



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

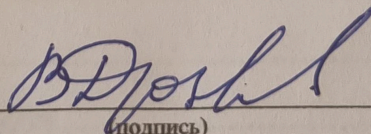
На тему Проблемы деградации почв арктической зоны в местах добычи нефти и газа на примере Ямбургского месторождения

Исполнитель Коровин Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат биологических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Рижия Елена Яновна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«__» «_____» 2023 г.

Санкт-Петербург,
2023

Оглавление

Введение.....	3
1. Влияние нефтегазовой отрасли на компоненты окружающей среды	6
1.1. Влияние на атмосферу	6
1.2. Влияние на гидросферу.....	9
1.3. Влияние на литосферу.....	10
1.4. Влияние на биоту.....	11
2. Факторы почвообразования в условиях Тазовского полуострова.....	12
2.1. Климат	12
2.2. Многолетняя мерзлота	13
2.3. Геология и рельеф	14
2.4. Почвообразующие породы	15
2.5. Гидрография.....	16
2.6. Растительный и животный мир.....	16
3. Объекты исследования	17
3.1. Полевые методы исследования.....	25
3.2. Лабораторный анализ.....	26
3.2.1. Анализ содержания тяжёлых металлов	26
3.2.2. Определение кислотности почв.....	27
3.2.3. Определение содержания нефтепродуктов	31
3.2.4. Определение содержания тяжёлых металлов	35
3.3. Расчёт показателей загрязнения.....	48
Заключение	55
Список используемых источников.....	57

Введение

Территория Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) входит в Арктическую зону Российской Федерации и характеризуется сложноорганизованными тундровыми экосистемами с характерными мохово-лишайниковыми, луговыми, болотными и кустарниковыми растительными ассоциациями, представляющими собой идеальные условия для пастбищного оленеводства [1].

На Тазовском полуострове ЯНАО имеются богатые запасы природного газа и нефти, с которыми работает компания ООО "Газпром добыча Ямбург", дочерняя компания ПАО "Газпром". Здесь проводятся геологоразведочные работы, осуществляется разработка и обустройство новых месторождений, а также добыча и подготовка газа и газового конденсата к транспортировке. Однако при эксплуатации газовых объектов возникают проблемы, связанные с использованием земельных ресурсов. Возникают потери земельного фонда из-за строительства наземных и подземных сооружений, разделения угодий траншеями и инженерными коммуникациями. Также требуется изъятие плодородной почвы для проведения исследований, и возникают промышленные стоки. Процесс добычи газа сопровождается выделением токсических веществ, которые загрязняют открытые водоемы и почву, негативно влияют на растительность, животных и птиц. Кроме того, увеличивается содержание азота в атмосфере, и его соединения поступают вместе с атмосферными осадками. На данной территории происходят различные механические воздействия на почвенно-растительный покров вследствие использования различной техники для проведения разведки, бурения скважин и обустройства промыслов. Это приводит к частичной или полной утрате растительного покрова и органогенного слоя в тундровых почвах, а иллювиальные горизонты выходят на дневную поверхность [2,3]. В результате возникает явление, известное как термоэрозия, которая характерна для многолетней мерзлоты. Термоэрозия способствует образованию оврагов и песчаных обнажений, что, в свою очередь, приводит к геологической

нестабильности газопроводов и других технических сооружений [4]. Данные формы деградации почв создают риск возникновения различных аварийных ситуаций, приводящих к химическому загрязнению компонентов окружающей среды углеводородными продуктами. Кроме того, наблюдаются заметные нарушения природного ландшафта, которые связаны с тундровыми пожарами, охватывающими значительные площади [5]. После пожаров, которые возникают даже в короткое и прохладное лето, происходит уничтожение теплоизолирующего растительного покрова. Это приводит к увеличению толщины сезонно-талого слоя и повышению тиксотропности грунтов. В результате активизируются процессы плоскостной эрозии, термокарста, солифлюкции и сползания поверхностных отложений, даже на пологих склонах.

И несмотря на то, что почва обладает самовосстановлением, приводящим к возрождению почвенно-растительного покрова, этот процесс в суровых условиях Арктики может занимать десятки лет. Для обеспечения как безопасности производственных процессов, так и сохранения уязвимого баланса экосистемы арктического региона, экологический мониторинг почвенного покрова территории становится чрезвычайно актуальным. С помощью мониторинга удастся своевременно обнаруживать неблагоприятные по состоянию участки, формы деградации земель, изучать физические, химические и биологические свойства почв, обеспечивающие их плодородие, и, на основании полученных данных своевременно проводить рекультивацию нарушенных земель.

Цель работы – провести оценку экологического состояния деградированных почв в местах добычи нефти и газа Ямбургского месторождения.

Задачи:

1. На основании литературных данных изучить влияние нефтегазовой отрасли, расположенной в зоне тундры, на экологическое состояние окружающей среды.

2. Изучить основные типы почв, расположенные на территории Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения.

3. Исследовать эколого-токсикологические свойства почвенных образцов, отобранных с нарушенных участков Ямбургского трубопровода и сравнить их с фоновыми почвами.

4. Определить категорию загрязнения почв, расположенных в зоне одного из лицензионных участков Ямбургского месторождения.

1. Влияние нефтегазовой отрасли на компоненты окружающей среды

1.1. Влияние на атмосферу

Активность предприятий в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности сопровождается существенным отрицательным воздействием на окружающую среду, особенно на атмосферу. Это связано с процессами переработки нефти и сжиганием нефтепродуктов, таких как автомобильные топлива и котельные установки[6].

Среди промышленных отраслей нефтепереработка и нефтехимия занимают четвертое место по уровню загрязнения атмосферы. При сжигании топлива выделяются вредные вещества, такие как оксиды азота, серы, углерод, технический углерод, углеводороды и сероводород. В таблице 6.2 приведены данные о выбросах вредных веществ в атмосферу с трех различных нефтеперерабатывающих заводов разной мощности в качестве иллюстративного примера[7].

Среди прочих промышленных отраслей, нефтепереработка и нефтехимия занимают четвертое место по степени загрязнения атмосферы. При сжигании топлива выделяются вредные вещества, включая оксиды азота, серы, углерода, технический углерод, углеводороды и сероводород. Для наглядности приведены данные о выбросах этих веществ в атмосферу с трех разных нефтеперерабатывающих заводов разной мощности в таблице 1.

Из проведенного анализа видно, что в процессе переработки углеводородных систем в атмосферу ежегодно выбрасывается более 1500 тысяч тонн вредных веществ. Основными составляющими этих выбросов являются углеводороды (78,8%), оксиды серы (15,5%), оксиды азота (1,8%), оксиды углерода (17,46%) и твердые вещества (9,3%). Выбросы твердых веществ, диоксида серы, оксида углерода и оксидов азота составляют до 98% общих выбросов от промышленных предприятий. Из анализа состояния атмосферы

видно, что именно выбросы этих веществ в большинстве промышленных городов приводят к повышенному уровню загрязнения воздуха.

Таблица 1.Содержание вредных веществ в выбросах НПЗ различной мощности

Вредные вещества	Концентрация вредных веществ в газовых выбросах объектов разной мощности (в % к мощности НПЗ № 1, принятой за 100%)		
	НПЗ № 1 (100%)	НПЗ № 2 (86%)	НПЗ № 3 (57%)
Углеводороды (сумма)	31,0/3,3-254,0)	30,5/(8,3-201,0)	15,0/(3,2-81,7)
Непредельные углеводороды	10,6(0,1-118,8)	11,9/(2,5-130,1)	6,4/(2,5 61,0)
Сероводород	0,057/(0,001-1,2)	0,03/(0,002-0,9)	0,011/(0,001-0,5)
Диоксид серы	0,79/(0,01-11,1)	0,67/(0,01-9,5)	0,05/(0,01-1,0)
Оксид углерода	11,3/(0,6-66,5)	14,9/(0,8-54,0)	5,0/(0,2-24,0)
Фенол	0,24/(0,01-10,0)	0,45/(0,01-15,8)	
Бензол	0,03/(0,002-0,23)	0,08/(0,001-0,34)	

63% углеводородов (включая сернистые соединения) испаряются из резервуаров, емкостей, нефтеловушек, прудов, сооружений биологической очистки сточных вод и других источников.

17% теряется на факелах, если нет газгольдеров для улавливания факельного газа.

19% пропадает при сжигании кокса с катализаторов, в результате разливов и утечек в грунт, газов разложения на автоклавных и битумных установках, а также из шламов, глин и других источников.

1% теряется с отходящими сточными водами до биологической очистки, если содержание нефтепродуктов в сточных водах превышает 75 мг/л.

Эти безвозвратные потери являются значительными и могут иметь негативное влияние на окружающую среду и экономическую эффективность предприятий [7].

Также в отрасли выделяют различные типы источников загрязнения: передвижные и стационарные, организованные и неорганизованные, точечные

и площадные. Предприятия имеют разнообразные и распределенные источники выбросов.

Неорганизованные выбросы происходят при хранении и транспортировке нефти и нефтепродуктов, а организованные выбросы возникают при сжигании различных видов топлива и газов в печах и факельных установках, а также при каталитическом крекинге, где происходит разложение молекул углеводородов.

Хотя факельные установки являются значительными источниками выбросов, они выполняют важную роль в снижении опасности вредных веществ. Факельные установки преобразуют вредные вещества в менее опасные формы. Объем выбросов через факел составляет в среднем до 1% от объема переработанной нефти. Большая часть выбросов на факел приходится на сероводород, который присутствует в углеводородных потоках[8].

Анализировать информацию об источниках выбросов, их мощности, расположении и составе вредных веществ, с учетом климатических условий, позволяет оценить экологическую нагрузку в окружении производственных объектов. Для этого необходимо собрать данные о предельно допустимых выбросах (ПДВ).

Характеристики предприятия, такие как его профиль производства, схема переработки, ассортимент выпускаемой продукции, системы очистки и технологические процессы, определяют его роль в качестве источника загрязнения атмосферы. Источники выбросов загрязняющих веществ могут быть организованными и неорганизованными. Например, на Московском нефтеперерабатывающем заводе имеется 167 организованных источников выбросов, таких как дымовые трубы технологических печей, факельные горелки и вентиляционные системы производственных помещений, а также 132 неорганизованных стационарных источника.

К неорганизованным источникам выбросов, которые могут способствовать выделению вредных веществ, относятся различные компоненты, такие как резервуары, цистерны наливных эстакад, поверхности испарения очистных сооружений, а также дефекты в арматуре и фланцевых

соединениях, пропуски сальниковых устройств, предохранительных клапанов прободоотборных кранов и открытые дренажи [8].

Наиболее экологически опасными считаются производства, связанные с ректификацией углеводородных систем, очисткой масел с использованием ароматических веществ, производством элементарной серы и объекты очистных сооружений [7].

1.2. Влияние на гидросферу

Нефть и нефтепродукты представляют собой высокую опасность для загрязнения воды и оказывают негативное воздействие на различные аспекты использования водных ресурсов. Они нарушают трофические связи и циклы веществ, загрязняют береговые зоны рек, озер и морские побережья, а также приводят к ухудшению физических и органолептических свойств воды [9].

Нефть является неспецифическим токсином с переменным составом и относится к категории слабо или умеренно токсичных веществ. Наибольшую опасность для живых организмов представляют растворимые моноциклические ароматические углеводороды и устойчивые высокомолекулярные полиароматические углеводороды. Эти компоненты могут нанести вред водным организмам на ранних стадиях их развития, таких как икра, личинки и молодые особи.

Биологические последствия разливов нефти зависят от типа и объема нефти, естественных характеристик района происшествия, текущих гидрометеорологических условий, а также от видового состава и численности местной фауны и флоры. Вредное воздействие нефти на водные организмы может проявляться через непосредственный физический контакт, прямую интоксикацию, нарушения физиолого-биохимических и поведенческих процессов, а также накопление углеводородов в организмах.

Например, содержание нефтепродуктов в воде свыше 0,1 мг/л придает мясу рыбы неотделимый привкус и специфический запах нефти [10]. Однако

вредное воздействие нефти на водные организмы может проявляться не только через интоксикацию, но и через прямое физическое воздействие на них [11].

1.3. Влияние на литосферу

Добыча нефти и газа имеет негативное влияние на литосферу. Вот несколько способов, которыми добыча нефти и газа может повлиять на литосферу:

Осаждение отходов: при добыче нефти и газа происходит образование различных отходов и отстойников, таких как буровой шлам, отработанные химические реагенты и другие материалы. Если эти отходы неправильно управляются и утилизируются, они могут попадать в литосферу и вызывать загрязнение почвы и грунтовых вод [12].

Загрязнение водных ресурсов: как было сказано выше, в процессе добычи нефти и газа могут происходить протечки и разливы, которые могут привести к загрязнению рек, озер и других водных ресурсов [13]. Загрязненная вода может проникать в литосферу и иметь негативное воздействие на ее состав и качество.

Изменение геологической структуры: добыча нефти и газа включает использование различных методов, таких как бурение скважин и гидроразрыв пластов. Эти процессы могут привести к изменению геологической структуры литосферы, включая сдвиги, сжатия и изменение напряженности горных пород. Это может вызывать землетрясения и другие геологические нарушения.

