

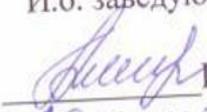
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ
Кафедра социально-экономической географии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ
ЗАИМСТВОВАНИЯ

И.о. заведующей кафедрой

к.г.н., доцент

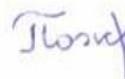

И.Д. Ахмедова
25 июля 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ГЕОСИСТЕМАХ ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

05.04.06 Экология и природопользование
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнил работу
Студент 2 курса
очной формы обучения



Пожитков
Роман
Юрьевич

Научный руководитель
ФИЦ Тюменский научный центр
СО РАН, ИПОС, зав. сектором
геоэкологии, доктор геогр. наук.



Московченко
Дмитрий
Валерьевич

Рецензент
Директор НИИ Экологии и РИПР,
доктор биологических наук.



Соромотин
Андрей
Владимирович

г. Тюмень, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ДЕПОНИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА СНЕГА И ТОРФА.....	7
1.1. Характеристика снежного покрова, как объекта исследования.....	7
1.1.1. Краткая история становления изучения снежного покрова.....	7
1.1.2. Депонирующие и адсорбционные свойства снега.....	8
1.1.3. Характеристика процессов загрязнения снега и снежного покрова.....	9
1.2. Характеристики торфяных отложений, как объекта исследования.....	11
1.2.1 Краткая история становления изучения торфяных отложений.....	11
1.2.2 Адсорбционные свойства торфа.....	13
1.2.3 Описание процесса торфообразования и ботанический анализ торфа.....	14
ГЛАВА 2. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕССЫ СНЕГОНАКОПЛЕНИЯ И ТОРФООБРАЗОВАНИЯ.....	18
2.1 Геологические особенности.....	18
2.2 Рельеф и геоморфологические особенности.....	20
2.3 Климатические особенности.....	21
2.4 Гидрологические особенности.....	24
2.5 Особенности почвенного покрова.....	26
2.6 Особенности растительного покрова.....	27
ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	30
3.1 Отбор образцов и первичная подготовка проб снегового покрова.....	30
3.2 Отбор образцов и первичная подготовка проб торфяных отложений верхового типа.....	31
3.3 Аппаратура для измерений.....	33
3.4 Методы лабораторной обработки проб.....	36
3.4.1 Лабораторная обработка проб снегового покрова.....	36
3.4.2 Лабораторная обработка проб торфяных отложений.....	37
3.4.3 Атомно-абсорбционный анализ кислотных растворов.....	38
3.5 Методы математической обработки данных.....	38
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ МЕТАЛЛОВ В ПУРТАЗОВСКОМ МЕЖДУРЕЧЬЕ.....	40
4.1 Фоновая территория.....	40
4.2 Урбанизированная территория.....	44
4.3 Территория промышленного освоения.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	53

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. На современном этапе технического развития общества и промышленного освоения природных территорий, ранее не тронутые участки и ландшафты Западной Сибири все чаще и чаще подвергаются техногенному воздействию. Процесс этот, увы, неизбежен, поэтому одним из актуальных вопросов является вопрос экологического мониторинга загрязнения различных геосистем для этих местностей. Одной из таких географических оболочек, наиболее подверженных влиянию техногенеза, выступает атмосфера.

Для контроля процесса загрязнения газовой оболочки Земли разработаны множество программ мониторинга. В каждой программе объектом может выступать, как и сама атмосфера и ее компоненты, так и объекты наземных экосистем (растения, почвы, снежный покров) способные накапливать в себе продукты атмосферных выпадений, тем самым, представляя интерес для изучения их химического состава, который отражает экологическое состояние в данном регионе. Именно поэтому хорошим объектом мониторинга загрязнения атмосферы выступает изучение торфяных отложений. Торфяные отложения верхового типа, преобладающими компонентами которых являются сфагновые мхи, способны накапливать выпавшие из атмосферы твердые частицы, поступившие из природных и антропогенных источников. Западная Сибирь один из наиболее заболоченных регионов России, в условиях высокой заболоченности процесс разложения растительных остатков микроорганизмами имеет крайне невысокие значения, итогом таких условий является благоприятная среда для накопления торфа. Процесс этот продолжается год за годом, поэтому характерной особенностью нашего региона следует считать формирование большого количества торфяных залежей, которые отличаются высокими адсорбционными свойствами.

Снежный покров также может выступать объектом мониторинга загрязнения атмосферы, а его лабораторный анализ позволит установить покомпонентный состав атмосферного воздуха, источники и интенсивность выбросов для исследуемой территории. Снег можно по праву считать депонирующей средой, так как все накопленные в нем поллютанты и аэрозоли не подвергаются химическим реакциям, сохраняя первичную форму, в которой они попали в снежный покров. Важность мониторинга снегового покрова состоит еще в том, что снег, как один из видов твердых осадков, принимает участие в круговороте воды, оказывает влияние на жизнь растений и животных. Очевидно, что все накопленное в снежном покрове загрязнение, весной, при таянии попадает в почвы, а затем в подземные воды.

Цель исследования: оценка экологического состояния геосистем Пур-Тазовского междуречья путем изучения химического состава атмосферных выпадений, аккумулированных в торфяных отложениях верхового типа и снеговом покрове

Объект исследования: снеговой покров и торфяные отложения верхового типа Тазовского района ЯНАО.

Предмет исследования: содержание и распределение тяжелых металлов в снеговом покрове и торфяных отложениях верхового типа Тазовского района ЯНАО.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- изучить депонирующие свойства снега и торфа;
- выявить региональные природные особенности процессов снегонакопления и торфообразования;
- определить химический состав снежного покрова и элементный состав торфяных отложений Пур-Тазовского междуречья;
- оценить влияние газодобывающей промышленности на экологическую обстановку, посредством расчета коэффициентов концентрации (Кс) и суммарного показателя загрязнения (Zс).

Методика исследования: в работе использовались универсальные методы, такие как анализ, синтез и обобщение. Из эмпирических методов в работе применялись методы описания и измерения.

Защищаемые положения:

1. Химический состав снежного покрова и торфяных отложений изменятся под влиянием промышленного освоения территорий севера;
2. репрезентативным объектом оценки аэротехногенного загрязнения является торфяной покров.

Научная новизна работы заключается в следующем:

Установлены значения содержания восьми тяжелых металлов (Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Pb) в пробах снегового покрова и торфяных отложений верхового типа с территории Пур-Тазовского междуречья.

Выявлено повышение значений содержания тяжелых металлов с урбанизированной территории и территории промышленного освоения по сравнению с фоновой.

Определено, что торфяной покров является более достоверным объектом экологического мониторинга атмосферного загрязнения воздуха.

Практическая значимость. Результаты исследований могут быть использованы государственными природоохранными органами и научно-производственными

предприятиями в работах по оценке состояния атмосферного воздуха на территории Пур-Тазовского междуречья.

Личный вклад автора заключается в отборе образцов объектов исследования в ходе экспедиционных выездов, первичной подготовке проб и проведении лабораторных исследований, обработке полученных результатов, обобщении и теоритическом осмыслении итогов работы.

Достоверность защищаемых положений определяется количеством используемого фактического материала, изученного высококачественными современными аттестованными аналитическими методами в лаборатории ЦПК ТюмГУ, глубокой проработкой полученного материала и имеющихся литературных данных.

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю доктору географических наук Московченко Д.В., за научную и методическую помощь в работе над магистерской диссертацией, а также глубокую признательность кандидату физико-математических наук Кудрявцеву А.А., за помощь в лабораторных исследованиях и доктору биологических наук Соромотину А.В., за организацию экспедиционных выездов в район исследования.

ГЛАВА 1. ДЕПОНИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА СНЕГА И ТОРФА

1.1 Характеристика снежного покрова, как объекта исследования

1.1.1 Краткая история становления изучения снежного покрова

Для территории России, благодаря сложившимся за много лет климатическим характеристикам, снеговой покров является обязательной и незаменимой составляющей длительного периода года. Вне зависимости от положения практически в любом регионе России зимой устанавливается сплошной снежный покров, разница заключается лишь в длительности его залегания, в связи с этим снег играет важную роль, как для природных компонентов, так и для хозяйственной деятельности человека. Именно поэтому для научных деятелей с нашей страны снежный покров всегда был интересным объектом исследования. Начальным этапом исследований в данной области стоит считать момент, когда в ходе Великой Северной экспедиции на двенадцати стационарных постах в Сибири, стали проводить постоянные наблюдения за сроками установления и схода снегового покрова, и об его объемах [1]. Научный подход к изучению и наблюдению за характеристиками снега и снегового покрова основал А.И. Воейков во второй половине XIX века, благодаря его же усилиям уже в 1892 году стали проводиться регулярные и систематические наблюдения. Спустя год главной физической обсерваторией была разработана и составлена первая официальная инструкция для наблюдений за снежным покровом и метелями, над вскрытием и замерзанием рек. 1903 годом датирован выпуск еще одной официальной инструкции, в которой была сформулирована рекомендуемая методика для изучения показателей плотности снежного покрова [2]. С 30-х годов двадцатого века на постоянной основе стали осуществляться снегомерные съемки.

Большой вклад в становление научного познания свойств снега и снежного покрова внес Г.Д. Рихтер вместе со своими учениками. В фундаментальном труде «Роль снежного покрова в физико-географическом процессе» [3], им была рассмотрена и изложена роль снежного покрова на климатические, геоморфологические, гидрологические процессы, а также влияние снега на растительность, фауну и почвообразовательные процессы. Важную роль для развития научного подхода к изучению снежного покрова и ледников сыграл В.М. Котляков, который в своем труде 1968 года «Снежный покров и ледники Земли» привнес информацию о новых исследованиях, связанных с режимом снежного покрова и ледников Земли, а также рассмотрел механизм преобразований снежного покрова происходящих по причине массовых потерь в толще снега. Им же, в 1982 году был выпущен первый в мире специализированный Гляциологический словарь, который включал в себя свыше двух тысяч терминов и определений.

Продолжателем исследований по данной тематике следует считать К.Ф. Войтковского, который в своей книге 1999 года «Основы гляциологии», изложил основные положения одноименной науки.

Уже в XIX веке современными учеными все чаще стали рассматриваться депонирующие свойства снега. Благодаря покомпонентному изучению химического состава снега можно сделать вывод об экологическом состоянии атмосферного воздуха. Следующий ряд современных ученых использовал это свойство снега в своих исследованиях: Большунова Т.С., Зарина Л.М., Тентюков М.П., Филимоненко Е.А., Воронцова А.В., Сысо А.И., и многие другие.

1.1.2 Депонирующие и адсорбционные свойства снега

На сегодняшний день промышленное освоение ранее нетронутых территорий и ландшафтов района крайнего севера достигла высочайших значений, в связи с этим крайне актуальным становится вопрос экологического мониторинга природных сред. Одним из удобных объектов для анализа загрязнения атмосферного воздуха может выступать снеговой покров, так как данный объект несложен для отбора образцов, а анализ его химического состава позволяет отследить причину и объемы загрязнения какой-либо территории.

Снежный покров обладает высокими адсорбционными характеристиками по причине того, что все химические элементы и вещества, аэрозоли и поллютанты аккумулярованные в нем сохраняют первичную форму, в которой они в него и попали, и не подвергаются дальнейшим реакциям, оставаясь в законсервированной форме в толще снежного покрова. Отдельная важность лабораторного изучения снеговых проб заключается в том, что снег, как вид атмосферных осадков включается в систему круговорота воды, тем самым производит влияние на жизнь биоты, так как накопленные концентрации загрязнителей в период снеготаяния проникают в почвенный покров и грунтовые воды [4]. Еще одной отличительной характеристикой, подтверждающей идею о том, что снег очень удобный объект для экологического исследования, является возможность выявить концентрацию загрязнителей как за единичный случай снегопада (необходимо отобрать образец сразу же после выпадения снега), так и за период его залегания (пробы нужно отбирать незадолго до начала периода снеготаяния, так как концентрации, загрязняющих веществ будут иметь пиковые значения). Данные «весенних» проб снега, обработанные лабораторными методами, будут нести в себе информацию о характере и объемах поступления поллютантов в снеговой покров за весь зимний период [5].

Формирование и становления области научного познания объектом, интереса которого стали геохимические характеристики снега произошло благодаря двух работам, опубликованным в 1936 году, в данных трудах, авторами являлись Влодавец В.И., и Вашков В.И., было впервые рассмотрено, что снежный покров может являться депонирующей средой для пылевого загрязнения с естественных и техногенных участков. Самостоятельным объектом для экологических исследований снег стал благодаря работе Колотова Б.А., Киселевой Е.А., Рубейкина В.З., которые в своей статье [6], первыми использовали образцы снега для изучения путей рассеивания ореолов рудных месторождений. Как объект для анализов процессов аэротехногенного загрязнения, снег впервые был использован в 1976г. Елпатьевским П.В. [7].

Специфические свойства снега к адсорбции веществ-загрязнителей, позволяют принимать анализ его химических компонентов индикаторными значениями в отношении оценивания распределения загрязнений техногенного генезиса в воздушном пространстве населенных пунктов [8]. В районах, подверженных высокому воздействию отрицательных температур (горные регионы и полюса), отмечается следующий процесс метаморфизма снега: снег-фирн-лед, благодаря этому явлению концентрации веществ-загрязнителей подвергаются консервации в толще льда, а анализ проб такого льда нашел широкое применение в палеоэкологии и в палеогеографию.

Как уже неоднократно сказано выше, снежный покров является прекрасной депонирующей средой, именно поэтому изучение проб снега все чаще используется для того, чтобы выявить атмогеохимические аномалии, а простота отбора образцов является еще одним критерием, привлекающим научных исследователей, занимающихся тематикой загрязнения воздушной среды, очень часто этим критерием пользуются и молодые ученые, выбирая объектом исследования снежным покров по причине доступности проб и не столь трудоемким процессом лабораторной обработки. Анализ загрязнения снега может установить состав загрязняющих веществ и вклад отдельного источника загрязнения, которым могут быть конкретные промышленные объекты и предприятия [9].

Подводя итог, следует сказать, что снеговой покров обладает целым набором свойств и функциональных характеристик, благодаря им он и имеет столь хорошие адсорбционные способности, поэтому проведение экологического мониторинга загрязнения снежного покрова является одной из составляющих полноценного и комплексного обследования экологической обстановки воздушной среды.

1.1.3 Характеристика процессов загрязнения снега и снежного покрова

Во многих научных трудах говорится, что существуют два возможных этапа загрязнения снега, об этом же пишет в своем труде [10] и Василенко В.Н., где им было

указано также два способа – это сухое и влажное загрязнение. Первоначально загрязнение снега идет уже в самой атмосфере, в период образования снежинок и в период их выпадения в виде твердых осадков на земную поверхность. Стоит также отметить, что аэрозоли и взвеси, присутствующие в атмосфере, также, как и капли воды, могут выступать ядрами кристаллизации снежинок. Описанный выше процесс загрязнения автор называет влажным. Сухое загрязнение происходит уже непосредственно при попадании частиц-загрязнителей в сформированный и отложенный на местности снег, а также сухое загрязнение отмечается при контакте объемов снега с подстилающей поверхностью, в этом случае поступление веществ может происходить из почвенного покрова и минеральных пород.

В момент начального этапе формирования снегового покрова не вся территория дневной поверхности застилается снегом одновременно, с еще обнаженных участков почвы и горных пород происходит процесс выдувания минеральных частиц из замерзших грунтов и загрязнения ими снега на прилегающих территориях. Основная масса этих частиц в данном случае будет представлена достаточно крупными (свыше пятидесяти мкм) пылевыми телами минерального генезиса. При увеличении глубины формирующегося снегового покрова и уменьшении площади еще непокрытых снегом участков, явление загрязнения снега, причиной которого выступает ветровая денудация, постепенно уменьшается и полностью исчезает при сплошном покрытии снегом дневной поверхности.

В работе Тентюкова М.П., [11], детально рассмотрен процесс морозного конденсирования атмосферных выпадений и эмиссий техногенного характера, автор приводит идею о том, что загрязнение снега происходит не только в момент его выпадения, но также в момент образования на поверхности снежного покрова иней, который выступает ядром кристаллизации. Иней, как кристаллическое тело имеет на своей поверхности поры и частицы, способные накапливать вещества из атмосферы во время отсутствия снегопадов, следовательно, состав и объем веществ-загрязнителей в толще снежного покрова будет зависеть от количества твердых гидрометеоров (изморось, иней) способных эти вещества в себе накопить и конденсировать.

Влажное загрязнение снега, в свою очередь, подразделяется на внутри- и подоблачное вымывание, механизм вымывания достаточно сложен и зависит от ряда причин и факторов, среди них основные являются: время пребывания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и высота, на которую эти вещества могут проникнуть; скорость распространения вертикальной и горизонтальной направленности и другие. Загрязняющие вещества от автотранспорта скапливаются в приземном слое воздуха,

вещества от промышленных объектов аккумулируются в атмосфере на высотах равным 150-200 метрам, вещества, поступающие в атмосферу в результате ядерных взрывов при проведении испытаний аккумулируются на уровне верхней тропосфере [12].

Важно отметить, что загрязнение атмосферы может происходить не только по техногенным причинам, но и по естественными, основными источниками естественного загрязнения выступают лесные пожары и извержения вулканов, а также ветровая денудация с дневной поверхности, для естественных загрязнителей также отмечается различная высотная аккумуляция веществ в толще атмосферы, если вещества поступающие в атмосферу при извержении вулканов могут достигать высот тропосферы и атмосферы, то при ветровой денудации загрязняются более низкие слои атмосферы, но благодаря деятельности ветров вещества-загрязнители могут разноситься на обширные пространства. Также в научном сообществе выделяется временная градиация нахождения поллютантов в атмосфере, например, соли нитратов и сульфатов находятся в атмосфере не дольше пяти суток, а более крупные частицы-загрязнители выпадают из атмосферы в течении часа [13].

