



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
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

На тему Оценка экологического состояния городских почв Норильска.

Исполнитель Юфрос Ксения Сергеевна
(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 биологических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Мухин Иван Андреевич

(фамилия, имя, отчество)

« 28 » ноября 2025 г.

Санкт-Петербург

2025

Введение

Арктическая зона Российской Федерации представляет собой уникальный экосистемный комплекс, обладающий значительными природными ресурсами, но при этом подверженный комплексу серьезных экологических вызовов. Экологические проблемы, связанные с загрязнением почв в этой области, приобретают особую актуальность в контексте глобальных изменений, влияющих на физико-географические характеристики региона и функционирование почвенных экосистем [14].

Интенсивное промышленное развитие, транспортная инфраструктура и другие виды антропогенной деятельности, а также климатические изменения оказывают значительное воздействие на экосистемы крупных промышленных городов Арктики. Эти факторы создают не только уникальные экологические вызовы, требующие комплексного подхода, но и стимулируют необходимость проведения междисциплинарных исследований для более глубокого понимания механизмов загрязнения почв и их последствий [24, 31].

Город Норильск входит в число важнейших северных промышленных центров с богатыми природными ресурсами. Здесь перерабатывают никель, медь, кобальт, платину и палладий, которые используются в различных отраслях, от машиностроения до электроники. В городе активно развивается химическая промышленность, специализирующаяся на переработке побочных продуктов металлургического сектора. С одной стороны, данный комплексный подход позволяет минимизировать экологическую нагрузку посредством более полного использования доступных ресурсов через эффективное утилизирование вторичных материалов [2]. С другой стороны, Норильск переживает интенсивную фазу индустриализации, сопровождающуюся значительными изменениями в трансформации почвенного покрова и растительного сообщества. Из-за выбросов

автомобилей, промышленных предприятий, теплоэлектростанций, а также в результате размещения отходов на территории города, в почву попадают тяжёлые металлы. В связи с этим сравнительный анализ содержания поллютантов в почвах урбанизированных и фоновых экосистем приобретает особую актуальность. Данное исследование позволяет не только оценить текущее состояние почвенного покрова, но и прогнозировать возможные экологические риски, связанные с дальнейшим промышленным освоением территории [2, 12]. Сравнительный анализ содержания загрязняющих веществ в почвах урбанизированных и фоновых экосистем позволяет выявить источники и масштабы загрязнения, а также оценить эффективность существующих мер по охране окружающей среды. Результаты таких исследований являются основой для разработки научно обоснованных рекомендаций по снижению негативного воздействия промышленности на почвенный покров и экосистемы Норильска [37].

Цель работы заключается в комплексной оценке уровня загрязнения городских почв в различных функциональных зонах Норильска. В рамках исследования предполагается анализ пространственного распределения загрязняющих веществ и выявление закономерностей их аккумуляции в почвенном покрове урбанизированной территории Норильска.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач, включающих:

1. Анализ особенностей аккумуляции тяжелых металлов в почвах урбанизированных ландшафтов различных городов.
2. Выявление закономерностей распределения тяжелых металлов в почвенном покрове Норильска.
3. Экологическая оценка специфики загрязнения почв с учетом функционального зонирования города.
4. Разработка рекомендаций по оптимизации экологического состояния почв в условиях Норильска.

Особое внимание в исследовании будет уделено суммарной оценке содержания тяжелых металлов в почвах Норильска, что позволит определить основные источники их поступления и оценить степень антропогенного воздействия на экосистемы города. Полученные данные будут использованы для разработки научно обоснованных рекомендаций по снижению уровня загрязнения почв и улучшению экологической обстановки в Норильске.

Теоретическая значимость заключается в комплексном анализе техногенного воздействия на экосистемы города Норильска. Данный анализ позволяет идентифицировать зоны с различным уровнем деградации почвенного покрова, что является ключевым фактором для понимания механизмов трансформации природных ландшафтов под влиянием антропогенных факторов.

Практическая значимость проведенного исследования определяется возможностью использования данных для оценки экологического риска, связанного с аккумуляцией токсичных элементов в почвенных горизонтах.

Это, в свою очередь, предоставляет основу для разработки и внедрения комплексных мер по минимизации негативного воздействия на окружающую среду и здоровье городского населения.

Научная новизна работы заключается в расширении существующих знаний о геохимических процессах в почвенном покрове Норильска в условиях экстремального техногенного прессинга. Полученные результаты способствуют формированию более точных моделей поведения загрязняющих веществ в экосистемах, подверженных длительному антропогенному воздействию.

Глава 1. Литературный обзор

1.1. Особенности формирования почв Арктической и тундровой зоны.

Криогенные почвы — это почвы, сформированные в районах многолетней мерзлоты. Данное название является общим для почв Арктической и тундровой зоны. Криогенные почвы занимают около 25% неледниковой почвы или 180 млн. г суши.

Формирование почв Арктической зоны главным образом связано с суровым климатом данной территории, мощностью многолетнемерзлых пород.

Климат. В условиях короткого холодного лета и длительной морозной зимы формируются почвы мощностью до 20 см и с малым количеством гумуса в горизонте A1 при отсутствии A0, обусловленные глубиной сезонного оттаивания грунтов. Годовое количество осадков 130 - 200 мм. Теплый период длится до 2 месяцев, почвенные грунты оттаивают на 2 - 2,5 месяца. Ярко выражены мерзлотные процессы - вымораживание, морозная сортировка и трещинообразование [17, 41].

Растительный покров представлен мхами, кустарниками, некоторыми злаками (мятлик), лишайниками.

Почвообразующие породы. Морские и ледниковые глины и суглинки, аллювиально-озерные супеси и суглинки, щебнистые элювиально-солифлюкционные отложения [17, 42].

Рельеф. преобладают ледниково-абразивные и аккумулятивные формы, морские террасы (котловины, холмисто-моренные образования). Типичный рельеф местности - моренные холмы, бараньи лбы, полигональные почвы фьордов, а в горах - цирковые впадины.

Почвы тундровой зоны расположены к югу от арктической зоны и подразделяются на арктическую тундру, типичную тундру, южную тундру и лесотундру.

Климат. Среднегодовая температура колеблется от -0,2 до -16 °С. В условиях небольшого количества тепла и избыточного увлажнения формируются почвы мощностью от 30 см до 2 метров, наибольшее оттаивание в долинах рек и на болотах, сумма активных температур от 0 в арктической тундре до 400-600 в типичной и лесотундре. Холодная зима и короткое прохладное лето, распространена многолетняя мерзлота.

Рельеф. Зона расположена в основном на равнинной территории, местами прослеживаются горные массивы (Хибины на Кольском полуострове, Полярный Урал, Чукотский горный массив) [17].

Почвообразующие породы. Материнские породы - ледниковые, моренные и аллювиальные (в поймах рек) отложения, в горных районах - эллювий и деллювий.

Растительность. В Арктической тундре преобладают злаково - осоково - моховые ценозы, в понижениях рельефа болота, распространение растительности носит локальный характер. В типичной тундре - мохово - лишайниковая растительность, широко распространена кустарничковая растительность с примесью голубики и черники. Лесотундра или предтундровое редколесье представлено мохово - лишайниковой растительностью с примесью редких сильно угнетённых деревьев (береза, ель, кедровые и еловые стланики). Большие площади представлены бугристыми и плоскобугристыми болотами.