Снижение уровня грунтовых вод: добыча нефти и газа может привести к снижению уровня грунтовых вод в окружающих районах. Это может произойти из-за понижения давления в пластах, откуда добывается нефть и газ, или из-за неадекватного управления водными ресурсами во время процесса добычи. Снижение уровня грунтовых вод может вызывать проблемы с водоснабжением и приводить к снижению плодородия почвы [13].

В последнее время в тундровой зоне России участились случаи появления так называемых газовзрывных воронок [15]. Когда гигантские дыры образуются

в непосредственной близости к поселкам или объектам газовой инфраструктуры, это может вызвать серьезные проблемы и даже привести к человеческим жертвам. Геологи и геофизики активно исследуют это явление, однако до сих пор нет единого точного мнения о том, каким образом образуются эти гигантские дыры в земле. Довольно большая группа учёных считает появление таких кратеров абсолютно естественным процессом, не зависящим от хозяйственной деятельности человека. Другие исследователи, напротив, проводят прямую зависимость между развитием нефтегазовой отрасли и количеством появления кратеров в тундровой зоне. По мнению учёных, причина кроется в изменениях геологической структуры коренной породы, приводящих к подобным опасным явлениям.

1.4. Влияние на биоту

Попадание нефтяных углеводородов в почву действительно вызывает серьезные и необратимые изменения в её свойствах. Это приводит к потере плодородия, солению и непригодности для сельскохозяйственного использования [16]. В первые дни и месяцы после загрязнения содержание нефти в почве наиболее высоко.

Нефть, задерживаемая капиллярными силами, заполняет поры в почве, вытесняя воздух и воду. Микро- и нанопленки нефти обволакивают почвенные агрегаты и частицы, увеличивая их дисперсность, гидрофобность и объемную массу. Это может привести к слипанию почвенных агрегатов и уплотнению почвы. Некоторые компоненты нефти, такие как нафтеновые кислоты, смолы и асфальтены, могут быть иммобилизованы в почве, связываясь с органическим и минеральным веществом. Это приводит к уменьшению порового пространства, образованию гудрона, цементации почвенных частиц и формированию битуминозных солончаков. В результате нарушается почвенный покров и возникает усиление эрозии [17].

С течением времени содержание загрязнителей в почве снижается, но с замедлением, пропорциональным экспоненциальной функции. Время восстановления загрязненных нефтью почв и процесс саморекультивации может занимать от 1 до 15 лет [16].

2. Факторы почвообразования в условиях Тазовского полуострова.

2.1. Климат

Ямбургское месторождение находится в северо-западной части обширной Сибирской антициклонической области, которая постоянно перемещается в северо-западном направлении и обратно [18]. В этой области происходит взаимодействие атлантических циклонов с арктическими фронтальными разделами воздушных масс. Зимой устанавливается устойчивый антициклонический режим, преобладающий до конца января, а летом - циклонический режим до середины августа. Весенняя активизация начинается в июне и продолжается до первой декады июля, среднесуточная температура повышается в этот период. Летняя активизация происходит в июле и первой половине августа, когда температура держится на максимальных значениях. Осеннее затухание активности начинается с конца августа и продолжается до конца сентября, среднесуточные температуры в этот период колеблются от 0 до 10°C.

На территории района характерен суровый климат с продолжительной зимой, коротким, но жарким летом, а также короткими переходными сезонами - осенью и весной. Заморозки могут наблюдаться как в позднюю весну, так и в раннюю осень, а безморозный период ограничен. Территория имеет суровый термический режим, который усиливается холодом Карского моря, являющегося источником холода летом и вызывающего сильные ветры зимой. Средние годовые температуры в заполярной части района составляют от -8 до -11°C.

Количество и распределение осадков на севере Западной Сибири определяются в основном фронтальной деятельностью западных циклонов и общей циркуляцией атмосферы. Влажность этой области зависит от влаги, приносимой с запада. Арктические массы с севера и континентально-полярные массы с юга встречаются без препятствий на широкой территории Западно-Сибирской равнины. Однако арктические массы обычно не приносят большие осадки, в то время как континентально-полярные массы, хотя и дают значительные осадки, ограничены узкой фронтальной зоной и не проявляются очень часто [19].

В среднем в районе выпадает 394 мм осадков в год, из которых 188 мм приходится на дождь, а 206 мм на снег. Дождевая влага равномерно распределяется по поверхности, в то время как снег подвержен ветровому перераспределению. Большая часть снега сносится в пониженные места, что при его таянии приводит к увеличению эрозионной нагрузки на рельеф.

Относительная влажность воздуха изменяется в течение года и аналогична изменениям температуры воздуха: наименьшие значения наблюдаются зимой в январе и феврале, а наибольшие - в июле. В октябрь-ноябре относительная влажность в Заполярье достигает своего максимума (85-90%), а минимальные значения отмечаются в июле (60-80%).

В зимнее время преобладают южные ветры в Заполярье, со средними скоростями 6-8 м/сек, в то время как летом преобладают северные и северо-западные ветры с средними скоростями 5-6 м/сек [20].

Максимальная скорость ветра наблюдается в марте, когда Сибирский антициклон отступает на юго-восток из арктической области. Соответственно, минимальная скорость ветра соотносится с летним периодом антициклонического режима [19].

2.2. Многолетняя мерзлота

Многолетняя мерзлота является значительным фактором, влияющим на процессы почвообразования. Она возникает в результате замораживания грунта на протяжении нескольких лет под воздействием низких температур. Мерзлотный грунт характеризуется замороженными порами и слабой проницаемостью для воды.

Мерзлота оказывает важное влияние на развитие почвы. Она создает особые условия для формирования различных горизонтов и свойств почвы. Например, в верхних слоях мерзлоты образуется тонкий слой размороженного грунта, называемый активным слоем, который является наиболее плодородным и поддерживает растительный покров [21].

При размораживании мерзлоты происходит ее таяние, что влияет на перемещение воды и минеральных веществ в почве [22]. Это может привести к образованию гравитационных потоков и перемешиванию почвенных частиц. Таяние мерзлоты также способствует формированию озер и болот, которые могут стать местом образования специфических типов почв.

Кроме того, мерзлота ограничивает глубину проникновения корней растений, что оказывает влияние на их рост и распределение. Это может приводить к формированию характерных признаков почвы, таких как поверхностные гумусовые скопления и горизонты с повышенным содержанием органического вещества [23].

Таким образом, многолетняя мерзлота играет важную роль в процессах почвообразования, определяя особенности структуры и свойств почвенного покрова в замерзающих регионах.

2.3. Геология и рельеф

Ямбургское газоконденсатное месторождение находится рядом с большим тектоническим разломом, который идет в направлении северо-северо-запада и разделяет Тазовскую авлакогено-грабенную отрицательную структуру от Южно-Ямальской останцовогогорстовой положительной структуры.

Влияние на тектонику, геологию и рельеф этой области связано с тем, что она находится в северной части Западно-Сибирской плиты, вместе с другими структурами [23].

В геологическом разрезе этого района находится складчатый кристаллический фундамент эпигерцинского возраста, который наиболее поднятый блок находится на глубине 3 км, а наиболее опущенный блок - на глубине 4,5 км. На следующем структурном уровне находятся породы юрского возраста, которые подверглись деформациям и дислокациям. Над ними находится платформенный чехол, который состоит из двух структурных уровней: нижний уровень состоит из отложений мелового и палеогенового возраста, а верхний уровень состоит из отложений неоген-четвертичного возраста. Нижний платформенный уровень состоит в основном из терригенных морских отложений, таких как пески и глины, с локальными прерываниями и перерывами в осадконакоплении [24].

2.4. Почвообразующие породы

На исследуемой территории наблюдается последовательная смена почвообразующих пород с севера на юг, что типично для всей Западно-Сибирской равнины (см. рис. 1). На Тазовском полуострове начинают преобладать различные комплексы почвообразующих пород: озёрно-аллювиальные и озёрноледниковые, лёссоволедниковый комплекс (едома), озёрные, органогенные, торфяные, а также ледниковые, флювиогляциальные и озёрные гляциальные отложения. Помимо этого, также встречаются выходы коренных пород и морские отложения. Для органогенных пород характерно увеличение степени трофности почв в направлении от севера к югу [25].

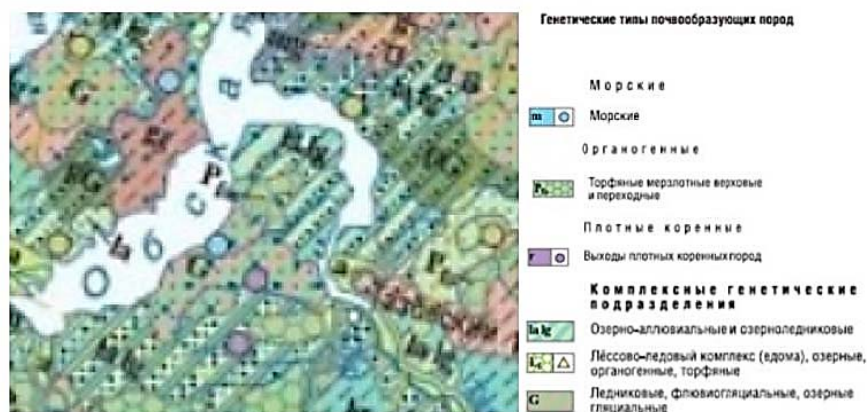


Рисунок1 – Карта почвообразующих пород Тазовского полуострова. (Атлас почв Российской Федерации)

2.5. Гидрография

Гидрографическая сеть на территории ЯНАО развита хорошо, так как этот регион относится к зоне избыточного увлажнения. Одной из крупнейших рек полуострова является Таз. Река протекает через полуостров и впадает в Обскую губу, образуя залив – Тазовскую губу. Река Таз имеет длину около 720 километров и является важным водным путем для транспортировки грузов и обеспечения жизни местных жителей [27].

Также на Тазовском полуострове можно встретить много небольших рек, которые протекают через тундру и лесные участки. Эти реки являются важными источниками пресной воды для местной флоры и фауны.

Кроме того, на полуострове расположены многочисленные озера. Они могут быть как пресными, так и солеными. Озера представляют собой важные экосистемы, обеспечивающие воду и убежище для различных видов растений и животных [27].

2.6. Растительный и животный мир

Тазовский полуостров, расположенный в Ямало-Ненецком автономном округе на севере Западной Сибири, обладает уникальным растительным и животным миром. Этот регион характеризуется суровым арктическим климатом и экстремальными условиями, что оказывает влияние на его биологическое разнообразие.

Растительный мир Тазовского полуострова представлен преимущественно тундровыми экосистемами. Здесь процветают мхи, лишайники, горноцветные растения, злаки, кустарники и тундровые травы. Растительность адаптирована к короткому летнему сезону роста и низким температурам. На некоторых участках полуострова можно встретить редкие виды растений, а также цветочные поля и луга во время летнего размораживания почвы[28].

Животный мир Тазовского полуострова также обладает своими особенностями. Одним из наиболее известных представителей животного мира является тундровый олень, который является символом этого региона. Они обитают в стадах и являются важным источником пищи и ресурсов для коренных народов региона[29]. Кроме оленей, здесь обитают белые медведи, лоси, рыси, лемминги, лисицы и множество видов птиц, включая гуся-кречета, снегиря и сову-коростеля [30].

Растительный и животный мир Тазовского полуострова является уникальным и прекрасным примером природного многообразия Севера. Однако очень часто флора и фауна Заполярья сильно страдает от последствий хозяйственной деятельности человека.

3. Объекты исследования

Исследовался один из лицензионных участков Ямбургского месторождения (СЛХ 2082 НЭ ООО «Газпром добыча Ямбург», который входит в состав Надымского и Тазовского районов Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области. Исследования проводились в 4 км на

юго-запад от села Газ-Сале (в переводе с ненецкого означает «Газ на мысу»), расположенного, на левом берегу реки Таз, примерно в 16 км по прямой на северо-запад к районному центру - посёлку Тазовский (67°21'49" с.ш., 79°0'15" в.д.).

Район расположен за Полярным кругом, на северо-востоке Ямала. Климат континентальный. Данные о осадках, влажности и среднемесячной температуре территории по материалам метеостанции Тазовская представлены в табл.2.

Таблица 2. Обобщенные климатические данные района (1992-2022 гг.)

Показатели	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	За год
Осадки (мм)	25	22	19	19	19	26	37	37	36	27	21	26	314
Ср. мес. отн. влажность	82	81	81	82	87	89	88	89	90	88	87	85	85,7
Ср. мес. температура	-27,1	-25,5	-21,1	-18,5	-6,1	1,7	8,2	7,5	2,9	-5,3	-17,4	-23,7	-10,4

В зимнее время в Заполярье преобладают южные ветры. Средние скорости ветра зимой достигают 6-8 м/сек. Летом преобладают северные и северо-западные ветры. Средние скорости ветра этого сезона достигают 5-6 м/сек[26].

Ямбургское газоконденсатное месторождение входит в северное окончание Западно-Сибирской плиты и приурочено к крупному тектоническому шву, отделяющего Тазовскую авлакогено-грабенную отрицательную структуру от Южно-Ямальской останцово-горстовой, положительной. Рельеф – равнинный, полого-увалистый, с абсолютными отметками 45-60 мнум. Поверхность интенсивно расчленена реками, ручьями и временными водотоками, заторфована и заозерена. Большинство озер имеют термокарстовое происхождение, т.к. исследуемая территория распространена на многолетнемерзлых породах(ММП) сплошного характера, которые развиты на всех геоморфологических уровнях и залегают непосредственно с поверхности, ниже слоя сезонного протаивания [31].