Предоставленная информация позволяет рассуждать о вкладе различных факторов и явлений в процедуру загрязнения снегового покрова. Необходимо делить процессы загрязнения по масштабу на глобальные, региональные и локальные. Для последнего основным процессом осаждения частиц на поверхность будет сухое осаждения, реже влажное, для двух других главным источником загрязнения снега будет являться влажное подоблачное вымывание.

1.2 Характеристики торфяных отложений, как объекта исследования

1.2.1 Краткая история становления изучения торфяных отложений

Огромные площади нашей страны заняты заболоченными территориями, именно поэтому по запасам торфа Россия занимает лидирующее место. В связи с этим, исследования именно наших ученых по изученности и способах применении торфа в народном хозяйстве также занимают ведущее место в мире. Но не смотря на этот факт, первым в истории науки трудом о торфе признан «Трактат о торфе» выпущенный Мартином Штоком в середине XVII века. Первым, кто доказал растительное происхождение, торфа стал немецкий ученый И. Дегнер.

Становление научного интереса к изучению и болот, и торфяных отложений в нашей стране произошло в середине XVIII века, ряд крупнейших ученых того времени среди которых особо выделялись М.В. Ломоносов, И.Г. Леман, И.И. Лепехин и другие, активно занимались проблемой процессов образования торфа и его использованием в народном хозяйстве. В XIX веке более детальное описание процессов торфообразования и

заболочивания были рассмотрены в трудах великих почвоведов, главными из которых является В.В. Докучаев, Г.И. Танфильев и С.Н. Навашин. Именно Гавриилом Танфильевым была разработана первая классификация болот Европейской части России, в котором им были выделены основные виды торфяников и болот.

Но наибольший научный интерес к проблеме изучения торфа установился уже на рубеже XIX-XX веков, когда стало понятно, что торф можно использовать как горючее в промышленных масштабах, именно в этот период труду наших ученых стали главными во всем научном мире по данной тематике. Стоит отметить выдающуюся личность Л.А. Сытина, которого считают основателем торфяного дела в нашей стране, им были открыты множество месторождений торфа и модернизирован процесс его добычи. В после революционный период стали появляться научные институты, основной деятельностью которых было изучение процессов торфообразования и его использование для хозяйственных нужд, основными такими организациями стали Московский торфяной институт и Центральный НИИ торфяной промышленности. Научные основы болотоведения и торфообразования были заложены такими учеными как С.Н. Тюремнов, М.И. Нейштадт, Н.В. Сукачев, Е.А. Галкина и другие. Отдельно стоит упомянуть труд Тюремнова С.Н., «Торфяные месторождения», [14] выпущенный в 1976 году. В этой книге автором детально изучены и изложены причины, влияющие на механизм торфообразования, разработана методика определения ботанического состава торфа, а также рассмотрена методика датирования торфяников. Еще через два года выходит книга Раковского В.Е., Пигулевской Л.В., «Химия и генезис торфа» в которой авторами рассмотрена процедура образования торфяников и предоставлена их классификация, также изучен химический состав растений, участвующих в образовании торфа.

Чуть позже, в 1989 выходит еще один значимый труд по данной тематике «Физика и Химия торфа», авторами стали Лиштван И.И., Гамаюнов Н.И., Тереньтьев А.А., Базин Е.Т., В данной книге описаны основные физико-химические процессы, происходящие при образовании торфяников, а также приведена методика химического, оптических, электрофизических и технических свойств обработки торфа. В 1992 году Базин Е.Т., Копенкин В.Д. и Косов В.И., опубликовывают свой работу под названием «Технический анализ торфа», в которой описаны рекомендованные правила, отбора проб торфа, также авторы проводят методику лабораторной обработки проб для определения химического состава, физических и технических свойств, и прочностных и деформационных характеристик образцов торфа.

Современными исследователями все чаще публикуются данные, в которых торф выступает объектом мониторинга, в виду его высокой поглотительной способности.

Одними из авторов, занимающихся исследованиями в данной области являются: Б.В. Бабилов, К.И. Кобак, В.А. Степанова и ряд других ученых.

1.2.2 Адсорбционные свойства торфа

Высокие значения сорбционных свойств торфа объясняются специфическим набором его физических и химических свойств. В работе [15], говорится об уникальных морфологических характеристиках матрицы торфа, авторами рассмотрена генетическая структура полимерной матрицы торфяников, оказывается она состоит из микро- и макропористых структур. Макроструктуры объясняются результатом переплетения и перемешивания плохо разложившихся остатков растений. Микропористые структуры торфа объясняются наличием в его химическом составе гуминовых кислот и фульвокислот, а также лигнина. Поэтому в большом количестве работ торфяные отложения верхового типа используются как объект для мониторинга атмосферного выпадения поллютантов, и загрязнения нефтепродуктами.

Насыщенность торфа большим количеством пор разного размера позволяют считать его естественным геосорбентом. Верховые торфяники, сформированные в тундровых территориях (пробы торфа отбирались в южной тундре), в условиях низких температур обладают низкой степенью разложения, следовательно, в них будет достаточно развита пористо-капиллярная структура, позволяющая ожидать, что данные торфяники будут иметь хороший отклик на сорбирование в своей толще тех загрязнителей, накопление которых происходит благодаря физической адсорбции.

В работе [16], рассмотрены и представлены химические свойства торфов, объясняющие их высокую депонирующую способность, она тесно связана с наличием в матрице торфа соединений фенольных, аминных, альдегидных, кетонных, амидных, пептидных, карбоксилатных, спиртовых, и других функциональных групп. К основным факторам, оказывающим влияние на способность торфов сорбировать тяжелые металлы относятся: кислотный показатель, длительность поступления адсорбтива в сорбирующую среду (торф), присутствие или отсутствие металлов-конкурентов в матрице торфяников. Наиболее благоприятный диапазон кислотности среды для загрязнения металлами составляет от трех с половиной до шести с половиной единиц.

В статье [17], описан проведенный эксперимент, в котором была проверена возможность адсорбции верховыми торфяниками водных растворов ионов Cu и Co . Полученные авторами результаты позволяют утверждать, что торф является хорошей средой для накопления заявленных металлов, так как опыт показал высокие значения эффективности их поглощения, свыше 90% исходных концентраций металлов были адсорбированы верховым торфом.

Все описанные выше факторы подтверждают тезис о том, что торфяные отложения верхового типа являются адекватной депонирующей средой, с высокими коэффициентами поглощения. В современном мире существует множество методик использования торфов, как естественных фильтров, с помощью торфа проводят очистку сточных вод, рекультивацию нефтезагрязненных земель, а также его используют для фильтрации отходов пищевой промышленности.

1.2.3 Описание процесса торфообразования и ботанический анализ торфа

Для протекания процесса торфообразования необходимо наличие двух главных факторов – это отсутствие кислорода и избыточное увлажнение. Тюремнов С.Н., [18], разделяет этот процесс на два момента: прирост живого вещества, который происходит каждый год благодаря росту растений; накопление мортмасс по причине отмирания накопленного ранее живого вещества (растений) в условиях переувлажнения и анаэробности среды. Стоит отметить, что процесс перехода живого вещества растений в мортмассу происходит по-разному для корневой и поверхностной частей растений. Поверхностные части растений, из которых образуется в последствии торф имеют более высокие значения разрушения, обнаружить надземные части растения в толще торфа не всегда возможно, корневые же части растений, наоборот, имеют более высокие значения сохранности и достаточно легко определяются на-глаз в толще торфяников.

Отмечается также, что разрушение растений и преобразование их в гумусовое вещество будет разным не только для отдельных частей растений, но и для разных видов растительности. Зависит этот процесс от условий водно-минерального питания торфа. Процентные значения содержания гумусовых веществ в торфе становятся главным фактором в определении будущей структуры торфа. При больших количествах примесей гумуса торфяники обретают темную сплошную пластичную единообразную структуру, а при малых включениях гумусу их структура будет приобретать соломисто-войлочную форму с достаточно большим участием неразложившихся частей травянисто-моховых растений.

Механизм образования торфа в условиях ландшафтов с преобладанием болотной растительности происходит в первом (от дневной поверхности) торфяном слое и является сугубо химико-биологической процедурой. Основными разлагателями отмерших частей растений выступают микроорганизмы и мелкие беспозвоночные животные, обитающие в почве, так называемые гетеротрофы. Переувлажнение почвенного покрова становится причиной низких значений содержания кислорода, почвы с избыточным увлажнением препятствуют проникновению атмосферного воздуха вглубь профиля [19]. При таких факторах происходит гибель аэробных микроорганизмов, участвующих в разложении

омертвевших частиц растений, поэтому процесс гумусообразования затрудняется и протекает достаточно медленно. Все это ведет к тому, что верхние почвенные горизонты становятся анаэробными, такая среда становится благоприятной для аккумуляции на поверхностях почвенного покрова органического вещества с низкой степенью разложения именуемое торфом.

Процесс генезиса торфяных отложений напрямую зависит от ботанического состава растений, участвующих в торфообразовании, поэтому нам кажется необходимым уделить этой проблеме более значимое место в нашем исследовании.

Ботанический анализ является основой лабораторного исследования образца торфа. Он определяет первичное свойство торфа – его растительное происхождение, по которому и дается название торфа. В теории и практике принято давать название торфа по составляющим его растениям. Произвести ботанический анализ и дать название торфа — это значит определить по возможности все растения, остатки которых слагают данный образец торфа, и установить между различными растениями количественные соотношения [20].

Определение растений можно вести до группы, например, сфагновых мхов, осок и др., или до вида растений, например, до вида сфагновых мхов – *Sphagnum fuscum*, *Sphagnum cuspidatum* или до вида осок – *Carex lasiocarpa*, *Carex limosa* и так далее.

Ботанический анализ торфа производится как в полевых условиях глазомерно, так и в лабораторных при помощи микроскопа. Для последней цели необходимо иметь микроскоп с увеличением до 500 раз, хотя нормально анализ проводится при увеличении в 90-150 раз.

При взятии образцов торфа из залежи в поле обыкновенно производят предварительное глазомерное макроскопическое определение его ботанического состава. Глазомерное определение ботанического состава торфа не дает той точности, которая получается при микроскопическом анализе, особенно в хорошо разложившихся торфах. Вследствие этого процентное соотношение торфообразователей при глазомерном определении не дается, а указывается лишь название торфа, определенное по одному-двум основным торфообразователям. Ограничиваться одним полевым глазомерным определением ботанического состава нельзя, так как мы никогда не гарантированы от ошибок, поэтому ту или иную часть анализов необходимо всегда проверять под микроскопом.

Главнейшие макроскопические особенности основных видов торфа характеризуются следующими признаками [20]:

Сфагновый торф состоит главным образом из веточек, листочков, стебельков сфагноума и их остатков. В слабо разложившихся торфах они хорошо различимы на-глаз. Слабо разложившийся (подстилочный) сфагновый торф имеет волокнистую структуру; обычно от светло-желтого до светло-коричневого цвета. При сильном отжати свободной воды торф несколько светлеет. Средне- и сильноразложившиеся сфагновые торфа глазомерно определяются с значительно большим трудом. Они темно-коричневого или бурого цвета. Растительные остатки различимы слабее.

Шейхцериево-сфагновый слабо разложившийся торф, в котором имеется значительная часть остатков шейхцерии, по внешнему виду похож на сфагновый, но отличается более резкой рыжей окраской. Характерны в этом торфе остатки узловатых корневищ шейхцерии, покрытых пленками.

Пушицевый торф в чистом виде встречается довольно редко, чаще же встречается сфагново-пушицевый и древесно(сосново)-пушицевый торф. Чистый пушицевый торф темно-коричневой или почти черной окраски, сильно волокнистый. В нем обычно тонкие волокна и тесьмовидные корешки пушицы смешаны с сильно разложившейся гомогенной торфяной массой.

Гипновый торф состоит преимущественно из листочков, стебельков и веточек различных видов зеленых, бурых мхов (*Bryales*). Гипновые мхи в торфе на-глаз похожи на сфагновые, но легко отличаются от них своим темным блестящим цветом, а также общим характером стебельков с веточками, часто сохраняющихся целиком и легко отделяющихся в торфе. Обычно гипновые торфа отличаются слабой степенью разложения и представляют собой волокнистую массу в свежем виде желто-бурого цвета, в изломе несколько блестящую, быстро темнеющую на воздухе.

Осоковый торф в основной массе составлен из корешков и корневищ различных видов осок. Только что вынутый из залежи слабо разложившийся осоковый торф буровато-рыжую окраску, мелковолокнистый; обладает способностью быстро темнеть на воздухе. В более разложившемся осоковом торфе в основном темной массе хорошо заметны на изломе корешки осок в виде светлых волосков. Встречаются также мешочки и семена осок, иногда темно-бурые, блестящие, чечевицеобразные семена вахты. Кроме чистого осокового торфа различают торфа древесно-осоковый, тростниково-осоковый гипново-осоковый и другие. По видам осок различают: *lasiocarpa* – торф, *rostrata* – торф и другие.

Тростниковый торф состоит, главным образом, из остатков корневищ, корешков и стеблей тростника. Слабо разложившийся тростниковый торф грубо-волокнистый с хорошо заметными блестящими широкими сплюснутыми корневищами тростника часто

встречается в смеси с осоками. Свежевынутый сырой тростниковый торф – слизистый, мягкий, желтой или бурой окраски, постепенно темнеющий на воздухе, нередко имеет запах сероводорода. Хорошо разложившийся тростниковый торф более темной окраски.

Хвоцевой торф составлен из корневищ, стеблей и ветвей хвоща и характеризуется почти черным цветом. Остатки хвоща легко отличаются по характерной черной блестящей поверхности корневищ, а также стеблям с зубчатыми влагалищами и по отдельным черным блестящим пленкам. В чистом виде встречается редко, чаще с примесью тростника и осок. Образуется, главным образом, в торфяниках озерного происхождения.

Ольховый торф (разновидность древесного) обладает темной, почти черной окраской, обычно сильно разложившийся, мажется. Отдельные кусочки древесины ольхи легко отличить по их способности сжиматься при надавливании.

Березовый торф (разновидность древесного) легко отличается по белой, хорошо сохраняющейся коре березы. Ольховый и березовый торф залегает в низинных торфяных болотах, образуя иногда самостоятельные залежи довольно большой мощности.

ГЛАВА 2. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕССЫ СНЕГОНАКОПЛЕНИЯ И ТОРФООБРАЗОВАНИЯ

Регион Пур-Тазовского междуречья является частью Западно-Сибирской равнины и расположен в трех административно-территориальных единицах ЯНАО: Пуровский, Красноселькупский и Тазовский районы (Рисунок 1).

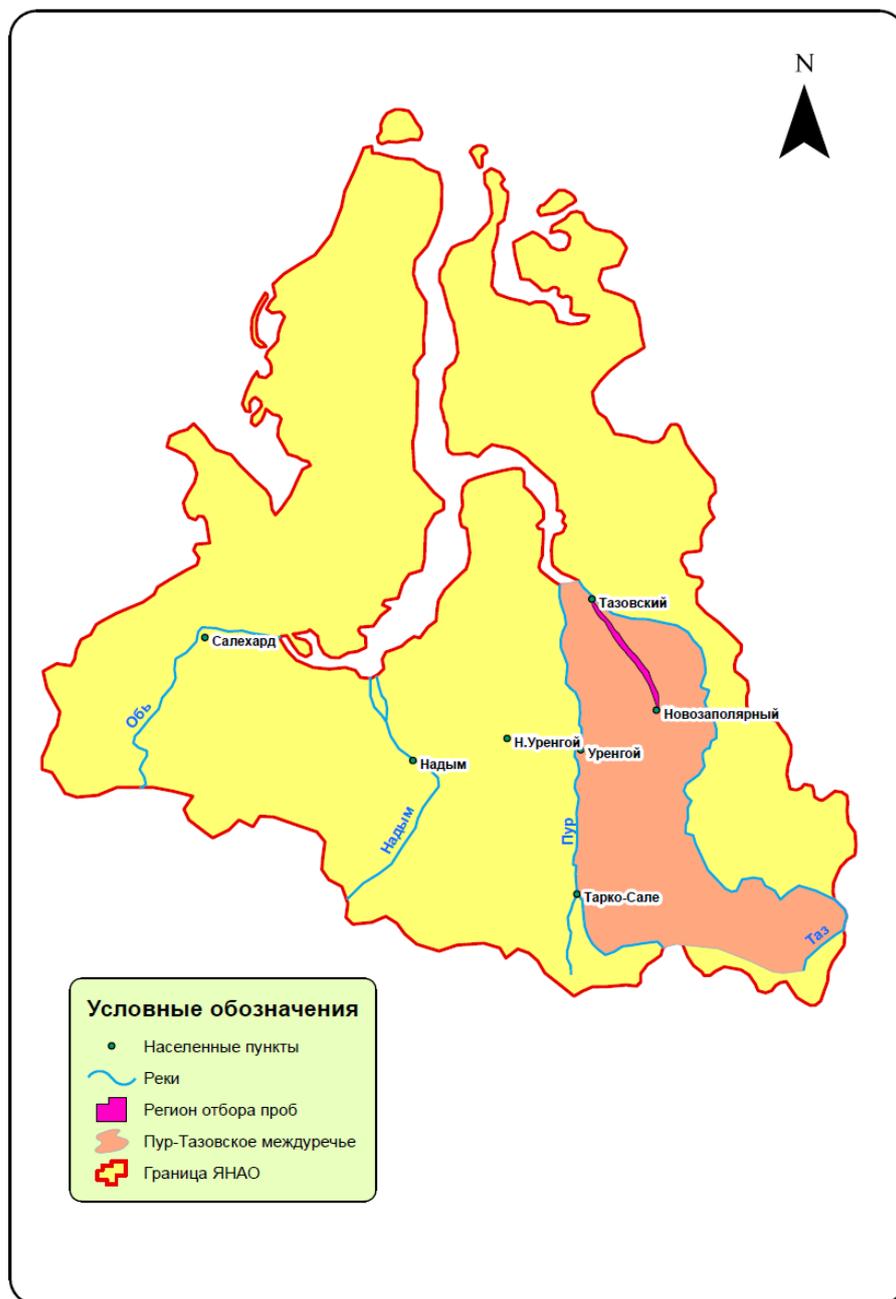


Рисунок 1 – Схема расположения Пур-Тазовского междуречья и района отбора проб.
Источник: Составлен автором на основе схемы Атласа ЯНАО, 2004 г. [21]

2.1 Геологические особенности

Как уже было сказано выше, описываемый регион является частью Западно-Сибирской плиты, входящей в состав молодой эпипалеозойской Урало-Сибирской платформы. Мощность земной коры достигает здесь 30–35 км [22]. В геологическом

строении доступных для наблюдения верхних слоев земной коры принимают участие три структурных яруса, соответствующих главнейшим этапам развития геоструктуры: складчатый фундамент, переходный комплекс пород и мощный платформенный чехол мезо-кайнозойских отложений. Складчатый фундамент сложен метаморфизированными осадочными и магматическими породами, претерпевшими геосинклинальный цикл развития, и представляет собой сложное гетерогенное образование [23]. В нем по геофизическим данным выделяется несколько структурных тектонических зон различного возраста, начиная от допротерозойских и кончая позднегерцинскими [24].