Зональные почвы. В Арктической тундре представлены тундровые глеевые почвы на суглинках и тундровые бурые неоподзоленные почвы на песках и супесях. В типичной и южной тундре представлены тундровые глеевые на тяжелых и средних суглинках, тундровые дифференцированные поверхностно-глеевые на легких и средних суглинках и тундровые дерновые, подзолистые иллювиально гумусовые почвы на песках и супесях [20].

Формирование почв данной зоны происходит в условиях медленных геохимических и биологических процессов вследствие присутствия многолетней мерзлоты. Влияние неблагоприятного климата сказывается на низкой продуктивности (опад от 0,5 до 1 т. на г, что в 5-15 раз меньше, чем в Европейской части России) и замедленном разложении опада и синтеза гумусовых веществ.

Большую роль в формировании почв играют криогенные процессы. Криогенными (мерзлотными) процессами называются геологические процессы, которые обусловлены сезонным и многолетним промерзанием и оттаиванием увлажненных рыхлых пород [13].

Все экзогенные мерзлотно-геологические процессы в криолитозоне могут быть разделены на 4 группы.

1) Процессы, развитие которых вызвано сезонными и многолетними колебаниями теплообмена на земной поверхности и в подстилающих породах:

- Морозобойное растрескивание и криогенное выветривание;
- Морозное пучение пород и наледеобразование;
- Образование термокарстов.

2) Флювиальные, абразионные и воднобалансовые процессы, вызванные механическим и тепловым воздействием на мерзлые и оттаивающие породы водных масс, годовыми колебаниями теплообмена на поверхности пород и многолетними колебаниями водного баланса поверхности:

- Термоабразия берегов;
- Термоэрозия;
- Заболачивание;

3) Гравитационные процессы:

- Солифлюкция
- Оползания, обрушения, осыпания.

4) Процессы эолового происхождения.

- Ветровая эрозия и аккумуляция.

Большинство почв тундры относятся к кислым или сильнокислым. Так как Север отличаются малой продуктивностью биоценоза и замедленными геохимическими и биологическими процессами почва уязвима перед антропогенной деятельностью.

В Арктической зоне сосредоточена большая часть запасов полезных ископаемых страны. Нарушение растительного покрова, рельефа, режима поверхностных вод, а также строительство городов, прокладка коммуникаций и эксплуатация месторождений являются причиной активизации мерзлотных процессов из-за чего происходит деградация почв.

Вследствие природно-климатических особенностей Севера освоение природных территорий носит очаговый характер. Это объясняется удаленностью промышленных центров от северных городов, отсутствием железнодорожного транспорта и автомобильных магистралей, специфических характеристик района.

Рекультивационные мероприятия по восстановлению нарушенных территорий не проводятся. Нарушенные земли оставляют на «самоизлечение» и «самозарастание» из-за угрозы еще большего причинения вреда. Естественное восстановление нарушенных территорий связано с определенными сложностями, обусловленными климатом, техническими и технологическими особенностями разработок месторождений полезных ископаемых, свойствами пород и образуемых отходов, технико-экономическими показателями восстановления нарушенных земель.

1.2. Экологическая обстановка в северных регионах РФ и мира.

Наиболее экологически неблагоприятные города в Российской Федерации на Крайнем Севере являются Мурманск, Архангельск, Салехард, Норильск и Анадырь.

По данным управления Роспотребнадзора по Мурманской области основными факторами, вызывающими загрязнение почв в Мурманской

области, являются промышленные и бытовые отходы, а также аэрогенное загрязнение за счет выбросов предприятий [7].

Несмотря на промышленные и бытовые отходы, область остается наиболее проблемной из - за многочисленных объектов атомной энергетики - база Северного Флота, атомный ледокольный флот и суда обслуживания, хранилища радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива.

Другой проблемой служит деятельность горно - металлургической компании «Норильский никель». Диоксид серы, выбрасываемый предприятием, образует кислотные дожди, подкисляя водоемы, почвы и сжигая растительный покров. Наиболее мрачная картина наблюдается в поселке Никель и городе Мончегорск, где наблюдается «лунные пейзажи» - выжженные пустоши с редкими кустарниками.

Источники загрязнения почв Архангельской области служат предприятия лесозаготовительной, деревообрабатывающей, целлюлозно - бумажной промышленности, сельское хозяйство, а также автотранспорт и хозяйственно - бытовая деятельность человека [33].

На территории Архангельской области целый ряд предприятий, оказывающих негативное воздействие - Северодвинск, Новодвинска Архангельск и Коряжмы ежедневно выбрасывают в атмосферный воздух взвешенные вещества, формальдегид, бенз(а)пирен, диоксид серы и азота, углерода, а также сероводород.

Еще одним источником загрязнения служит космодром Министерства Обороны Российской Федерации «Плесецк», расположенный в городе Мирный. От периодических падений ступеней ракет - носителей страдают Мезенский, Лешуконский, Холмогорский и Пинежский административные районы.

Наиболее загрязненным городом Ямало - Ненецкого Автономного округа является Салехард. Здесь расположен крупнейший в ЯНАО рыбоконсервный завод, два асфальтобетонных завода, крупные строительные предприятия со всей инфраструктурой [25].

В списке город с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы Салехард отмечен по бенз(а)пирену и формальдегиду.

На фоне общей удовлетворительной экологической обстановки в городе Анадырь выделяются локальные очаги нарушения земель и загрязнению вод, связанные с добычей полезных ископаемых, а также ареалы пастбищных дигрессий и обезлесение [22].

Основной вклад в загрязнение вносят предприятия ЖКХ, электроэнергетика, а также отсутствие очистных сооружений. В последние годы возросло уровень загрязнения почв медью - на 140%, марганцем - на 50%, хромом - на 20%

Помимо Российской Федерации, в Арктической зоне располагаются также страны Скандинавии (Швеция, Норвегия и Финляндия), Канада, Дания, Исландия и штат Аляска Соединенных Штатов Америки.

Также как и Российская Федерация Канада реализует свои экономические программы по разведке и добычи полезных ископаемых на Севере своей страны. В последние годы большинство площадей земли остаются нарушенными из-за горнодобывающей промышленности, добычи нефти и газа, а также правительственных военных действий. Несоответствие правилам природоохранительного законодательства привело к тому, что на этих территориях содержались вещества, не выявленные на тот момент, такие как ПХД, углеводороды, свинец и ртуть [34].

Ответственность за большинство федеральных земель на Севере принадлежит Министерству по Делах Индейцев и Развитию Севера Канады (МДИРС). При разработке документации по решению экологических задач, правительство столкнулось с проблемами, связанными с удаленностью территорий и отсутствия инфраструктуры; бывшие военные объекты и шахты занимали огромные заброшенные территории, что создавало сложность в их рекультивации; изменение климата и недостаточность трудовых ресурсов.