Рисунок 2 – Расположение Ямбургского месторождения



Рисунок 3 – Тундровый ландшафт, вид с самолёта. Личное фото

Растительность района: Территория Ямбургского газоконденсатного месторождения относится к подзоне южных кустарниковых тундр. На плакорах, сложенных супесчаными и суглинистыми породами, выделяются сообщества низкокустарниковых тундр с преобладанием карликовых берез,

ивняков и ерников – малорослых кустовых зарослей (*Betulanana*, *Salixlanata*, *Salixglauca*). В наземном покрове преобладают зеленые мхи (*Dicranumelongatum*, *D.angustum*, *Aulacomniumturgidum* и др.) и лишайники из родов *Cladonia*, *Flavocetraria*, а также присутствуют гипоарктические и бореальные кустарнички (*Vacciniumuliginosum*, *Empetrumnigrum*, *Ledumdecumbens*), осоки (*Carexrotundata*, *Carexensifolia*) и некоторые виды трав (*Rubus chamaemorus*, *Eriophorumangustifolium*) [32].

По ложбинам стока и нижним частям склонов формируются кустарниковые синузиисбореальными видами (*Carexglobularis*, *Vacciniumvitis-daea*, *Empetrumnigrum*), достигающими уже высоты до 1-1,5 м. В долинах рек самые большие площади занимают заросли ивняков (*Salixlanata*, *S.glauca*, *S.phylicifolia*) и карликовой березы (*Betulanana*).

Слабо дренируемые водоразделы заняты плоскобугристыми болотами, в которых выделяются кустарнички, осоки, мхи и лишайники (*Andromedapolifolia*, *Carexrariflora*, *Dicranumelongatum*, *Cladoniasylvatica*), (2) бугристо-грядово-мочажинными болотами (так называемые кустарничково-сфагновые (*Chamaedaphnecalculata*, *Dicranumscoparium*, *Sphagnumbalticum*), а также, низинными болотами, среди которых особенно интенсивно произрастают осоковые и осоково-сфагновые (*Carexaquatilis*, *Sphagnumbalticum*, *Sph. riparium*) [32].

Входящая в рассмотрение территория, согласно почвенно-географическому районированию, относится к Северо-Сибирской почвенной провинции. Эта провинция характеризуется специфическими условиями климата и растительности, которые оказывают совокупное влияние на формирование почвенного профиля.

На исследуемой территории находятся нефтепроводы, конденсатпроводы, промышленные и магистральные газопроводы [26]. Нефть с Ямбургского месторождения поступает в систему Транснефти (МНП Заполярное– Пурпе), а газ поступает в систему Газпрома (МГП Заполярное - Уренгой).

Одним из основных воздействий на почвенный покров является механическое воздействие, связанное с строительством трубопроводов и дорог, движением тяжелой техники, перемещением буровых станков, а также отсыпкой дорог и производственных площадок. Эти технологические воздействия приводят к частичному или полному уничтожению растительного покрова, что в свою очередь вызывает разрушение экологических сообществ или их полную деградацию.

Механическое воздействие также влияет на тепловой режим почв и грунтов, приводя к нарушению их теплового режима. Оно также способствует увеличению обводненности территории и активизации эрозионных и криогенных процессов. Сильная нагрузка вызывает разрушение торфяного теплоизолирующего слоя, что приводит к растеплению грунтов, усилению процесса заболачивания, развитию криогенных процессов и другим опасным геологическим явлениям [33].

На территории Тазовского района применяется технология добычи и обработки углеводородов, которая включает сжигание части газа в факельных установках на скважинах, а также на установках комплексной подготовки газа (УКПГ). Кроме того, функционируют компрессорные станции (КС).

Особое внимание уделяется факельным установкам, которые используются для дожигания некондиционных газоконденсатных смесей, возникающих в процессе добычи и переработки газа. В результате этого процесса выбрасываются в атмосферу загрязняющие вещества, которые представляют собой смесь продуктов сгорания и несгоревших компонентов углеводородной смеси [26]. Эта смесь содержит соединения серы и азота.

В результате сжигания углеводородной смеси в атмосферу попадают оксиды серы, азота и углерода, а также химические вещества (полихлорированные бифенилы, полиароматические углеводороды, нефтепродукты и другие) и элементы (ванадий, никель, железо, марганец, хром, молибден, цинк, медь, ртуть, бор, бром, йод, свинец, стронций и другие). Эти загрязняющие вещества со временем оседают на почве и грунте, формируя

ареалы загрязнения ландшафта. Они также являются источником вторичного загрязнения воздуха и вод, которые попадают в Мировой океан. Загрязняющие вещества поглощаются растениями из почвы Тазовского района и затем могут попадать в пищевую цепочку животных и человека [34].

Изучение содержания тяжелых металлов в почвах Тазовского района Ямбургского газоконденсатного месторождения проводилось с использованием полевых и лабораторных исследований. Образцы почв отбирались весной – после схода снега в мае 2022 года. Место закладки почвенных разрезов и полевые исследования представлены на рисунках ниже.



Рисунок 4 – Место закладки разрезов



Рисунок 5 – Почвенный разрез и полевые исследования

Ниже представлено описание почвенных горизонтов исследуемых образцов.

Участок 1 – Разрез заложен в 50 м на восток от трубопровода

Название почвы: нарушенная тундровая глееватая легкосуглинистая почва

Таблица 3 – Описание почвенных горизонтов участка 1

AtB	0-11 см	увлажненный, сизовато-бурый, легкий суглинок, редкие корешки. Отсутствует торфяная подстилка
Bfg	11-25 см	увлажненный, сизовато-палевый, легкий суглинок, непрочнокомковатый, железистые прослойки, тонкие корешки
BCg	25-46	сизовато-бурый с редкими охристыми пятнами, среднесуглинистый, влажный, бесструктурный, много тонких корешков
Cg	46-52	мокрый, голубовато-желтый, легкосуглинистый, бесструктурный, вязкий, в нижней части мерзлый

Участок 2 – Разрез заложен на запад в 50 м от трубопровода на плоской с небольшими понижениями равнине с ярко выраженным полигональным микрорельефом в виде мелких кочек

Название почвы: торфянисто-глееватая грубогумусовая легкосуглинистая на песках

Таблица 4– Описание почвенных горизонтов участка 2

<u>Ao</u>	0-2 см	подстилка желтовато-красновато-зеленого цвета из живого мха.
<u>At</u>	2-7 см	светло-бурый, слабо разложившийся торф, влажный, много корней.
<u>Ag</u>	7-18 см	буровато-серый с коричневым оттенком и железистыми прослойками и пятнами, легкий суглинок, мокрый, редкие корешки.
<u>Bhfg</u>	18-20 см	желтовато-охристый с сизоватым оттенком, легкий суглинок, влажный, много тонких корешков
<u>BChg</u>	20-25 см	сизовато-бурый с редкими охристыми пятнами, среднесуглинистый, влажный, бесструктурный, много тонких корешков
<u>BCg</u>	25-49 см	однородный по окраске, бурый со слабым сизоватым оттенком, среднесуглинистый.
<u>Cg</u>	49-60 см	бурый, мерзлый слой.

Участок 3 – Разрез заложен в 200 м от трубопровода на запад в пониженной части речной долины, много бугров пучения, мелкокомковатость.

Название почвы: торфянисто-глеевая на песках

Почвообразующая и подстилающая породы: песок

Таблица 5– Описание почвенных горизонтов участка 3

<u>A0</u>	0-6 см	живой моховой покров
<u>At</u>	0-15 см	увлажненный, коричневый, состоит из слаборазложившихся растительных остатков, присутствуют кварцевые зерна, переход четкий по цвету, граница волнистая
<u>BG</u>	15-40 см	мокрый, голубовато-желтый, легкосуглинистый, бесструктурный, вязкий, в нижней части мерзлый

Участок 4 – Разрез заложен в 550 м от трубопровода на запад в трещиновато-полигональной с пятнами пучения тундре - пастбище оленей

Название почвы (полевоe): подбур иллювиально-железистый грубогумусовый глееватый

Почвообразующая и подстилающая породы: песок

Таблица 6– Описание почвенных горизонтов участка 4

АО	0-10 см	увлажнённый, бурый, супесь, непрочнокомковатый, рыхлый, корешки
Vf	10 – 31 см	влажный, охристо-ржаво-палевый, песок бесструктурный, мало корней, переход постепенный
BCg	31 – 48 см	влажный, сизовато-палевый, песок, бесструктурный, единичные корни, переход четкий, граница волнистая
Cg	48 – 66 см	влажный, светло палевый с сизоватым оттенком, песок бесструктурный, уплотненный, корни отсутствуют

3.1. Полевые методы исследования.

Методика почвенного картирования, используемая в исследовании, включала заложение почвенных разрезов. Этот подход основывался на использовании методов ключевых площадок и ландшафтного профилирования.

При выборе участков наблюдения для почвенного картирования основным требованием была их типичность. То есть, выбирались участки, которые наиболее репрезентативно представляли особенности и характеристики исследуемой местности.

На выбранных участках проводилось заложение почвенных разрезов и геоботанических площадок. Это позволяло уточнить особенности микрорельефа и мезорельефа, условия увлажнения и соответствующие им различия в почвах и растительных ассоциациях. Анализ почвенных разностей и растительных сообществ на этих участках помогал выявить связи и взаимозависимости между различными элементами геосистем.

Почвенные профили, полученные на этих участках, позволяли не только изучать отдельные компоненты геосистем, но и выявлять закономерности и повторяемость фаций и урочищ в пространстве. Также было возможно определить площадь, занимаемую этими фациями.

При выборе основных площадок для почвенных разрезов учитывались физико-географические особенности почвенно-растительных комплексов. Это

включало смену растительных сообществ, различные формы рельефа и другие факторы, которые могут влиять на формирование почвенных характеристик.

Кроме того, проводились исследования ПТК в непосредственной близости к линии трубопровода. Это позволяло изучить влияние технологических процессов и строительства трубопроводов на состояние почвенного покрова. Главным требованием при выборе участка наблюдения являлось его типичность. В его пределах закладывались почвенные разрезы и геоботанические площадки, уточнялись характеристики форм микро- и мезорельефа, условий увлажнения и приуроченных к ним определенных почвенных разностей и растительных ассоциаций. Профили давали возможность одновременно проследить не только покомпонентные взаимосвязи, но и взаимозависимости между отдельными элементами геосистем, по которым можно было выявить закономерности повторения в пространстве фаций, урочищ, установить занимаемую им площадь. Выбор основных площадок для разрезов проводился с учетом физико-географических особенностей ПТК (смен растительных сообществ, форм рельефа и т.д.).

Также выполнялось полевое описание растительности с заложением геоботанических площадок [35]

Третьим этапом исследования стало полевое описание почв и отбор почвенных образцов из верхнего гумусового (аккумулятивного) горизонта (At (A₀A₁ или T) и нижнего – иллювиального B (Bh, Bg), в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и в соответствии с учебно-методическим пособием по практике по почвоведению и ландшафтоведению [36].

Названия почв даны в соответствии «Классификацией и диагностикой почв России» (2004).

3.2. Лабораторный анализ

3.2.1. Анализ содержания тяжёлых металлов

Для анализа вещественного состава проб и определения содержания тяжелых металлов был использован метод атомно-эмиссионного анализа на атомно-эмиссионном спектрометре ICPE-9000 (Shimadzu, Япония) [37]. В данном методе, основанном на принципе оптико-эмиссионной спектроскопии, высокотемпературная плазма генерируется путем ионизации аргона с использованием высокочастотного источника (27,12 МГц). Жидкие образцы пропускаются через распылитель, где они превращаются в аэрозоль и поступают в плазму через распылительную камеру. В плазме микрочастицы образца распадаются на атомы, которые затем переходят в возбужденное состояние. При возвращении в нормальное состояние эти атомы испускают избыточную энергию в виде фотонов, образуя эмиссионный спектр [38].

Для анализа твердых образцов на приборе ICPE-9000, предназначенном для жидких проб, был применен процесс перевода твердых образцов в раствор. Подвижные формы элементов из образцов извлекались с помощью раствора азотной кислоты (1 моль/дм³).

ИСП-ОЭС спектрометр с CCD детектором и оптической схемой Эшелле (79 штр/мм) позволяет проводить количественный анализ проб в диапазоне длин волн от 167 до 800 нм. ICPE-9000 обеспечивает определение большинства элементов на уровне 1-10 ppb и даже ниже при диапазоне линейности, охватывающем 5-6 порядков [38].

Перед выполнением измерений проводилось построение калибровочных кривых, с помощью растворов стандартных концентраций исследуемых металлов: 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10; 100 мг/л [39].

3.2.2. Определение кислотности почв

Воздействие показателя кислотности или щелочности непосредственно влияет на рост растений и способность корней поглощать питательные вещества. Для обозначения реакции почвы используется широко известный термин «рН», который расшифровывается как «pondusHydrogenii» или «вес

водорода» на латинском языке. рН представляет собой отношение ионов H^+ и OH^- . Почвы становятся кислыми из-за присутствия коллоидов ионов H^+ в среде. Если уровень OH^- и H^+ одинаков, то реакция считается нейтральной, что характерно для дистиллированной воды. Если в растворе преобладают ионы OH^- , реакция является щелочной. В противном случае, при преобладании ионов H^+ , среда считается кислой [40].

