	Середина эксперимента	Окончание эксперимента
Подзолистая преимущественно неглубоко подзолистая			
Чернозем оподзоленный			

Тест-объект: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.)

	Начало эксперимента	Середина эксперимента	Окончание эксперимента
Дерново-подзолистая преимущественно неглубокоподзолистая			
Дерново-подзолистая иллювиально-железистая			
Пойменная слабкокислая и нейтральная			

	Начало эксперимента	Середина эксперимента	Окончание эксперимента
<p style="text-align: center;">Подзолистая преимущественно неглубоко подзолистая</p>			
<p style="text-align: center;">Чернозем оподзоленный</p>			