В настоящее время реализуются программы по мелиорации заброшенных шахт на Севере. Заброшенные шахты и рудники представляют

риски для окружающей среды, угрозу для здоровья и безопасности человека и обслуживаются посредством текущих мероприятий по техническому обслуживанию на объектах. В следующие 15 лет программа должна восстановить крупнейшие и самые сложные загрязненные участки на Севере.

Единственным штатом США, находящимся в пределах Арктической зоны, является Аляска. Особый экологический интерес представляет северный склон Аляски, где наблюдается самая плотная концентрация птиц в Арктике. Одним из непрекращающихся политических споров страны является бурение в данном регионе, так как он входит в Национальный нефтяной резерв страны, который является частью Арктического национального заповедника дикой природы. Исследования показали ряд воздействий, которые бурение оказывает на окружающую среду Северного склона.

К ним относятся:

- Разрушение популяции северного оленя, которые также используются инуитами для добычи пропитания.
- Влияет на белых медведей, заставляя их бросать своих детенышей до того, как они станут достаточно взрослыми, чтобы выжить. Белые медведи являются видами, находящимися под угрозой исчезновения в соответствии с Законом об исчезающих видах, поэтому при проведении экологических оценок тщательно рассматриваются нарушения в их популяциях [38].
- Разливы нефти, которые наносят ущерб местным экосистемам, включая загрязнение почвы и водных объектов.
- Загрязнение из «старых скважин», которые были построены и заброшены без надлежащего закрытия. Неактивные скважины могут загрязнять грунтовые воды, почву и поверхностные воды.

Одним из крупнейших разливов нефти в Арктике является разлив на месторождении Прадхо - бей в размере 267 тыс. галлонов (свыше 1 млн. литров). Вследствие коррозии нефтепровода в нем образовалась течь с дальнейшим разливом и загрязнением около гектара тундры. Инцидент произошел в марте 2006 года во время зимы, что снизило предполагаемый

ущерб от негативного эффекта. Для безопасности миграционных путей северного оленя в 1970 - ые годы было решено провести нефтепровод под землей, что повлияло на оценку состояния труб. Эксперты выразили опасения, что подобная ситуация может повториться из-за изношенности инфраструктуры по транспортировке нефти. До этого случая самым значительным разливом в континентальной части Аляски был произошедший на Северном склоне в 1989 г. разлив объемом в 147 тыс. литров. Еще один разлив произошел в 2010 году в объеме 5 тыс. баррелей нефти главным образом из-за отключения электроэнергии вследствие чего хранилище переполнилось нефтью [36].

Серьезного урона окружающей среде удалось избежать, так как резервуар-хранилище, который оказался переполненным, окружен со всех сторон так называемой зоной защиты от вторичного загрязнения, которая помогла избежать проникновения нефти в почву. Очередной разлив произошел в 2014 году, точное количество разлившейся нефти уточнено не было.

Несмотря на относительно небольшую площадь Скандинавского региона, он также, как и остальные части света, не обделен экологическими проблемами и сложностями в их решении. Успехи стран в экологической сфере обусловлены главным образом жесткой экологической политике страны.

Норвегия является государством, с развитой экономикой, которую составляют такие отрасли, как энергетика, металлургическая, химическая, рыбообрабатывающая и бумажная промышленность, судостроение и машиностроение, добыча нефти и газа. Наибольшую нагрузку для окружающей среды представляют химическая, металлургическая и нефтяная промышленности, однако именно металлургия наносит наибольший вред [11].

Одной из наиболее сложных экологических проблем является трансграничный перенос с территории Российской Федерации загрязняющих веществ. Такому переносу способствует большое количество промышленных

предприятий в Мурманской области и многочисленные экологические проблемы региона. Так кислотные дожди, образуемые предприятиями в области и переносимые воздушными потоками, разрушают экосистемы соседних стран, разрушая флору и фауну, влияют на здоровье человека, а также оказывают воздействие на сооружения.

Проблема кислотных дождей коснулась и Швецию. Шведская служба охраны окружающей среды сообщает, что загрязнение воздуха, первоначально производимое в Великобритании и других странах континента, привело к появлению кислотных дождей. Промышленная эксплуатация, производство ископаемого топлива и выхлопные газы выбрасывают в атмосферу газы, содержащие серу и азот [29].

Одной из самых экологически чистых стран считается Финляндия. Финляндия, страна с третьим по величине рейтингом EPI (76,5) в 2022 году, занимает первое место в ряду других стран с высокими показателями по нескольким показателям эффективности, включая морские районы, подкисление почвы, очистку сточных вод, использование твердого топлива в быту, санитарии, питьевую воду, тяжелые металлы и выбросы "чёрного углерода". Около 35% электроэнергии Финляндии вырабатывается за счет возобновляемых источников энергии, а сохранение лесов и дикой природы является первоочередной задачей [23].

Дания является относительно благополучной страной благодаря своей экологической политике. Большое влияние на экологическую составляющую страны вносят автомобильный транспорт, действия ТЭС, а также сельское хозяйство. Наибольший ущерб вносит ТЭС, выбрасывая в воздушный бассейн диоксиды серы и углерода, оксиды азота, шлаков золы и твердых частиц. Помимо воздушного бассейна наблюдается загрязнение водных экосистем кислотными дождями, а также захоронения отходов и использование удобрений в сельском хозяйстве [35]. Почвенные проблемы данной страны связаны с интенсивным сельским хозяйством, что приводит к уплотнению, эрозии, засолению и загрязнению агрохимикатами, а также к снижению

биоразнообразия и дегумификации. Из-за интенсивного землепользования существует риск потери питательных веществ, уплотнения почвы, а также загрязнения водоемов сельскохозяйственными стоками и пестицидами.

1.3. Формирование городских почв.

Одной из проблем на сегодняшний день выступает увеличение количества населения в городах, что оказывает негативное влияние на окружающую среду. Влиянию подвергаются как территории за пределами городской черты, так и экосистемы внутри городов. В результате образуются антропогенные почвы или как их еще называют «урбозёмы». Они формируются на урбанизированных территориях и отличаются от природных аналогов своим морфологическим профилем и физико-механическими характеристиками.

Термин «антропогенные почвы» или «урбозём» это искусственно сформированные почвы или почвы, измененные антропогенной или иной деятельностью. В более широком понимании урбозёмы включают в себя все те почвы, расположенные в пределах городской черты и в том или ином образе подверженные прямому или косвенному воздействию человеческой деятельности. В процессе воздействия почвенный профиль подвергается биохимическим, физическим, ландшафтным изменением с полной или частичной потерей плодородных свойств.

Урбозёмы играют одну из главных ролей в формировании городской экосистемы и выполняют разнообразные экологические функции. Основными экологическими функциями являются: способность поглощать в своей толще загрязняющие вещества, удерживать их от проникновения в почвенно - грунтовые воды и препятствовать поступлению частицам пыли в воздушный бассейн города [10].

Мусорные свалки, промышленные предприятия, ТЭЦ, автомобильный и иной транспорт является источником диоксида серы и углерода, углекислого

газа, органических соединений, радиоактивных веществ. Результатом концентрации таких веществ служит загрязнение воздушного и водного бассейнов, деградация растительности и подкисление или ощелачивание почв [15].