Существуют два типа кислотности: потенциальная и актуальная. Актуальная кислотность характеризуется повышенным содержанием ионов водорода в почве, что можно определить с помощью водной вытяжки. Уровень рН понижается из-за недостатка веществ, способных нейтрализовать кислотность.

Щелочность и кислотность обычно измеряются на шкале от 0 до 14, где 7 является нейтральным значением. Значения выше 7 указывают на щелочную среду, а значения ниже 7 указывают на кислотную среду. Измерение происходит с использованием логарифмической шкалы, где каждое изменение на единицу соответствует десятикратному изменению концентрации ионов H^+ или OH^- .

Изменение уровня кислотности может оказывать непосредственное влияние на все биохимические процессы и реакции, происходящие в живых организмах [41]. Вот некоторые примеры того, как отклонение кислотности от нормы может повлиять на организмы:

- Абсорбция питательных элементов может замедлиться или ускориться, что приводит к дисбалансу в поступлении питательных веществ в организм.
- Условия для развития корневой системы могут ухудшиться, что отрицательно сказывается на усвоении питательных элементов.
- Изменение кислотности может нарушить обмен белков и углеводов, что негативно отразится на образовании и развитии плодов.

- Повышенный уровень токсичности некоторых химических веществ может наблюдаться в кислых почвах с низким рН, делая железо, цинк, медь и марганец опасными для растений.
- Микроорганизмы практически не могут выжить в кислой среде, что приводит к подавлению важных процессов, таких как нитрификация и азотфикация. Это отрицательно сказывается на способности растений усваивать необходимые питательные вещества для роста и развития.
- Нормальный синтез белков может быть нарушен, а процесс превращения маннозы в сахарозу может быть подавлен из-за высокой кислотности, что влияет на биохимические процессы.
- Высокий уровень кислотности может привести к вытеснению кальция водородом в кислых почвах, что влияет на структуру почвы и ее способность удерживать воду.

Кислотность почвы подвержена влиянию различных факторов, включая количество кислых осадков, присутствие древесной растительности, способной нейтрализовать кислоты, состав перегнивающего органического материала и адсорбционные свойства почвы. На кислотность почвы также оказывают влияние антропогенные факторы [40].

Например, оксид серы (IV) (SO_2), выбрасываемый в атмосферу, может претерпевать фотохимическое превращение в оксид серы (VI) (SO_3). Этот оксид серы представляет собой мощный коррозионный агент, способный разрушать минеральные породы, особенно те, которые содержат кальций. При наличии осадков, таких как морось, оксид серы (VI) может превращаться в серную кислоту (H_2SO_4).

Оксиды азота (NO_x) также являются источником кислых осадков. Во влажном климате они реагируют с парами воды и образуют мельчайшие капли азотной кислоты (HNO_3) [42].

Оксид углерода (II) в атмосфере может окисляться до оксида углерода (IV) или формальдегида (HCHO), который является источником муравьиной

кислоты. Эти соединения могут также способствовать кислотификации атмосферы и, в результате, подкислению почвы.

Оксиды азота и оксид углерода могут попадать в почву через газообмен, осаждение моросящего дождя или падающего снега. При попадании в почвенный раствор они могут превращаться в кислоты и подкислять почву.

Кроме того, строительный мусор, известкование, соли тяжелых металлов и выбросы промышленных предприятий могут также влиять на реакцию почвы и вызывать её щелочность [40].

В ходе нашего исследования мы проводили измерение рНКСI для образцов, используя суспензию, которая получена путем смешивания навески материала с одномолярным раствором хлорида калия в пропорции 1:2,5 между сухим веществом и растворителем. Полученные результаты анализа представлены в таблице.

Таблица 7– Результаты анализа кислотности почв

Вариант	Участок 1		Участок 2		Участок 3		Участок 4	
	А	В	А	В	А	В	А	В
рН	4,2	4,5	4,1	4,3	4,3	4,6	3,9	4,2

Исходя из полученных результатов хорошо заметно, что во всех случаях реакция среды кислая.

В тундровых почвах преобладает кислая среда по нескольким причинам:

Климатические условия: Тундровые регионы характеризуются холодным и влажным климатом с короткими летними сезонами. По причине низких температур, процессы разложения органического материала замедляются, и органические вещества накапливаются в почве. В результате этого происходит образование плотного слоя органического материала на поверхности почвы, называемого пехтоземом. Пехтозем обладает высоким содержанием кислоты, вызванной медленным разложением органических веществ.

Низкое содержание основных элементов: Тундровые почвы часто характеризуются низким содержанием основных элементов, таких как кальций, магний и калий. Это связано с отсутствием плодородных почвенных горизонтов, так как процессы выщелачивания основных элементов преобладают над их накоплением. Выщелачивание основных элементов приводит к увеличению кислотности в почве.

Выщелачивание: В условиях холодного и влажного климата в тундровых регионах происходит интенсивное выщелачивание питательных веществ из почвы. Высокое содержание влаги способствует перемещению кислоты и других растворенных соединений вниз по профилю почвы, что приводит к кислотности верхних слоев почвы [43].

В целом, комбинация этих факторов приводит к образованию кислых почвенных условий в тундровых регионах. Кислая среда влияет на состав растительности и ограничивает доступность питательных веществ для растений, что сказывается на биологическом разнообразии в этих регионах.

3.2.3. Определение содержания нефтепродуктов

Нефтегазовая индустрия объединяет разнообразные предприятия, занимающиеся поиском и исследованием месторождений, извлечением, транспортировкой, переработкой и хранением нефти и нефтепродуктов. Для надлежащего контроля за нефтепродуктами необходимо использовать специальные методы химического анализа.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) представляет собой количественную меру, которая используется для определения уровня антропогенного воздействия в случае химического загрязнения. ПДК устанавливаются для определенных веществ санитарно-гигиенической службой с целью предотвращения любого негативного воздействия и ущерба, даже на отдельные организмы, включая человека.

В системе ПДК отсутствуют значения общего содержания нефтепродуктов в почвах, однако существуют ПДК для некоторых отдельных

компонентов нефти и топливного бензина в почвах. Такие ПДК указывают на максимально допустимые концентрации этих веществ в почве с точки зрения санитарно-гигиенической безопасности. Информацию о ПДК для различных компонентов нефти и топливного бензина в почвах представлено в таблице 8 [44].

Таблица 8. Предельно допустимые концентрации нефтяных углеводородов и товарных нефтепродуктов в почвах

Нефтепродукты	Величина ПДК в почвах
Бенз(а)пирен	0,02
Бензол	0,3
Толуол	0,3
Ксилолы	0,3
Топливный бензин	0,3

В Российской Федерации, помимо системы предельно допустимых концентраций (ПДК), также применяется Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования, основанная на ориентировочно допустимых концентрациях (ОДК) нефтепродуктов [44]. По этой системе, нижний допустимый уровень загрязнения определяется как уровень, при котором почва способна естественным путем за один год устранить негативные последствия загрязнения для почвенного биоценоза, исходя из конкретных природных условий.

Таблица 9. Ориентировочно допустимые концентрации светлых нефтепродуктов (бензинов, керосина, дизельного топлива) в почвах различных природных зон России

Ландшафтно-геохимические районы	Тип почвы	Величина ОДК с учетом фона, ppm	Возможное агрегатное состояние вещества во всех типах почв
Мерзлотно-тундровотаяжные	Тундровые глеевые, тундровые болотные	2000	В парообразном и жидком состоянии в порах почв;
Таяжно-лесные	Средне- и южнотаяжные подзолы и дерново-подзолистые	4000	в сорбированном на органических и минеральных частицах почв;
Лесостепные и степные, полупустынные и пустынные	Серые лесные, черноземы, каштановые, полупустынные бурые, пустынно-песчаные	8000	в свободном состоянии на поверхности почв

Важно отметить, что из-за разнообразия почвенных типов и природных зон в России не существует единого показателя ориентировочно допустимых концентраций для почв. Скорость самоочищения почв будет различаться в разных природных зонах и типах почв, даже при одном и том же уровне загрязнения. Для получения конкретных значений ОДК для различных веществ в почвах необходимо обращаться к таблице 9 или соответствующим нормативным документам [45].

Исходя из данных табл. 8 и табл. 9 заметно, что значения ПДК и ОДК могут различаться во много раз.

Специальная система показателей пожарной опасности для почв, пропитанных нефтепродуктами, в принципе отсутствует. Температурные показатели пожарной опасности имеют ограниченное значение в случаях, связанных с нефтепромыслами и открытыми площадками нефтеперерабатывающих предприятий, так как температура в естественной окружающей среде редко превышает 30...35 °С. Вместо этого, для таких объектов более подходящими могут служить концентрационные показатели.

Таблица 10. Концентрации нефтепродуктов в почвах на исследуемых участках

участок	горизонт	НП	±
1	A	234,0	22,3
	B	115,0	14,1
2	A	127,3	31,6
	B	15,2	1,6
3	A	37,4	5,6
	B	10,2	1,3
4	A	0,6	0,01
	B	0,2	0,01

Определение соответствующего показателя пожарной опасности для почвенных объектов, содержащих нефтепродукты, требует учета их агрегатного состояния [46]. В рамках системы показателей ориентировочно допустимых концентраций (ОДК), нефть и нефтепродукты могут находиться в почвах в различных формах. В некоторых случаях оценка пожарной опасности нефтепродуктов может осуществляться на основе показателей жидких веществ, а в других случаях они могут рассматриваться как твердые вещества в условном смысле.

Для определения валового содержания нефтепродуктов в пробах почв для исследуемых участков использовался стандартный метод ИК-спектроскопии при помощи ИК-Фурье спектрометра IRAffinity-1 фирмы Shimadzu. Концентрации нефтепродуктов в почвах на исследуемых участках представлены в таблице 10.

Ни в одном из случаев значения ОДК не были превышены, что говорит об удовлетворительном состоянии почв исследуемой территории по загрязнению нефтепродуктами. По своей сути загрязнение почв ЯНАО нефтепродуктами носит локальный характер и приурочено к объектам нефтяной промышленности (кустовые сооружения, хранилища, перевалочные пункты, портовые зоны, линейные объекты транспортной инфраструктуры) и населенным пунктам.

3.2.4. Определение содержания тяжёлых металлов

В таблице ниже приведены концентрации тяжёлых металлов, определённых для участков исследования.

Таблица 11. Концентрации тяжёлых металлах в почвах на исследуемых участках

Участок	Горизонт	Mn	Zn	Cr	Ni	Pb	Cu	Co	Cd	Hg
1	A	292,1	32,4	19,2	10,7	12,1	4,0	5,3	0,29	0,085
	B	163,5	30,9	15,1	11,6	11,7	8,0	3,8	0,14	0,025
2	A	157,2	28,7	5,4	7,5	5,5	8,0	3,7	0,26	0,037
	B	132,4	21,9	18,4	9,1	6,3	9,0	3,2	0,13	0,015
3	A	118,1	17,2	5,7	6,1	2,5	3,0	2,7	0,21	0,042
	B	99,3	8,4	12,1	7,8	3,8	4,0	2,5	0,18	0,036
4	A	56,7	9,6	2,6	3,1	2,1	2,0	1,7	0,11	0,016
	B	29,0	5,1	0,9	1,5	3,2	3,0	0,9	0,08	0,004

Концентрации элементов определены для подвижной формы и указаны в мг/кг. В следующих двух таблицах обозначены соответственно фоновые концентрации исследуемых элементов и их предельно допустимые концентрации (ПДК) в почве[47].

Таблица 12. Фоновые концентрации тяжёлых металлов на исследуемых участках

Горизонт	Mn	Zn	Cr	Ni	Pb	Cu	Co	Cd	Hg
A	49,9	26,7	1,2	8,9	5,7	16	1,6	0,12	0,09
B	12	7,6	0,8	3	1,9	3	1,1	0,1	0,03

Таблица 13. Значения ПДК для тяжёлых металлов

	Mn	Zn	Cr	Ni	Pb	Cu	Co	Cd	Hg
ПДК	1500	100	6	85	30	55	5	1	0,1

Каждый из исследуемых тяжелых металлов имеет свои особенности распространения и накопления в природной среде. Для того, чтобы сделать комплексный анализ загрязнения тяжёлыми металлами, необходимо знать их основные химические и токсикологические свойства, сравнить их концентрации с фоновыми и предельно допустимыми. В конце необходимо рассчитать коэффициенты концентрации (K_{C_i}) и суммарный показатель загрязнения (Z_c) для каждого из участков.

Марганец

Марганец – элемент из подгруппы седьмой группы четвёртого периода периодической системы химических элементов. Его атомный номер 25. Этот металл имеет серебристо-белый цвет и относится к чёрным металлам, подобно железу и его сплавам. Существует пять структурных форм марганца: четыре с кубической кристаллической решеткой и одна с тетрагональной [48].

Марганец играет важную роль в организме, участвуя в регуляции биохимических процессов, таких как синтез нейромедиаторов и обмен инсулина и липидов. Однако избыток марганца может быть токсичным, накапливаясь в тканях и вызывая симптомы интоксикации [49].