На современном этапе научного развития наибольший интерес, в том числе и дискуссионный, привлекают отложения антропогенного возраста. Практически вся территория Западно-Сибирской равнины в границах ЯНАО сформирована с поверхности отложениями данного периода, которые перекрывают собой древние отложения расположенные ниже. Четвертичные отложения представляют собой достаточно сложную осадочную формацию, объясняется эта сложность тем, что в данном регионе присутствует достаточно большое разнообразие условий палеогеографического характера для осадконакопления, которые неоднократно подвергались изменениям как во времени, так и в пространстве. В свою очередь такая изменчивость обусловлена особенностями климата для данной территории и колебаниями базиса эрозии. Основным осадочным комплексом для изучаемой территории выступает так называемый, комплекс – рельефообразующих свит террасовой лестницы, в долинах крупных и средних рек выделяют четыре основных надпойменных террасы, которые раскрываются в приморские равнины соответствующих низких уровней на севере региона.

Согласно Атласу ЯНАО, район Пур-Тазовского междуречья представлен следующими отложениями четвертичного возраста [21]:

- Аллювиальные отложения пойменных террас. Супеси, пески, суглинки, местами гравий, галька, валуны (alV);
- аллювиальные отложения первой надпойменной террасы. Супеси, пески, суглинки, торф, галечники (a^1III-V);
- аллювиальные отложения второй надпойменной террасы. Супеси, пески, суглинки, торф (a^2III);
- аллювиально-морские (дельтовые, ваттовые, эстуарные) отложения второй морской террасы. Супеси, пески, суглинки, местами с линзами гравия и гальки (am^2III);
- озерно-аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы. Алевросупеси, суглинки, алевриты, глины, пески (la^3III);

- аллювиально-морские (дельтовые, ваттовые, эстуарные) отложения четвертой морской террасы. Алевросупеси, пески, суглинки, алевриты, глины (am⁴III).

2.2 Рельеф и геоморфологические особенности

Рельеф района Пур-Тазовского междуречья весьма однообразен: это плоская, открытая к северу равнина с небольшими абсолютными отметками. Наименьшие высоты отмечаются в заозеренных участках, отчасти заболоченных. На фоне преобладающих низких участках с довольно густой речной сетью, которые являются аллювиальными и озерно-аллювиальными террасами, можно выделить возвышенные участки – абразионно-аккумулятивные террасы с отдельными денудационными поверхностями [23].

Согласно гипсометрической карте [21], основными элементами рельефа изучаемой территории являются Тазовская и Пуровская низменности, с отметками высот от 10 до 50 метров, а также Пур-Тазовская возвышенность, с высотами от 50 до 100 метров, которая выступает главным водоразделом для этих рек. Наибольшая высота отмечается в южной части, упомянутой возвышенности и достигает 95 метров.

По данным Б.Ф. Косова и Г.С. Константиновой [25], глубина вреза рек на Тазовском полуострове – 10-25 метров, участки с высотами до 10 метров занимают относительно небольшие площади в восточной части Тазовского полуострова. Эти низкие, часто заболоченные поверхности и широкие поймы рек заняты полигональной тундрой. Расчлененность логами и оврагами приурочена к наиболее возвышенным частям высокой поймы и первой надпойменной террасы, где развиты полигонально-жильные льды. Значительные уклоны поверхности определяют относительно глубокий врез на господствующих пространствах равнины и, как следствие этого, проявление эрозионных, а местами термоэрозионных процессов, а, следовательно, сравнительно хороший дренаж. Об этом свидетельствует возникновение и развитие сети оврагов. Образование и развитие первичных отрицательных форм рельефа связано с тектоническими, криогенными и эрозионными процессами. Формирование сети оврагов в условиях равнинного рельефа обычно начинается с появления глубоких морозобойных трещин, а дальнейшее их развитие связано с солифлюкцией, которая препятствует образованию на склонах сплошного растительного покрова, и эрозией водных потоков, питающихся за счет снежников. В отдельных районах, где распространены полигонально-жильные льды, основной причиной образования и развития сети оврагов играет термокарстовый процесс. При наличии соответствующих уклонов результатом этого явления становится вытаивание жильных льдов и превращение ложбин, ограничивающих полигоны, в промоины, логии и овраги [26].

Исследуемый регион по геоморфологическому районированию (по П.П. Генералову) следует относить к Пур-Тазовскому блоку низких морских и аллювиально-озерных террас, Иртышско-Обской области преимущественно низких и средневысотных ступеней (Субрегиональный прогиб). Согласно геоморфологической карте [21], на территории изучаемого междуречья выделяются следующие формы рельефа:

Аллювиальные и озерно-аллювиальные:

- Пойма. Относительная высота 5-8 метров;
- первая надпойменная терраса (равнина). Относительная высота 10-12 м.;
- вторая надпойменная терраса (равнина). Относительная высота 15-20 м.;
- третья надпойменная терраса (равнина). Относительная высота 30-40 м.;
- четвертая надпойменная терраса (равнина). Относительная высота 50-80 м.

Морские и аллювиально-морские:

- Третья морская лагунно-лайдовая терраса (равнина). Относительная высота 30-50 м.

2.3 Климатические особенности

Климатические условия междуречья рек Пур и Таз достаточно суровы, объясняется это тем, что теплые воздушные и водные массы из Атлантики проникают сюда довольно слабо. Тем не менее, циклоническая циркуляция создает большую суточную изменчивость температуры воздуха, значительную повторяемость ветров, преобладание пасмурного неба и частое выпадение неинтенсивных осадков. Основными причинами сложившегося климата данной территории выступает факт малого и неравномерно распределенного поступления солнечного тепла в продолжение всего календарного года, особенностями процессов циркуляцией данного региона и близкое расположение Карского моря. Благодаря большому участию в атмосферной циркуляции ВМ морского происхождения климат севера Западной Сибири более умеренный по сравнению с резким континентальным климатом тундр Восточной Сибири [23].

Радиация. Основной причиной различного поступления солнечного тепла на поверхность Пур-Тазовского междуречья следует считать высокоширотное положение данного региона, а также последовательным чередованием полярного дня и полярной ночи. В период полярного дня, который на нашей территории приблизительно равен 25-35 суткам, подстилающая поверхность получает значительные количества солнечного тепла, несмотря на низкую высоту Солнца. В июле на широте 66-69° с.ш. продолжительность солнечного сияния наибольшая и составляет 290-320 часов. В период же полярной ночи приток солнечной радиации очень мал и практически отсутствует, что становится причиной непрерывного выхолаживания подстилающей поверхности [27].

Температура воздуха. Климат Пур-Газовского междуречья является умеренно континентальным, основными причинами этого выступают его географическое положение, факторы циркуляции атмосферы данной местности и рельеф территории. Отсутствие препятствий движению воздушных потоков со стороны рельефа территории способствует резким переходам от теплых сезонов к холодным. В самых общих чертах температурный режим рассматриваемого региона следует описать следующим образом: крайне холодная длительная зима, относительно короткое прохладное лето, а также короткие переходные сезоны – осень и весна. Отличительной особенностью годового хода температуры воздуха является отсутствие ярко выраженного минимума температуры одного из зимних месяцев, то есть наличие «безъядерных» зим. Отсутствие «ядра» в зимние месяцы можно объяснить сильной адвекцией теплого воздуха, приносимого циклонами с запада, а также теплоотдачей вод Карского моря [28]. Тем не менее, для изучаемого региона, в котором были отобраны пробы, самым холодным месяцем выступает январь со средней температурой воздуха $-25,9^{\circ}\text{C}$, а самым теплым июль, с температурой $12,8^{\circ}\text{C}$. В отдельные дни температура понижается до -40 и -50°C , а в наиболее холодные зимы абсолютные минимумы могут достигать и -55°C . Переход температуры через 0°C в данной области происходит обычно во второй половине мая.

Облачность. Облачность изменяется в зависимости от района, сезона и тесно связана с атмосферной циркуляцией и подстилающей поверхностью. Большая повторяемость пасмурных дней характерна для рассматриваемой области почти весь год. Число пасмурных дней значительно превышает число ясных, а наибольшее их число (пасмурных) приходится на конец лета и осень. С августа по октябрь в среднем насчитывается 16-18 пасмурных дней за месяц, зимой их количество уменьшается до 7-10 дней за месяц.

Туманы. Низкая температура воздуха и высокая относительная влажность воздуха способствует частоте образованию туманов. В течение года насчитывается более 50 дней с туманом. Здесь развиваются адвективные туманы – результат переноса воздушных масс, радиационные – результат охлаждения земной поверхности и смешанные – адвективно-радиационные. Туманы преобладают в летнее время (июнь-август), обычно с максимумом в июле. Летние туманы адвективного происхождения. Они образуются, когда воздушные массы с севера, от кромки льдов, выносятся на нагретую поверхность материка. Адвективные туманы (туманы парения) образуются также над реками и озерами в конце лета и осенью, когда вода теплее воздуха. В удаленных от моря районах с более континентальным климатом отмечаются радиационные туманы. Они преобладают в зимнее время и связаны с антициклональными условиями погоды [23].

Осадки. В годовом ходе наибольшее количество осадков выпадает в летне-осеннее время – с июля по сентябрь. Больше всего осадков выпадет в августе и сентябре. Летний максимум осадков связан с периодом наибольшей циклонической активности на арктическом и полярном фронтах при значительном влагосодержании воздушных масс и интенсивном развитии восходящих потоков над нагретой землей. Среднее годовое количество осадков для данной территории составляет приблизительно 450-500 мм. Самый засушливый месяц - март с осадками 22 мм. Большая часть осадков здесь выпадает в августе, в среднем 63 мм. Разница в количестве осадков между самым сухим и самым влажным месяцами составляет 41 мм.

Снежный покров. Для района Пур-Тазовского междуречья продолжительность залегания снежного покрова равняется приблизительно 220-240 дням в году. Из-за сильных ветров и обширных низменных пространств с множеством речных долин и западин распределение снега по территории очень неравномерное: наряду с большими его скоплениями (в оврагах, речных долинах) встречаются места с маломощным снежным покровом, едва прикрывающим землю. В течении зимы с ее частыми и сильными ветрами происходит постоянное перераспределение снежного покрова по поверхности тундры, сдувание снега с одних и скопление в других местах. Установление устойчивого снежного покрова происходит не сразу и не одновременно на всей территории. Между первым снегом и окончательным установлением снежного покрова проходит обычно не меньше двух недель, даты выпадения первого снега и перехода средней суточной температуры воздуха через 0°С близки. Изучение снежного покрова (время установления и схода снежного покрова, его мощность и характер залегания) имеет большое народнохозяйственное значение, так как он предохраняет почву от глубокого промерзания и защищает зимующие растения от зимних холодов. Особенно важны сведения о мощности и характере залегания снежного покрова при строительстве промышленных объектов и жилых зданий, прокладке трубопроводов, проведении и эксплуатации автомобильных и железных дорог.

Со второй декады мая при увеличении притока солнечной радиации и под влиянием усиления выноса теплых воздушных масс с юга, высота снежного покрова начинает уменьшаться. Появляются дневные оттепели, выпадают жидкие осадки, снег начинает подтаивать и уплотняться. Именно в это время наблюдаются максимальные значения плотности снега. Происходит постепенный сход снежного покрова [23].

2.4 Гидрологические особенности

Гидрографическая сеть Пур-Тазовского междуречья достаточно хорошо развита. Практически по всей территории на формирование речного стока расходуется большая

часть атмосферных осадков. Значительное увлажнение, затрудненный дренаж, равнинный рельеф с большим количеством западин и впадин способствуют развитию многочисленных озер и болот. Кроме вод, заключенных в поверхностных объектах, значительное количество влаги находится в твердом состоянии в виде льда цементного типа и ледяных включений в рыхлых мерзлых породах. В целом территория обладает высокой влагонасыщенностью [23].

Характерной гидрологической особенностью является преобладание поверхностного стока, который в отдельные периоды практически приближается к полному речному. Доля подземной составляющей в речном стоке чрезвычайно мала. Реки области являются типично равнинными, меандрируя, они медленно текут в широких заболоченных долинах. Большинство рек характеризуется средней извилистостью. Преобладающим типом питания для рек является снеговое и составляет 50-60%, дождевое питание рек значительно уступает снеговому, но превышает подземное [29].

Двумя основными водными артериями, формирующими одноименное междуречье, являются реки Пур и Таз, поэтому нам кажется необходимым привести их краткое описание.

Река Пур – относится к бассейну Карского моря, образуется благодаря слиянию двух рек – Айваседапур и Пякупур, впадает Тазовскую губу Карского моря. Площадь бассейна составляет одиннадцать тысяч двести километров квадратных, длина 389 километров (с длиной реки Пякупур 1024 километра). Протекает в Пуровском районе ЯНАО, на реке расположены следующие населенные пункты: Самбург, Уренгой, Тарко-Сале. Водосборный бассейн реки включает в себя приблизительно 6351 водоток, из которых более восьмидесяти процентов имеют длину менее 10 километров, с длиной от 50 до 100 километров – 57, а с длиной, превышающей 100 километров – 40. Основными притоками являются: Большая Хадырьяха (правый), Ягенетта, Ямсовой, Табьяха, Хадутта (левые). Главной фазой водного режима реки является весенне-летнее половодье, результатом которого выступает сезонное таяние снега. Подъем уровня воды на г/п Самбург в среднем составляет 5 метров, а максимально зарегистрированный 6,18 метра. Основной сток (около 60 %) приходится на весну и лето, на летне-осеннюю межень приходится приблизительно 20-25%, на зиму 15-20%. Для реки характерна хорошо выраженная долина, в верховьях ее ширина примерно равна от 5 до 10 километров, в среднем течении от 10 до 12 километров, а в низовьях достигает 25 километров, также для реки характерна двухсторонняя пойма с обрывистыми берегами, ширина реки в зависимости от положения имеет диапазон 200-800 метров, коэффициент извилистости равен 1,34, средний уклон реки всего 0,054 м/км, поэтому для реки привычны невысокие

скорости течения. Питание преимущественно снеговое, вскрытие реки приходится на конец мая - начало июня, ледостав устанавливается в третьей декаде октября и длится более 7 месяцев. Воды Пура согласно классификации О.А. Алекина (1989) относятся к маломинерализованным водам гидрокарбонатного класса, натриевой группы. Интегральный индекс загрязнения относит воды ко второму классу качества – «относительно чистые».

Река Таз – также относится к бассейну Карского моря, впадает в Тазовскую губу, исток реки приходится на слияние двух небольших безымянных ручьев из верхового болота на Сибирских Увалах. Протекает в Тазовском и Красноселькупском районах ЯНАО. Длина реки равняется 1401 километру, площадь водосборного бассейна – сто пятьдесят тысяч километров квадратных, уклон реки – 0,099 м/км, густота речной сети – 0,35 км/км², водосборный бассейн реки включает в себя приблизительно 8120 водотоков, 90 процентов которых с длиной меньше десяти километров, и 10 процентов с длиной более десяти километров. К основным притокам реки относятся: Большая Ширта, Хэтыль-Кы, Худосей (правые); Ратта, Поколька, Каралька, Толька, Часелька (левые). На реке расположены слеующие населенные пункты: Ратта, Киккиакки, Толька, Печьчалькы, Красноселькуп, Тибейсале, Газ-Сале, Тазовский. В верховьях реки ширина русла составляет восемьдесят метров, в среднем течении до восьмисот метров, в нижнем течении вблизи устья до одного километра. Питание реки преимущественно снеговое, что касается водного режима, то для реки характерно выделение двух отчетливых фаз – это длительная зимняя межень и весеннее-летнее половодье на которое приходится 60-70 процентов стока реки. Что касается глубин, то Таз считается относительно неглубокой рекой, в верховьях реки глубина имеет значения 1-3 метра, в нижнем течении 12-15 метров, также для реки отмечается весьма высокий коэффициент извилистости – 2,3 (свыше 30% длины реки имеют извилистое русло). Среднемноголетний расход реки в устье равен 1560 м³/с, объем годового стока – 49,196 километров кубических. Установка сплошного ледяного покрова происходит во второй половине октября, а сход льда происходит в период с последней декады мая по первую декаду июня. Качество вод имеют класс от 4А (грязные) до 4Б (очень грязные), хотя у многих научных исследователей данный тезис вызывает сомнения, так как для Таза отмечается малая заселенность берегов, а концентрации многих элементов, превышающие допустимые нормы, объясняются их типоморфностью для данной территории.

2.5 Особенности почвенного покрова

Почвенный покров Тазовского полуострова и прилегающих территорий следует относить к фации предельно холодных мерзлотных почв плоских песчано-глинистых

морских равнин с интразональными болотно-тундровыми почвами зоны тундровых глеевых и тундровых иллювиально-гумусовых почв. Отличительными особенностями таких почв считаются такие характеристики как оглеение и переувлажнение, кислая реакция среды, малая гумусность, низкая емкость поглощения с малой степенью насыщенности основаниями, бедность минералогического состава [30].

Почвы Пур-Тазовского междуречья неоднократно становились объектом интереса множества научных работ по причине своей чрезвычайной пестроты и сложности, обусловленной особенностями биоклиматических, литолого-геоморфологических и гидрологических условий. Одной из последних работ, где почвы были детально и масштабно изучены, и опробованы можно считать диссертацию Кукушкина С. Ю., дальнейшая информация о почвенном покрове исследуемого региона приведена из данной диссертации [31].

На исследованной автором территории распространены в основном следующие типы почв и их сочетания: подзолистые, глеевые, торфяные, болотные и аллювиальные почвы. Характерной чертой почвенного покрова территории исследований является его комплексность и мозаичность. *Подзолистые почвы* и их разновидности распространены, главным образом, вдоль рек Таз, Пур и их крупных притоков на приречных хорошо дренированных участках, сложенных песчаными и супесчаными почвообразующими породами (наиболее распространены моренные, озерные и флювио-гляциальные отложения). На исследованной автором территории было выделено несколько типов подзолистых почв: подзолы иллювиально-железисто-гумусовые, подзолы иллювиально-гумусовые, подзолы иллювиально-железистые, подзолы торфянисто-глеевые иллювиально-гумусовые.

Болотные (торфяные) почвы встречаются во всех типах ландшафтов. Торфяные почвы характерны для недренированных плоских междуречий, сложенных суглинистыми и слоистыми рыхлыми наносами и покрытых торфяниками различных типов. Можно выделить торфяные почвы, весь профиль которых развит в органогенной толще торфяной залежи, и торфяно-глеевые почвы.

Глеевые почвы в территориально-пространственном аспекте являются доминирующими на водораздельных пространствах.

Глееземы торфянистые формируются на суглинистых породах по пониженным элементам рельефа под заболоченными лесами, окаймляющими болота и гривы. Профиль состоит из торфяного или торфяно-перегнойного горизонта мощностью до 20-30 см. Максимум оглеения прослеживается под органогенным горизонтом или непосредственно над мерзлотным экраном. Реакция почв кислая или сильнокислая. Минеральная толща

пропитана на большую глубину подвижными слабоокрашенными гумусовыми соединениями и аморфными полуторными окислами.

Болотные мерзлотные (торфяные и остаточнo-торфяные) почвы широко распространены в лесотундре и северной тайге в междуречьях Надым-Пур-Таз, где они занимают обширные территории в комплексе с таежными глеемерзлотными почвами. Морфологические различия между верховыми, переходными и низинными торфянисто- и торфяно-болотными мерзлотными почвами весьма незначительны.

Аллювиальные почвы формируются на возвышенных элементах рельефа поймы, при глубоком залегании грунтовых вод и преимущественно на аллювии легкого механического состава, часто слоистом. Расположены, главным образом, в прирусловой части поймы и по гривам центральной поймы.

2.6 Особенности растительного покрова

Основной особенностью растительного покрова района Пур-Тазовского междуречья является факт его формирования в условиях недостатка тепла, как в воздухе, так и в почве. Именно по причине суровости климатических условий и избыточного увлажнения почв в данном регионе отмечаются низкие числовые значения видового состава растительности.

Территория изучаемого междуречья располагается в трех природных зонах: тундра, лесотундра и зона северной тайги. Так как, в ходе экспедиционных выездов на местность, образцы объектов исследования были отобраны в северной части междуречья, которая находится в зоне тундры и лесотундры, приведем основные характеристики растительного покрова именно для этих зон.

На севере Западно-Сибирской равнины в зоне тундр выделяются три подзоны: арктических (северных), мохово-лишайниковых (типичных) и кустарниковых (южных) тундр. Подзона арктических тундр также выпадает из области нашего интереса, так как ее граница проходит значительно севернее нашего междуречья.

Подзона мохово-лишайниковой тундры. В составе растительности данной подзоны, наряду с арктическими и арктоальпскими видами, значительно распространены и даже доминируют в отдельных сообществах гипоарктические растения (карликовая березка, голубика, багульник и др.). Количество представителей бореальной флоры здесь возрастает. В этой подзоне господствуют моховые и лишайниковые тундры в сочетании с гипново-травяными и дикраново-лишайниково-сфагновыми. Растения располагаются в три яруса: кустарники, кустарнички и трава, мхи и лишайники. Иногда они переплетаются, образуя общий ярус. Пестрый и мозаичный растительный покров в типичных тундрах представлен многообразными ассоциациями. Моховые тундры

довольно широко распространены на дренированных суглинистых грунтах, защищенных зимой снежным покровом. Моховой покров состоит преимущественно из зеленых мхов, в которых преобладают: *Aulacomnium turgidum*, *A. palustre*, *Hylocomium proliferum*, *Polytrichum commune*, *P. strictum*, к ним примешиваются *Ptilidium ciliare*, *Dicranum elongatum*, *Drapenocladus exannulatus*, *D. fuscescens*. В напочвенном покрове присутствуют лишайники (*Cladonia mitis*, *C. rangiferina*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*).

Подзона кустарниковой тундры. В подзоне кустарниковых тундр климатические условия благоприятнее, чем в предыдущей подзоне. Здесь заметно длительнее вегетационный период. Снежный покров залегает более равномерно, полностью прикрывая кустарниковый ярус, защищая надземную часть растений от зимних холодов. Отличительной особенностью этой подзоны является широкое развитие в растительном покрове кустарников с преобладанием ерника, ивы сизой и ивы мохнатой. Растения здесь располагаются также в три яруса. Первый ярус составляют кустарники, среди которых, кроме перечисленных видов, довольно часто встречаются ивы филиколистная (*Salix phylicifolia*), лапладнская (*Salix lapponica*) и другие. Высота кустарников на повышенных участках рельефа часто превышает 25-50 см, а в понижениях высота достигает 1-1,5 м, местами даже до 2,5 метров. В травянисто-кустарничковой ярусе обычными являются брусника, голубика (*Vaccinium uliginosum*), шикша (*Empetrum hermaphroditum*), багульник, ива монетовидная, а из трав – осока мечелистная, мытник судетский (*Pedicularis sudetica*), овсяница овечья (*Festuca ovina*), пушица узколистная, валериана. Маломощный мохово-лишайниковый ярус представлен: *Racomitrium hypnoides*, *Tomenthypnum nitens*, *Hylocomium splendens*, *Aulacomnium turgidum*, *Pleurozium schreberi*, *Peltigera apthosa*, *Cetraria cucullata*, *Cladonia gracilis*, *Cornicularia divergens*, *Alectoria ochroleuca* [32].

Зона Лесотундры. Главной характеристикой флористического состава данной зоны является наличие и распространений редколесий лиственницы (*Larix sibirica*), которые достаточно изрежены и имеют чрезвычайную пестроту и неоднородность нижних ярусов. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *Vaccinium minus*, *Arctous alpina*, *Pyrola minor*, *Empetrum nigrum*. Из растений травянистого яруса преобладают *Veratrum lobelianum*, *Antennaria villefera*, *Carex arctisibirica* и *Equisetum pretense*. Достаточно богат кустарниковый ярус из *Duschekia fruticosa*, *Juniperus communis*, *Betula nana*, *Lonicera altaica*. Одной из главных отличительных черт лиственничных редколесий является факт малой эдификаторной роли древесного яруса, поэтому представители травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов обычно формируются вне зависимости

от него, и подвержены большим влияниям основных природных условий данной местности [33].

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Отбор образцов и первичная подготовка проб снегового покрова

Пробы снега отбирались в первой декаде апреля 2017 года в соответствии таблицей 1, предварительно район отбора проб был разделен на три территории с различной техногенной нагрузкой:

- Фоновая территория, пробы (Φ_1 - Φ_5) отбирались на расстоянии 400-600 метров от дороги, с целью исключить техногенное влияние;
- урбанизированная территория, пробы (T_1 - T_6) отбирались с территории поселка Тазовский;
- территория промышленного освоения пробы ($HЗ_1$ - $HЗ_6$) отбирались вблизи объектов нефтегазодобывающей промышленности, а также у промышленных объектов вахтового поселка Новозаполярный.

Таблица 1 – Координаты отбора проб снега для исследований

Шифр пробы	Территория	Координаты
Φ_1	Фоновая	N67° 00.890' E79° 06.909'
Φ_2		N67° 02.712' E79° 03.232'
Φ_3		N67° 05.997' E78° 59.912'
Φ_4		N67° 18.326' E78° 49.816'
Φ_5		N67° 20.626' E78° 44.611'
T_1	Урбанизированная	N67° 27.859' E78° 40.243'
T_2		N67.466953 E78.689296
T_3		N67° 29.315' E78° 41.987'
T_4		N67° 28.617' E78° 43.493'
T_5		N67° 28.344' E78° 42.614'
T_6		N67° 28.507' E78° 42.894'
$HЗ_1$	Промышленного освоения	N66° 57.257' E79° 27.288'
$HЗ_2$		N66° 56.315' E79° 32.123'
$HЗ_3$		N66° 53.941' E79° 39.789'
$HЗ_5$		N66° 44.725' E79° 34.580'
$HЗ_6$		N66° 44.769' E79° 33.615'
$HЗ_7$		N66° 44.634' E79° 30.759'

Источник: Составлена автором

Образцы снегового покрова были отобраны с помощью весового снегомера ВС-43, на месте отбора проб также были измерены мощность снегового покрова, влагозапас, плотность и объем снега (таблица 2) согласно инструкции прибора. После извлечения керна удаляли нижний, прилегающий к земле слой, извлекали крупные инородные включения механического происхождения (ветки, листья, кусочки мерзлого грунта).

Опробование выполнено по методу «конверта» - снег в пункте наблюдений отобран из пяти дискретных точек, расстояние между которыми не превышало один метр. Пробы тщательно перемешивались и помещались в специально подготовленные чистые полиэтиленовые пакеты [34] Пробы были доставлены в город Тюмень в мерзлом состоянии, после их таяния был определен фактор рН и удельная электропроводность с использованием цифрового кондуктометра LF 539 для общей оценки присутствия водорастворимых ионов, данные этих измерений приведены в таблице 2. Затем производилось фильтрование талой воды через химически чистый фильтр «синяя лента» в предварительно отмытые бидистиллированной водой новые ПЭТ-бутылки. Таким образом были получены суммарные пробы для измерения содержания водорастворимых форм тяжелых металлов (мкг/дм^3) методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии с электротермической атомизацией (прибор «Спираль 17») [35]. Остаток нерастворимой взвеси, осадившейся на фильтре, подсушивался, при необходимости из него удалялись крупные инородные включения. Высушенные фильтры помещались в чистые полиэтиленовые пакеты для проведения дальнейшего анализа.

Таблица 2 – Сведения о пробах снега и талой воде

Проба	Территория отбора	Мощность снежного покрова, см	Вес пробы	Влагозапас	Объем снега	Плотность снега г/см^3	рН	УЭП $\mu\text{S/см}$
Ф ₁	Фоновая	83	24,9	4,98	4150	0,006	4,2	105
Ф ₂		70	20,2	4,04	3500	0,0058	4,4	110
Ф ₃		37	10,2	2,04	1850	0,0055	4,4	107
Ф ₄		70	22,7	4,54	3500	0,0065	4,4	121
Ф ₅		73	19,7	3,94	3650	0,0054	4,5	112
Т ₁	Урбанизованная	110	32,1	6,42	5500	0,0058	5,6	120
Т ₂		59	17,5	3,5	2950	0,0059	5,8	162
Т ₃		62	16,1	3,22	3100	0,0052	5,5	142
Т ₄		64	14,1	2,82	3200	0,0044	5,7	139
Т ₅		30	7,5	1,5	1500	0,005	5,2	137
Т ₆		33	8,1	1,62	1650	0,0049	6,1	185
НЗ ₁	Промышленного освоения	81	28,9	5,78	4050	0,0071	4,4	188
НЗ ₂		60	21,9	4,38	3000	0,0073	5,5	129
НЗ ₃		63	22,1	4,42	3150	0,007	5,6	139
НЗ ₅		74	20,2	4,04	3700	0,0055	4,2	184
НЗ ₆		52	17,5	3,5	2600	0,0067	5,2	162
НЗ ₇		72	24,1	4,82	3600	0,0067	5,4	182

Источник: Составлена автором

3.2 Отбор образцов и первичная подготовка проб торфяных отложений верхового типа

Отбор проб торфяных отложений верхового типа был проведен в ходе экспедиционного выезда в августе 2017 года. Пробы отбирались согласно с таблицей 3. Для сопоставимости результатов исследования район отбора образцов был также разделен на три территории: фоновая, урбанизированная, промышленного освоения. Пробы торфа отбирались в точках с координатами максимально приближенных к точкам отбора снега.

Таблица 3 – Сведения о точках отбора проб торфяных отложений

Шифр пробы	Координаты	Мощность слоя, см	СТС, см	Краткое описание пробы
Ф ₁	N67°02'32,81" E79°09'	13	>100	Поверхностный торф слабой степени разложения, темно-коричневого цвета, с большим количеством корней ДР
Ф ₂	N67°02'36,02" E79°03'24,1"	8	>100	Сфагновый слаборазложившийся торф (отмерший сфагнум) светло-серого цвета, увлажненный с остатками растительности
Ф ₃	N67°06'42,50" E78°59'32,0"	10	83	Сфагновый торф коричневого цвета с корешками растительности, слаборазложившийся, слегка увлажненный
Ф ₄	N67°18,326' E78°49,816'	12	50	Слаборазложившийся слоистый торф темно-коричневого цвета со слабой степенью увлажнения, наличие корней ДР
Ф ₅	N67° 20,626' E78° 44,611'	7	32	Сфагновый слаборазложившийся торф (отмерший сфагнум) светло-серо-коричневого цвета, с остатками корешков и стеблей
Т ₁	N67°28'15,02" E78°41'16,00"	2	74	Слаборазложившийся торф темно-коричневого цвета с остатками отмершей растительности
Т ₂	N67°28'31,08" E78°40'41,06"	2	>100	Слаборазложившийся торф темно-коричневого цвета с остатками отмершей растительности
Т ₃	N67°28'33,09" E78°40'06,07"	7	97	Рыхлый слаборазложившийся торф темно-коричневого цвета с остатками кустарничковой растительности
Т ₄	N67°27'52,02" E78°40'08,01"	10	50	Слаборазложившийся рыхлый торф темно-коричневого цвета
НЗ ₁₋₃	N66°44'32,69" E79°34'45,49"	10-15	~45	Поверхностный слаборазложившийся торф светло-коричневого цвета
НЗ ₂	N66°54'40,00" E79°39'44,21"	10	36	Слаборазложившийся торф светло-коричневого цвета с наличием остатков корней ДР
НЗ ₃	N66°56'10,01" E79°32'06,87"	10	30	Лишайнико-сфагновый торф слабой степени разложения
НЗ ₄	N66°57'21,07" E79°26'45,00"	12	38	Сфагновый слаборазложившийся торф светло-коричневого цвета (отмерший сфагнум)
НЗ ₅		17	65	Слоистый слаборазложившийся торф светло-коричневого цвета, слегка увлажненный, с корешками ДР

Источник: Составлена автором

Для отбора образцов производилась прикопка почвенного покрова на глубину проникновения торфяной подушки, после чего лицевая стенка прикопки зачищалась полевым шпателем, затем происходил непосредственно отбор образца, с помощью ножа

вырезались полоски поверхностного торфа мощностью 3-5 см и помещались в подготовленные заранее полиэтиленовые пакеты. В точке отбора проб замерялась глубина СТС (сезонно-талый слой) и проводилось описание растительного состава местности. Перед транспортировкой в город Тюмень образцы торфа были тщательно просушены и упакованы. Проба НЗ₁ была отобрана в трехкратной повторности на разных элементах рельефа и в дальнейшем получила шифровку НЗ₁₋₁ (заболоченное понижение), НЗ₁₋₂ (равнинный участок) и НЗ₁₋₃ (бугор пучения).

3.3 Аппаратура для измерений

Количественный химический анализ проб производился в лаборатории Центра коллективного пользования института химии ТюмГУ. Для измерения использовались три прибора – лабораторный кондуктометр «LF 539», атомно-абсорбционный спектрофотометр «Спираль-17» и атомно-абсорбционный спектрометр «СонтАА 300».

Автоматизированный лабораторный кондуктометр «LF 539» (рисунок 2), имеет встроенную калибровку и функцию измерения температуры. Прибор снабжен коаксиальным металлическим датчиком – шипом, его отличает высокая чувствительность, автоматический выбор диапазонов измерения (от 10^{-7} до 1 S/см) и хорошая воспроизводимость результатов. Время измерения одной пробы не превышает 15-ти секунд.

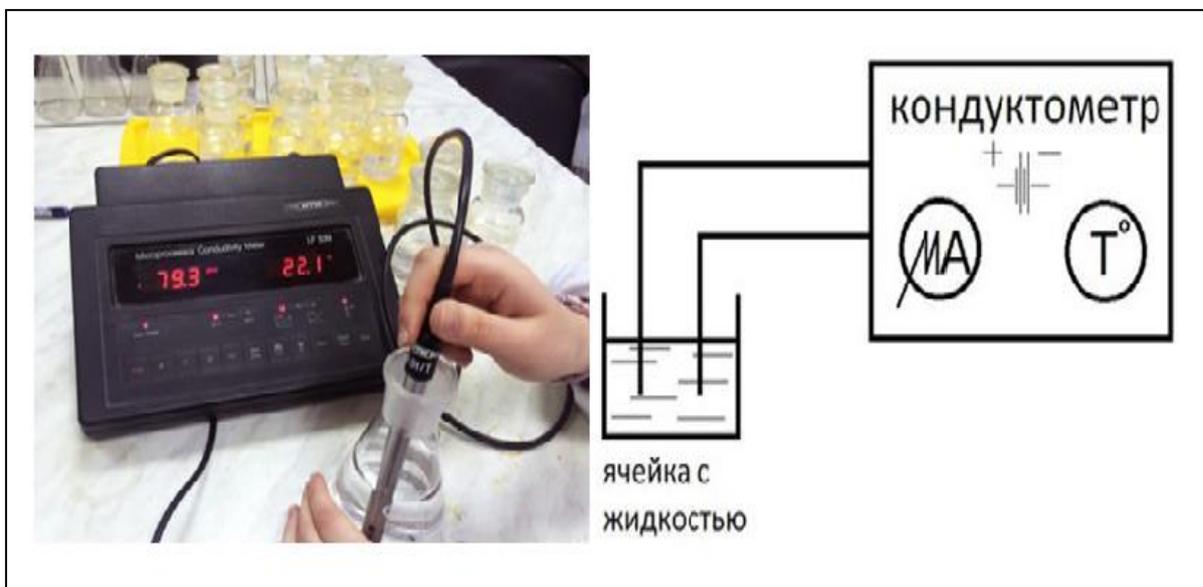


Рисунок 2 – Лабораторный кондуктометр LF 539. Источник: фото автора

Спектрофотометр «Спираль-17» внесен в Госреестр средств измерений для экологических исследований (рисунок 3). Спектральный диапазон 200 - 600 нм соответствует положению резонансных длин волн большинства химических элементов. В качестве резонансных источников используют спектральные лампы тлеющего разряда с

полым катодом типа ЛСП-6. В таблице 4 приведены рабочие диапазоны определяемых концентраций и аналитические длины волн для различных элементов.

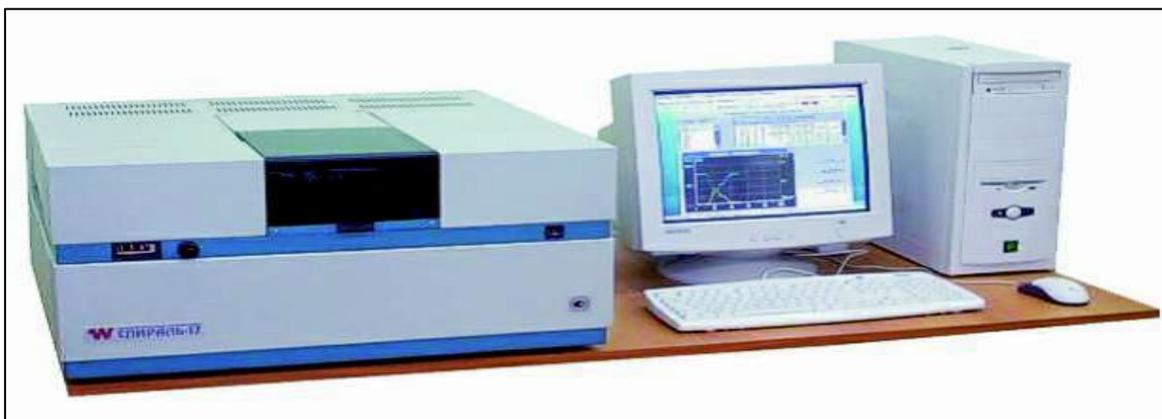


Рисунок 3 – Атомно-абсорбционный спектрофотометр «Спираль-17». Источник: http://granat-e.ru/spiral_17.html

Спектральный диапазон 200 - 600 нм соответствует положению резонансных длин волн большинства химических элементов. В качестве резонансных источников используют спектральные лампы тлеющего разряда с полым катодом типа ЛСП-6. В таблице 4 приведены рабочие диапазоны определяемых концентраций и аналитические длины волн для различных элементов.

Таблица 4 – Аналитические параметры элементов для прибора «Спираль-17»

Элемент	Аналитические длины волн λ , нм	Диапазоны опр. конц., мкг/дм ³
Fe	248,3	20-200
Ni	232,0	15-150
Cr	357,9	3-30
Mn	279,5	4-30
Zn	213,9	30-250
Cu	324,8	3-30
Pb	217,0	3-50
Cd	228,8	0,5-10

Источник: Спектрофотометр атомно-абсорбционный «Спираль-17» // Руководство по эксплуатации ПВИФ. 414217.003 РЭ.

Отбор пробы на спиральный вольфрамовый атомизатор осуществляется автоматически с помощью пробоотборника, который управляется программно от ПЭВМ через устройство управления пробоотбором. Пробы, помещенные в специальные чашки, устанавливаются на столик транспортера проб (16 проб одновременно).

Для создания поглощающего слоя свободных атомов атомизатор переводит пробу в атомарное состояние путем нагрева.

В процессе измерений спектрофотометр выполняет в указанной последовательности следующие функции:

- отжиг атомизатора, в процессе которого происходит очистка поверхности спирали путем нагрева ее импульсом тока до 2000 - 3000°C;

- отбор пробы производится путем кратковременного погружения спирали в пробу, при этом доза пробы удерживается во внутреннем объеме спирали за счет сил поверхностного натяжения жидкости;
- высушивание пробы - нагрев атомизатора пропусканием через него тока до температуры равномерного испарения растворителя без вскипания и разбрызгивания;
- термообработка - нагрев до температуры, при которой матрица пробы максимально распадается, но не происходит улетучивания исследуемого элемента;
- атомизация - нагрев атомизатора с высокой скоростью импульсом тока до заданной температуры с целью получения максимальной плотности поглощающего слоя атомов, исследуемого элемента. Измерение содержания элемента производится по площади поглощения сигнала атомов.

Для предотвращения окисления нагрев атомизатора осуществляется в среде инертного газа - аргона. Проба отбирается на атомизатор автоматически с помощью пробоотборника.

Спектрометр атомно-абсорбционный «ContrAA 300» (рисунок 4) представляет собой многоцелевой автоматизированный стационарный прибор.



Рисунок 4 – Атомно-абсорбционный спектрометр ContrAA 300. Источник: <http://unix-i.ru>

Атомизация проб проводится в пламенном атомизаторе. В пламенной горелке в зависимости от анализируемых элементов используется пламя: «ацетилен - воздух», «ацетилен - закись азота». Оптическая система приборов базируется на двойном полихроматоре высокого разрешения с дифракционной решеткой и призмой. В качестве

источника сплошного спектра используется ксеноновая лампа. Полихроматор обеспечивает выделение спектрального интервала в области атомной линии поглощения. Сегментированный твердотельный детектор (фотодиодная матрица) обеспечивает регистрацию поглощения света по контуру атомной линии поглощения.

Современное программное обеспечение прибора позволяет полностью контролировать процесс измерений – от юстировки спектрометра, построения и проверки адекватности калибровочной зависимости до анализа получаемых результатов с использованием статистических алгоритмов.

3.4 Методы лабораторной обработки проб

3.4.1 Лабораторная обработка проб снегового покрова

В снеговом покрове определялось содержание восьми тяжелых металлов (Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Pb, Zn, Cd) в жидкой (фильтрат талой воды) и твердой, оставшейся на фильтре, фазах. В жидкой фазе определялась концентрация водорастворимых форм элементов прямыми измерениями на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Спираль-17»

Остаток нерастворимой взвеси, оставшейся на фильтре, подсушивался, при необходимости из него удалялись крупные инородные включения. Образцы взвеси, выделенной из снега, вместе с фильтром были озолены в фарфоровых тиглях с использованием программируемой муфельной печи сначала при подъеме температуре до 400°C в течении одного часа и затем при температуре 550°C в течении двух часов. Такой процесс минимизирует потери элементов при минерализации пробы и соответствует методическим указаниям [36]. Полученная зола растворялась в 40 мл 5М азотной кислоты марки о.с.ч., при интенсивном встряхивании на подогреваемом до 95 °С лабораторном роботе в течение 2 часов, для анализа использовались как исходные, так и разбавленные в соотношении 1:5 растворы.

Определение содержания тяжелых металлов в пробах нерастворимой взвеси осуществлялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборах «ContrAA 300» с пламенной атомизацией и «Спираль 17» с электротермической атомизацией, выбор прибора производился в зависимости от интервала концентраций металлов в пробе: для интервалов мг/дм³ – пламенный атомизатор, а для мкг/дм³ – вольфрамовая спираль в аргоновой среде. Данные, полученные в перекрывающихся диапазонах концентраций сравнивались, анализировалось их соответствие и отсутствие мешающих влияний. Чтобы оценить соотношение растворимой и нерастворимой форм металлов, было рассчитано количество взвешенной компоненты в одном килограмме снега, при таянии которого получается 1 дециметр воды, поэтому для удобства сравнения используется размерность в мкг/дм³.

3.4.2 Подготовка проб торфяных отложений

Для анализа использовался воздушно-сухой измельченный и гомогенизированный образец пробы торфа, масса которого в лабораторных условиях (температура 20-25 °С и влажность воздуха 50-60%) не изменялась. Для озоления в фарфоровых тиглях отбиралась навеска торфа 3-5 г (по вместимости тигля с точной фиксацией массы тигля m_T до 0,01 г), температурно-временная программа озоления поддерживалась электронным контроллером муфельной печи и содержала 2 основные стадии: предварительное разрушение органической матрицы (400 °С, 1 час) и минерализация (550 °С, 3 часа). После охлаждения тигля производилось взвешивание полученной золы (масса золы m_3) на электронных весах с точностью до 0,001 г, а по соотношению масс m_3/m_T определялась зольность (пересчет на %), пропорциональная содержанию минеральных компонент. Все данные о навесках образцов торфа, процента зольности и массы полученной золы приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Сведения о навесках проб (в граммах) торфа для озоления и приготовления растворов

Проба	Масса навески торфа m_T	Масса золы m_3	Процент зольности	Навеска золы для анализа $m_{за}$
Ф1	5,60	2,70	48,2	0,50
Ф2	3,46	0,20	5,8	0,20
Ф3	4,90	0,18	3,7	0,18
Ф4	4,24	0,64	15,1	0,64
Ф5	2,97	0,22	7,4	0,22
Т1	3,20	1,20	37,5	0,50
Т2	4,90	2,01	41	0,50
Т3	4,87	0,99	20,3	0,50
Т4	4,92	0,97	19,7	0,50
НЗ1-1	3,35	1,95	58,2	0,50
НЗ1-2	4,87	1,99	40,9	0,50
НЗ1-3	4,97	2,16	43,5	0,50
НЗ-2	3,52	0,13	3,7	0,13
НЗ-3	3,48	0,11	3,2	0,11
НЗ-4	3,59	0,53	14,8	0,53
НЗ-5	4,30	0,61	14,2	0,61

Источник: Составлена автором

Проведение анализа на содержание тяжелых металлов (Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Pb, Zn, Cd) в золе методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии выполнялось в соответствии с «Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» [37]. Для приготовления исходных

растворов металлов в 50 мл 5М азотной кислоты марки о.с.ч. использовалась навеска золы до 0,5 г (с точной фиксацией массы до 0,001 г) в конических термостойких колбах, растворение производилось при интенсивном встряхивании на лабораторном роботе с подогревом 95 °С в течение 2 часов. После остывания объем раствора точно доводился до 50 мл фоновым раствором 5М азотной кислоты, нерастворимый осадок отфильтровывался и производилось разбавление раствора 1:5 бидистиллированной водой для определения концентрации элементов в растворе методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии.

3.4.3 Атомно-абсорбционный анализ растворов тяжелых металлов

Для измерения каждого элемента производилась градуировка шкалы концентрации приборов на свежеприготовленных 3-5 растворах из ампул ГСО РМ, проверялась линейность и адекватность калибровочной зависимости.

Тип атомизации (пламенный или электротермический) выбирался в зависимости от величины концентраций элемента, при необходимости (например, при определении концентраций железа) делалось дополнительное разбавление. Все полученные серии данных анализировались на соответствие в пределах инструментальных погрешностей измерения, каждый результат по двум независимым измерениям оценивался на сходимость и воспроизводимость величин. Каждое измерение концентрации элементов в пробах оценивалось на сходимость, воспроизводимость и среднее квадратичное отклонение (СКО) на основе двух независимых испытаний, в случае неудовлетворительного результата производилось повторное измерение или выяснялась причина погрешности, в протокол отбирались результаты с погрешностью, не превышающей 15-20 %, в большинстве случаев величины СКО не превышали 10 %. Анализ каждого элемента производился на наиболее чувствительных резонансных аналитических длинах волн абсорбции – таблица 4.

При измерениях величины концентраций находились в пределах калибровочного диапазона, при необходимости растворы пропорционально разбавлялись (для Fe и Mn). За результат принимают среднее двух параллельных определений. В большинстве случаев при измерениях величина среднего квадратичного отклонения не выходила за диапазон 10-15%.

3.5 Методы математической обработки данных

По достоверно найденной концентрации элемента в растворе (раздел 3.4.3) рассчитывались массовые доли содержания элемента в золе и торфе (мг/кг), с вычетом содержания элементов в фоновом растворе азотной кислоты, учетом всех произведенных разбавлений и взятых навесок торфа и золы для приготовления растворов согласно следующей формуле 1:

$$\frac{(Ci - Ck) * Vp * 1000}{mт} * \frac{mз}{mза}, \quad (1)$$

Где Ci – определяемая концентрация элемента в растворе золы 5М HNO_3 (мк/дм³),

Ck – определяемая концентрация элемента в холостом растворе 5М HNO_3 (мк/дм³),

Vp – объем раствора 5М HNO_3 для растворения золы (0,05 дм³),

$mт$ – масса пробы воздушно-сухого торфа для озоления (г),

$mза$ – масса золы для приготовления раствора (г),

$mз$ – масса всей золы после термообработки (г).

Вычисление производилось с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel. Для обоснования полученных результатов выполнены расчёты коэффициенты множественной корреляций для каждого из апробированных участков между элементами и значениями рН, и удельной электропроводности для образцов снега, а также между элементами и значениями зольности для проб торфа. Рассчитаны средние значения и значения стандартного отклонения для каждой пробы. Для оценки экологической ситуации, как для проб снега, так и для проб торфяных отложений были определены коэффициенты концентрации (Kс) и показатель суммарного загрязнения (Zс).

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ МЕТАЛЛОВ В ПУР-ТАЗОВСКОМ МЕЖДУРЕЧЬЕ

В ходе проведенных лабораторных исследований были получены количественные значения концентрации и содержания тяжелых металлов в объектах исследования. Согласно методике, описанной в главе 3 настоящей работы, в процессе обработки пробы снегового покрова были разделены на две фазы – профильтрованная талая снеговая вода и нерастворимая взвесь, оставшаяся на фильтре. Соответственно, в Приложении А приведены результаты лабораторных измерений для талой снеговой воды, а в Приложении Б представлены данные о содержании тяжелых металлов в пробах нерастворимой фазы снега.

Другим объектом исследования являются образцы проб торфяных отложений. Содержание тяжелых металлов в пробах торфа приведено в Приложении В. Для наглядности приведем графики концентраций элементов для снеготалой воды (Приложение Г), и гистограммы содержания элементов для проб торфяных отложений (Приложение Д).

4.1 Фоновая территория

Оценка фоновых параметров необходима для определения «точки отсчета» при анализе антропогенного воздействия. Для определения фоновых показателей была проведена математическая обработка полученных результатов. В таблице 6 представлены концентрации элементов в фоновых пробах, а также статистические параметры – среднее арифметическое и стандартное отклонение. Невысокие расчетные значения величины стандартного отклонения позволяют сделать вывод, что поступление тяжелых металлов в фоновые пробы связано с природными процессами и явлениями.

Для дальнейшего анализа необходимо привести матрицы множественной корреляций для каждой из опробованных природных сред, для фоновых проб снегового покрова приведем две матрицы, одна из них будет показывать корреляционные связи между металлами для талой снеговой воды (таблица 7), а вторая для проб нерастворимой взвеси из золы фильтров (таблица 8).

В таблице 9 приведены значения корреляций для проб торфа, отобранных с фоновой территории. В матрице корреляционных связей снеготалой воды из расчетов исключены никель и свинец, так как они не были обнаружены ни в одной из проанализированных проб.

Таблица 6 – Показатели химического состава и статистические параметры для проб объектов исследования, отобранных с фоновой территории

Фоновая территория										
Пробы талой снеговой воды, мкг/л										
проба	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
Ф ₁	0,07	0,03	0,07	1	2,58	0	0	13,2	4,25	105
Ф ₃	0,08	0,68	0,33	1	8,3	0	0	15,3	4,42	107
Ф ₄	0,06	0,54	0,16	3,94	2,72	0	0	15,9	4,46	121
Ф ₅	0,04	0,48	0,33	1	4,48	0	0	15,3	4,52	112
X	0,06	0,433	0,22	1,74	4,52	0	0	14,93	4,41	111,25
σ	0,02	0,281	0,13	1,47	2,66	0	0	1,18	0,12	7,14
Пробы нерастворимой фазы снега, мкг/л										
проба	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
Ф ₁	0,01	0,1	1,4	57	2,4	0,4	0,13	2,7	4,25	105
Ф ₂	0,01	0,14	0,9	32	2,1	0,8	0,24	1,4	4,4	110
Ф ₃	0,02	0,24	1,6	16	2,4	0,6	0,31	4,4	4,42	107
Ф ₄	0,01	0,03	0,9	4	0,9	0,1	0,07	4,9	4,46	121
Ф ₅	0,02	0	1,6	0	0,4	0,5	0,02	1,6	4,52	112
X	0,014	0,102	1,28	21,8	1,64	0,48	0,154	3	4,41	111
σ	0,005	0,095	0,36	23,3	0,93	0,26	0,12	1,6	0,1	6,2
Пробы торфа, мг/кг воздушно-сухого веса										
проба	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	% зольности	
Ф ₁	0,24	10,46	5,79	9406,6	300,9	10,94	3,76	43,88	48,21	
Ф ₂	0,12	1,76	3,61	1739,9	244,2	4,62	0,87	43,79	5,78	
Ф ₃	0,09	1,23	2,96	5039,8	146,9	2,96	1,95	18,06	3,67	
Ф ₄	0,08	2,98	8,37	4991,8	485,9	5,11	3,68	81,96	15,09	
Ф ₅	0,07	2,73	2,69	1397,3	171,7	2,19	1,75	31,65	7,41	
X	0,12	3,832	4,684	4515,1	269,9	5,164	2,402	43,86	16,03	
σ	0,07	3,773	2,393	3234,7	135,1	3,441	1,27	23,8	18,5	

Источник: Составлена автором

Таблица 7 – Матрица множественной корреляций для фоновых проб снеготалой воды

Матрица корреляций для фоновых проб снеготалой воды								
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	УЭП
Cd	1							
Cr	0,00	1						
Cu	-0,23	0,79	1					
Fe	-0,10	0,25	-0,32	1				
Mn	0,42	0,68	0,78	-0,45	1			
Zn	-0,28	0,91	0,61	0,55	0,32	1		
pH	-0,61	0,79	0,76	0,27	0,27	0,90	1	
УЭП	-0,44	0,42	-0,01	0,91	-0,38	0,75	0,62	1

Источник: Составлена автором

Отмечается наличие корреляции почти для всех металлов, участвующих в выборке с кислотно-щелочными условиями, (исключение железо и марганец), это говорит о том,

что фактор рН играет важную роль при распределении микроэлементов в снеговом покрове. Но в целом, химический состав талой снеговой воды формируется под воздействием различных источников, установить точную природу которых невозможно этим и объясняется отсутствие корреляционных связей между большинством из металлов.

Таблица 8 – Матрица множественной корреляций для фоновых проб нерастворимой фазы снега

Матрица корреляций для фоновых проб нерастворимой фазы снега										
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
Cd	1									
Cr	0,17	1								
Cu	<u>0,82</u>	0,18	1							
Fe	-0,54	0,34	-0,05	1						
Mn	-0,24	<u>0,85</u>	0,03	0,78	1					
Ni	0,25	0,55	0,16	0,25	0,45	1				
Pb	0,08	<u>0,98</u>	0,02	0,32	<u>0,83</u>	0,62	1			
Zn	0,00	0,23	-0,07	-0,26	0,07	-0,65	0,15	1		
pH	0,55	-0,35	0,03	<u>-0,97</u>	-0,78	-0,06	-0,30	0,03	1	
УЭП	-0,22	-0,59	-0,58	-0,69	-0,72	-0,64	-0,52	0,39	0,62	1

Источник: Составлено автором

Для проб нерастворимой фазы снега отмечается обратная корреляция величины удельной электропроводности почти со всеми металлами, за исключением Cd и Zn. Это свидетельствует об увеличении количества атмосферных выпадений Cr, Cu, Fe, Mn, Ni и Pb на участках с малой минерализацией снеготалых вод.

Таблица 9 – Матрица множественной корреляций для фоновых проб торфяных отложений

Матрица корреляций для фоновых проб торфяных отложений									
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	%
Cd	1								
Cr	<u>0,92</u>	1							
Cu	0,21	0,36	1						
Fe	0,79	<u>0,82</u>	0,50	1					
Mn	0,10	0,25	<u>0,98</u>	0,32	1				
Ni	<u>0,95</u>	<u>0,93</u>	0,50	<u>0,85</u>	0,40	1			
Pb	0,45	0,68	<u>0,82</u>	<u>0,81</u>	0,69	0,66	1		
Zn	-0,02	0,13	<u>0,92</u>	0,14	<u>0,98</u>	0,28	0,57	1	
% зольности	<u>0,91</u>	<u>0,99</u>	0,46	<u>0,86</u>	0,34	<u>0,96</u>	0,74	0,22	1

Источник: Составлена автором

Наличие большого количества корреляционных связей разной силы между различными металлами позволяют говорить о том, что формирование фоновых проб

торфа происходит в результате единого процесса, связанного с биологическим накоплением микроэлементов и последующим их накоплением в торфяных отложениях.

Для проверки достоверности необходимо сравнить полученные результаты с литературными. Данное сравнение выполнено в таблице 10 для содержания тяжелых металлов в пробах с фоновой территории для снеготалой воды, и в таблице 11 для проб торфяного покрова с фоновых территорий.

Таблица 10 – Концентрация тяжелых металлов в пробах снеготалой воды (мкг/л) с фоновой территории Пур-Тазовского междуречья в сравнении с литературными данными

Участок	Период наблюдений	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH
Пур-Тазовское междуречье,	2017	<u>0,07</u>	<u>0,0005</u>	<u>0,25</u>	<u>1,0</u>	<u>3,6</u>	н/о	н/о	<u>15,3</u>	<u>4,44</u>
		0,06	0,0003	0,19	1,41	4,02			14,89	4,41
Западная Сибирь, данные [38]	2014	<u>0,047</u>	<u>0,111</u>	<u>0,57</u>	<u>14,6</u>	<u>3,06</u>	<u>0,36</u>	<u>0,051</u>	<u>8,3</u>	<u>5,11</u>
		0,046	0,117	0,63	12,0	2,99	0,36	0,038	8,3	5,44

Примечание: в числителе приведены данные о медианных значениях, в знаменателе значения геометрического среднего. Источник: Составлена автором на основе данных [38]

Таблица 11 – Содержание тяжелых металлов в пробах торфа (мг/кг воздушно-сухого веса) с фоновой территории Пур-Тазовского междуречья в сравнении с литературными данными

Участок	Пур-Тазовское междуречье, наши данные	Север Западной Сибири, данные Московченко Д.В. [39]
Период наблюдений	2017	2006
Элемент		
Cd	<u>0,07-0,24</u> (0,12)	<u><0,02-0,34</u> (0,04)
Cr	<u>1,8-10,5</u> (3,8)	<u>0,9-65</u> (19,5)
Cu	<u>2,7-8,3</u> (4,7)	<u>0,8-13</u> (4,9)
Fe	<u>1397,3-9406,6</u> (4515,1)	<u>0,04-2</u> (0,53)
Mn	<u>146,9-485,9</u> (269,9)	<u>3,6-886</u> (184)
Ni	<u>2,2-10,9</u> (5,2)	<u>1-25</u> (6,8)
Pb	<u>0,9-3,8</u> (2,4)	<u>0,1-32</u> (4,8)
Zn	<u>18,1-82</u> (43,9)	<u>1,2-100</u> (17,8)

Примечание: в числителе приведены пределы колебаний, в знаменателе значения среднего арифметического. Источник: Составлена автором на основе данных [39]

Фоновые величины концентраций тяжелых металлов в пробах талой снеговой воды близки с результатами других исследователей, данный факт подтверждает достоверность лабораторной обработки проб. Близкие значения получились и по торфу фоновых территорий с работой Д.В. Московченко [39], за исключением Fe, что также в целом подтверждает достоверность полученных результатов.

4.2 Урбанизированная территория

Пробы снега и торфа были отобраны в границах поселка Тазовский, с целью оценить антропогенное влияние населенного пункта на экологическое состояние природных сред. В таблице 12 представлены сведения о концентрациях тяжелых металлов для пос. Тазовский в пробах талой снеговой воды, содержание ТМ в нерастворимой взвеси на фильтрах и пробах торфа, также в данной таблице приведены статистические параметры для каждого из анализируемых элементов.

Таблица 12 – Показатели химического состава и статистические параметры для проб объектов исследования, отобранных с урбанизированной территории

Урбанизированная территория										
Пробы талой снеговой воды, мкг/л										
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
T ₁	0,13	0	0,32	1	3,46	0	0	16,6	5,63	120
T ₂	0,005	0,16	0,84	1	10,3	0	0	28	5,81	162
T ₃	0,17	0,08	0,68	2,33	37,4	0	0,5	11,6	5,56	142
T ₄	0,02	0,001	0	1	3,35	0	0	13,9	5,7	139
T ₅	0,08	0	0,16	1	9,94	0	0	26,9	5,28	137
T ₆	0,06	0	0	2,17	7,75	0	0	23,6	6,19	185
X	0,08	0,04	0,33	1,42	12,03	0	0,08	20,1	5,7	147,5
σ	0,06	0,07	0,35	0,65	12,79	0	0,2	6,98	0,3	22,74
Пробы нерастворимой фазы снега, мкг/л										
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
T ₁	0,06	0,14	8,3	42	2,5	0,4	0,28	12,3	5,63	120
T ₂	0,1	0,15	5,9	784	89,4	0,8	0,44	36,4	5,81	162
T ₃	0,12	1,19	8,6	1767	98	1	1,13	43,4	5,56	142
T ₄	0,02	0,16	1	123	3,8	1,9	0,1	7,5	5,7	139
T ₅	0,18	1,05	1,3	951	23	0,8	0,29	32,7	5,28	137
T ₆	0,01	0,14	0,5	133	4	1,3	0,23	7,8	6,19	185
X	0,082	0,472	4,267	633,333	36,783	1,033	0,412	23,35	5,7	147,5
σ	0,065	0,504	3,778	673,686	44,82	0,516	0,369	15,97	0,3	22,74
Пробы торфа мг/кг воздушно-сухого веса										
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	% зольности	
T ₁	0,23	4,31	7,13	9727,5	1406,2	12,38	3,45	67,5	37,5	
T ₂	0,25	5,58	6,15	5890,53	74,66	6,93	3,45	25,84	41,02	
T ₃	0,61	3,84	5,9	1856	74,2	3,82	2,95	29,68	20,33	
T ₄	0,26	4,18	7,29	4828,31	13,21	5,91	2,43	11,43	19,72	
X	0,34	4,48	6,62	5575,59	392,08	7,26	3,07	33,61	29,64	
σ	0,18	0,76	0,69	3252,25	676,73	3,65	0,49	23,92	11,2	

Источник: Составлена автором

По данным таблицы 12, можно заметить, что для выборки металлов немного увеличивается коэффициент стандартного отклонения. Предположительно это связано с тем, что увеличивается поступление элементов из антропогенных источников, приводящее к увеличению показателей варьирования. По аналогии с разделом 4.1 приведем матрицы значений корреляции элементов для проб талой снеговой воды (таблица 13), нерастворимой взвеси снега (таблица 14) и проб торфа (таблица 15) отобранных с урбанизированной территории.

Таблица 13 – Матрица множественной корреляций для проб талой снеговой воды с урбанизированной территории

Матрица корреляций для проб снеготалой воды с урбанизированной территории									
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	pH	УЭП
Cd	1								
Cr	-0,20	1							
Cu	0,17	0,92	1						
Fe	0,50	0,03	0,06	1					
Mn	0,64	0,41	0,56	0,69	1				
Pb	0,71	0,29	0,48	0,69	0,97	1			
Zn	-0,55	0,25	0,07	-0,32	-0,39	-0,60	1		
pH	-0,36	0,08	-0,15	0,41	-0,23	-0,22	0,11	1	
УЭП	-0,44	0,25	-0,05	0,50	0,00	-0,12	0,47	0,79	1

Источник: Составлено автором

Полученное отсутствие большого числа корреляционных связей между элементами подтверждает тезис о том, что формирование химического состава талой снеговой воды это сложный и многофакторный процесс, так же, как и в случае с пробами фоновой территории установить прямой источник поступления не представляется возможным из-за невысоких значений корреляции.

Таблица 14 – Матрица множественной корреляций для проб нерастворимой фазы снега с урбанизированной территории

Матрица корреляций для проб нерастворимой фазы снега, с урбанизированной территории										
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
Cd	1									
Cr	0,79	1								
Cu	0,24	0,19	1							
Fe	0,72	0,87	0,42	1						
Mn	0,49	0,46	0,57	0,84	1					
Ni	-0,52	-0,18	-0,64	-0,20	-0,23	1				
Pb	0,43	0,69	0,67	0,89	0,82	-0,25	1			
Zn	0,83	0,73	0,48	0,93	0,89	-0,41	0,78	1		
pH	-0,80	-0,68	-0,23	-0,47	-0,16	0,32	-0,23	-0,51	1	
УЭП	-0,35	-0,27	-0,45	-0,07	0,11	0,33	-0,07	-0,09	0,79	1

Источник: Составлено автором

Корреляционные связи разной силы между собой имеют практически все элементы и значения участвующие в выборке, данный факт позволяет предположить, что поступление концентраций элементов в нерастворимой форме происходит от одного источника, скорее всего происходит пылевое загрязнение проб локального характера, объектом которого может являться почвенно-грунтовой покров территории поселка.

Таблица 15 – Матрица множественной корреляции для проб торфяных отложений с урбанизированной территории

Матрица корреляций для проб торфяных отложений с урбанизированной территории									
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	% зольн ости
Cd	1								
Cr	-0,55	1							
Cu	-0,69	-0,22	1						
Fe	-0,80	0,30	0,61	1					
Mn	-0,37	-0,13	0,45	0,84	1				
Ni	-0,68	0,16	0,57	0,98	0,93	1			
Pb	-0,21	0,56	-0,32	0,55	0,55	0,58	1		
Zn	-0,18	-0,09	0,18	0,73	0,96	0,84	0,70	1	
% зольн ости	-0,59	0,79	-0,05	0,72	0,49	0,67	0,90	0,54	1

Источник: Составлена автором

Также, как и для проб нерастворимой фазы снега для проб торфа отмечается большое количество корреляционных связей разной силы между элементами, следовательно, процесс накопления тяжелых металлов в торфе также происходит преимущественно от одного источника.

В пробах талой снеговой воды и нерастворимой фазы снега отмечается наличие разных корреляционных значений, следовательно, тяжелые металлы находятся в них в разной форме и отличаются механизмом образования.

Для снеготалой воды характерно загрязнение мелкодисперсными частицами, причиной которого может являться газообразные формы элементов (выбросы от автомобилей, котельных). Для нерастворимой фазы снега преобладает загрязнение крупными частицами грунта, которые содержатся в приземном слое воздуха.

Для оценки экологической ситуации был выполнен расчёт значений коэффициентов концентрации (Kс) и показателя суммарного загрязнения (Zс), для проб нерастворимой фазы снега (таблица 16) и торфяных отложений (таблица17), с урбанизированной территории.

Таблица 16 – Ассоциации элементов-загрязнителей и уровни загрязнения для проб нерастворимой фазы снега с урбанизированной территории

Проба	Ассоциация элементов загрязнителей	Zc	Уровень загрязнения
T ₁	Cu ₆ Cd ₄ Zn ₄ Fe ₂ Mn ₂ Pb ₂ Ni ₁ Cr ₁	15	Низкий, неопасный
T ₂	Mn ₅₅ Fe ₃₆ Zn ₁₂ Cd ₇ Cu ₅ Pb ₃ Ni ₂ Cr ₁	113	Высокий, опасный
T ₃	Fe ₈₁ Mn ₆₀ Zn ₁₄ Cr ₁₂ Cd ₉ Cu ₇ Pb ₇ Ni ₂	185	Очень высокий, очень опасный
T ₄	Fe ₆ Ni ₄ Zn ₃ Mn ₂ Cr ₂ Cu ₁ Pb ₁ Cd ₁	12	Низкий, неопасный
T ₅	Fe ₄₄ Mn ₁₄ Cd ₁₃ Zn ₁₁ Cr ₁₀ Pb ₂ Ni ₂ Cu ₁	89	Высокий, опасный
T ₆	Fe ₆ Zn ₃ Ni ₃ Mn ₂ Pb ₁ Cd ₁ Cr ₁	12	Низкий, неопасный

Источник: Составлена автором

В целом, для снега с поселка Тазовский отмечается факт загрязнения проб, разной интенсивности, наибольшие уровни загрязнения отмечены в точках T₂ и T₃.

Таблица 17 – Ассоциации элементов-загрязнителей и уровни загрязнения для проб торфяных отложений с урбанизированной территории

Проба	Ассоциация элементов загрязнителей	Zc	Уровень загрязнения
T ₁	Mn ₅ Fe ₂ Zn ₂ Cu ₂ Ni ₂ Cd ₂ Pb ₁ Cr ₁	10	Допустимый
T ₂	Cd ₂ Fe ₁ Zn ₁ Cu ₁ Pb ₁ Ni ₁ Cr ₁	4	Допустимый
T ₃	Cd ₅ Zn ₁ Cu ₁ Pb ₁ Cr ₁ Ni ₁	6	Допустимый
T ₄	Cu ₂ Cd ₂ Cr ₁ Fe ₁ Pb ₁ Ni ₁	3	Допустимый

Источник: Составлено автором

Для проб торфяных отложений с урбанизированной территории отмечается допустимый уровень загрязнения, данный факт можно объяснить тем, что по причине отсутствия торфяных почв в центре поселка и вблизи объектов хозяйственной деятельности, пробы торфа отбирались на окраинных частях поселка, которые подвергаются меньшему антропогенному воздействию.

4.3 Территория промышленного освоения

Для анализа техногенного влияния на экологическую обстановку Пур-Тазовского междуречья были отобраны пробы снега и торфяных отложений с территорий промышленного освоения (Новозаполярное месторождение газа). Пробы были отобраны вблизи объектов газодобывающей отрасли хозяйства. По аналогии с предыдущими разделами приведем таблицу 18, отражающую показатели химического состава и статистические параметры для проб объектов исследования, отобранных с территории промышленного освоения. Также по аналогии с предыдущими разделами приведем матрицы корреляционной зависимости элементов в пробах снеготалой воды (таблица 19), нерастворимой фазы снега (таблица 20) и торфа (таблица 21).

Таблица 18 – Показатели химического состава и статистические параметры для проб объектов исследования, отобранных с территории промышленного освоения

Территория промышленного освоения										
Пробы талой снеговой воды, мкг/л										
проба	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
НЗ ₁	0,04	0,49	0,16	3,5	2,56	0	0	18,6	4,43	188
НЗ ₂	0,005	0,5	0,25	2,7	8,84	0	0	16,9	5,59	129
НЗ ₃	0,04	0,78	1,04	1	26	0	0	19,9	5,63	139
НЗ ₅	0,17	0,32	0,15	2,95	2,25	0	0	21,1	4,21	184
НЗ ₆	0,1	0,53	0	2,09	7,82	0	0	46,9	5,29	162
НЗ ₇	0,21	0,5	0,17	4,55	5,27	0	0,5	47,1	5,45	182
X	0,0942	0,520	0,295	2,7983	8,79	0	0,0833	28,417	5,1	164
σ	0,0813	0,148	0,3739	1,2107	8,8442	0	0,2041	14,462	0,62	25,12
Пробы нерастворимой фазы снега, мкг/л										
проба	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
НЗ ₁	0,02	0,11	2	111	1,9	0,5	0,26	5,6	4,43	188
НЗ ₂	0,06	0,15	3	350	6,2	0,8	0,17	13,9	5,59	129
НЗ ₃	0,06	0,43	1,7	1469	38,7	0,4	0,14	51,1	5,63	139
НЗ ₅	0,03	0,07	3,6	19	1,1	0,3	0,12	3,7	4,21	184
НЗ ₆	0,06	0,12	2,9	1466	22,5	0,3	0,32	70,7	5,29	162
НЗ ₇	0,15	0,49	136	52	52,6	1,1	1,03	73	5,45	182
X	0,063	0,228	24,867	577,833	20,5	0,567	0,34	36,333	5,1	164
σ	0,046	0,182	54,448	698,807	21,412	0,32	0,346	32,423	0,62	25,12
Пробы торфа, мк/кг воздушно-сухого веса										
проба	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	% зольности	
НЗ ₁₋₁	0,64	14,5	7,6	13335,7	1920,9	15	4,1	122,2	58,21	
НЗ ₁₋₂	0,57	5,2	8,2	6113	260,7	6,7	5	47,8	40,86	
НЗ ₁₋₃	0,39	9,3	7,4	12625,4	175,1	10	4	35,2	43,46	
НЗ ₂	0,72	2,5	3,8	1508,5	51,1	2,9	2,7	19,5	3,69	
НЗ ₃	0,32	2,4	4	895,1	25,9	2,9	1	5,2	3,16	
НЗ ₄	0,4	5,1	9,9	1353,8	325,9	8,2	1,8	42,1	14,76	
НЗ ₅	0,38	3,3	4,9	3330,2	41,9	4,6	3,1	34,7	14,19	
X	0,49	6,04	6,54	5594,52	400,22	7,19	3,1	43,8	25,48	
σ	0,15	4,41	2,31	5346,61	680,51	4,34	1,39	37,45	21,78	

Источник: Составлена автором

Для проб с промышленной территории становится еще более заметен рост числовых значений стандартного отклонения по сравнению с фоновыми, а для меди, железа и марганца он превышает значения среднего арифметического, все это позволяет продолжить идею о том, что возрастание значений варьирования свидетельствует о возрастании антропогенной роли в формировании химического состава проб, поскольку

влияние антропогенных источников приводит к резкому изменению концентраций по сравнению с фоном.

Таблица 19 – Матрица множественной корреляций для проб снеготалой воды с территории промышленного освоения

Матрица корреляций для проб снеготалой воды с территории промышленного освоения									
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	pH	УЭП
Cd	1								
Cr	-0,47	1							
Cu	-0,37	0,82	1						
Fe	0,57	-0,62	-0,65	1					
Mn	-0,42	0,92	0,93	-0,78	1				
Pb	0,70	-0,07	-0,16	0,71	-0,19	1			
Zn	0,64	-0,04	-0,42	0,32	-0,19	0,63	1		
pH	-0,25	0,70	0,43	-0,30	0,65	0,28	0,29	1	
УЭП	0,66	-0,59	-0,53	0,67	-0,70	0,35	0,29	-0,75	1

Источник: Составлена автором

Матрица корреляционных связей для проб снеготалой воды с территории промышленного освоения показала слабую связь между большинством элементов. Низкие значения корреляции для снеготалой воды отмечались для всех типов участков, поэтому мы можем говорить, что химический состав снеготалой воды в целом формируется в результате разнообразных процессов и наличия разных источников поступления веществ, входящих в состав аэрозолей, выделить из которых основной при таких значениях корреляции не считаем возможным.

Таблица 20 – Матрица множественной корреляций для проб нерастворимой фазы снега с территории промышленного освоения

Матрица корреляций для проб нерастворимой фазы снега с территории промышленного										
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
Cd	1									
Cr	0,79	1								
Cu	0,92	0,70	1							
Fe	-0,07	0,17	-0,37	1						
Mn	0,86	0,94	0,73	0,32	1					
Ni	0,80	0,57	0,81	-0,48	0,48	1				
Pb	0,90	0,63	0,98	-0,30	0,72	0,78	1			
Zn	0,74	0,66	0,55	0,55	0,88	0,26	0,63	1		
pH	0,60	0,64	0,27	0,53	0,66	0,45	0,28	0,66	1	
УЭП	0,01	-0,15	0,35	-0,55	-0,08	-0,02	0,39	-0,09	-0,75	1

Источник: Составлена автором

Матрица корреляции для проб твердой фазы снега с промышленной территории выявила наличие немалого количества связей между элементами халькофильной группы, следовательно, в пробах твердой фазы снега преобладает их накопление от одного

источника в роли которого выступает торфяная пыль подстилающих грунтов, в свою очередь эти элементы накопились в торфе, благодаря биогенной аккумуляции.

Таблица 21 – Матрица множественной корреляций для проб торфяных отложений с территории промышленного освоения

Матрица корреляций для проб торфяных отложений									
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	% зольности
Cd	1								
Cr	0,27	1							
Cu	-0,05	0,50	1						
Fe	0,20	0,91	0,37	1					
Mn	0,43	0,88	0,36	0,66	1				
Ni	0,20	0,98	0,66	0,85	0,86	1			
Pb	0,47	0,54	0,34	0,71	0,37	0,51	1		
Zn	0,44	0,89	0,49	0,71	0,96	0,90	0,55	1	
% зольности	0,27	0,90	0,57	0,93	0,72	0,89	0,81	0,82	1

Источник: Составлено автором

В торфе наблюдается сильная зависимость содержания элементов группы железа (Fe, Mn, Cr) с зольностью проб. Элементы группы меди (Cu, Zn, Cd, Pb) имеют меньшие значения коэффициентов корреляции, несмотря на то, что эти элементы имеют более высокие значения показателей биологического накопления. Таким образом, можно предположить, что зольность проб зависит в значительной степени от поступления частиц минеральной пыли, в которой преобладают сидерофильные элементы.

Для проверки достоверности результатов содержания тяжелых металлов в пробах торфяных отложений, необходимо сравнить наши данные с литературными источниками. Было принято решение сравнить наши данные с работой [], в которой авторами определено содержание тяжелых металлов в торфяных почвах вблизи шламовых амбаров нефтяной промышленности в регионе Среднего Приобья, результат такого сравнения представлен в таблице 22.

По аналогии с предыдущим разделом для оценки экологической ситуации был выполнен расчёт значений коэффициентов концентрации (Kc) и показателя суммарного загрязнения (Zc), для проб нерастворимой фазы снега (таблица 23) и торфяных отложений (таблица 24), с территории промышленного освоения.

Таблица 22 – Содержание тяжелых металлов в пробах торфа (мг/кг воздушно-сухого веса) с территории промышленного освоения Пур-Тазовского междуречья в сравнении с литературными данными

Участок	Период наблюдений	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Пур-Тазовское междуречье, наши данные	2017	0,5	6,0	6,5	5594,5	400,2	7,2	3,1	48,8
Среднее Приобье [40]	2012		3,7± 0,6	7,6± 1,3	53000 ±1800	249± 72	5,7± 1,2	8±1	30±4,4

Источник: Составлена автором на основе данных [40]

Как видно по результатам таблицы, наши значения по содержанию тяжелых металлов с территории промышленного освоения Пур-Тазовского междуречья близки с данными по содержанию тяжелых металлов в торфяных почвах вблизи шламовых амбаров, данный факт подтверждает правильность лабораторной обработки проб и говорит о том, что пробы торфа с территории нашего исследования достаточно загрязнены.

Таблица 23 – Ассоциации элементов-загрязнителей и уровни загрязнения для проб нерастворимой фазы снега с территории промышленного освоения

Проба	Ассоциация элементов загрязнителей	Zc	Уровень загрязнения
НЗ ₁	Fe ₅ Pb ₂ Zn ₂ Cu ₂ Mn ₁ Cd ₁ Cr ₁ Ni ₁	8	Низкий, неопасный
НЗ ₂	Fe ₁₆ Zn ₅ Mn ₄ Cd ₄ Cu ₂ Ni ₂ Pb ₁ Cr ₁	28	Низкий, неопасный
НЗ ₃	Fe ₆₇ Mn ₂₄ Zn ₁₇ Cd ₄ Cr ₄ Cu ₁ Pb ₁ Ni ₁	113	Высокий, опасный
НЗ ₅	Cu ₃ Cd ₂ Fe ₁ Mn ₁ Pb ₁ Zn ₁ Cr ₁ Ni ₁	3	Низкий, неопасный
НЗ ₆	Fe ₆₇ Zn ₂₄ Mn ₁₄ Cd ₄ Cu ₂ Pb ₂ Cr ₁ Ni ₁	108	Высокий, опасный
НЗ ₇	Cu ₁₀₆ Mn ₃₂ Zn ₂₄ Cd ₁₁ Pb ₇ Cr ₅ Fe ₂ Ni ₂	183	Очень высокий, очень опасный

Источник: Составлена автором

Для проб твердой фазы снега с территории промышленного освоения отмечается наличие высокого и очень высокого уровней загрязнений для половины проб. Стоит отметить, что пробы НЗ₆ и НЗ₇ были отобраны на территории поселка Новозаполярный, остальные же пробы отбирались рядом с объектами газодобывающей промышленности, которые располагаются вблизи автодороги Уренгой-Тазовский, поэтому условно данные пробы можно отнести к урбанизированной территории, данный факт позволяет утверждать, что в условиях промышленного освоения региона Пур-Тазовского

междуречья на данный момент наибольшую нагрузку на объекты исследования оказывает урбанизированная территория, а не территории промышленного освоения. Но данное высказывание актуально только в рамках нашей работы, и аспекты нагрузки на природные среды могут в любой момент измениться, поэтому важно продолжать заниматься экологическим мониторингом в условиях промышленного освоения тундровых территорий.

Таблица 24 – Ассоциации элементов-загрязнителей и уровни загрязнения для проб торфяных отложений с территории промышленного освоения

Проба	Ассоциация элементов загрязнителей	Zc	Уровень загрязнения
НЗ ₁₋₁	Mn ₇ Cd ₅ Cr ₄ Fe ₃ Zn ₃ Ni ₃ Pb ₂ Cu ₂	21	Умеренно опасный
НЗ ₁₋₂	Cd ₅ Cu ₂ Pb ₂ Fe ₁ Mn ₁ Zn ₁ Ni ₁ Cr ₁	8	Допустимый
НЗ ₁₋₃	Fe ₃ Cd ₃ Cu ₂ Pb ₂ Ni ₂ Cr ₂ Mn ₁ Zn ₁	8	Допустимый
НЗ ₂	Cd ₆ Cu ₁ Pb ₁ Cr ₁ Ni ₁	6	Допустимый
НЗ ₃	Cd ₃ Cu ₁ Cr ₁ Ni ₁	3	Допустимый
НЗ ₄	Cd ₃ Cu ₂ Ni ₂ Cr ₁ Mn ₁ Zn ₁ Pb ₁	6	Допустимый
НЗ ₅	Cd ₃ Fe ₁ Zn ₁ Cu ₁ Cr ₁ Ni ₁ Pb ₁	3	Допустимый

Источник: Составлено автором

Как и для проб торфяных отложений с урбанизированной, так и для проб с территории промышленного освоения практически отсутствует наличие загрязнения какого-либо опасного уровня. Это можно объяснить тем, что для территории Пур-Тазовского междуречья отмечаются высокие значения содержания и в пробах, которые было принято считать за условно фоновые, большие числовые значения, как в фоновых, так и в пробах с техногенной нагрузкой имеют элементы Fe, Mn и Zn, которые многие авторы предлагают считать типоморфными для данной территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной работы нами были достигнуты все поставленные задачи и основная цель исследования. Главным итогом работы стало получение массива данных о концентрации восьми тяжелых металлов в пробах снегового покрова и их содержанию в торфяных отложениях с территории Пур-Тазовского междуречья. Благодаря этим данным удалось выполнить экологическую оценку исследуемого региона. Результаты измерений, полученные в ходе работы, возможно, использовать в многолетних мониторинговых исследованиях для оценки динамики и выявления тенденций экологической обстановки.

Задачи работы, связанные с изучением литературных источников были выполнены полностью, благодаря чему установлено, что высокие депонирующие свойства снега объясняются тем, что он выступает ядром кристаллизации на поверхности которого сорбируются аэрозоли и взвеси, депонирующие свойства торфа зависят от его структуры (пористость) и химического состава (фульво- и гуминовые кислоты, лигнин), а также выявлено, что природные характеристики региона Пур-Тазовского междуречья способствуют усилению процессов снегонакопления и торфообразования.

При выполнении химических исследований использовались атомно-абсорбционный спектрофотометр «Спираль-17», и атомно-абсорбционный спектрометр «ContrAA 300», лабораторный кондуктометр LF 539 Центра коллективного пользования ТюмГУ и портативный измеритель рН-009(I). Измерения велись в соответствии с аттестованными методиками и инструкциями, что позволило получить достоверные экспериментальные данные.

Как наиболее существенные выводы экспериментального исследования можно отметить:

- возрастание значений варьирования для проб с урбанизированной территории и территории промышленного освоения по сравнению с фоновыми свидетельствует о возрастании антропогенной роли в формировании химического состава проб, поскольку влияние антропогенных источников приводит к резкому изменению концентраций по сравнению с фоном;
- для снеготалой воды характерно загрязнение мелкодисперсными частицами, причиной которого могут являться газообразные формы элементов (выбросы от автомобилей, котельных, объектов промышленности). Для нерастворимой фазы снега преобладает загрязнение крупными частицами грунта, которые содержатся в приземном слое воздуха;
- низкие значения множественной корреляции для снеготалой воды отмечены для всех типов территорий, поэтому мы можем говорить, что химический состав снеготалой

воды в целом формируется в результате разнообразных процессов и наличия разных источников поступления веществ, входящих в состав аэрозолей;

- для проб торфа отмечается большое количество корреляционных связей разной силы между элементами, следовательно, процесс накопления тяжелых металлов в торфе происходит преимущественно от одного источника;

- влияние промышленного освоения территорий крайнего севера вызывает рост экологической опасности до очень опасного уровня для снегового покрова и до умеренно опасного уровня для торфяных отложений.

Проведение экологического мониторинга района Пур-Тазовского междуречья должно быть продолжено, для получения динамики экологического состояния исследуемого региона, при этом результаты настоящей работы должны обязательно учитываться при оценке экологической обстановки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башлаков Я.К. Снежный покров и его влияние на природные процессы, и хозяйственную деятельность Тюменской области. – М.: Наука, 1983. – 164 с.
2. Инструкция для наблюдений над снежным покровом, над метелями и над вскрытием и замерзанием рек. Изд. ГФО и ГГО, 1893 – 1929.
3. Рихтер Г.Д. Роль снежного покрова в физико-географических процессах. – Тр. ин-та географии АН СССР, 1943, т. 40, с. 48-72.
4. Бордон С.В. Формирование геохимических аномалий в снежном покрове урбанизированных территорий // Литасфера. 1996. № 5. С. 172-177.
5. Зинченко Г.С., Павлов В.Е., Суторихин И.А., Хвостов И.В. Элементный состав аэрозоля, накапливаемого в снеговом покрове Алтайского края // Оптика атмосферы и океана, 2006, т. 19, №6. с. 513–517.
6. Колотов Б.А., Киселева Е.А., Рубейкин В.З. К вопросу о вторичном рассеянии рудных месторождений // Геохимия, 1965, № 7, с. 878–880.
7. Елпатьевский П.В. Химический состав снеговых вод и его изменение техногенными факторами // Геохимия зоны гипергенеза и техническая деятельность человека. Владивосток, Дальнаука, 1976, с. 45–63.
8. Сысо А.И., Артамонова В.С., Сидорова М.Ю., Ермолов Ю.В., Черевко А.С. Загрязнение атмосферы, снегового и почвенного покрова г. Новосибирска // Оптика атмосферы и океана, 2005. – Т.18. - № 8. – С. 663-669.
9. Боев В.А., Лежнина А.А., Тяжелые металлы в снежном покрове Тюменского района Тюменской области // Вестник ТюмГУ. 2012. № 7. С. 41-48.
10. Василенко В.Н, Назаров И.Н., Фридман Ш.Б. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985.
11. Тентюков М.П. Особенности формирования загрязнения снежного покрова: морозное конденсирование техногенных эмиссий (на примере районов нефтедобычи в Большеземельской тундре) / М. П. Тентюков // Криосфера Земли. - 2007а. – Т.ХІ. – № 4. – С. 31-41.
12. Пожитков Р.Ю. Выпускная квалификационная работа / Р.Ю. Пожитков. – Тюмень.: ТюмГУ, Институт наук о Земле, 2016. – 68 с. (Кафедра социально-экономической географии и природопользования Института наук о Земле ТюмГУ).
13. Израэль Ю.А., Назаров И.М., Прессман А.Я, Ровинский Ф.Я., Рябошапка А.Г., Филиппова Л.М. Кислотные дожди. Л., 1989. – 269 с.
14. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Недра, 1976, - 487 с.

15. Копаница Н.О., Ковалева М.А. Особенности структур торфа как сырья для производства строительных материалов [Текст] // Вестник ТГАСУ. – 2013. – № 1. – С. 119–124.
16. Наумова Л.Б., Горленко Н.П., Казарин А.И., Химия растительного сырья, 3, 51-56 (2003).
17. Жуйкова А.В., Горленко Н.П., Чернов Е.Б., Наумов Л.Б., Вестник ТГАСУ, 3, (2013).
18. Тюремнов С.Н., Виноградова Е.А. Геоморфологическая классификация торфяных месторождений // Тр. Моск. торф, ин-та. 1953. – Вып.2. – 54 с.
19. Панов В.В. Связь степени разложения с относительной влажностью и плотностью торфяных отложений // Труды Инсторфа. 2014. №9 (62). С.11-15.
20. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М., 1975. 232 с.
21. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа [Карты] / администрация Ямало-Ненецкого автономного округа, эколого-географический факультет Тюменского государственного университета; [сост. и подгот. к изд. ФГУП «Омская картографическая фабрика» в 2004 г. ; гл. ред. С. И. Ларин]. – Омск: Омская картографическая фабрика, 2004. – 304 с. : карты. – Указ. геогр. назв.: с. 299-303. – 3000 экз.
22. Каратаев Г.И. Строение земной коры в Западной Сибири по геофизическим данным. – «Геология и геофизика», 1960, № 11, с. 65–82.
23. Ямало-Гыданская область. Л.: Гидрометеиздат. 1977. 310 с.
24. Фотиади Э.Э., Сурков В.С. Черты сходства и отличия тектонического строения Западно-Сибирской и Туранской плит Урало-Сибирской эпигерцинской платформы. – В кн.: Проблемы нефтегазоносности Сибири. Новосибирск, «Наука», Сиб. отд., с. 70 – 93.
25. Косов Б.Ф., Константинова Г.С. Овражность севера Западной Сибири. – «Природные условия Западной Сибири», 1973, вып. 4, 104 – 115.
26. Косов Б.Ф., Константинова Г.С. Особенности овражной эрозии в тундре. – «Эрозия почв и русловые процессы», 1970, вып. 1, с. 152 – 161.
27. Черниговский Н.Т., Маршунова М.С. Климат Советской Арктики (радиационный режим). Л., Гидрометеиздат, 1965, 200 с.
28. Петров Л.С. Некоторые особенности термического режима западного сектора Советской Арктики. – «Учен. Зап. ЛГУ», сер. геогр., 1959, т. 269, вып. 13, с. 85 – 95.
29. Львович М.И. Реки СССР. М., «Мысль», 1971, 348 с.
30. Агбалян Е.В., Шинкарук Е.В. Уровень химического загрязнения почвы в долине реки лукьяха Тазовского полуострова. // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа, №4 (89). – Материалы семинара «Арктическая медицина, биология, экология» – г. Салехард, 2015г. – С.42- 48.

31. Кукушкин С.Ю. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы при освоении нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной Сибири: автореферат дис. ... кандидата географических наук. - Санкт-Петербург, 2017. - 25 с.
32. Аврамчик М.Н. К подзональной характеристике растительного покрова тундры, лесотундры и тайги Западно-Сибирской низменности. – «Бот, журн.», 1969, т. 54, № 3, с. 410-420.
33. Валеева Э.И., Московченко Д.В., Зональные особенности растительного покрова Тазовского полуострова и его техногенная трансформация // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения, № 9, 2009 г., с. 174-190.
34. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186–89 (действует с 01.07.1991). — М.: Госкомгидромет, 1991.
35. Спектрофотометр атомно-абсорбционный «Спираль-17» // Руководство по эксплуатации ПВИФ. 414217.003 РЭ.
36. Спутник эколога. Методики атомно-абсорбционного и атомно-эмиссионного определения микроэлементов и тяжелых металлов в природных объектах. Ростов-на-Дону, 1991.
37. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. - М.: ЦИНАО, 1992
38. Shevchenko, V. P., Pokrovsky, O. S., Vorobyev, S. N., Krickov, I. V., Manasyrov, R. M., Politova, N. V., Kopysov, S. G., Dara, O. M., Auda, Y., Shirokova, L. S., Kolesnichenko, L. G., Zemtsov, V. A., and Kirpotin, S. N.: Impact of snow deposition on major and trace element concentrations and elementary fluxes in surface waters of the Western Siberian Lowland across a 1700 km latitudinal gradient, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 5725-5746, <https://doi.org/10.5194/hess-21-5725-2017>, 2017.
39. Московченко Д.В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири / Д. В. Московченко // География и природные ресурсы. 2006. № 1. С. 63-70.
40. Водяницкий Ю.Н., Аветов Н.А., Савичев А.Т. Содержание химических элементов в торфяных почвах, засоленных буровыми сточными водами на участке добычи нефти в Среднем Приобье / Ю.Н. Водяницкий, Н.А. Аветов, А.Т. Савичев // Агрохимия. 2013. №1. С. 75-84.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица – Концентрация тяжелых металлов (мкг/л) в пробах талой снеговой воды

проба	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
Ф ₁	0,07	0,03	0,07	< 2	2,58	не обн.	не обн.	13,2	4,25	105
Ф ₃	0,08	0,68	0,33	< 2	8,3	не обн.	не обн.	15,3	4,42	107
Ф ₄	0,06	0,54	0,16	3,94	2,72	не обн.	не обн.	15,9	4,46	121
Ф ₅	0,04	0,48	0,33	< 2	4,48	не обн.	не обн.	15,3	4,52	112
Т ₁	0,13	не обн.	0,32	< 2	3,46	не обн.	не обн.	16,6	5,63	120
Т ₂	< 0,01	0,16	0,84	< 2	10,3	не обн.	не обн.	28	5,81	162
Т ₃	0,17	0,08	0,68	2,33	37,4	не обн.	< 1	11,6	5,56	142
Т ₄	0,02	0,001	не обн.	< 2	3,35	не обн.	не обн.	13,9	5,7	139
Т ₅	0,08	не обн.	0,16	< 2	9,94	не обн.	не обн.	26,9	5,28	137
Т ₆	0,06	не обн.	не обн.	2,17	7,75	не обн.	не обн.	23,6	6,19	185
НЗ ₁	0,04	0,49	0,16	3,5	2,56	не обн.	не обн.	18,6	4,43	188
НЗ ₂	< 0,01	0,5	0,25	2,7	8,84	не обн.	не обн.	16,9	5,59	129
НЗ ₃	0,04	0,78	1,04	< 2	26	не обн.	не обн.	19,9	5,63	139
НЗ ₅	0,17	0,32	0,15	2,95	2,25	не обн.	не обн.	21,1	4,21	184
НЗ ₆	0,1	0,53	не обн.	2,09	7,82	не обн.	не обн.	46,9	5,29	162
НЗ ₇	0,21	0,5	0,17	4,55	5,27	не обн.	< 1	47,1	5,45	182

Источник: Составлена автором

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица – Содержание элементов в нерастворимой фазе снега (мкг/л)

проба	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	pH	УЭП
Ф ₁	0,01	0,1	1,4	57	2,4	0,4	0,13	2,7	4,25	105
Ф ₂	0,01	0,14	0,9	32	2,1	0,8	0,24	1,4	4,4	110
Ф ₃	0,02	0,24	1,6	16	2,4	0,6	0,31	4,4	4,42	107
Ф ₄	0,01	0,03	0,9	4	0,9	0,1	0,07	4,9	4,46	121
Ф ₅	0,02	0	1,6	0	0,4	0,5	0,02	1,6	4,52	112
T ₁	0,06	0,14	8,3	42	2,5	0,4	0,28	12,3	5,63	120
T ₂	0,1	0,15	5,9	784	89,4	0,8	0,44	36,4	5,81	162
T ₃	0,12	1,19	8,6	1767	98	1	1,13	43,4	5,56	142
T ₄	0,02	0,16	1	123	3,8	1,9	0,1	7,5	5,7	139
T ₅	0,18	1,05	1,3	951	23	0,8	0,29	32,7	5,28	137
T ₆	0,01	0,14	0,5	133	4	1,3	0,23	7,8	6,19	185
НЗ ₁	0,02	0,11	2	111	1,9	0,5	0,26	5,6	4,43	188
НЗ ₂	0,06	0,15	3	350	6,2	0,8	0,17	13,9	5,59	129
НЗ ₃	0,06	0,43	1,7	1469	38,7	0,4	0,14	51,1	5,63	139
НЗ ₅	0,03	0,07	3,6	19	1,1	0,3	0,12	3,7	4,21	184
НЗ ₆	0,06	0,12	2,9	1466	22,5	0,3	0,32	70,7	5,29	162
НЗ ₇	0,15	0,49	136	52	52,6	1,1	1,03	73	5,45	182

Источник: Составлена автором

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица – Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в пробах торфяных отложений

проба	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	% зольности
Ф ₁	0,24	10,46	5,79	9406,6	300,9	10,94	3,76	43,88	48,21
Ф ₂	0,12	1,76	3,61	1739,9	244,2	4,62	0,87	43,79	5,78
Ф ₃	0,09	1,23	2,96	5039,8	146,9	2,96	1,95	18,06	3,67
Ф ₄	0,08	2,98	8,37	4991,8	485,9	5,11	3,68	81,96	15,09
Ф ₅	0,07	2,73	2,69	1397,3	171,7	2,19	1,75	31,65	7,41
Т ₁	0,23	4,31	7,13	9727,5	1406,2	12,38	3,45	67,5	37,5
Т ₂	0,25	5,58	6,15	5890,5	74,66	6,93	3,45	25,84	41,02
Т ₃	0,61	3,84	5,9	1856	74,2	3,82	2,95	29,68	20,33
Т ₄	0,26	4,18	7,29	4828,3	13,21	5,91	2,43	11,43	19,72
НЗ ₁₋₁	0,64	14,5	7,6	13335,7	1920,9	15	4,1	122,2	58,21
НЗ ₁₋₂	0,57	5,2	8,2	6113	260,7	6,7	5	47,8	40,86
НЗ ₁₋₃	0,39	9,3	7,4	12625,4	175,1	10	4	35,2	43,46
НЗ ₂	0,72	2,5	3,8	1508,5	51,1	2,9	2,7	19,5	3,69
НЗ ₃	0,32	2,4	4	895,1	25,9	2,9	1	5,2	3,16
НЗ ₄	0,4	5,1	9,9	1353,8	325,9	8,2	1,8	42,1	14,76
НЗ ₅	0,38	3,3	4,9	3330,2	41,9	4,6	3,1	34,7	14,19

Источник: Составлена автором

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

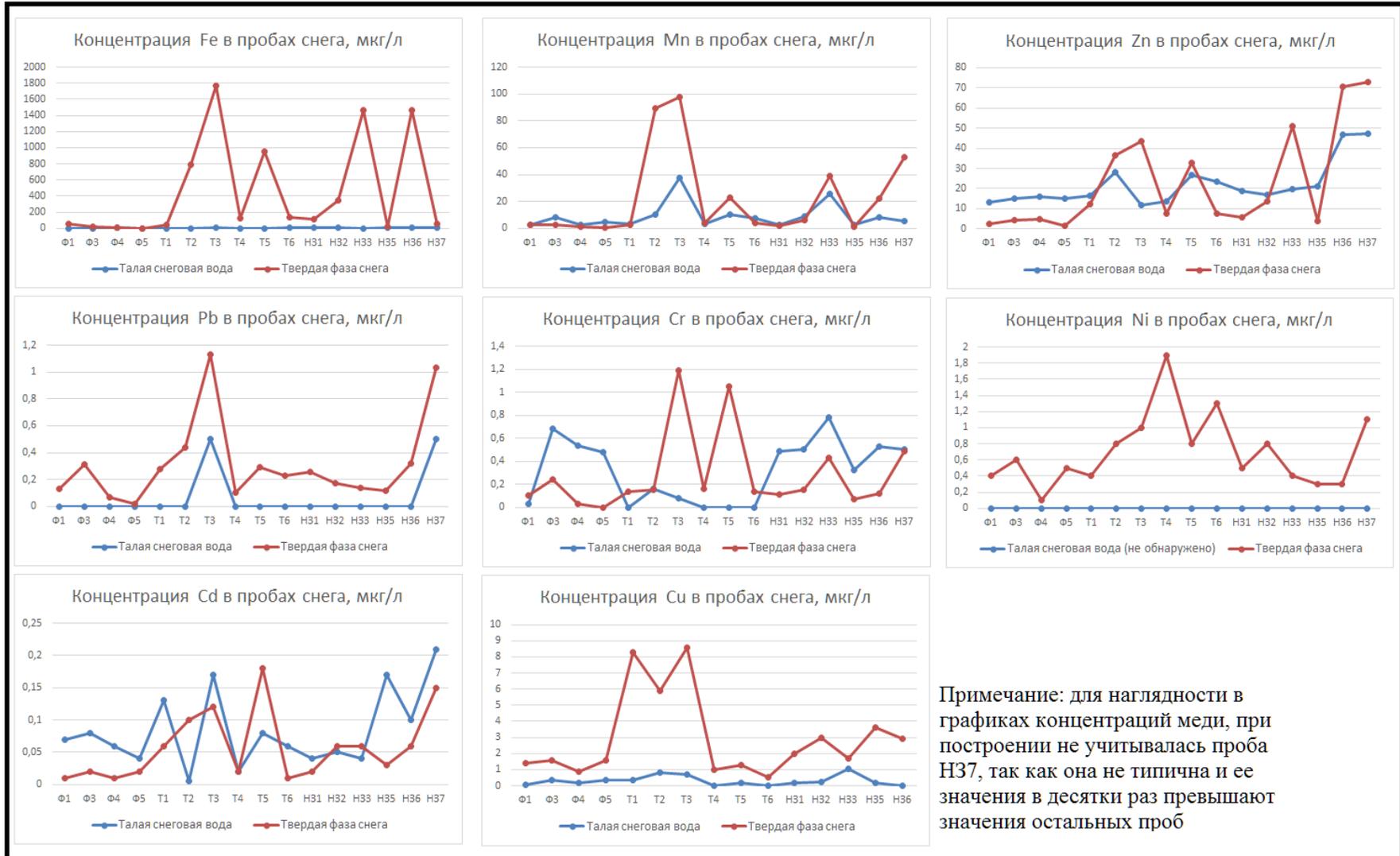


Рисунок – Графики концентраций тяжелых металлов в пробах снегового покрова, мкг/л. Источник: Составлено автором

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

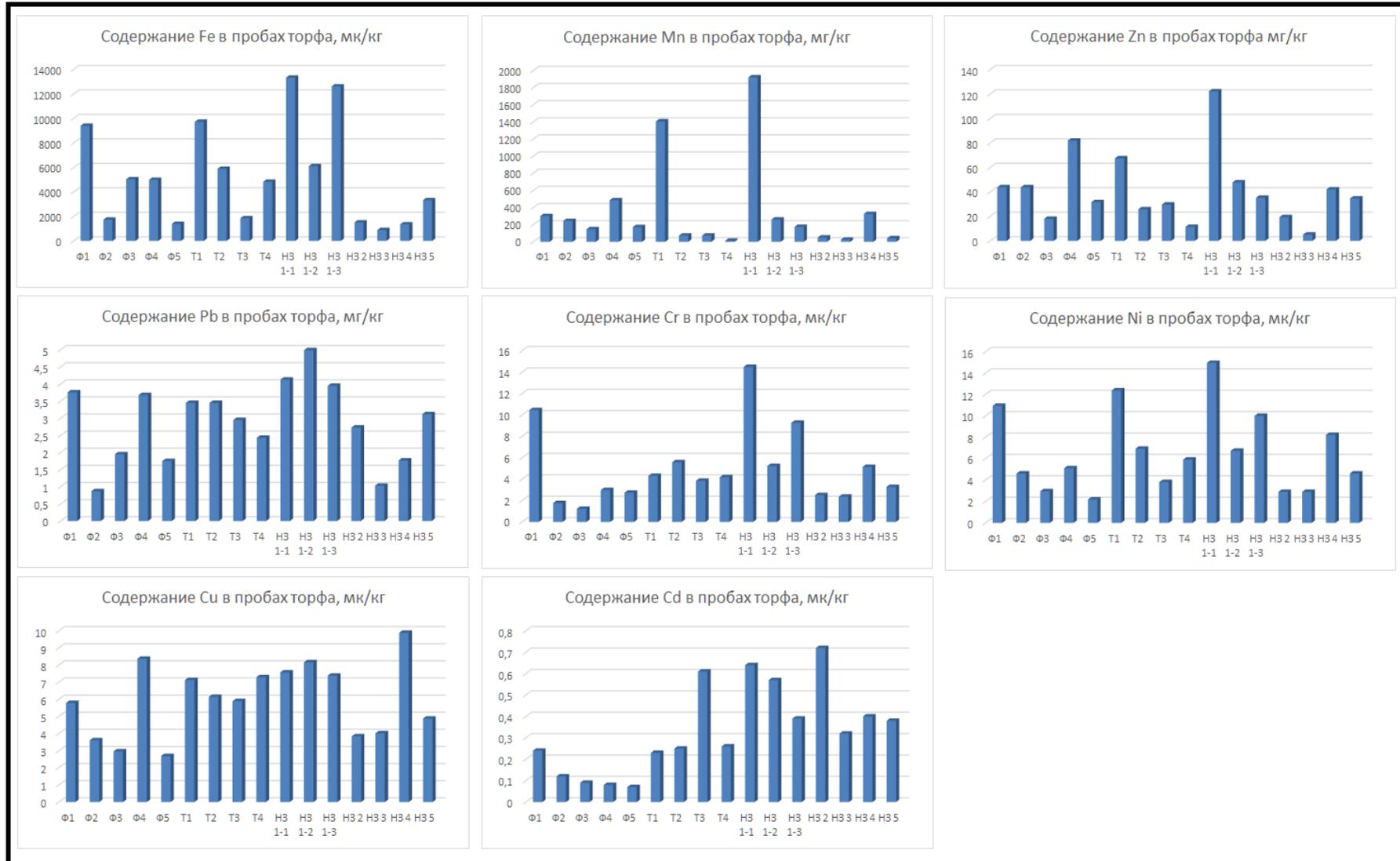


Рисунок – Гистограммы содержания тяжелых металлов проб торфяных отложений, мкг/кг. Источник: Составлено автором

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них. Материалов, содержащих информацию ограниченного доступа, не содержится.

Отпечатано в 1 экземплярах

Библиография содержит 40 наименований

На кафедру сдан 1 экземпляр

«____» _____

(дата)

(подпись)

(Ф.И.О.)