Факторы формирования урбоземов:

1. Расширение городской инфраструктуры вследствие роста численности населения.

С ростом численности населения мира растет и площадь занимаемых территорий городов под застройку зданий и сооружений, автотранспортных и железнодорожных узлов, парков и скверов, что ведет к уничтожению и вырубке лесов, загрязнению водной и воздушной среды, почвенных покровов.

2. Сельское хозяйство

Интенсивное использование сельскохозяйственных земель, особенно в аграрных странах (Чад, Эфиопия, Лаос), приводит к деградации и истощению почв, применяемые удобрения и пестициды при поливе или опрыскивании просачиваются сквозь почвенную толщу, ведя к накоплению загрязняющих веществ, а в более широком масштабе попадают в грунтовые воды ведут к загрязнению естественных экосистем морей и океанов.

3. Развитие промышленного производства

Развитие промышленных предприятий связано с ростом численности населения, а также развитие экономических, социальных и иных факторов. Сбросы отходов, выбросы в атмосферу негативно сказываются на окружающей среде.

4. Образование незаконных свалок и полигонов

Бессознательное складирование твердых коммунальных отходов влечет за собой его разложение с последующим высвобождением тяжелых металлов (ртуть, свинец, кадмий), токсичных химикатов (кислоты, растворители, пестициды), радиоактивных элементов в почву. Опасность представляют источники питания и накопления энергии (батарейки, аккумуляторы), медицинские приборы (ртутные градусники), техника (электроприборы),

бытовая химия (порошки, очистители) и строительные материалы (краски, лампы, лаки). Снижение плодородия, ухудшение качества почвы и миграция в другие экосистемы — это неполный список негативных последствий как на почвенный покров, так и на другие экосистемы.

5. Вытаптывание

Неосознанное протаптывания почвенных покровов в местах, не положенных для передвижения, ведет к ее уплотнению, снижению водопроницаемости и воздухопроницаемости, повреждению произрастающих растений.

6. Естественные источники

Естественные повреждения почвы являются ветровая и водная эрозия, в том числе повреждение селевыми потоками от обильных осадков, подтоплением территорий от дождевых паводков, карстовые провалы, заболачивание территорий.

Таким образом, антропогенное влияние на педосферу становится все более ощутимым. Хронические выбросы от теплоэлектростанций, массовое использование автотранспорта, сбросы промышленных и коммунальных отходов, а также техногенные катастрофы оказывают значительное давление на почвенные экосистемы городов. В ответ на эти проблемы возникает потребность в регулярном мониторинге и регулировании, осуществляемом государственными структурами.

Глава 2. Краткая физико – географическая характеристика и основные функциональные зоны города Норильск.

2.1. Физико-географическая характеристика

Климат. Резко континентальный, многолетняя мерзлота на территории достигает мощности до 1000 м, только под руслами наиболее крупных рек присутствуют участки незамерзания пород. В летнее время образуется сезонно - талый слой мощностью до 2 м. Зима суровая, длительностью до девяти месяцев. Средняя температура самого холодного месяца января составляют минус 28 С, а самого тёплого месяца июля плюс 12°С. Колебания температуры от -58° в январе до +35°С в июле. Осадков в течение года выпадает до 600 мм, из них на лето и осень приходится до 200 мм. Первый снег выпадает в середине августа, а устойчивый снеговой покров устанавливается в сентябре - октябре. В зимнее время преобладают восточные ветры (до 40 м/с), а летом обычно северные и северо - западные [27].

Коренное население района (долганы, нганасане, эвенки), ненцы занимается оленеводством, охотой, рыболовством. Административный центр района и крупный речной и морской порт г. Дудинка на Енисее. Промышленным центром являются Единое муниципальное образование: город Норильск с районами Талнах, Кайеркан, Оганер и Снежногорск с развитой горнодобывающей и металлургической промышленностью [11].

Растительный покров. Растительность района принадлежит к зонам лесотундры, горной тундры и тундры. Для лесотундры характерны лиственничные леса с подлеском из кустарника карликовой ольхи и берёзы. На равнинах севернее г. Дудинка развита тундра, где произрастают карликовые берёза, ольха, ива и повсеместно развиты покровы из моха и лишайника [18].

Основной лесобразующей породой является лиственница сибирская (*La-rix sibirica* Ledeb.). В горах наблюдаются пояс светлохвойных лесов и

редколесий с подпоясами еловолиственничных лесов и лиственничных редколесий, кустарниковый пояс с подпоясами ольховниково-кустарниковым и ерничково-кустарниковым, гольцово-тундровый пояс с подпоясами мохово-лишайниковых тундр и горно-каменистых пустынь. На северной границе района исследований верхний предел древесной растительности находится на уровне 200-400 м над уровнем моря, в 200 км южнее граница леса поднимается до 500-700 м. Преобладают монодоминантные редкостойные лиственничники. Распространены также смешанные березово-елово-лиственничные леса и редколесья с участием ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). Выделяются горные и равнинные ландшафты.

Особенностью редкостойной светлохвойной тайги является также наличие густого подлеска и почти полное отсутствие подроста главной породы. Естественное возобновление представлено в основном порослевой березой и елью. В подлеске высотой 0,5-1,5 м повсеместно преобладают ерник (*Betula nana* L.) и кустарниковые ивы (*Salix lanata* L., *S. phylicifolia* L., *S. glauca* L. и др.), реже встречаются душекия кустарниковая (*Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar), можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica* Burgsd.) и шиповник (*Rosa acicularis* Lindley). Распространены мохово-кустарниковые и кустарничковые типы леса. В зоне гибели и сильного поражения насаждений в напочвенном покрове доминирует вейник [11, 40].

Гидрография района. Гидрографическая сеть района относится к бассейнам рек Енисей, Пясинати характеризуется большой разветвлённостью. Главная водная артерия территории Енисей полноводная широкая река, достигающая 6 км в ширину и 35 м глубины у г. Дудинка. Скорость течения р. Енисей составляет до 1,0 км/ч. Наиболее протяжённые притоки, впадающие в Енисей – Малая Хета, Большая Хета, Дудинка, Фокина, Хантайка. К системе оз. Пясино – р. Пясины принадлежат реки Рыбная, Норильская, Таловая, Черная, Дудыпта, Агапа, Яким и др. Горные реки имеют невыработанный ступенчатый продольный профиль, характеризуются сильным течением,

изобилуют порогами и водопадами. Продольный профиль равнинных рек относительно выработан, скорость течения не превышает 1 м/с. Большую часть года (с сентября по май) они покрыты льдом, а более мелкие промерзают полностью. Весеннее половодье довольно длительное и приходится на июнь, в июле – августе уровень воды в реках обычно резко понижается. Енисей полностью судоходен, а р. Пясина пригодна для хода катеров и плоскодонных барж [19].

Единственным сообщением севера Красноярского края с другими регионами страны является Международный Аэропорт Норильск им. Николая Урванцева (Алыкель).

Существует изолированная Норильская железная дорога — важнейший транспортный узел между Норильским промышленным районом и Дудинкой, используемый для транспортировки груза металлургического комбината. На его приходится до 80% нагрузки [32].

Газопроводный транспорт используется для снабжения Норильского горнопромышленного района газом с месторождений левобережья Енисея.

2.2 Основные функциональные зоны города Норильск

Зонирование Норильска определяется его географическим положением в Арктической зоне с суровым климатом, расположением на многолетнемерзлых грунтах и статусом закрытого города. Эти факторы влияют на застройку: она должна быть адаптирована к вечной мерзлоте и учитывать климатические особенности.

В городе Норильск (Норильский промышленный район) есть несколько функциональных зон, которые выполняют разные функции. Выделяются: жилая, промышленная, общественно-деловая, транспортная, рекреационная, специальная зоны, в том числе зона обороны и безопасности, а также зона акватории. Главным образом они связаны с деятельностью Заполярного филиала ПАО «Горно-металлургическая

компания «Норильский никель»» (ранее «Норильский горно-металлургический комбинат») [22].

Предназначение вышеперечисленных зон города представлено в таблице 1.

Таблица 1. Структура функциональных зон города Норильск

Зоны	Типы
Жилые	Застройки многоэтажными многоквартирными жилыми домами и объектами индивидуального жилищного строительства
Производственные	Производственные территории, коммунально-складские объекты, а также инженерная инфраструктура. Объекты III и IV – V классов опасности
Общественно-деловые	Объекты делового, общественного и коммерческого назначения, территории обслуживания и деловой активности местного значения, объектов здравоохранения, высших и средних специальных учебных заведений. Объекты социального обеспечения и защиты, а также физкультуры и спорта
Рекреационного назначения	Территории зеленых насаждений общего пользования
Специального назначения	Кладбища, снегосвалки, зеленые насаждения специального назначения
Транспортные зоны	Зоны объектов транспортной инфраструктуры с размещающимися автомобильными дорогами, улицами, мостами, путепроводами,

Зоны	Типы
	парковками, автостоянками и объектами общественного транспорта
Военных и режимных объектов	Территории военных и режимных объектов
Акваторий	Акватории города

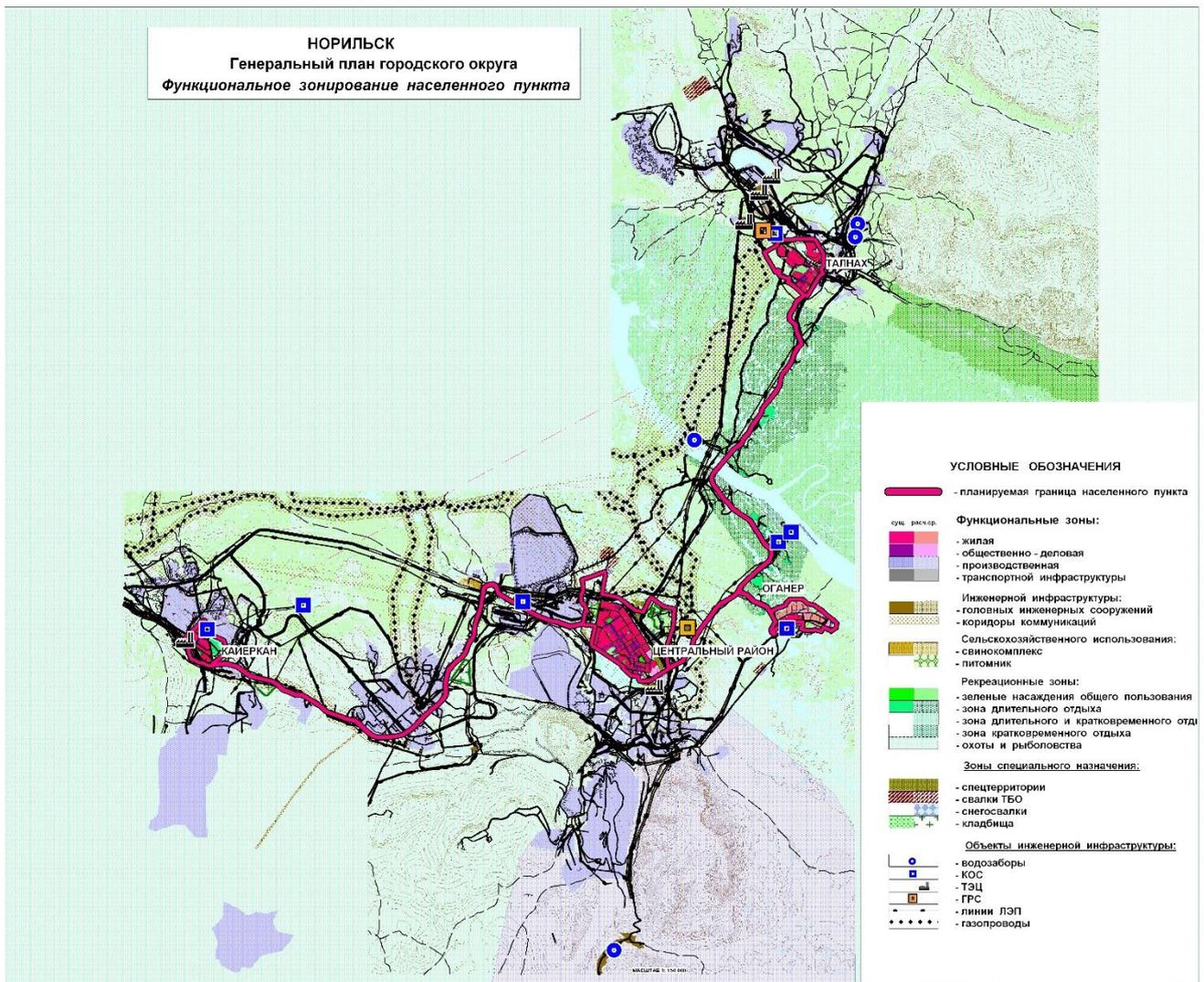


Рисунок 1 – Градостроительное зонирование города Норильск [22].

Глава 5. Рекомендации по снижению техногенной нагрузки

Наименьшая нагрузка на городскую структуру города возможна в случае минимизации антропогенной деятельности, в частности, деятельности предприятий ЗФ ПАО ГМК «Норильский никель».

Для уменьшения негативного воздействия на воздушный бассейн вокруг города при функционировании существующих и разрабатываемых предприятий рекомендуется:

1. Соблюдение природоохранного законодательства;
2. Преобразование парка техники с силовыми установками, обеспечивающими минимальные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух (СО, углеводороды, NO и т. д.);

Существенная доля свинца, цинка и меди поступает в почву посредством абразивного износа шин и тормозных колодок. Оптимальным решением является этапный переход муниципального пассажирского автопарка на электротягу, а до полного внедрения — программа поэтапной замены традиционных медесодержащих тормозных компаундов на низко-Si аналоги. Вдоль наиболее загруженных магистралей необходимо создание непрерывных буферных зелёных полос шириной не менее двадцати метров из быстрорастущих фитостабилизаторов, которые снижают пылевой поток и аккумулируют свинец в надземной фитомассе, не допуская его дальнейшей миграции.

3. Организовать в составе ремонтных служб проверку и контроль за неисправными двигателями и обследованием на допустимую степень выбросов загрязняющих веществ.

Также рекомендуется вести мониторинг состояния почв:

- визуальный осмотр и оценка загрязненности участков города;
- выявление и обследование возможных источников загрязнения;
- апробирование почв на паразитическую, микробиологическую и геоэкологическую пригодность;
- контроль развития процессов физической деградации или полного разрушения почвенных покровов в черте города;

- контроль качества земляных работ при строительстве новых объектов и/или реконструкции старых;

- мониторинг качества рекультивационных мероприятий после земляных работ;

- мониторинг развития эрозионных процессов.

Необходимо нормативно закрепить обязательное использование закрытых конвейерных линий и пылегазоочистных установок при перегрузке инертных материалов, а также предусмотреть водяное орошение грунта в сухую и ветреную погоду. Дополнительным барьером послужат временные зелёные «экраны» из многолетней злаковой растительности, высаживаемые по внешнему периметру котлованов.

Создание и/или реконструкция сооружений должна выполняться в соответствии с нормативными нормами, в частности, СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий», МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест», ГОСТ Р 70281-2022 «Охрана окружающей среды. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения», ГОСТ 1 7.4.3.03-85 «Почвы. Общие требования методам определения загрязняющих веществ».

Одной из наиболее эффективных управленческих инструментов выступит создание городской сети почвенно-геохимических постов, сконцентрированных в районах наибольшей нагрузки. В качестве минимального набора оборудования необходимо предусмотреть автоматические станции атомно-абсорбционного анализа с возможностью определения валовых и подвижных форм Pb, Cd и валентно-специфического хрома. Интервал отбора проб целесообразно установить кварталным;

периодичность пересмотра точек отбора — раз в три года. Систему следует интегрировать в действующую платформу экологического мониторинга Комитета по природопользованию, обеспечив открытый доступ к оперативным данным для научного сообщества и общественности.

Образование и хранение ТКО осложняется экстремально низкими температурами и продолжительным зимним периодам. Согласно СанПиН 2.1.3684-21 при содержании городских поселений в районах Крайнего Севера допускает содержание отходов на контейнерных площадках более 3 — х суток. Согласно ФЗ от 26.12.2024 № 497-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" и Федеральный закон "Об охране окружающей среды" в 2025 году правила обращения с ТКО ослабили - для районов Крайнего Севера разрешили оставлять отходы I и II класса опасности на 2 года. В условиях продолжительного периода активной циклонической деятельности (в течении практически всего года) одной из проблем хранения ТКО выступает сильный ветер (до 35 м/с), образуя «дикие» свалки, состоящие из легких фракций, таких как стекло, металл, пластмасса и макулатура в территориальных границах города.

Металлургический комбинат должен перейти на рукавные фильтры типа «Пульс-Джет» с улавливанием частиц размером до 0,5 мкм. Регламентация использования территорий. Участки, где содержание свинца превышает 50 мг/кг, не допустимо отводить под дошкольные учреждения и детские площадки без предварительной рекультивации.

Предпочтительным способом реабилитации является фиторемедиация — создание почвенно-растительного слоя с внесением органоминеральных сорбентов (20 т/га торфогумата) и посадкой видов-аккумуляторов Pb (*Atriplex halimus*, *Brassica juncea*). Срок агротехнического цикла — 3–4 года с последующим удалением фитомассы как опасного отхода IV класса

Заключение

На основе обобщения и анализа современных сведений и данных применительно к цели и задачам магистерской диссертации формулируются следующие основные выводы.

1. Изучены основные антропогенные источники, представляющие собой ключевые факторы, генерирующие широкий спектр загрязняющих веществ в городских условиях Российской Федерации и различных стран мира. В число основных загрязнителей входят диоксид серы и углерода, углекислый газ, разнообразные органические соединения, радиоактивные компоненты и тяжелые металлы. Эти вещества, аккумулируясь в окружающей среде, оказывают комплексное негативное воздействие на экосистемы, приводя к загрязнению атмосферного и водного бассейнов, деградации растительного покрова, а также к изменению химического состава почв.

2. Проведено исследование экологического состояния города Норильска. Установлено, что растительность в этом регионе адаптируется к сложным условиям окружающей среды и способна выживать в условиях вечной мерзлоты, высокой влажности и заболоченности. Деятельность компании «Норильский никель» оказывает влияние на растительный мир Норильска. Выбросы от шахт и плавильных заводов приводят к явлению, известному как «арктическое затемнение». Частицы в атмосфере поглощают или рассеивают солнечный свет, из-за чего в окрестностях Норильска не появляются новые деревья, а старые погибают из-за недостатка солнечного освещения. В лесах Норильска стали обычным явлением так называемые «лысые» деревья, хвоя которых была повреждена кислотными дождями.

3. Исследованы урбоземы города Норильска. Установлено, что почвы в городе представлены органолистратами. Озеленение городских газонов происходит за счет отбора почвогрунтов из тундры с дальнейшей предпосевной обработкой. Обновление городских газонов «свежей» тундровой почвой происходит раз в несколько лет, последний раз происходило в 2024 году. По гранулометрическому составу верхний гумусовый горизонт характеризуется как легкий (от песчаного до

супесчаного), слабокислый и близкий к нейтральному по реакции среды, а также содержит низкое количество общего углерода.

4. Изучены валовые и водорастворимые формы тяжелых металлов в верхних гумусовых слоях органолистратов. Единственным тяжелым металлом, не превышающим значения предельно допустимой концентрации, оказался марганец. Остальные металлы превышают значения ПДК.

5. Наибольшие значения никеля и кобальта регистрируются на улице Михайличенко, медь на ул. Комсомольская, цинка – Хлебозавод и кадмий в Комсомольском парке. Низкие значения меди, кадмия и цинка на ул. Комсомольская, никеля и кобальта у Драмтеатра. Точки, расположенные в центре города - стадион «Заполярьник», Музей, озеро «Городское», ТРК «Арена – Норильск» и ул. Павлова имеют средние показатели тяжелых металлов. Такое распределение химических веществ объясняется близостью к черте города производственных предприятий: Медный и Надеждинский металлургический заводы, Механический завод, рудник «Медвежий ручей» (ведется добыча открытым способом), Норильская обогатительная фабрика, ТЭЦ-1, с другой стороны горным рельефом местности и розой ветров (так, гора Шмидта, у подножия которой расположен город, закрывает часть города от химических элементов).

5. Результаты исследования показали, что в почвах города Норильск выявлено наличие тяжелых металлов, характеризующееся опасной и условно опасной степенью загрязнения. Это указывает на значительный экологический риск, связанный с накоплением токсичных элементов, что требует проведения детального мониторинга и разработки комплексных мер по снижению негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

6. Предложены практические рекомендации по снижению техногенной нагрузки на почвы города.

Список литературы

1. Антропогенная трансформация свойств почв ландшафтов Таймыра / А. И. Сысо, Д. А. Соколов, Т. И. Сиромля [и др.] // Почвоведение. 2022. № 15. С. 521-537.
2. Арыштаев А.А. Проблемы выбросов в атмосферу загрязняющих веществ в городе Норильске и пути их решения // Форум молодых ученых. 2017. №6 (10). С. 79-83.
3. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие. Под редакцией академика РАН Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
4. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб (с Поправкой)
5. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа (с Поправкой)
6. ГОСТ Р 70281-2022. Национальный стандарт Российской Федерации. Охрана окружающей среды. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения
7. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей природной среды Мурманской области в 2018 году». Мурманск: Минприроды, 2019. 185 с. Официальный сайт - URL: https://gov-murman.ru/upload/iblock/4a3/Doklad_za-2018-god_28-05-2019_ITOG.pdf?ysclid=lvtq05d8gj387878289 (дата обращения 17.04.2024)
8. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2024 году» — Красноярск, 2025.
9. ГН 2.1.7.2511-09 — гигиенические нормативы «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве».

10. Зеликов, Д.В. Некоторые материалы к характеристике почв лесопарков, скверов и улиц Москвы // Известия ВУЗов, - лесной ж-л. 1964. №3. С. 10-15.
11. Зиганшин Р.А, Воронин В.И., Карбаино Ю.М. Мониторинг лесных экосистем Таймыр. Научная работа // Вестник КрасГАУ. 2011. № 8. С. 117–123.
12. Корнейкова М.В., Салтан Н.В., Козлова Е.В., Васильева М.Н., Давыдова П.Д., Бережной Е.Д. Микробные сообщества городских почв Норильской агломерации // Вестник РУДН. Серия: Агротомия и животноводство. 2024. №3. С. 431-446.
13. Крамаренко В.В. Практикум по мерзлотоведению: учебное пособие / Т.Я. Емельянова, В.В. Крамаренко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 120 с.
14. Красулина О.Ю. Арктическая зона Российской Федерации: особенности природно-экономических и демографических ресурсов // РЭиУ. 2016. №4 (48). С. 51-58.
15. Липатова К.Ю. Обзор фондов «К 60-летию Норильска» // Обзоры фондов, перечень документов. Сайт Архивов Красноярского края. URL: <http://красноярские-архивы.рф/до8^ag81уеппу1-агкб/nauchnospravochnyuipparat/obzory-fondov> (дата обращения: 05.11.2024).
16. Лукин, Ю. Ф. Российская Арктика или Арктическая зона / Ю. Ф. Лукин // Арктика и Север. – 2016. – № 23. – С. 171-185.
17. Материалы курса «Почвоведение и экология почв», Витковская С.Е., Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности / Санкт - Петербург, 2021.
18. Методы оценки и прогноза агрофизического состояния почв: учебное пособие / Е.В. Шеин, С. И. Зинченко, М. В. Банников [и др.]. – Владимир: ГНУ Владимирский НИИСХ, 2009. 106 с.
19. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания. 28 с.

20. Наумов, В.Д. География почв. Почвы России. Часть 1: учебник / В.Д. Наумов; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. 255 с.
21. Неверова А.Л. Проблема сохранения северных территорий Канады (на примере Northern contaminated sites program) / АГУ – Благовещенск. 11 с.
22. Об утверждении правил землепользования и застройки Муниципального образования город Норильск от 10 ноября 2009 г. N 22-533
23. Обзор результатов EPI: официальный сайт - США. - URL: <https://epi.yale.edu/epi-results/2022/component/epi> (дата обращения 05.05.2024)
24. Олейник Н.М. Вызовы и направления устойчивого развития Арктической зоны Российской Федерации // Вестник СИБИТа. 2024. №3. С. 108 – 113.
25. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 256 с.
26. Оценка и нормирование экологического состояния почв Норильского промышленного района: диссертация кандидата биологических наук: 03.00.27 / Кудряшов Сергей Владимирович; [Место защиты: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Фак. почвоведения]. - Москва, 2010. - 155 с.
27. Падерин П.Г., Деменюк А.Ф., Назаров Д.В., Чеканов В.И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Норильская. Лист R-45 — Норильск. Объяснительная записка. — СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2016. 366 с.
28. Поспелова Е. Б., Поспелов И. Н. Перспективная схема особо охраняемых природных территорий Таймыра // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Ч. 2. Апатиты, 2012. С. 26-34.

29. Репина А.А. Региональные аспекты глобальной экологической безопасности на примере Швеции, Норвегии и Исландии: дисс. ... д-ра международные отношения: 41.03.05 / СПбГУ. Санкт - Петербург, 2020. 53 с.
30. Рудский В.В. Экология и природопользование Российской Арктики: состояние, проблемы, перспективы // Северный регион: наука, образование, культура. 2015. Т. 2, № 32. С. 187-198.
31. Седова Н.Б., Кочемасова Е.Ю. Экологические проблемы Арктики и их социально-экономические последствия // ЭКО. 2017. №5 (515). С. 160-171.
32. Скачков, М.С. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых Норильского промышленного района [Текст]: Справочное пособие / Норильский индустр. ин-т. – Норильск, 2005. 77с.
33. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2022 год / отв. ред. О.В. Перхурова; ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды». [Текст электронный] Архангельск: САФУ, 2023. 529 с.
34. Трегубов, О. Д. Оценка загрязнения почвогрунтов Анадыря по геохимическим данным: (1994-2014) / Почвоведение (К Международному году почв).
35. Цека Д.И. Природные особенности и экологические проблемы Дании: автореф. дисс. ... д-ра географии: 05.03.02 / СГУ. - Саратов, 2019 - 9.
36. Ченских Н.А. Фактор экологической безопасности в хозяйственной деятельности США и России в Арктике - статья / дисс. ... д-ра Американских исследований / СПбГУ - Санкт - Петербург, 2015. 5 с.
37. Юркевич Н.В., Ельцов И.Н., Гуреев В.Н., Мазов Н.А., Юркевич Н.В., Еделев А.В. Техногенное воздействие на окружающую среду в российской арктике на примере Норильского промышленного района // Известия ТПУ. 2021. №12. С. 230 – 249
38. Durner, George M.; Simac, Kristin; Amstrup, Steven C. (2013). "Mapping Polar Bear Maternal Denning Habitat in the National Petroleum Reserve — Alaska with an IfSAR Digital Terrain Model". Arctic. 66 (2): 197–206.

39. Froese D.G., Westgate J.A., Reyes A.V., Enkin R.J., and Preece, S.J.: Ancient permafrost and a future warmer Arctic, *Science*, 321, p. 1648.
40. Strauss J., Schirrmeister L., Grosse G., Fortier D., Hugelius G., Knoblauch C., Romanovsky V., Schädel C., Schneider von Deimling T., Schuur E. A. G. Shmelev D., Ulrich M., and Veremeeva A. Deep Yedoma permafrost: A synthesis of depositional characteristics and carbon vulnerability, *Earth-Sci. Rev.*, 172: 75–86.
41. World Meteorological Organization. State of the Global Climate; WMO: Geneva, Switzerland, 2023; Volume 1316. P. 55 - 59.
42. Zhang T. Influence of the seasonal snow cover on the ground thermal regime: an overview, *Rev. Geophys.*, 2005. 43, RG4002, <https://doi.org/10.1029/2004RG000157>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица – Результаты лабораторных исследований содержания валовой формы тяжелых металлов в пробах почвы.

№ п/п	№ пробы	Расшифровка варианта	Тяжелые металлы					
			валовая форма,					
			мг/кг					
			Медь	Никель	Кобальт	Марганец	Кадмий	Цинк
1	1	Хлебозавод	699,1	1221,64	491,2	889,7	20,8	215,67
	2	Хлебозавод	718,23	1233,42	443,6	917,97	14,6	194,41
	3	Хлебозавод	714,1	1210,02	452,5	919,3	14,3	204,13
2	1	Стадион Заполярник	542,1	1010,31	391,3	730,5	31,4	186,12
	2	Стадион Заполярник	620,5	1030,21	358,5	723,7	16,71	195,45
	3	Стадион Заполярник	609,4	1029,11	341,4	716,6	15	163,12
3	1	Музей	345,79	990,66	284,09	529,73	28,6	106,34
	2	Музей	327,57	972,35	263,69	622,81	23,5	104,15
	3	Музей	333,18	1000,07	259,89	620,93	17,4	102,87
4	1	Комсомольский парк	336,46	872,55	387,69	525,53	18,62	93,44
	2	Комсомольский парк	416,59	791,33	340,09	514,4	32,46	102,13
	3	Комсомольский парк	312,49	843,01	348,99	515,15	47,05	91,65
5	1	Ул. Комсомольская	240,06	635,22	287,79	325,99	9,04	83,85

№ п/п	№ пробы	Расшифровка варианта	Тяжелые металлы					
			валовая форма,					
			мг/кг					
			Медь	Никель	Кобальт	Марганец	Кадмий	Цинк
	2	Ул. Комсомольская	218,33	660,12	254,99	321,13	9,63	83,22
	3	Ул. Комсомольская	207,36	702,09	237,89	312,53	8,96	91,87
6	1	Озеро Городское	651,96	854,7	385,85	432,02	26,69	115,11
	2	Озеро Городское	532,74	821,37	365,45	424,26	21,23	112,08
	3	Озеро Городское	637,35	800,08	361,65	423,22	15,22	110,72
7	1	ТРК Арена- Норильск	743,58	915,6	389,45	447,62	19,71	124,56
	2	ТРК Арена- Норильск	819,73	899,37	441,85	416,19	13,53	103,27
	3	ТРК Арена- Норильск	818,73	927,02	450,75	477,23	13,18	102,89
8	1	Ул. Михайличенко	885,4	1310,75	587,6	1034,3	30,22	114,99
	2	Ул. Михайличенко	830,2	1356,39	597,2	1025,7	15,67	124,34
	3	Ул. Михайличенко	835,5	1300,09	563,4	995,5	13,98	122,5
9	1	Ул. Ленинградская	944,23	1020,27	489,55	628,25	27,65	135,73
	2	Ул. Ленинградская	922,22	1061,16	456,75	622,42	22,37	123,12
	3	Ул. Ленинградская	913,53	1087,1	439,65	614,57	16,31	131,8
10	1	Драмтеатр	425,53	552,45	122,08	402,08	11,65	81,59
	2	Драмтеатр	414,4	493,23	150,72	390,72	13,85	91,4
	3	Драмтеатр	415,15	562,01	124,56	314,56	13,22	90,81
11	1	Ул. Павлова	513,98	610,74	283,27	523,27	21,87	94,19
	2	Ул. Павлова	527,65	673,34	272,89	392,89	15,11	102,8
	3	Ул. Павлова	522,37	631,83	274,99	494,99	12,08	100,74

Таблица – Результаты лабораторных исследований содержания подвижной формы тяжелых металлов в пробах почвы.

№ п/п	№ пробы	Расшифровка варианта	Тяжелые металлы					
			подвижная форма,					
			мг/кг					
			Медь	Никель	Кобальт	Марганец	Кадмий	Цинк
1	1	Хлебозавод	24,27	30,09	3,80	111,05	0,65	8,62
	2	Хлебозавод	23,5	30,07	3,25	110,65	0,49	9,38
	3	Хлебозавод	22,85	30,06	2,84	109,76	0,69	8,21
2	1	Стадион Заполярик	18,57	21,09	2,08	95,93	0,58	6,74
	2	Стадион Заполярик	18,16	20,05	2,86	90,8	0,61	5,52
	3	Стадион Заполярик	19,09	22,02	2,97	92,63	0,49	5,31
3	1	Музей	13,63	5,08	4,25	80,91	0,84	2,75
	2	Музей	12,28	6,04	3,36	80,66	0,59	3,38
	3	Музей	13,18	7,02	4,05	80,73	0,61	4,2
4	1	Комсомольский парк	13,36	8,08	2,88	100,97	0,4	1,57
	2	Комсомольский парк	12,68	8,05	2,34	100,59	0,4	2,29
	3	Комсомольский парк	14,04	8,15	1,87	100,68	0,3	2,12
5	1	Ул. Комсомольская	12,89	4,38	1,10	70,85	0,89	1,65
	2	Ул. Комсомольская	11,85	4,23	0,93	81,72	0,52	1,43

№ п/п	№ пробы	Расшифровка варианта	Тяжелые металлы					
			подвижная форма,					
			мг/кг					
			Медь	Никель	Кобальт	Марганец	Кадмий	Цинк
	3	Ул. Комсомольская	10,38	4,01	0,95	84,55	0,5	2,22
6	1	Озеро Городское	13,05	10,07	1,13	70,83	0,75	3,66
	2	Озеро Городское	11,37	11,02	1,24	70,58	0,5	4,29
	3	Озеро Городское	10,75	11,61	1,43	67,65	0,22	5,11
7	1	ТРК Арена- Норильск	13,82	19,08	3,34	91,01	1,23	6,6
	2	ТРК Арена- Норильск	13,09	19,16	2,80	90,62	0,45	6,34
	3	ТРК Арена- Норильск	12,45	20,25	3,36	100,72	0,35	6,17
8	1	Ул. Михайличенко	13,23	22,09	1,59	100,89	0,94	4,7
	2	Ул. Михайличенко	12,01	21,34	1,40	101,76	0,57	4,48
	3	Ул. Михайличенко	10,74	23,01	1,81	102,59	0,25	4,27
9	1	Ул. Ленинградская	13,34	27,07	1,19	96,87	0,8	5,71
	2	Ул. Ленинградская	22,83	28,43	1,80	95,62	0,55	6,34
	3	Ул. Ленинградская	20,97	28,01	1,74	90,69	0,67	6,16
10	1	Драмтеатр	22,08	14,8	0,92	84,6	0,76	4,13
	2	Драмтеатр	11,86	14,6	0,95	94,3	0,93	4,24
	3	Драмтеатр	10,97	14,3	0,83	81,4	0,8	4,43
11	1	Ул. Павлова	14,25	11,4	0,58	96,71	0,63	6,34
	2	Ул. Павлова	13,36	16,71	0,65	95	0,61	5,8
	3	Ул. Павлова	11,05	14,2	0,51	98,6	0,54	6,36