Использование марганца в различных отраслях промышленности может иметь негативное влияние на здоровье человека. Естественные источники марганца включают руды и минералы, а промышленные выбросы также могут загрязнять окружающую среду. Работники в различных отраслях, особенно связанных с металлургией, подвержены риску накопления марганца и связанным с этим заболеваниям.

Симптомы хронической интоксикации марганцем могут проявиться через несколько лет и включать вялость, утомляемость, замедленность движений и другие патологические проявления. Высокое содержание марганца в воздухе может повышать риск развития паркинсонизма [50]. Поэтому важно следить за уровнем марганца в организме и избегать избыточного потребления продуктов, содержащих этот элемент [51].

На графике ниже представлены фактические концентрации элемента в почве, а также его фоновые и предельно допустимые концентрации. Значения представлены с разделением на почвенные горизонты: А (в верхней части графика) и В (в нижней). Для удобства значения обоих горизонтов соединены линиями.

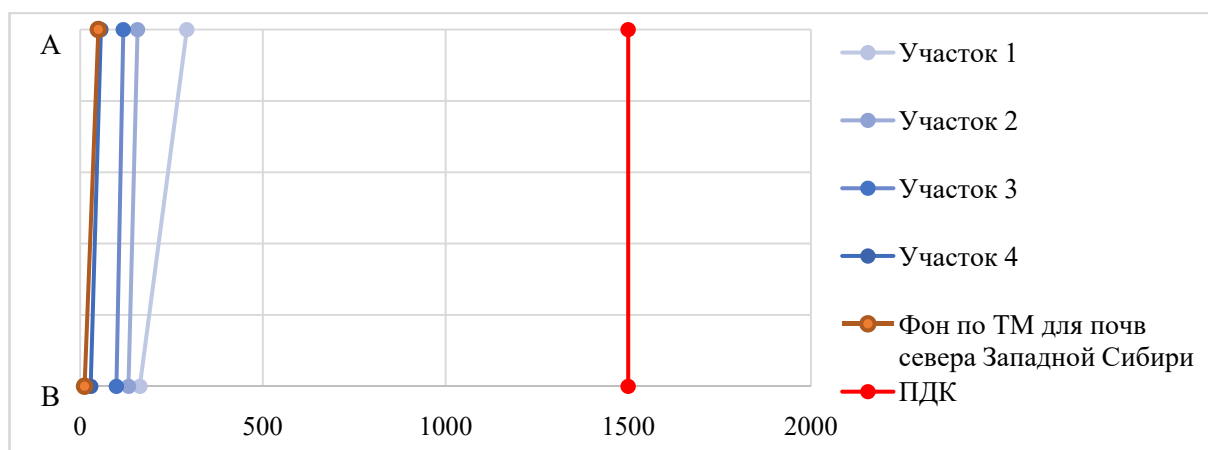


Рисунок 6 – Концентрации марганца на исследуемых участках

По графику заметно, что значения 1-3 участков сильно превышают фоновые и варьируются от 118,1 до 292,1 мг/кг в верхнем горизонте и от 99,3 до 163,5 мг/кг в горизонте В. Значения по четвёртому участку близки к фоновым и составляют 56,7 и 29 мг/кг соответственно по двум горизонтам. Значения ПДК составляют 1500 мг/кг и не превышаются ни в одном из случаев.

Цинк

Цинк встречается в земной коре с содержанием $8,3 \cdot 10^{-3}\%$. Он легко перемещается в воде, особенно в термальных водах. Цинк не встречается в чистом виде в природе, но содержится в различных породах, таких как цинкит, сфалерит, виллемит и других. Главным компонентом в этих породах является сульфид цинка (ZnS)[48].

Цинк – важный микроэлемент для организма человека, участвующий в метаболических процессах и ферментативной активности. Избыток цинка может вызывать отравление и приводить к различным симптомам.

Промышленное использование цинка приводит к значительным выбросам его соединений, негативно воздействующих на окружающую среду и здоровье людей. Отравление цинком проявляется проблемами с дыхательной, пищеварительной и нервной системами[52]. Необходимо контролировать уровень цинка в организме и избегать излишнего потребления.

На графике ниже представлены фактические концентрации элемента в почве, а также его фоновые и предельно допустимые концентрации.

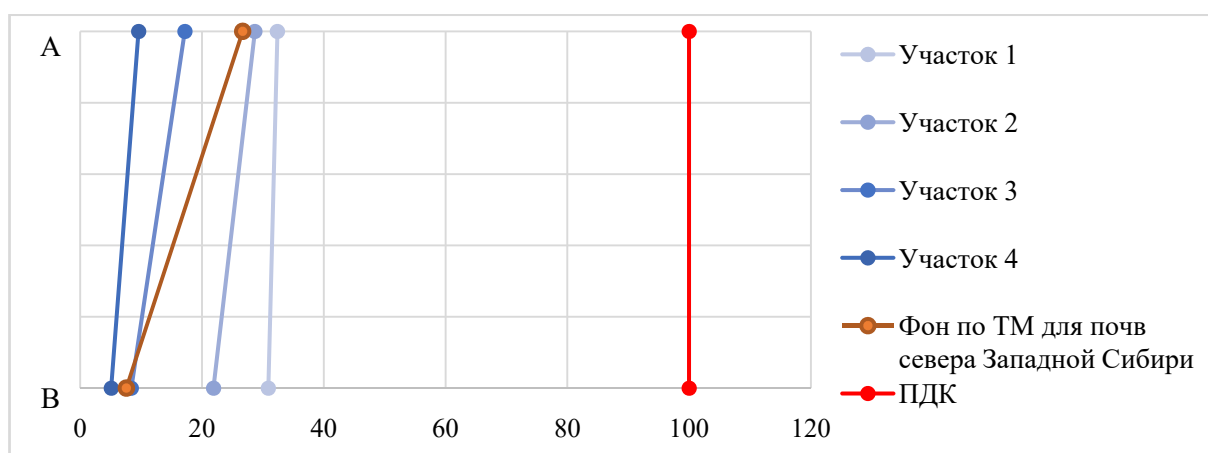


Рисунок 7 – Концентрации цинка на исследуемых участках

Концентрации цинка, исходя из значений и графика, превышают фоновые на первом и втором участке. Их значения составляют 32,4 и 30,9 мг/кг по двум горизонтам на первом участке; 28,7 и 21,9 мг/кг на втором. Фоновые концентрации составляют 26,7 и 7,6 мг/кг. Значения по третьему и четвёртому участку в пределах нормы, предельно допустимые концентрации не превышены.

Хром

Хром (Cr) – твёрдый металл голубовато-белого цвета, относящийся к 6-ой побочной группе 4-го периода периодической системы Менделеева. Представляет собой твёрдый металл голубовато-белого цвета. В некоторых случаях хром также относят к чёрным металлам[48].

Хром широко используется в промышленности, включая производство хромосодержащих пигментов, хромирование, нержавеющей стали и дубление

кожи. Однако исследования свидетельствуют о связи между профессиональным воздействием на Cr(VI) и повышенным риском развития рака легких. Международное агентство по изучению рака (МАИР) классифицирует Cr(VI) как канцероген.

Хром также является распространенным загрязнителем питьевой воды. Ранее выбросы хроматов в окружающую среду приводили к отравлениям людей, живущих рядом с источниками этих утечек и использующих колодцы [53].

Хром существует в различных окислительных состояниях на Земле, включая Cr(0) и Cr(VI). Стабильной формой хрома является Cr(III), который встречается в природе и используется для производства металла хрома. Cr(VI), образующийся в результате промышленной деятельности, является токсичным и способен вызывать повреждение клеток, включая повреждение ДНК. Хром имеет различные применения в промышленности, но его выбросы могут загрязнять окружающую среду и представлять опасность для здоровья, включая риск развития рака.

Хром известен своим разнообразным негативным воздействием на организм. Вдыхание соединений хрома может вызывать раздражение дыхательных путей, аллергические реакции и повышенный риск развития рака легких, носа и пазух. Контакт с кожей может вызывать дерматит и язвы. Cr(VI) является канцерогеном, а появление рака легких после воздействия может занимать более 20 лет. Хром также может повредить почечные канальцы и вызвать нарушение функции печени. При смертельной дозе хромата возможна сердечная недостаточность, а пероральное воздействие соединений Cr(VI) может вызывать гематологическую токсичность. Воздействие хрома на репродуктивную систему требует дальнейшего изучения, но известно, что соединения Cr(VI) обладают тератогенными свойствами у животных. Кроме того, хром может вызывать повреждение ДНК, генные мутации и хромосомные aberrации в клетках животных и людей [52].

На графике ниже представлены фактические концентрации элемента в почве, а также его фоновые и предельно допустимые концентрации.

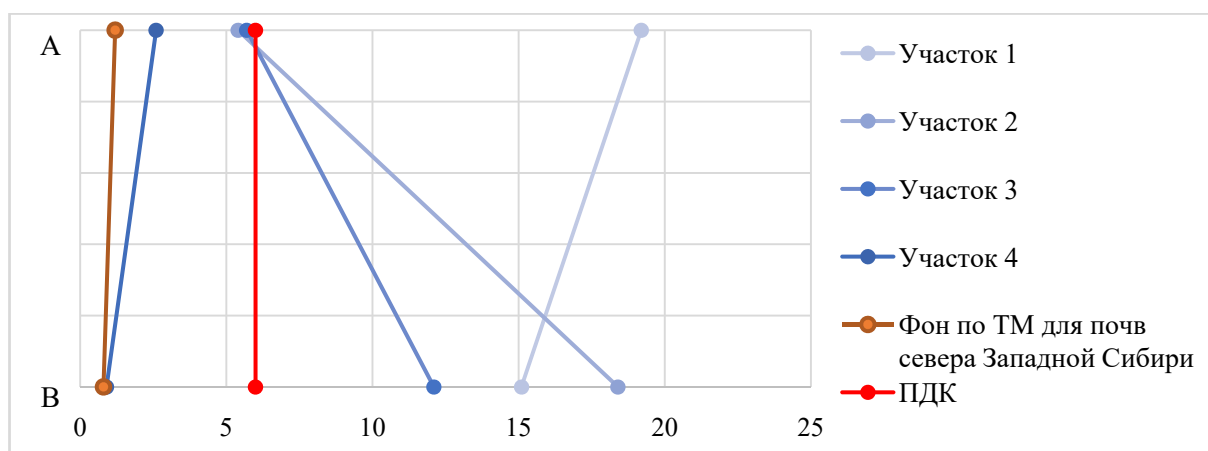


Рисунок 8– Концентрации хрома на исследуемых участках

В случае с хромом близкое значение к фоновому наблюдается только в горизонте В четвёртого участка, остальные значения существенно превышают фоновые. Концентрации хрома в горизонте В существенно превышают ПДК на втором и третьем участке. По первому участку наблюдается сильное загрязнение данным тяжёлым металлом. Концентрации хрома на этом участке составляют 19,2 и 15,1 мг/кг по горизонтам А и В соответственно, при этом значение ПДК составляет 6 мг/кг, а фоновые концентрации равны 1,2 и 0,8 мг/кг по двум горизонтам.

Никель

Никель (Ni) – химический элемент, находящийся в восьмой группе четвертого периода таблицы Менделеева. Его атомный номер 28, а атомная масса составляет 58,71. Внешняя оболочка никелевых атомов имеет электронную конфигурацию $3d^8 4s^2$. Самым стабильным окислительным состоянием никеля является Ni(II), хотя он также может образовывать соединения с окислительными состояниями +1, +2 и +3. Соединения никеля с окислительной степенью +4 редки и неустойчивы[48].

Никель (Ni) – распространенный элемент, встречается в земной коре и метеоритах. Изучение его биологической роли продолжается. Никель

необходим для синтеза витаминов, ферментов и гормонов, и играет важную роль в обменных процессах. Однако избыточное количество никеля может быть токсичным, угнетая ферменты и вызывая образование нетипичного белка в крови. Никель в металлической форме может быть канцерогенным и вызывать аллергические реакции. Биологическая роль никеля требует дальнейших исследований для полного понимания его эффектов и потенциальных рисков для здоровья человека[54].

На графике ниже представлены фактические концентрации элемента в почве, а также его фоновые и предельно допустимые концентрации.

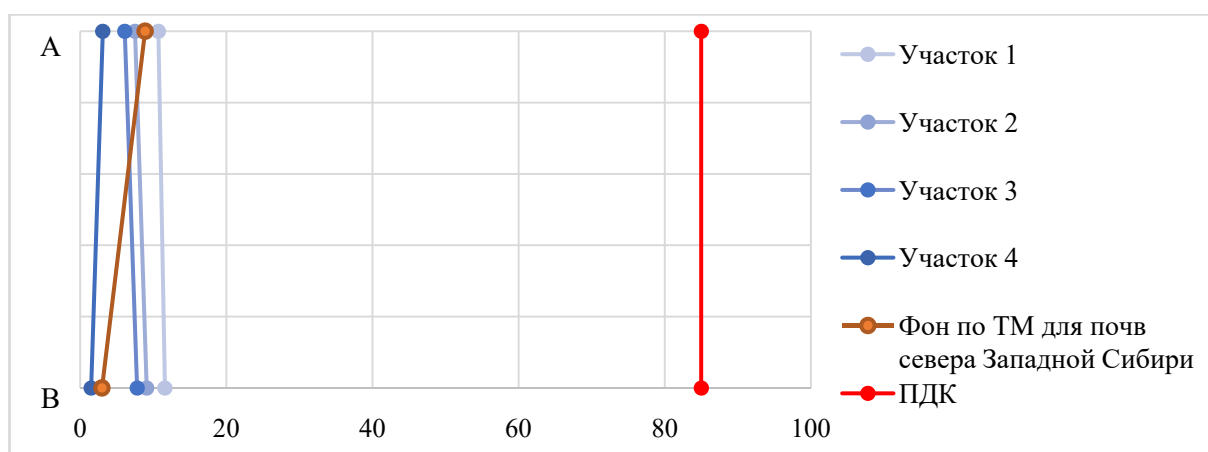


Рисунок 9– Концентрации никеля на исследуемых участках

Предельно допустимые концентрации для данного металла составляют 85 мг/кг и, исходя из графика, предельно допустимые концентрации не превышены ни на одном из участков. Однако значения концентрации содержания никеля на первом участке (10,7 и 11,6 мг/кг по горизонтам соответственно), а также в горизонте В на втором и третьем участке (9,1 и 7,8 мг/кг соответственно по участкам) превышают фоновые показатели, которые составляют 8,9 и 3 мг/кг по двум горизонтам.

Свинец

Свинец (Pb) – это тяжелый металл голубовато-серого цвета. Он относится к IV группе периодической системы элементов и имеет атомный номер 82 и атомную массу 207,2. Свинец обладает высокой пластичностью и мягкостью,

что позволяет легко резать его ножом и царапать ногтем. В природном состоянии свинец содержит 5 стабильных изотопов: 202 (в следах), 204 (1,5%), 206 (23,6%), 207 (22,6%) и 208 (52,3%)[48].

Свинец встречается в земной коре, главным образом в виде галенита. В биосфере свинец присутствует в небольших количествах. Растения могут поглощать свинец из почвы, воды и атмосферы, а затем попадать в организм человека через пищу и воду. Рекомендуемый безопасный уровень потребления свинца для человека составляет от 0,2 до 2 мг в сутки. Основным местом накопления свинца в организме является скелет, хотя он также присутствует в других органах. Уровень свинца в организме может быть выше у жителей промышленно развитых стран и горожан [53].

Свинец имеет долгую историю использования и с течением времени спрос на него только растет, что приводит к увеличению его источников попадания в окружающую среду. Охота и охотничий промысел являются значительными источниками свинца, так как охотничьи ружья и патроны содержат его.

На графике ниже представлены фактические концентрации элемента в почве, а также его фоновые и предельно допустимые концентрации.

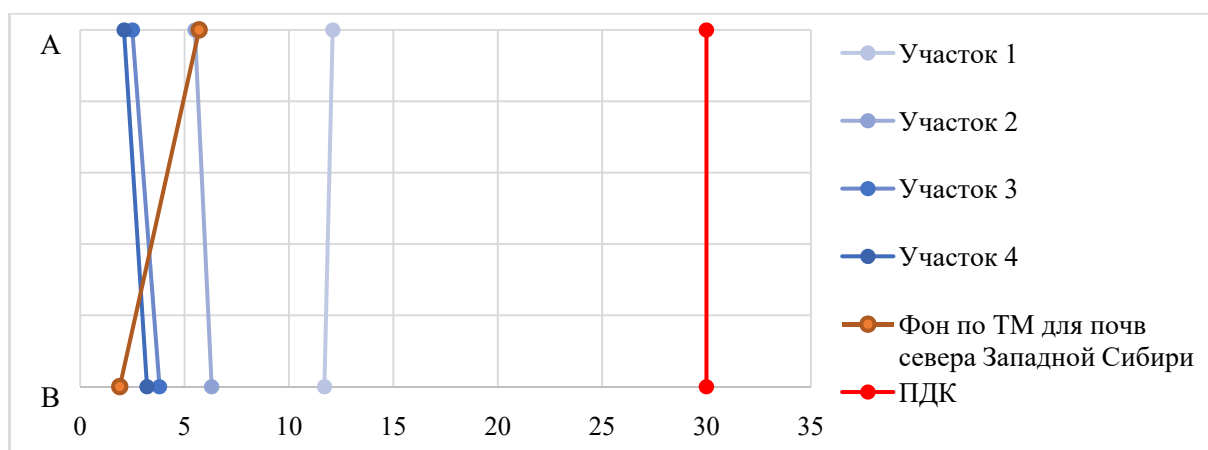


Рисунок 10 – Концентрации свинца на исследуемых участках

В данном случае мы не наблюдаем ни одного превышения предельно допустимых концентраций. Однако на первом участке значения составляют

12,2 и 11,7 мг/кг по горизонтам А и В и серьёзно превышают фоновые показатели (5,7 и 1,9 мг/кг), что говорит о загрязнении тяжёлым металлом.

Медь

Медь – это пластичный золотисто-розовый металл с характерным металлическим блеском. В периодической системе Д. И. Менделеева этот химический элемент обозначается, как Cu (Cuprum) и находится под порядковым номером 29 в I группе (побочной подгруппе), в 4 периоде[48].

Медь – один из первых металлов, используемых человеком из-за доступности и низкой температуры плавления. Она встречается в природе чаще, чем золото и серебро, часто в виде самородков. Использование меди имело важное значение в развитии цивилизации благодаря эффективности медных инструментов. Содержание меди в земной коре составляет около 4,7% - 5,5%, но гораздо ниже в морской и речной воде. Медь можно найти в различных соединениях и добывать промышленным способом. Избыточное количество меди в организме может вызвать проблемы, включая депигментацию кожи и раздражение тканей. При продолжительном воздействии меди на организм возможны нарушения функций нервной системы, печени и почек [55].

На графике ниже представлены фактические концентрации элемента в почве, а также его фоновые и предельно допустимые концентрации.

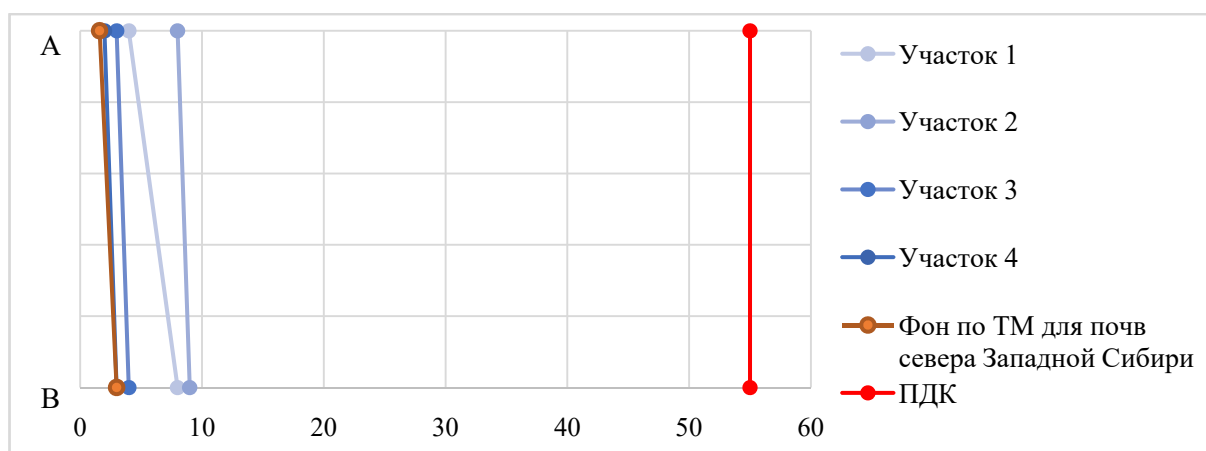


Рисунок 11 – Концентрации меди на исследуемых участках

Как и в случае с марганцем, значения ПДК не превышены ни в одном из случаев. Однако близкие к фоновым значениям (2 и 3 мг/кг) показал только четвёртый участок, наиболее удалённый от дороги и места добычи ресурсов. Концентрации меди на других участках превышают фоновые концентрации. Их значения варьируются от 3 до 8 мг/кг обоих почвенных горизонтов, при этом фоновые концентрации составляют 1,6 мг/кг и 3 мг/кг по горизонтам А и В соответственно.

Кобальт

Кобальт – химический элемент с атомным номером 27. Он находится в 9-й группе периодической таблицы элементов, ранее относился к побочной подгруппе VIII группы или группе VIIIВ. Кобальт имеет атомную массу примерно равную 58,933194 атомным единицам массы. Этот металл обладает серебристо-белым цветом с небольшим желтоватым, розоватым или синеватым отливом. В периодической таблице элементов его символ – Co (от латинского Cobaltum)[48].

Избыточное содержание кобальта у животных редко встречается и связано с экологическими проблемами или ошибками в дозировании препаратов и кормов. Излишнее количество кобальта в растениях может негативно влиять на их рост и развитие, а также токсично действовать на животных. Поступление кобальта в организм осуществляется через пищу, кожу, дыхательные пути и другие источники. Ионы кобальта могут взаимодействовать с белками плазмы крови, что может вызывать нейротоксические эффекты. Кобальт используется в медицине для лечения интоксикации цианидами, но его избыточное содержание может негативно влиять на сердечно-сосудистую систему, обменные процессы и щитовидную железу. Токсикоз кобальтом может вызывать аллергические реакции, повреждение дыхательной и нервной системы, а также слухового нерва[56].

На графике ниже представлены фактические концентрации элемента в почве, а также его фоновые и предельно допустимые концентрации.

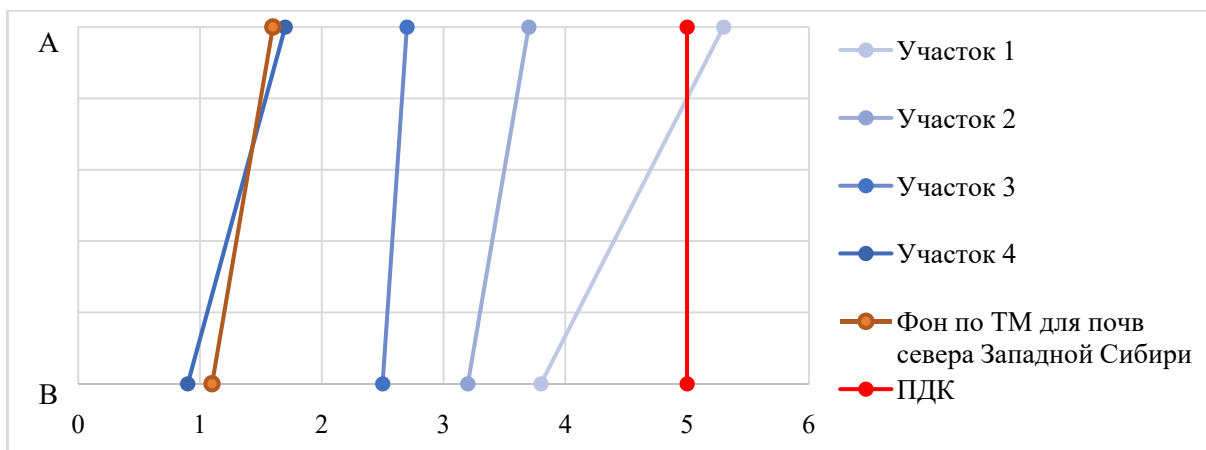


Рисунок 12 – Концентрации кобальта на исследуемых участках

Исходя из графика можно сказать, что значения ПДК были превышены в верхнем горизонте почвы на первом участке. ПДК составляют 5 мг/кг, при этом значения превышенного участка в горизонте А составили 5,3 мг/кг. Остальные значения не превышают предельно допустимые концентрации, но существенно превышают фоновые, за исключением четвертого участка, значения которого составили 1,7 и 0,9 мг/кг.

Кадмий

Кадмий (Cadmium) — это элемент, расположенный во II группе 5-го периода периодической системы Д. И. Менделеева под номером 48, с атомной массой 112,40. Кадмий имеет серебристо-белый цвет и мягкую текстуру, растворяется в кислотах, но не растворяется в щелочах. Он имеет валентность 2+ в своих соединениях, а соли кадмия являются бесцветными и имеют кислую реакцию в растворах[48].

Кадмий был открыт Фридрихом Штроемeyerом в 1817 году при экспериментах с карбонатом цинка. Он обнаружил новый металл желтоватого цвета с голубовато-серым оттенком и назвал его кадмием. Кадмий является редким элементом, содержащимся в различных минералах, особенно в минералах цинка. В природе встречаются 6 кадмиевых минералов. Основное содержание кадмия обычно находится в минерале сфалерите. Кадмий может быть ядовитым и негативно воздействовать на нервную систему, сердце, почки, печень, мышцы и кости при отравлении. Он также может блокировать

активность ферментов и нарушать обмен микроэлементов. Человеческая деятельность может приводить к накоплению кадмия в окружающей среде, особенно в местах добычи ресурсов [55].

На графике ниже представлены фактические концентрации элемента в почве, а также его фоновые и предельно допустимые концентрации.

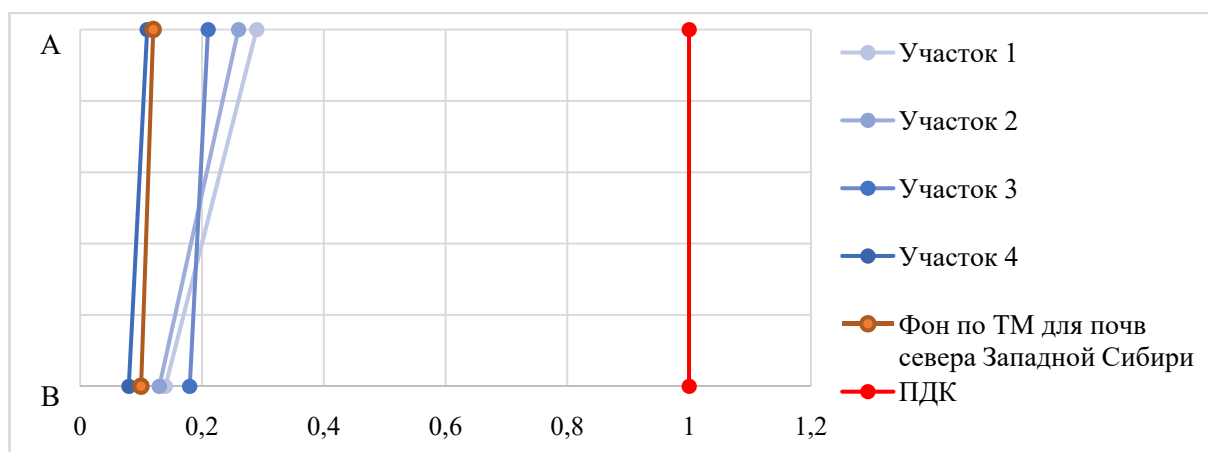


Рисунок 13 – Концентрации кадмия на исследуемых участках

Ситуация с кадмием аналогична ситуациям с марганцем и медью. Значения первых трёх участков превышают фоновые и варьируются от 0,21 до 0,29 мг/кг в горизонте А и от 0,13 до 0,18 мг/кг в горизонте В. Значения четвёртого участка составляют 0,11 и 0,08 мг/кг соответственно по горизонтам и находятся в пределах нормы. Предельно допустимые концентрации составляют 1 мг/кг и в данном случае превышены не были.

Ртуть

Ртуть – химический элемент с атомным номером 80. При обычных условиях ртуть является блестящим жидким металлом, который быстро испаряется даже при комнатной температуре. Химически она не слишком активна, но растворяется в концентрированных азотной и серной кислотах, а также в царской водке. Она также реагирует с серой и галогенами. В соединениях ртуть может иметь валентность 1+ и 2+. Она способна растворять многие металлы, включая золото, серебро, цинк, свинец, олово, образуя амальгамы с ними [48].

Ртуть действительно известна с древних времен и использовалась для очистки золота и серебра. Хотя ртуть редка в земной коре, она может быть концентрирована в ртутистых рудах из-за слабой химической связи с другими элементами. Она также присутствует в природе в рассеянной форме и обладает высокой химической стойкостью [52].

Ртуть имеет важную роль в обмене веществ и может стимулировать работу иммунной системы. Однако ртуть и её соединения являются высокотоксичными, особенно ионы ртути (Hg). Они могут взаимодействовать с белками, нарушать работу ферментов и вызывать серьезные повреждения нервной системы, особенно головного мозга. Симптомы отравления ртутью включают возбуждение и заторможенность головного мозга, нарушение работы синапсов и функционирования мозга. Легко испаряющиеся соединения ртути представляют наибольшую опасность.

Есть естественные и антропогенные источники ртути в окружающей среде. Естественные источники включают вулканические извержения и эрозию пород водой и ветром. Антропогенные источники включают различные деятельности человека, такие как использование ртути для производства и обработки различных продуктов, сжигание ископаемых топлив, а также промышленные процессы. Промышленные выбросы являются основным источником загрязнения воздуха ртутью, а речные отложения возле промышленных объектов могут содержать высокие концентрации ртути [57].

Ртуть может попадать в почву через осаждение из атмосферы с осадками или перемещаться через грунтовые воды. Промышленные предприятия, такие как заводы по производству ртути и меди, являются источниками выбросов ртути в окружающую среду [52]. Имеется необходимость в принятии мер для сокращения выбросов ртути и минимизации их влияния на окружающую среду и здоровье людей.

На графике ниже представлены фактические концентрации элемента в почве, а также его фоновые и предельно допустимые концентрации.

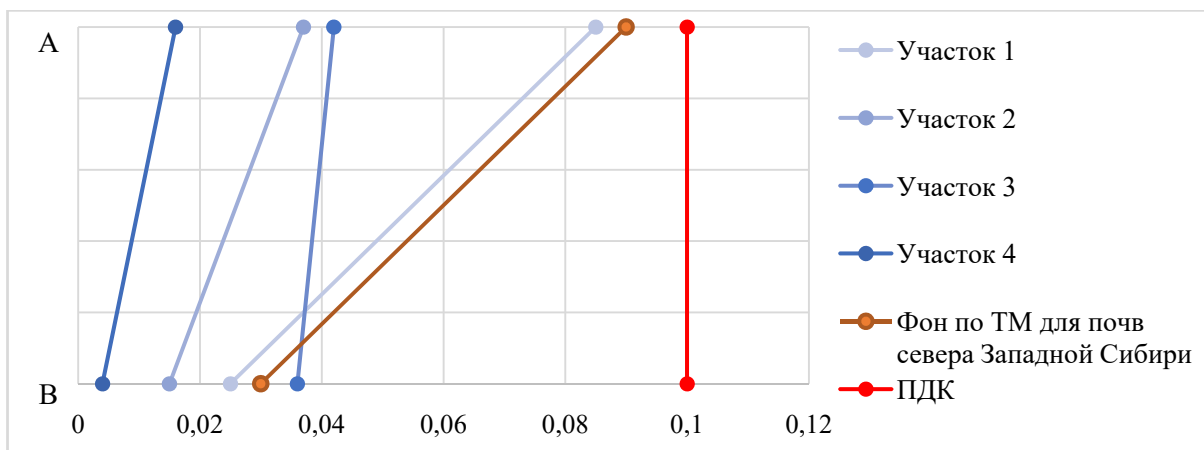


Рисунок 14 – Концентрации ртути на исследуемых участках

Большинство значений концентраций ртути в пределах нормы, предельно допустимые концентрации не превышены ни в одном из случаев. Фоновые показатели превышены только на третьем участке в горизонте В, составив при этом 0,036 мг/кг. Самые низкие концентрации ртути были определены на четвёртом участке и составили 0,085 и 0,025 мг/кг по горизонтам А и В соответственно.

3.3. Расчёт показателей загрязнения

При оценке состояния почв и грунтов необходимо учитывать содержание естественных элементов и соединений, а также присутствие искусственных веществ, известных как соединения-ксенобиотики. Оценка загрязненности почв и грунтов осуществляется путем сравнения содержания загрязняющих элементов и веществ в образцах с фоновым уровнем, представляющим собой естественный уровень без антропогенного воздействия, а также с предельно допустимыми значениями (ПДК). Это позволяет определить, превышает ли содержание вредных веществ в почвах допустимые пределы и оценить степень загрязненности с учетом влияния на здоровье человека и окружающую среду.

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) в почве определяется таким образом, чтобы длительное воздействие данного вещества на почву и растения не вызывало патологических изменений или аномалий в биологических

процессах, не приводило к накоплению токсических элементов в растениях и не представляло угрозу для здоровья и жизни человека. Обычно значения ПДК определяются экспериментально на песчаных почвах с учетом нескольких показателей вредности, особенно для основных форм загрязнения. Однако такой подход имеет ограничения, поскольку он не учитывает мощность потока и доступность загрязняющих веществ для растений. Это вызывает дискуссии как с экологической, так и с экономической точек зрения. Сейчас все более признается необходимость использования комплексных экосистемных нормативов, которые позволят оценить состояние рассматриваемой экосистемы в целом, поскольку оценка по отдельным компонентам экосистемы не всегда является достаточно эффективной[58].

Определение унифицированных норм ПДК для загрязняющих веществ в почвах представляет значительные трудности, так как гигиеническая опасность зависит от условий почвы. В настоящее время установлены ПДК всего лишь для небольшого количества веществ, которые подвергаются контролю в отношении качества почвы.

Нормирование химических веществ в почвах отличается от нормирования водных объектов, атмосферного воздуха и пищевых продуктов по принципам. Это обусловлено тем, что предельно-допустимые концентрации (ПДК) для почвы основаны на воздействии через продукты питания и опосредованное воздействие почвы на организм человека.

Прямое попадание вредных веществ из почвы в организм человека ограничено, и чаще всего они попадают в организм через другие среды, которые находятся в контакте с почвой. Таким образом, загрязняющие вещества могут попадать в организм человека по следующим путям: через почву-растение-человек, почву-растение-животное-человек, почву-воду-человек и почву-атмосферный воздух-человек [58].

Оценка загрязненности почв на основе предельно-допустимых концентраций (ПДК) представляет сложность из-за нескольких факторов. В урбанизированных регионах России, особенно в Москве, состояние почв и

грунтов, оцениваемое с помощью санитарно-гигиенических методов (ПДК), находится на критическом уровне, где содержание многих загрязняющих веществ превышает ПДК в несколько или даже десятков раз. Кроме того, проблему усложняет пространственная неоднородность содержания загрязняющих веществ и дискретность источников загрязнения. Это создает сложности при определении общей степени загрязнения и требует комплексного подхода к оценке состояния почв и принятию соответствующих мер для улучшения их качества [59].

Список показателей химического загрязнения почв и грунтов формируется в соответствии с приоритетностью компонентов химического загрязнения, установленной в соответствии с требованиями нормативных документов. К таким документам относятся:

ГОСТ 17.4.2.01-81 "Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния";

СанПиН № 2.1.7.1287-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы";

ГОСТ 17.4.1.02-83 "Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения".

Таблица 14. Классы опасности химических элементов и веществ в почвах и грунтах

Классы опасности	Химический элемент, загрязняющее вещество
1	мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, цинк, фтор, селен, 3,4-бенз(а)пирен
2	бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
3	барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

По данным СанПиН 2.1.7.1287-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы", химическое исследование почв и грунтов при

проведении инженерно-экологических изысканий включает стандартный и расширенный перечень показателей [60].

Стандартный перечень химических исследований почв и грунтов включает следующие определения:

- Содержание тяжелых металлов 1 и 2 класса опасности: свинца (Pb), кадмия (Cd), цинка (Zn), ртути (Hg), меди (Cu), никеля (Ni) и мышьяка (As).
- Содержание 3,4-бенз(а)пирена, который является показателем загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами.
- Содержание нефтепродуктов, которые являются показателем загрязнения от нефтепродуктов, например, бензина, мазута или нефтяных фракций.

В расширенном перечне исследований почв и грунтов проводится определение более широкого спектра загрязняющих химических веществ в случае наличия специфических источников загрязнения. Выбор показателей химического загрязнения зависит от предполагаемого состава загрязняющих веществ, учитывая характер источника загрязнения почв и грунтов [59].

Оценка уровня загрязнения почв и грунтов химическими веществами основывается на предельно допустимой концентрации (ПДК) или ориентировочно допустимой концентрации (ОДК) химических элементов (веществ) в почвах и грунтах. Для этого используются стандарты, такие как ГН 2.17.2041-06 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве" и ГН 2.1.7.2511-09 "Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве".

Для эколого-геохимической оценки состояния почв и грунтов используются следующие показатели:

- коэффициент концентрации относительно ОДК (ПДК), характеризующий превышение содержания элемента в почвах и грунтах над его ОДК (ПДК). Коэффициент концентрации относительно ОДК(ПДК) равен отношению содержания элемента в исследуемом объекте к его ОДК(ПДК):

$$K_{\text{ОДК(ПДК)}} = \frac{c_i}{\text{ОДК (ПДК)}}$$

- коэффициент концентрации (K_{Ci}) относительно фона, характеризующий интенсивность техногенной аномалии. Коэффициент концентрации равен отношению содержания элемента в исследуемом объекте к его фоновому содержанию:

$$K_{Ci} = \frac{C_i}{C_{\phi}}, \text{ где}$$

C_i — фактическое содержание i -го химического элемента в почвах и грунтах, мг/кг;

$C_{\phi i}$ — фоновое содержание i -го химического элемента в почвах и грунтах, мг/кг.

Таблица 15. Фоновые содержания валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах (мг/кг)

Горизонт	Mn	Zn	Cr	Ni	Pb	Cu	Co	Cd	Hg
A	49,9	26,7	1,2	8,9	5,7	16	1,6	0,12	0,09
B	12	7,6	0,8	3	1,9	3	1,1	0,1	0,03

Для комплексного анализа загрязнения рассчитывается суммарный показатель загрязнения (Z_c), характеризующий эффект воздействия группы элементов [58]. Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов

$$Z_c = K_{Ci} + \dots + K_{Cn} - (n - 1), \text{ где}$$

n — количество учитываемых химических элементов;

K_{Ci} — коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения, превышающий единицу.

После расчёта Z_c его значения сравниваются с установленными категориями загрязнения.

Таблица 15. Установленные категории загрязнения

Категория загрязнения почв	Величина Z_c
Допустимая	Менее 16
Умеренно опасная	16-32
Опасная	32-128
Чрезвычайно опасная	более 128

При расчёте этого показателя важно знать, что необходимо учитывать только те элементы, где присутствуют превышения фоновых значений концентраций. Если включать в расчётную формулу все элементы, то это может привести к серьёзным неточностям и даже к отрицательным значениям этого показателя, чего не может быть на практике.

Таблица 16. Рассчитанные результаты K_{C_i} и Z_c

Участок	горизонт	Mn	Zn	Cr	Ni	Pb	Cu	Co	Cd	Hg	Z_c
1	А	5,85	1,21	16	1,20	2,12		3,31	2,42		26,12
	В	13,63	4,07	18,88	3,87	6,16	2,67	3,45	1,4		47,11
2	А	3,15	1,07	4,5				2,31	2,17		8,20
	В	11,03	2,88	23	3,03	3,32	3	2,91	1,3		43,47
3	А	2,37		4,75				1,69	1,75		7,55
	В	8,28	1,11	15,13	2,6		1,33	2,27	1,8	1,2	26,71
4	А	1,14		2,17				1,06			2,37
	В										
Классы опасности Ме		3	1	2	2	1	2	2	1	1	

В таблице 16 представлены рассчитанные результаты K_{C_i} и Z_c . Серым в таблице выделены значения K_{C_i} , значения которых больше единицы, и рассчитанные для элементов, превышающих фоновые значения. Остальные значения K_{C_i} были исключены из таблицы, так как далее не участвуют в расчётах. В следующей таблице представлены категории загрязнения по суммарным показателям загрязнения для каждого из четырёх участков. Для оценки были рассчитаны средние значения горизонтов А и В на каждом участке.

Таблица 17. Категории загрязнения по суммарным показателям загрязнения для каждого из четырёх участков

Участок	Zс	
1	23,08	Умеренно опасная
2	25,84	Умеренно опасная
3	17,13	Умеренно опасная
4	2,37	Допустимая

Таким образом, допустимые значения получились только на четвёртом участке. Этот участок расположен дальше всего от газоперерабатывающего предприятия, что и обуславливает небольшую концентрацию тяжёлых металлов в почве по сравнению с другими участками. Высокие значения суммарного показателя загрязнения на первых трёх участках в основном получились из-за высокого содержания в них хрома, где значения превышали предельно допустимые концентрации. Так же довольно большие показатели получились в случае с марганцем, где значения сильно отличаются от фоновых в большую сторону.

Заключение

1. Для территорий, расположенных в зоне действия нефтегазовых предприятий, характерны различные механические воздействия на почвенно-растительный покров при работе различной техники, осуществляющей разведку, бурение скважин и обустройство промыслов. Почвы частично или полностью лишаются растительного покрова и органогенного слоя, а иллювиальные горизонты выходят на дневную поверхность почвы.

2. Геологическая нестабильности газопроводов в зоне тундр создает риск возникновения различных аварийных ситуаций, приводящих к химическому загрязнению компонентов окружающей среды углеводородными продуктами.

3. Территория исследования (Тазовский полуостров), согласно почвенно-географическому районированию, относится к Северо-Сибирской почвенной провинции и характеризуется специфическими условиями климата и растительности, которые оказывают совокупное влияние на формирование почвенного профиля. Установлено наличие различных комплексов почвообразующих пород – от озёрно-аллювиальных до флювиогляциальных и озёрно-гляциальных. Почвы исследуемых участков: тундровая глееватая легкосуглинистая, торфянисто-глееватая грубогумусовая легкосуглинистая на песках и подбур иллювиально-железистый грубогумусовый глееватый.

4. Установлено, что во всех исследуемых участках, прилегающих к трубопроводу, как в эллювиальном, так и в иллювиальных горизонтах, отмечалась кислая реакция среды.

5. Выявлено, что с глубиной концентрации Zn, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Co, Cd и Hg уменьшались, однако на участках, примыкающих к трубопроводу, существенно превышали показатели, характерные для фоновых почв. Максимальное содержание ТМ отмечено на участке 1, где существуют подъездная дорога вдоль трубопровода, и показатели Mn превышали фоновые значения в 6 раз, Cr – в 16 раз, Co – в 3,3 раза, Cd – в 2,4 раза, Zn – в 1,2 раза. По

остальным металлам различия с фоном были не существенными, но с трендом увеличения концентрации по сравнению с фоном.

6. При изучении суммарного загрязнения участков тяжелыми металлами территории выявлено, что допустимые значения наблюдаются только на четвёртом участке, удаленном на 550 метров от трубопровода. Высокие значения суммарного показателя загрязнения на первых трёх участках свидетельствовали о умеренно-опасном состоянии территории по загрязнению ТМ, а на первом участке – близким к опасному. Основным получились из-за высокого содержания в них хрома, где значения превышали предельно допустимые концентрации. Так же довольно большие показатели получились в случае с марганцем, где значения сильно отличаются от фоновых в большую сторону.

Список используемых источников

1. Абросимов А.А. Экология переработки углеводородных систем: Учебник / Под ред. д-ра хим. наук, проф. М.Ю. Доломатова, д-ра техн. наук, проф. Э.Г. Теляшева. – М.: Химия, 2002. – 608 с.: ил
2. Коршунов Е.С., Едигаров С.Г. Потери нефти, нефтепродуктов и газов и меры их сокращения. М., 1966
3. Бинчук В.А. Современные типы резервуаров для нефти и нефтепродуктов. М., 1959
4. Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Аварийные разливы углеводородов в водную среду: проблемы и пути их решения // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 11.
5. Воробьев Д.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 3.
6. Говорушко С.М. Экологические последствия добычи нефти и газа со дна моря // Экология промышленного производства. 2011. № 3. С. 27–32.
7. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов [Текст]: - М.: Стройиздат, 1990. -352с.: ил. - (Охрана окружающей природной среды)
8. Рудский В.В., Стурман В.И. Основы природопользования [Текст]: Учебное пособие для студентов вузов – М.: Аспект Пресс, 2007. - 271с.
9. Коллектив авторов. Отведение и очистка сточных вод [Текст]: Санкт - Петербург: Изд-во «Новый журнал», 2002 г. - 683 с.
10. Комаров С.М. Дырки в тундре: Научный журнал "Химия и жизнь", №3, 2018.
11. Геннадиев А. Н., Пиковский Ю. И., Цибарт А. С., Смирнова М. А. Углеводороды в почвах: происхождение, состав, поведение (обзор) // Почвоведение, 2015, № 10.
12. Замотаев И. В., Иванов И. В., Михеев П. В., Никонова А. Н. Химическое загрязнение и трансформация почв в районах добычи углеводородного сырья (обзор литературы) // Почвоведение, 2015.

13. Александрова В.Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л, 1977. - 186 с.
14. Горбачев А.Л. Биогеохимическая характеристика северных регионов России // Человек на Севере: системные механизмы адаптации: сб. тр., посвященный 90-летию основания Магадана / под ред. акад. Н.Н. Беседновой. Магадан: Экспресс-полиграфия, 2019. Т. 3. С. 68-79.
15. Ульяновская С.А., Баженов Д.В., Шестакова В.Г., Калинин М.Н. Влияние климатогеографических факторов Севера на адаптивные реакции организма человека // Патол. физиология и эксперим. терапия. 2020. Т. 64, № 1. С. 147-154.
16. Васильевская В.Д., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Почвы севера Западной Сибири. М.: Изд-во МГУ, 1986. 227 с.
17. Граве Н.А., Суходровский В.Д. Рельефообразующие процессы области вечной мерзлоты и принципы их предупреждения и ограничения на осваиваемых территориях. – В кн.: Тр. III Международной конференции по мерзлотоведению, т.1. Оттава, 1978 – 56-61 стр.
18. Городков Б.Н. Об особенностях почвенного покрова Арктики // Изв. Государственного географического общества, 1939. Т. 71. Выпуск 10. С. 15161532.
19. Фридланд В.М. О структуре (строении) почвенного покрова // Почвоведение, 1965.- № 4.5-28с.
20. Игнатенко И.В. Почвы восточноевропейской лесотундры и их зональное положение // Почвоведение, 1972. № 9. С. 5-19.
21. Ямал СПГ: природно-климатические условия: сайт. – URL: <https://lngas.ru/russian-lng-projects/yamal/yamal-spg-prirodnoklimaticheskie-usloviya.html>(дата обращения:31.05.2023).
22. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири. Под. ред. С. М. Новикова — СПб.: ВВМ, 2009. — 536 с.
23. Груздев Б.И. Флора восточно-европейских тундр и ее изменение // Экологические проблемы европейского Севера. Архангельск, 1992. С. 112-113.

24. Коротин Н. С., Головатин М. Г., Кривенко В. Г. Северный олень *Rangifertarandus* (Linnaeus, 1958) // Красная Книга Ямало-Ненецкого автономного округа: животные, растения, грибы. Екатеринбург, 2010. с. 24–25.
25. Бобринский Н. А., Кузнецов Б. А., Кузякин А. П. Определитель млекопитающих СССР. М., 1965. 384 с.
26. Скоробогатов В.А., Строганов Л.В., Копеев В.Д. Геологическое строение и газонефтеносность Ямала. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. 352 с.
27. Александрова В.Д. Геоботаническое районирование Арктики. Л., 1977.
28. Бедрин Е.А., Завьялов А.М., Завьялов М.А. Обеспечение термической устойчивости основания земляного полотна автомобильных дорог. Омск: СибАДИ, 2012. 178 с.
29. Шполянская Н.А. Глобальные изменения климата и эволюция криолитозоны. М., 2008. 132 с.
30. Грибова С.А., Исаченко Т.И. Картирование растительности в съемочных масштабах // Полевая геоботаника т. 4 Л: Наука, 1972 – 173 с.
31. Дмитричева Л.Е., Багрова Т.Н. Практика по получению первичных умений и навыков (почвоведение, ландшафтоведение): учебно-методическое пособие /– СПб.: РГГМУ
32. Широкая А. А., Новиков А. И., Дрогобужская С. В., Гапоненков И. А. Особенности применения метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой для элементного анализа взвешенных частиц атмосферного воздуха в черте города. Апатиты: Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева ФИЦ «Кольский научный центр РАН», 2019
33. ИСП-ОЭС Agilent 5800 и 5900. Характеристики. URL: <https://gluvexlab.com/uploads/storage/katalogy/5994-1616.pdf> (дата обращения 31.05.2023)

34. Затулей Е.Д., Прожорина Т.И. Лабораторный практикум по курсу «Химия почв» по специальности 013600 – «Геоэкология». - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004. – 40 с.
35. Авдонин Н.С. О влиянии реакции среды на растения / Н.С. Авдонин // Физиологическое обоснование системы питания растений. 1964. С. 212-219.
36. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений / А.В. Петербургский. М.: Россельхозиздат, 1981. 184 с.
37. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР / Д.Н. Прянишников. М.: Изд-во АН СССР, 1945. 199 с.
38. Мещеряков А.И. Влияние кислотности и Al на рост растений / А.И. Мещеряков // Тр. ВИУА 17. 1937. Т. 16. 166 с.
39. Временные рекомендации по разработке и введению в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ. Утв. приказом МПР РФ от 12.09.2002 г. № 574.
40. Ахметзянова Л.Г., Селивановская С.Ю., Латыпова В.З. Лабораторное моделирование рекультивации нефтезагрязненных почв для определения допустимого остаточного содержания нефтепродуктов. Ученые записки Казанского государственного университета. Естественные науки. Т. 152, кн. 4. 2010. 69-76.
41. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности :Федер. закон от 22.07.2008 № 12Э-ФЗ // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
42. Васин Д.В. Современные подходы к нормированию содержания тяжелых металлов в почве Научный журнал «Архивариус» Том 7 #3(57), 2021
43. Периодическая система Менделеева. URL: <https://ptable.com/?lang=ru#Свойства> (дата обращения 31.05.2023)

44. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Раш М.А., Стройкова Л.С. Микроэлементозы человека. Этиология, классификация, органопатология. М.: Медгиз, 1991.
45. Голубев В.Л., Левин Я.И., Вейн А.М. Болезнь Паркинсона и синдром паркинсонизма. М.: МЕДпресс, 2000.
46. Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде. Современные гигиенические и токсикологические аспекты. Минск, 1994.
47. Могилевская О. Я — В кн.: Токсикология редких металлов. М., 1963, с. 191 — 193.
48. Пазынич В. М. — В кн.: Гигиена населенных мест. Киев, 1976, вып. 15, с. 126—127.
49. Антоньев А. А. «Гигиена труда», 1964.
50. Ицкова А. И. «Фармакология и токсикология» т. 32, 1969.
51. Кобальт, токсичность – Экология. Справочник URL: <https://ru-ecology.info/term/77305/> (дата обращения 31.05.2023)
52. «Вредные вещества в промышленности», том 3. Химия, 1977.
53. Оценка химического загрязнения почв и грунтов. Испытательный центр «Нортест» URL: <https://nortest.pro/stati/pochva/otsenka-himicheskogo-zagryazneniya-pochv-i-gruntov.html> (дата обращения 31.05.2023)
54. Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве, МЗ СССР, М., 1982.
55. СанПиН № 2.1.7.1287-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы".