



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии и природопользования полярных областей

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
магистерская диссертация

На тему Влияние снежного покрова на накопление загрязняющих веществ в
почве

Исполнитель _____ Катыгинская Олеся Игоревна _____
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ доктор химических наук, профессор _____
(ученая степень, ученое звание)

_____ Мансуров Марат Маруфович _____
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

_____ доктор географических наук, профессор _____

_____ Макеев Вячеслав Михайлович _____

« 19 » 06 _____ 2016г.

Санкт-Петербург

2016



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

Кафедра геоэкологии и природопользования полярных областей

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Магистерская диссертация

На тему Влияние снежного покрова на накопление загрязняющих веществ в почве

Исполнитель Катыгинская Олеся Игоревна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор химических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Мансуров Марат Маруфович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Макеев Вячеслав Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ г.

Санкт–Петербург

2016

Оглавление	
Введение.....	4
Глава 1. Антропогенное влияние на состояние воздушной среды и почвы	7
1.1. Глобальное загрязнение атмосферного воздуха и почвы	7
1.2. Снежный покров как индикатор кумулятивного загрязнения	11
1.3. Особенности загрязнения урбанизированных территорий	15
1.4. Загрязнение арктических территорий.....	19
1.5. Тяжелые металлы как опасные токсиканты окружающей среды и человека.....	21
1.6. Нормирование тяжелых металлов.....	27
Глава 2. Мониторинг и методы оценки загрязненности снежного покрова и почвы	30
2.1. Мониторинг и методы оценки загрязненности снежного покрова	32
2.2. Мониторинг и методы оценки загрязненности почвы.....	35
Глава 3. Экологическое состояние, объекты и методы исследования	38
3.1. Экологическая ситуация в Санкт – Петербурге по загрязнению тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном.....	38
3.2. Локальное загрязнение полуострова Таймыр	43
3.3. Объекты исследований	46
3.4. Отбор проб и методы химико-аналитических исследований.	48
Глава 4. Результаты исследования содержания тяжелых металлов и бенз(а)пирена в снежном покрове и почвах	57
4.1. Основные химико-физические показатели проб снежного покрова и почв.....	57
4.2. Содержание тяжелых металлов на исследуемом участке в г. Пушкин.	58
4.3. Содержание тяжелых металлов в Адмиралтейском районе г. Санкт-Петербурга	65
4.4. Содержание загрязняющих веществ в пробах почвы и снежного покрова п. Попигай Красноярского края.....	73

4.5. Сравнительная характеристика содержания загрязняющих веществ в почве и снежном покрове по результатам исследования	79
Заключение	90
Список литературы	96
Приложение А	101
Приложение Б	106
Приложение В	109
Приложение Г	111

Введение

Наиболее активно воздействие человека на природу проявляется в промышленных и крупных городах, именно в них наиболее интенсивно загрязняется атмосфера, и практически полностью отсутствуют природные типы почв. На исходных почвах и почвообразующих породах формируются специфичные органоминеральные образования насыпного грунта с примесью строительного и бытового мусора. Почвы и грунты, всех мегаполисов, достаточно загрязнены химическими веществами. Причиной загрязнения почв и грунтов является воздействие значительного количества источников загрязнения, включая автомобильный транспорт, дорожное покрытие, выбросы промышленных предприятий, твердые бытовые отходы и др.

«Состояние окружающей среды крупных городов обычно оценивается по состоянию отдельных ее составляющих: атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и растительного покрова, здоровья горожан. Наиболее динамичной и поэтому наиболее сложной для анализа является атмосфера, которая оказывает существенное влияние на состояние всех компонентов экосистемы»[7].

«Снежный покров, обладающий высокой сорбционной способностью, представляется наиболее информативным объектом при выявлении техногенного загрязнения не только атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв»[37]. «Поэтому в мониторинге загрязнения атмосферного воздуха используются, так называемые, природные планшеты, к которым относится снежный покров в качестве депонирующей среды техногенных загрязнений»[39].

Загрязняющие вещества особенно сильно воздействуют на природу арктических регионов. Одной из самых актуальных проблем в настоящее время для хрупкой арктической природы и проживающего здесь коренного населения является постоянно растущее загрязнение экосистем, вызванная

активацией хозяйственной деятельности как непосредственно в самом регионе, так и за его пределами.

До развития промышленности в северных регионах, Арктика России была богата чистыми водами с большими запасами рыб, не поврежденным почвенным покровом и огромным разнообразием флоры и фауны, не смотря на столь неблагоприятные климатические условия. Антропогенное влияние приводит к деградации арктических земель, что в перспективе может привести к необратимым экологическим процессам, так как природные ландшафты Арктики обладают малой устойчивостью, процессы самовосстановления осуществляются медленно. Природа не успевает самоочищаться от всех выбросов и сбросов загрязняющих веществ активно развивающейся промышленности.

Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что исследование загрязнения снежного покрова и почвы, их роль в миграции загрязняющих веществ в сопредельные среды и влияние на здоровье человека в настоящий момент весьма актуальна.

Целью работы было рассмотреть снежный покров как естественный источник поступления загрязняющих веществ, влияющий на накопление токсикантов в почве в условиях Санкт-Петербурга и Красноярского края.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- по имеющимся литературным данным сделан обзор по проблеме загрязнения почв и снежного покрова в условиях мегаполисов и крайнего севера;
- выбраны объекты наблюдений за состоянием снежного покрова и почвы;
- проведен отбор и химико-аналитические исследования проб снежного покрова и почвы;
- на основании собственных результатов исследования дана характеристика состояния снежного покрова и почвы на исследуемых территориях;

- установлена связь между содержанием тяжелых металлов в снежном покрове и почве;
- на основании проделанной работы сделаны выводы о связи между содержанием тяжелых металлов в снежном покрове и их накоплением в почве.

В результате выполнения работы впервые получены данные об уровнях содержания тяжелых металлов в снежном покрове и почве в п. Попигай Красноярского края. Впервые проведено сравнение интенсивности поступления токсикантов на снежный покров в условиях мегаполиса (г. Санкт-Петербург) и Арктической территории (п. Попигай) и оценена возможность их накопления в почве.

Полученные результаты могут быть использованы для последующих наблюдений снежного покрова и почвы. Впервые полученные данные о состоянии снежного покрова и почв в п. Попигай Красноярского края могут служить основой в планировании дальнейших исследований и выработке решений по защите окружающей среды в условиях Крайнего Севера.

Глава 1. Антропогенное влияние на состояние воздушной среды и почвы

1.1. Глобальное загрязнение атмосферного воздуха и почвы

В настоящее время загрязнение атмосферы является одним из основных факторов негативного воздействия антропогенной деятельности на окружающую среду. «Это выражается в повышении концентраций загрязняющих веществ в атмосфере и в увеличении их стока из атмосферы на подстилающую поверхность»[32]. «Сброс загрязняющих веществ может осуществляться в различные среды - атмосферу, воду почву. Выбросы в атмосферу являются основными источниками последующего загрязнения вод и почв в региональном масштабе, а в ряде случаев и в глобальном»[41].

Наиболее активно воздействие человека на природу проявляется в промышленных городах. «Именно в них наиболее интенсивно загрязняется атмосфера. Воздушный бассейн городов загрязняется жидкими твердыми, и газообразными аэрозолями. Источниками загрязнения являются газовые выбросы из труб промышленных предприятий, теплоцентралей, электростанций, железнодорожный, автомобильный и авиатранспорт, доменные печи, котельные, вентиляционные установки научных, учебных, производственных лабораторий и цехов»[15].

Технология производства электрической энергии на теплоэлектростанциях (ТЭС) связана с большим количеством отходов, выбрасываемых в окружающую среду. «На сегодняшний день проблема влияния энергетики на природу становится особенно острой, так как загрязнение окружающей среды, атмосферы и гидросферы с каждым годом всё увеличивается. Если учесть, что масштабы энергопотребления постоянно увеличиваются, то и соответственно увеличивается отрицательное воздействие энергетики на природу»[46]. «Из-за нехватки качественного топлива многие тепловые электростанции вынуждены работать на относительно дешевом органическом топливе - угле и мазуте. При сгорании такого топлива вместе с дымовыми газами электростанций в воздушное

пространство выбрасывается большое количество твердых и газообразных загрязнителей, среди которых такие вредные вещества как зола, оксиды углерода, серы и азота, кроме того вредные вещества попадают в почву с золой. Помимо этого в воздушный бассейн попадает огромное количество диоксида углерода и водяных паров. Тепловые выбросы ТЭС отрицательно влияют на окружающую нас среду, меняя микроклимат в районе расположения теплоэлектростанции, а при больших концентрациях мощности могут привести к изменению циркуляции воздушных масс, их температуры и влажности. Таким образом, участие энергетических предприятий в загрязнении окружающей среды продуктами сгорания и твердыми отходами значительно»[6].

Еще одним основным источником загрязнения атмосферного воздуха в промышленно развитых странах является автомобильный транспорт. «Автомобильный транспорт наиболее агрессивен в сравнении с другими видами транспорта по отношению к окружающей среде и является мощным источником химического, шумового и механического загрязнения»[14]. Следует подчеркнуть, что с увеличением автотранспорта уровень вредного воздействия на окружающую среду интенсивно возрастает. В автомобилях имеется несколько источников токсичных веществ, основными из которых являются три:

- отработавшие газы
- картерные газы
- топливные испарения

Наибольшая доля химического загрязнения окружающей среды приходится на отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания»[52].

Особенность подвижных источников загрязнения (автомобилей) проявляется:

- в высоких темпах роста численности автомобилей по сравнению со стационарными источниками;

- в пространственной рассредоточенности автотранспорта (автомобили распределяются по территории и создают общий повышенный фон загрязнения);
- в непосредственной близости к жилым районам (автомобили заполняют все местные проезды и дворы жилой застройки);
- в высокой токсичности выбросов автотранспорта по сравнению с выбросами стационарных источников;
- в сложности технической реализации средств защиты от загрязнения на подвижных источниках;
- в низком расположении источника загрязнения от земной поверхности, в результате чего отработавшие газы автомобилей скапливаются в зоне дыхания людей и слабее рассеиваются естественным образом по сравнению с промышленными выбросами и выбросами от стационарных источников транспорта, которые, как правило, осуществляются через дымовые и вентиляционные трубы значительной высоты.

«Перечисленная специфика загрязнения приводит к тому, что автотранспорт создает в городах обширные зоны с устойчивым превышением санитарно-гигиенических нормативов загрязнения воздуха»[14]. «В отличие от промышленных предприятий, выброс которых концентрируется в определенной зоне, автомобиль же рассеивает продукты неполного сгорания топлива практически по всей территории городов, причем непосредственно в приземном слое атмосферы и при этом представляя особую опасность загрязнению почв»[52].

Почва является не только основным средством сельскохозяйственного производства, способным производить биомассу, но и важнейшим компонентом экосистем, регулирующим состав атмосферы и гидросферы, также надежным барьером на путях миграции загрязняющих веществ. И этот тончайший почвенный покров планеты претерпевает значительную деградацию под воздействием человека.

Деградация почвы – это устойчивое ухудшение свойств почвы как среды обитания биоты, обеднение ее питательными веществами, и так- же снижение ее плодородия в результате воздействия природных или антропогенных факторов. Важнейшей причиной реальных деградационных изменений почв является несоответствие (неадекватность) антропогенных мероприятий их генетическим особенностям, свойствам и режимам, условиям естественного формирования ландшафтов.

Деградация почвы может быть разделена на:

- физическую – ухудшение гидрофизических свойств почвы, нарушение почвенного профиля;
- химическую – ухудшение химических свойств почвы, истощение запасов питательных элементов, вторичное засоление, вторичное осолонцевание, загрязнение ксенобиотиками;
- биологическую – снижение видового разнообразия, нарушение оптимального соотношения различных видов почвенной мезофауны и микроорганизмов, загрязнение почвы патогенными и др. не свойственными ей микроорганизмами, ухудшение санитарно - эпидемиологических показателей.

«Многие химические соединения такие газы как оксиды серы и азота, попадающие в атмосферу в результате работы предприятий, за тем растворяются в капельках атмосферной влаги и с осадками попадают в почву. В сухую погоду газы могут непосредственно поглощаться почвой, особенно влажной. Твердые и жидкие соединения при сухой погоде обычно оседают непосредственно на нее в виде пыли и аэрозолей. Различные вредные соединения, в любом агрегатном состоянии, поглощаются листьями или оседают на их поверхности. Затем, когда листья опадают, все эти соединения поступают в почву. Почвы загрязняются мусором, выбросами, отвалами, отстойными породами, тяжелыми металлами, пестицидами радиоактивными веществами др.»[49].

1.2. Снежный покров как индикатор кумулятивного загрязнения

В наши дни «роль снега и льда в жизни земного шара в целом и нашей страны в частности становится все более и более очевидной и многогранной. Гляциосфера (область снега и льда) содержит в своем составе все виды природных льдов в атмосфере, на поверхности суши и океана и в земной коре. Почти 99 % массы приходится на ледники, занимающие 11 % всей поверхности суши. Но их территориальное распространение – наибольшее, и поэтому их воздействие на состояние среды обитания человека, его жизни и хозяйственной деятельности особенно велико»[16].

Снег – это твердые атмосферные осадки, состоящие из мелких ледяных кристалликов и их сростков, т.е. снежинок. Образование снежинок начинается в верхних слоях тропосферы при низких отрицательных температурах воздуха путем конденсации молекул водяного пара на так называемых ядрах конденсации, когда относительная влажность воздуха достигает 100 %.

Снежный покров – не просто сумма снежинок и других форм твердых атмосферных осадков, достигших поверхности земли. «Это уже, сложный агрегат из снега, льда, воздуха, минеральных включений и других примесей, образующая в холодное время года поверхностный слой земной коры. Этот слой обладает совершенно особыми физическими свойствами, которые непрерывно меняясь под воздействием внешних факторов, не остаются постоянными»[16]. Известно, «что содержание загрязняющих веществ в подвижной газовой фазе достаточно неустойчиво для получения достоверных результатов количественного химического анализа»[26]. «Поэтому в мониторинге загрязнения атмосферного воздуха используются, так называемые, природные планшеты, к которым относится снежный покров в качестве депонирующей среды техногенных загрязнений»[39].

«На территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области устойчивый снежный покров сохраняется достаточно долго — в течение 3–3,5 месяцев. Поэтому выбор снежного покрова как объекта исследований при

геоэкологическом мониторинге можно считать оправданным. Кроме того, снежный покров как депонирующая среда обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором при оценке экологического состояния территорий»[20]. «Снежный покров отражает контуры аэрогенного загрязнения на период образования и позволяет судить о динамике происходящих процессов. Характеристики техногенных аномалий в таких депонирующих средах, как снежный покров, могут служить косвенным показателем загрязнения воздушного бассейна и прямо свидетельствуют об интенсивности геохимического преобразования приповерхностной части литосферы»[39].

«Снежный покров является эффективным накопителем аэрозольных загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха»[39]. В период снеготаяния, находящиеся в снеге токсиканты мигрируют в поверхностные воды, донные осадки, почвы и подстилающие их горные породы, причем площадь их рассеивания значительно превышает контуры геохимических аномалий в снежном покрове. «На формирование химического состава покровных отложений влияют многие факторы:

- первоначальное поступление веществ вместе с твердыми атмосферными осадками,
- поглощение аэрозолей и газов из атмосферы,
- потери веществ снежным покровом при испарении,
- взаимодействия снежного покрова с почвенно-растительным комплексом,
- адвекции атмосферного воздуха,
- воздействия микроорганизмов, животных и хозяйственной деятельности человека»[39].

«Химический состав фильтрата талого снега формируется в результате поступления с осадками различных химических элементов, поглощения снежным покровом газов, водорастворимых аэрозолей и взаимодействия со снежным покровом твердых частиц, оседающих из атмосферы. В то время

как, если количество выпадающего со снегом твердого осадка характеризует запыленность территории, то фильтрат талого снега отражает степень загрязнения воздушного бассейна элементами в растворенной форме. Это определяет важность и необходимость проведения эколого-геохимической оценки загрязнения снежного покрова как естественного накопителя химических элементов за зимний период»[39].

«Загрязнение снежного покрова происходит в два этапа в результате влажного и сухого вымывания (осаждения) загрязняющих веществ из атмосферы. Во-первых, это загрязнение снежинок во время их формирования в облаке и влажное выпадение загрязняющих веществ со снегом на местность. Во-вторых, это загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого выпадения загрязняющих веществ из атмосферы, а также их поступления из подстилающих почв и горных пород»[39].

«Под влажным вымыванием понимается захват поллютантов снегом во время его образования в облаке и последующее выпадение на подстилающую поверхность. В облаках смачиваемые частицы аэрозоля с радиусами менее 0,1 мкм становятся ядрами конденсации, вокруг которых происходит рост капель воды или кристаллов льда. Покидая облако, капли и снежинки уносят в себе аэрозольные частицы. С помощью этого процесса очищается слой атмосферы, в котором происходит формирование облаков. Вымывание загрязняющих веществ из нижележащих слоев атмосферы происходит за счет захвата частичек аэрозоля выпадающими осадками. Сухое выпадение загрязняющих веществ, происходит под действием гравитационных сил непосредственно из атмосферы при ее контакте со снежным покровом.

Существенное влияние на процессы осаждения оказывают метеорологические условия: скорость и направление ветра, влажность воздуха и др.»[20]. «Большое значение имеют размеры частиц и выбрасываемая высота. Крупные частицы оседают значительно быстрее, нежели мелкие. Обычно это происходит в течение нескольких часов или

суток, тем не менее, и это не мешает им переноситься на большие расстояния, если изначально оказались на достаточной высоте»[43].

«Взаимоотношение между сухими и влажными выпадениями зависит от многих факторов: длительности холодного периода, частоты снегопадов и их интенсивности, физико-химических свойств загрязняющих веществ, размера аэрозолей и др. В связи с большой интенсивностью процессов влажного вымывания для регионального и глобального загрязнения доля сухих выпадений обычно составляет 10–30%. Однако вблизи локальных источников при больших выбросах грубодисперсных аэрозолей картина меняется на обратную, т.е. на долю сухих выпадений приходится от 70 до 90%»[45].

Содержание элементов-загрязнителей в снежном покрове колеблется в очень широком диапазоне, главным образом, в зависимости от степени антропогенного влияния.

«Среднее время пребывания в атмосфере антропогенных и природных веществ тесно связано с высотой выброса и физико-химическими свойствами. Время пребывания, как правило, растет с высотой выброса и увеличением дисперсности аэрозольных частиц и составляет от нескольких минут до года и более»[45].

«Так как выбросы загрязняющих веществ автотранспортом происходят практически на уровне земли, загрязнение снежного покрова обусловлено как выбросами отработанных газов, износом автомобильных шин и поверхности дорожного покрытия, так и механическим выносом с дорог пылевых, грязевых частиц, песка и ингредиентов противообледенительных средств»[26].

«Выбросы пыли, оксидов серы, азота, углерода приводят к техногенной трансформации химического состава снеговых вод. При поступлении больших количеств пыли в окружающую среду наблюдается подщелачивание снеговых вод до 8,5 - 9,5 рН и увеличение содержания кальция, магния, гидрокарбонат ионов за счет растворения техногенных

карбонатов, содержащихся в пыли. Поставка оксидов серы (тепловые станции на угле, цветная металлургия, коксо- и нефтехимия) ведет, наоборот, к подкислению снеговых вод. Иногда наблюдается зональность щелочно-кислотных условий: во внутренней зоне загрязнения воды имеют щелочную реакцию, во внешней зоне - более кислую. При подщелачивании и подкислении происходит увеличение минерализации и техногенная трансформация состава вод»[45].

«Исследования, проведенные многими авторами, показали, «что уровень концентрации пыли и микроэлементов в лежалом снеговом покрове в несколько раз выше, чем в свежеснеговом покрове. «Этот факт доказывает, что, с одной стороны, снеговой покров играет роль естественного планшета-накопителя атмосферной пыли за несколько зимних месяцев. А, кроме того, свидетельствует о том, что существенная часть накоплений в снеге формируется за счет сухого осаждения из приземного слоя атмосферы и носит преимущественно антропогенный характер. Таким образом, в результате процессов сухого и влажного вымывания концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на 2–3 порядка величины выше, чем в атмосферном воздухе. Поэтому измерения содержания этих веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности»[45].

1.3. Особенности загрязнения урбанизированных территорий

«Впервые понятие «городские почвы» было введено Бокгеймом в 1974 году. Он определил городскую почву, как почвенный материал, содержащий антропогенный слой несельскохозяйственного искусственного происхождения толщиной 50 см, образованный путем перемешивания, заполнения или загрязнения поверхности земли на городских и пригородных территориях»[20].

«Характер антропогенного изменения почв находится в прямой зависимости от функционального назначения территории»[11].

Урбанизированные территории отличаются особой спецификой почвообразования. «В пределах крупных городов интенсивная деятельность человека приводит к существенному и часто необратимому изменению почвенного покрова, образуются специфические почвы и техногенные поверхностные образования»[11].

«По определению комитета природопользования Санкт-Петербурга, городская почва – это «почва, имеющая созданный человеком органоминеральный слой, полученный перемешиванием, насыпанием, погребением грунта и (или) загрязнением материалами урбаногенного происхождения»[35].

Характерной чертой городских почв является их искусственное происхождение, существенно отличающееся от природных аналогов, мозаичная окраска, отсутствие четко выраженных почвенных горизонтов и повышенная плотность. Некоторым городским почвам свойственна «деформированная структура и особый порядок расположения горизонтов, высокая щебнистость, низкое содержание органического материала, что ведет к уменьшению водоустойчивости структуры и сжатию порового пространства»[3]. Для городских почв характерны переуплотненность поверхностного слоя, обусловленная высокими антропогенными нагрузками. Исключением можно считать почвы регулярных газонов и клумб. Неблагоприятные физические и водно-физические почвенные условия ухудшают питание растений и препятствуют нормальному развитию корневой системы зеленых насаждений в городе, что отражается на их жизнеспособности, внешнем виде и декоративности.

Состояние почв и грунтов имеет важнейшее значение для оценки экологического состояния той или иной территории.

«Под загрязнением почв понимается избыточное содержание химических веществ, при котором нарушается нормальное функционирование растительности и животных, изменяются почвенные процессы»[3].

«Почвы являются главным физико-химическим барьером на пути миграции техногенных элементов. Продолжительность пребывания загрязнителей в почвах больше, чем в других компонентах биосферы»[10]. Загрязнение почв имеет устойчиво-прогрессивный характер.

По результатам исследований различных авторов, в городах с развитой промышленностью и транспортом происходит загрязнение компонентов экосистем одновременно несколькими химическими элементами.

В настоящее время «на некоторых урбанизированных территориях уже пройден порог самозащиты природы и нарушилось ее экологическое равновесие. Большую опасность представляет воздействие загрязняющих веществ на почву. Техногенные изменения химического состава почв представляют особый интерес. Человек вовлекал и вовлекает химические вещества в ландшафтный круговорот в процессе своей деятельности»[2]. «Основными источниками загрязнения почв города являются промышленные выбросы, пыль, автотранспорт, захоронения промышленных отходов, свалки строительного, бытового и промышленного мусора, а также загрязненные атмосферные осадки, грунтовые воды и т.д. Молодые районы городской застройки, как правило, имеют меньшую степень загрязнения почв. Здесь загрязнение отмечается в основном на магистралях с интенсивным движением транспорта и с местами размещения промышленных предприятий»[9].

«В городах в результате работы заводов, фабрик и других предприятий в атмосферу выбрасываются большие объемы пыли, содержащей тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества, которые оседают в верхних слоях городских почв. Даже при относительно невысоких концентрациях взвешенных веществ в воздухе, в почвах достаточно быстро накапливается большое количество вредных компонентов, осаждающихся из атмосферы»[9]. Вследствие этого в ореоле рассеяния предприятия, зона распространения которого достигает нескольких километров, наблюдаются аномально высокие содержания загрязняющих веществ, часто на порядки

превышают предельно допустимую концентрацию (ПДК), ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК) и фоновые концентрации. В результате отрицательных изменений качество почвы не только на территории города, но и на территории вблизи расположенных зон «индивидуальной застройки с развитой системой приусадебных хозяйств; также образуется дополнительный источник загрязнения и поверхностных и подземных вод, нередко используемых в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населения»[9].

«Металлы, попадая в воздушный бассейн города с выбросами промышленных предприятий, создают геохимические аномалии различного масштаба. Техногенные ореолы рассеяния возникают сначала вблизи отдельного предприятия, а в дальнейшем это может привести к их обширной региональной концентрации на расстоянии 2–3 км и более от источника выброса. Дальность переноса тяжелых металлов от локальных источников загрязнения в воздушно-миграционных потоках может достигать 10–15 км»[9].

Эмиссия тяжелых металлов в составе техногенных выбросов в окружающую среду происходит, чаще всего, в виде их комплексов. «Токсическое воздействие комплексов на организмы зависит от состава комплекса, чувствительности организмов (общей и поэлементной), химической формы соединений и других факторов, определяющими являются пропорции микроэлементов, входящих в комплекс»[39].

«Считается, что из различных сочетаний основных элементов в пыли, выбрасываемой заводами по выплавке цветных металлов, наиболее токсичным является сочетание кадмий-свинец-цинк, промежуточное положение занимает свинец-медь, наименее токсично сочетание свинец-цинк. Ведущим путем антропогенного поступления тяжелых металлов в окружающую среду является атмосферный перенос»[9].

«Дальность распространения и уровни загрязнения атмосферы зависят от мощности источника, условий выбросов и метеорологических параметров.

С удалением от источников загрязнения происходит рассеивание примесей, вследствие чего зона их интенсивного воздействия, в которой имеет место превышение ПДК, сравнительно невелика. По мере удаления от городов и промышленных территорий доля атмосферных выбросов снижается за счет поступления тяжелых металлов в составе сточных вод, отходов и удобрений»[24].

1.4. Загрязнение арктических территорий

Одной из самых актуальных проблем для хрупкой арктической природы и проживающего здесь коренного населения является постоянно растущее загрязнение экосистем, вызванное активацией хозяйственной деятельности как непосредственно в самом регионе, так и за его пределами.

«Интенсивное загрязнение почв, растительности и водоемов сопровождается поступлением наиболее токсичных загрязняющих веществ по морским, наземным и пресноводным трофическим цепям в ткани и органы морских млекопитающих, рыб, северного оленя, дичи, являющихся основным продуктом питания коренных малочисленных народов. Антропогенное загрязнение окружающей среды и поступление контаминантов с атмосферным воздухом, питьевой водой и через пищевые цепи обусловили значительное ухудшение состояния здоровья населения»[34].

В течение последних десятилетий стало очевидным, что Арктика, не имея значительных источников загрязнений в нем самой, является местом скопления химических загрязняющих веществ, выделяемых в различных районах мира.

«Нарушение хрупкой арктической природы может иметь необратимый характер. Химическое загрязнение в Арктике представляет особую опасность в связи с низкой ассимиляционной способностью её экосистем. Состояние водных объектов всех арктических территорий РФ не соответствует гигиеническим нормативам»[1].

«Природные ландшафты Арктики обладают малой устойчивостью, процессы самовосстановления осуществляются медленно. Антропогенное влияние приводит к деградации арктических земель, что в перспективе может привести к необратимым экологическим процессам. Активация процессов деформации грунтов, термокарста и термоэрозии проявляется особенно интенсивно в очагах промышленного освоения и вдоль линейных сооружений (нефте- и газопроводов, железных и автомобильных дорог, линий электропередач и пр.)»[1].

«На основе различных длительных наблюдений и исследований, связанных с проблемами загрязнения окружающей среды, было выявлено, что эвтрофикация, микробиологическое загрязнение, поступление взвешенных веществ и твердых отходов, термальное загрязнение и радионуклиды оказывают относительно слабое воздействие на природную среду арктических регионов по сравнению с химическим загрязнением и нефтяными разливами. Наиболее загрязненным арктическим регионом является арктическая часть Западной Сибири. На нефтепроводах Западной Сибири происходит примерно 35 тыс. аварий в год, и только около 300 из них официально регистрируются. По различным оценкам, объем утечки нефти в водные объекты регионов составляет миллионы тонн. Так, во время нефтяного бедствия в Усинске объем разлива нефти составил около 100 тыс. т, а площадь загрязнения – около 60 кв. км» [5]. «Значительное количество нефтяных углеводородов и хлорированных углеводородов переносятся в воды Арктики со стоком крупных сибирских рек. По данным Министерства природных ресурсов РФ, практически все реки Западной Сибири подвергаются нефтяному загрязнению в результате широкомасштабного развития нефтегазодобычи в регионе. Максимальную нагрузку от загрязнения испытывает река Обь»[13]. По данным Росгидромета за 2004 г., воды нижнего течения Енисея характеризовались как «экстремально грязные». «Высокий уровень аварийности на объектах нефтяной и газовой промышленности обусловлен также значительной степенью износа

основного оборудования, трубопроводов и конструкций, низкими темпами внедрения современных технологий, недостаточным оснащением надежными системами автоматики и телемеханики. Увеличение количества аварий, утечек нефти, выбросов в атмосферу химических веществ, способствует загрязнению окружающей среды и как следствие изменению ее состояния. Оценка изменений окружающей среды отражает экологическое состояние. Наиболее эффективным является комплексное использование абиотических параметров (имеющих строгое количественное выражение и позволяющих учитывать состав среды, ее конкретные изменения) и биотических (объективно отображающих состояние среды и четко реагирующих на воздействия любого происхождения)»[13].

«Изменения экосистем арктических морей, связанные с загрязнениями природной среды вследствие развития добычи углеводородных ресурсов в совокупности с климатическими изменениями, для составления прогнозов могут быть выражены, например, следующими эффектами:

- уменьшение видового разнообразия;
- изменение видовой и пространственной структуры сообществ;
- уменьшение количества и биомассы организмов, в особенности бентофауны;
- повышение концентрации видов, наиболее устойчивых к загрязнению;
- уменьшение интенсивности и отсутствие сезонной стабильности биологических процессов, в частности, процессов продуцирования и деструкции»[21].

1.5. Тяжелые металлы как опасные токсиканты окружающей среды и человека

Основа токсического действия тяжелых металлов лежит в самом общем случае во взаимодействии с биологически активными макромолекулами, в результате которого происходит:

- вытеснение необходимого металла токсическим;

- связывание частицы макромолекулы, необходимой для нормальной жизнедеятельности организма;
- сшивание с образованием биологических агрегатов, вредных для организма;
- деполимеризация биологически важных макромолекул;
- неправильно спаривание оснований нуклеотидов и ошибки в белковых синтезах.

Тяжелые металлы являются протоплазматическими ядрами с очень узким оптимальным и безвредным интервалом концентрации – в этом их опасность. «Повышение концентрации тяжелых металлов в почве не всегда приводит к отрицательному воздействию на растения, так как некоторые из них в виде микроэлементов участвуют в физиологических процессах и необходимы растениям. Токсичное действие тяжелых металлов проявляется при увеличении их концентрации выше оптимальной. Токсичность тяжелых металлов возрастает по мере увеличения атомной массы и может проявляться по-разному»[41].

«В группе неорганических токсикантов особое место занимают тяжелые металлы, к которым условно относят химические элементы с атомной массой выше 50, обладающие свойствами металлов. Считается, что среди химических элементов тяжелые металлы являются наиболее токсичными, так как, во-первых, обладают большим сродством к физиологически важным органическим соединениям и способны инактивировать последние, во-вторых - способны к медленному накоплению в организме, вызывая не только явно выраженное специфическое действие, но и хронические неспецифические действия»[31].

«Особую опасность представляют тонкодисперсные твердые аэрозоли тяжелых металлов, которые широко распространены и задерживаются в легких человека, вызывая онкологические и др. заболевания»[42]. «При попадании в окружающую среду соединения тяжелых металлов легко проникают в трофические цепи, накапливаясь в растительных и животных организмах; включаются в метаболические циклы и вызывают

разнообразные физиологические нарушения, в том числе на генетическом уровне»[4].

«Для выведения тяжелых металлов из экосистемы до безопасного уровня требуется весьма продолжительный период времени при условии полного прекращения их поступления. Период полувыведения тяжелых металлов из организма человека обычно составляет многие месяцы»[42].

«Биологическая активность тяжелых металлов выводит данную группу загрязнителей на приоритетное место в мониторинговых исследованиях окружающей среды. Физиологическое действие тяжелых металлов на организм человека и животных различно и зависит от природы металла, типа соединения, в котором он существует в природной среде, а также интервалом концентраций, при которых возможна нормальная реакция обменных процессов»[25].

«Тяжелые металлы всегда содержатся в живых организмах и в малых дозах участвуют в процессах жизнедеятельности, являясь активаторами и составной частью ферментов и гормонов.

Тяжелые металлы обычно накапливаются в живых организмах совместно»[30]. Токсичность зависит от форм нахождения их в окружающей среде. Особенно опасны летучие и металлоорганические соединения.

Свинец. Загрязнение окружающей среды свинцом и его соединениями предприятиями промышленности определяется спецификой их производственной деятельности. «Это непосредственное производство свинца и его соединений, попутное извлечение свинца из других видов сырья, содержащих свинец в виде примеси, использование свинца в производстве различной продукции и т.д. Свинец влияет на нервную систему человека, что приводит к снижению интеллекта, вызывает изменение физической активности, координации слуха, воздействует на сердечнососудистую систему, приводя к заболеванию сердца. Это оказывает негативное влияние на состояние здоровья населения и в первую очередь детей, которые наиболее восприимчивы к свинцовым отравлениям. Как и

радиация, свинец является кумулятивным ядом. Даже умеренные уровни могут привести к поражению почек и угнетению иммунной системы»[25]. «Все соединения свинца действуют, в общем, сходно; разница в токсичности объясняется в основном неодинаковой растворимостью их в жидкостях организма, в частности в желудочном соке; но и труднорастворимые соединения свинца подвергаются в кишечнике изменениям, в результате чего их растворимость и всасываемость сильно повышаются»[30].

Цинк широко распространен в природе в виде соединений: сульфида, карбоната, оксида и силиката в комбинации со многими минералами. Антропогенные источники вносят вклад в загрязнение атмосферного воздуха цинком вдвое больший, чем природные. Из техногенных источников основным загрязнителем окружающей среды цинком является цветная металлургия (около 50% общего выброса), черная металлургия. Как правило, вместе с цинком в окружающую среду попадают и другие загрязнители, такие как кадмий и свинец.

Цинк (Zn) – компонент многих ферментов; существенно влияет на активность гормонов гипофиза, участвует в реализации биологического действия инсулина, поддерживает кислотно-щелочное равновесие в организме; способствует нормализации жирового обмена, усиливая распад жиров и предотвращая жировую дистрофию печени; определенную роль играет в кроветворении. Соединения цинка оказывают воздействие на метаболизм меди и железа, вызывая их нарушение.

Цинк и его соединения относятся к группе высокотоксичных металлов, способных вызывать в реальных условиях острые и хронические отравления, обладающих широким спектром токсического действия с многообразными клиническими проявлениями.

«Поступление в организм цинка в высоких дозах приводит к отравлению с симптомами со стороны желудочно-кишечного тракта, проявлению патологии почек и развитию желтухи. В основе многих проявлений цинковой интоксикации лежат конкурентные отношения цинка с

рядом других металлов. Избыточное поступление цинка в организм животных сопровождается падением содержания кальция не только в крови, но и в костях, одновременно нарушается усвоение фосфора; в результате развивается остеопороз»[36]. «Угнетающее действие сравнительно небольших доз цинка на морфологический состав крови связывают с нарушением всасывания и удержания клетками меди. Если цинка в почве недостаточно, растения страдают розеточностью и некрозом (омертвлением) листьев. Цинк является микроэлементом, необходимым для нормального функционирования человеческого организма в малых дозах. Он входит в состав металлоферментов, играющих важную роль в метаболизме нуклеиновых кислот и синтезе белков. Металлический цинк малотоксичен. Фосфид и оксид цинка - ядовиты. Попадание в организм растворимых солей цинка приводит к расстройству пищеварения, раздражению слизистых оболочек»[17].

Кадмий. Он содержится в виде «изоморфной примеси во многих минералах и всегда в минералах цинка. Присутствует кадмий в определенных количествах и в воздухе. При этом существенная часть его оседает на почву. Также увеличению содержания кадмия в почве способствует использование минеральных удобрений, т.к. практически все они содержат незначительные примеси кадмия. Кадмий способен накапливаться в растениях (больше всего в грибах) и живых организмах (особенно в водных) и далее по пищевой цепочке может "поставляться" человеку. Много кадмия в сигаретном дыме. Кадмий является спутником цинка и всегда присутствует в изделиях, содержащих цинк»[37].

«Кадмий опасен в любой форме. Доза в 30 - 40 мг смертельна. Выводится из организма очень плохо, лишь 0,1% в сутки. Ранними симптомами отравления кадмием являются поражение почек и нервной системы, белок в моче, нарушение функции половых органов, острые костные боли в спине и ногах. Кроме того, кадмий вызывает нарушение функции легких и обладает канцерогенным действием, накапливается в

почках. Причиной попадания кадмия в пищевые цепи являются промышленные газообразные выбросы. Человек получает кадмий в основном с растительной пищей, так как он легко усваивается растениями из почвы (до 70%). Очень большую опасность в этом отношении представляют грибы»[38]. «Кадмий способен повышать кровяное давление. Он обладает канцерогенным эффектом. Кадмий накапливается в почках, в течение человеческой жизни его содержание может увеличиваться в 100-1000 раз»[30].

Что касается ртути, различные физико-химические формы ртути обладают собственными токсическими свойствами и требуют индивидуальной оценки их токсичности. Двухвалентная ртуть образует важный класс металлоорганических соединений. Метилртуть способна проникать через клеточные мембраны.

Исследования влияния метилртути на организм человека свидетельствуют о том, что своеобразной шкалой, отражающей степень накопления ртути в организме, является ее содержание в волосах. При концентрации ртути в волосах не выше 10 мг/кг она безвредна для организма. «Признаки заболевания начинают обнаруживаться, когда содержание ртути в волосах достигает 50 мг/кг. Опасность накопления такой дозы может возникнуть в том случае, если, к примеру, в пищу регулярно употреблять рыбу, содержащую 1—2 мг/кг метилртути. Если же ртути в волосах человека до 300 мг/кг, то его жизнь в опасности»[8]. Ученые показали, что присутствие в организме ртути даже в весьма малом количестве способно отрицательно влиять на наследственность. Так, дозы соединений ртути, совершенно безвредные для будущей матери, отнюдь не безвредны для ее ребенка.

«Хроматы же поражают верхние дыхательные пути. Появляются гиперемия, отечность слизистой оболочки носа, носовые кровотечения, изъязвления слизистой оболочки, при прогрессировании процесса – перфорация носовой перегородки. При длительном контакте с соединениями

хрома, из которых наибольшей токсичностью обладает хром пиковая пыль, могут наблюдаться токсический бронхит, пневмосклероз, эмфизема легких с последующим развитием бронхоэктатической болезни. Хром и его соединения, являясь производственным аллергеном, могут обусловить развитие астматического бронхита и профессиональной бронхиальной астмы. Часто отмечаются гастриты, язвенная болезнь. Канцерогенное действие приписывают преимущественно трехвалентному хрому. Наиболее часто наблюдается рак легких»[38].

1.6. Нормирование тяжелых металлов

«Целью нормирования тяжелых металлов является установление критических значений поступления или наличия того или иного загрязнителя, разграничивающих состояние объекта или объектов на нормальное и ненормальное, благополучное и неблагополучное.

Различают несколько видов нормирования: санитарно-гигиеническое, экологическое и социально-экономическое. В основе санитарно-гигиенического вида нормирования представлены предельно - допустимые концентрации (ПДК) веществ и предельно - допустимый уровень воздействия (ПДУ)»[23]. ПДК - это такая максимальная концентрация вредных веществ в почве, воздухе продуктах питания и кормах, которая при постоянном или временном воздействии не влияет на здоровье человека и не вызывает негативного последствия у его потомства. К настоящему времени разработано значительное количество нормативов ПДК валовых форм тяжелых металлов в почве. «Однако почва является сложной гетерогенной системой, и поэтому разработка единых ПДК становится практически невозможной. По степени опасности влияния на живые организмы тяжелые металлы делят на 3 класса:

1 класс - особо токсичные - As, Cd, Hg, Pb, Se, Zn, Ti

2 класс – токсичные - Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr;

3 класс – слаботоксичные - Ba, V, W, Mn, Sr

Таблица 1 - Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических элементов в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности (по состоянию на 01.01.1991. Госкомприрода СССР, № 02- 2333 от 10.12.90).

Наименование элемента	ПДК мг/кг с учетом фона	Показатели вредности		
		транслокационный	водный	общесанитарный
Сурьма	4,5	4,5	4,5	4,5
Марганец	1500	3500	1500	1500
Ванадий	150	170	350	150
Свинец **	30	35	260	30
Мышьяк**	2	2	15	10
Ртуть	2,1	2,1	33,3	5
Свинец + ртуть	20+1	20+1	30+2	30+2
Медь *	55	-	-	-
Никель *	85	-	-	-
Цинк	100	-	-	-

*- валовое содержание - ориентировочное. **- противоречие; для мышьяка среднее фоновое содержание 6 мг/кг, фоновое содержание свинца обычно тоже превышает нормы ПДК.

«Для того чтобы почве дать ту или иную эколого - токсикологическую оценку необходимо иметь три параметра: гранулометрический состав почв, кислотность среды и валовое содержание тяжелого металла»[16].

В таблице 2 приведены «предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов»[12] и для «водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»[28], которые используются в качестве нормативов контроля качества воды. Для оценки снега на загрязнения были использованы ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Таблица 2 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ

Показатель	ПДК	Показатель	ПДК
рН	6,5-8,5	Фенолы летучие*	0,001
Взвешенные вещества*	10	Нефтепродукты*	0,5
Раств. кислород**	>4	Железо*	0,1
БПК ₅ **	<2	Медь*	0,001
ХПК**	15	Цинк*	0,01
Кальций*	180	Ртуть*	
Нитрит-ион*	40	Кадмий***	0,001
Нитрат-ион*	0,08	Мышьяк***	0,01
Аммоний-ион*	0,5	Никель*	0,01
Хлорид-ион*	300	Марганец*	0,01
Сульфат-ион*	100	Хром*	0,02
Фосфаты*		Свинец*	0,006

*-Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействий (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение

** - СанПиН 2.1.5.980-00

***- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 №78 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»

Глава 2. Мониторинг и методы оценки загрязненности снежного покрова и почвы

Термин «мониторинг» образован от латинского слова «монитор» — наблюдающий, предостерегающий (так называли вперёдсмотрящего матроса на парусном судне). Идея глобального мониторинга окружающей человека природной среды и сам термин появились в 1971 г. в связи с подготовкой к проведению Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (1972). Первые предложения по разработке такой системы были выдвинуты Научным комитетом по проблемам окружающей среды (СКОПЕ). Концепция мониторинга была предложена профессором Р. Мэнном в 1973 г.

«Мониторингом Р. Мэнн предложил называть систему повторных наблюдений одного или более элементов окружающей природной среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой»[33]. В настоящее время под термином «экологический мониторинг» понимается система наблюдения, контроля, оценки, прогноза состояния окружающей природной среды и информационного обеспечения процесса подготовки и принятия управленческих решений.

Россия является одной из первых стран мира, на чьей территории к середине 80–х гг. была создана национальная система комплексного фонового мониторинга.

Единая государственная система экологического мониторинга РФ (ЕГСЭМ) включает в себя следующие основные элементы:

- мониторинг источников антропогенного воздействия на окружающую среду;
- мониторинг загрязнения абиотического компонента окружающей природной среды.
- мониторинг биотического компонента окружающей природной среды;
- социально-гигиенический мониторинг;

- обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем»[20].

«В основе государственного экологического мониторинга лежит концепция комплексной характеристики состояния окружающей природной среды. Главным и обязательным условием этой концепции является рассмотрение всех основных сторон взаимодействий и связей в окружающей среде и учет всех аспектов загрязнения природных объектов, а также поведения загрязняющих веществ и проявления их воздействия. Проводимые комплексные исследования призваны определить источник загрязнения, оценить его мощность и время воздействия и найти пути оздоровления среды. Выделяют 5 основных принципов комплексности:

- 1) интегральность — наблюдения за суммарными показателями, т.е. использование для выявления загрязнений признаков реакций различных природных объектов и биоиндикаторов;
- 2) многосредность — наблюдения в основных природных средах (атмосфера, гидросфера, литосфера, биота). Особенно важно определить лимитирующую среду; пути миграции загрязняющих веществ, возможности и коэффициенты их перехода из одной среды (или объекта) в другую;
- 3) системность — воссоздание биохимических циклов загрязняющих веществ, необходимость проследить путь загрязняющих веществ от источника до объекта воздействия;
- 4) многокомпонентность — анализ различных видов загрязнителей;
- 5) унификация методов анализа; контроль и обеспечение качества данных»[20].

«Система мониторинга реализуется на нескольких уровнях, которым соответствуют специально разработанные программы:

- импактном (изучение сильных воздействий в локальном масштабе);
- региональном (проявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона);

- фоновом (на базе биосферных заповедников, где исключена любая хозяйственная деятельность).

«Практически не охваченными сетью наблюдений остаются малые города, многочисленные населенные пункты, подавляющее большинство диффузных источников загрязнения, подавляющее большинство малых рек и др.»[20].

«Программы государственного экологического мониторинга формируются по принципу выбора загрязняющих веществ. Выбор загрязнителей зависит от цели и задач конкретных программ: так, в территориальном масштабе приоритет государственных систем мониторинга отдан городам, источникам питьевой воды и местам нерестилищ рыб; в отношении сред наблюдений первоочередное внимание уделяется мониторингу атмосферного воздуха и воды пресных водоемов. Приоритетность ингредиентов определяется с учетом критериев, отражающих токсические свойства загрязняющих веществ, объемов их поступления в окружающую среду, особенностей их трансформации, частоты и величины воздействия на человека и биоту, возможности организации измерений и др.»[7].

2.1. Мониторинг и методы оценки загрязненности снежного покрова

«Состояние окружающей среды крупных городов обычно оценивается по состоянию отдельных ее составляющих: атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и растительного покрова, здоровья горожан. Наиболее динамичной и поэтому наиболее сложной для анализа является атмосфера, которая оказывает существенное влияние на состояние всех компонентов экосистемы. Для мониторинга атмосферы можно использовать различные объекты и методы анализа, каждый из которых имеет свои ограничения и достоинства. Наиболее активно используемый метод контроля официальными органами – непосредственный анализ воздуха

приземной атмосферы, который проводится либо на стационарных станциях контроля (обычно автоматический контроль), либо с использованием разового или периодического отбора проб воздуха в наиболее подверженных загрязнению районах города. Данный метод, особенно в автоматическом режиме, при достаточно большом количестве станций имеет несомненные преимущества. Также используют другие объекты анализа, которые позволяют проводить сезонный (снег, листья, лишайники), многогодовой (по кольцам деревьев) и многовековой мониторинг (по верховым торфяникам, донным отложениям). Такое разнообразие объектов анализа позволяет решать различные задачи мониторинга с разной степенью интеграции результатов, их относительной независимостью»[7].

«Снежный покров, обладающий высокой сорбционной способностью, представляется наиболее информативным объектом при выявлении техногенного загрязнения не только атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв»[37].

«Среди основных причин, обуславливающих возможность успешного применения методов мониторинга загрязнения снежного покрова и, как следствие, природных сред, можно выделить следующие:

- отбор проб снежного покрова чрезвычайно прост и не требует сложного оборудования по сравнению с отбором проб воздуха;
- снежный покров позволяет решить проблему количественного определения суммарных параметров загрязнения (сухих и влажных выпадений);
- при образовании и выпадении снега концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на 2–3 порядка величины выше, чем в атмосферном воздухе, поэтому измерения содержания этих веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности;

- снежный покров как естественный планшет-накопитель дает достаточно объективную величину сухих и влажных выпадений в холодный сезон.

Мониторинг снежного покрова включает снегомерную съемку и последующий гидрохимический анализ снеговых проб для получения данных по наличию приоритетных и специфических загрязняющих веществ в городах и промышленных центрах, а также данных по фоновым концентрациям для природных сред»[7].

«Задачи мониторинга снежного покрова и разработка программы наблюдений учитывают особенности объектов исследования: зона влияния промышленных предприятий, территории городов, транспортных магистралей, окрестности населенных пунктов, а также посты отбора проб атмосферного воздуха и снегомерные маршруты метеостанций. По результатам снегомерной съемки посредством методики автоматизированного эколого-географического картографирования создаются компьютерные карты, которые наглядно показывают загрязнение территории определенными веществами. Основной задачей мониторинга является получение характеристик выпадения загрязняющих веществ по территории страны в целом и по отдельно взятым регионам. По данным сети мониторинга определяются также дальний и трансграничный переносы загрязняющих веществ. Создание в нашей стране системы мониторинга загрязнения снежного покрова позволило впервые в мировой практике получить детальную картину пространственного загрязнения обширных территорий и ее характерных изменений»[37].

«В настоящее время в составе большинства региональных Центров по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС) Росгидромета действуют подсистемы мониторинга снежного покрова; кроме того, данные о состоянии снежного покрова предоставляет стационарная сеть мониторинга атмосферных осадков и фоновые станции биосферных заповедников.

Контролируемыми примесями, общее число которых максимально составляет 32, при осуществлении мониторинга являются:

- диоксиды серы и азота, оксиды углерода и азота, взвешенные веще-ства (твердые частицы), бенз[а]пирен — во всех пунктах стационар-ной сети;
- озон, бензол, свинец — в отдельных пунктах по специальной программе;
- мышьяк, никель, кадмий, ртуть — единичные измерения»[20].

«Загрязненность снежного покрова отражает степень антропогенного воздействия на окружающую среду, так как снежный покров способен накапливать и сохранять вещества, поступающие с зимними осадками, что позволяет провести оценку поступления токсикантов в почвы»[20].

«Ореолы загрязнения снежного и почвенного покровов техногенного происхождения хорошо заметны вокруг городов, промышленных предприятий, районов добычи и переработки полезных ископаемых, крупных автострад. Региональный космический мониторинг особенно важен при изучении малоосвоенных и заболоченных территорий. Ценность космических наблюдений заключается в том, что они дают обобщенную картину регионального антропогенного воздействия на территорию. При этом космическая информация значительно нагляднее и убедительнее, чем сведения, содержащиеся на подробных картах»[20].

2.2. Мониторинг и методы оценки загрязненности почвы

Для более полного и всестороннего исследования состояния окружающей среды важно проследить дальнейшую судьбу тяжелых металлов после таяния снежного покрова, так как значительная их часть попадает в почвы, поверхностные и подземные воды и в живые организмы.

- «Химический состав почв зависит от состава материнских пород, от протекания почвенных процессов и от особенностей антропогенной

нагрузки. Попадание токсикантов в почву происходит следующими путями:

- с атмосферными осадками; в результате осаждения в виде пыли и аэрозолей; за счет поверхностных сбросов твердых бытовых отходов;
- за счет промышленных, оросительных, канализационных стоков, стока с дорог, сельскохозяйственных полей и др.;
- за счет просачивания из подземных хранилищ нефтепродуктов, токсичных отходов и т.п.;
- при непосредственном поглощении почвой газообразных соединений и с растительным опадом»[17].

«Можно говорить о том, что почва относится к наиболее стабильным накопительным компонентам среды в биогеохимическом круговороте веществ, поэтому мониторинг изменения состава почвы позволяет рассматривать ее как наиболее точный индикатор состояния всего природного ландшафта»[20].

Вместе с тем изучение почвы как объекта антропогенного воздействия, в связи со сложностью и многообразием происходящих в ней процессов, сопряжено с рядом трудностей. Количественная зависимость между концентрацией элемента в загрязняющем выбросе и содержанием его в почве гораздо сложнее, чем соотношение «выброс — снежный покров». И если анализ содержания поллютантов в снежном покрове выявляет вклад текущего загрязнения, позволяет проследить контуры загрязнения на период опробования и динамику происходящих процессов, то такой же анализ почвы дает интегральные значения загрязняющих веществ за весь период генезиса почвенного слоя, отражает эффект многолетнего антропогенного воздействия на территорию»[20].

«Этапы оценки загрязнения почв тяжелыми металлами – это одним из важнейших этапов изучения загрязнения почв, выявления аномальных зон с высокой концентрацией поллютантов, а также определения источников загрязнения является составление эколого-геохимических карт.

«Анализ экологической обстановки не отделим от картографирования. Карта была и остается наиболее эффективным способом показа любых явлений, характеристики которых изменяются в пространстве»[40]. Для получения репрезентативных результатов необходимо корректно провести отбор почвенных проб со всей исследуемой территории.

«Существуют разные мнения по поводу глубины отбора почвенных проб для химического анализа. Руководствуясь, ГОСТ, пробоотбор рекомендуется совершать из верхнего горизонта 0-20 см (ГОСТ-12071, 1972;ГОСТ 17.4.4.02–84, 1984). Однако для составления эколого-геохимических карт»[40] В. И. Стурман рекомендует проводить отбор образцов почвы из верхнего десятисантиметрового слоя.

Глава 3. Экологическое состояние, объекты и методы исследования

3.1. Экологическая ситуация в Санкт – Петербурге по загрязнению тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном

«По данным Всемирной Организации Здравоохранения, тяжелые металлы уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и серы. В прогнозе же они должны стать самыми опасными, более опасными, чем отходы АЭС (второе место) и твердые отходы (третье место).

В нашей стране в настоящее время по степени опасности эти элементы разделены на три класса:

- первому классу токсической опасности для почв отнесены - ртуть, мышьяк, селен, кадмий, свинец, цинк, фтор;
- ко второму – хром, кобальт, молибден, никель, медь, сурьма, бор;
- и к третьему – барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций.

Почвы являются основной депонирующей средой, куда металлы поступают с выпадениями из атмосферы, листовым опадом, отмершими частями растений и т.д.»[51].

«Классификация почвенных загрязнений производится по многим параметрам: по их вещественному составу, генезису, морфологии, источникам образования и т.д., однако наибольшее значение для практической деятельности имеют два параметра: вещественный состав и морфология.

По вещественному составу загрязнения подразделяются на:

1. Радиоактивные загрязнения.
2. Химические загрязнения.
3. Биологические загрязнения.

«Радиационное загрязнение г. Санкт-Петербурга формируется за счет природной (загрязнение почв природными радионуклидами из подстилающих почвообразующих пород с повышенной природной радиоактивностью) и техногенной (обилие радиационно-опасных объектов, возможность трансграничного загрязнения и загрязнения при транзите грузов, несанкционированного размещения отходов, в результате поверхностного перераспределения чернобыльских выпадений и т.д.) составляющей.

Химическое загрязнение почв г. Санкт-Петербурга – формируется за счет эмиссий от промышленных объектов, выбросов автотранспорта и размещения отходов производства и потребления (как санкционированного, так и нет). Небольшой вклад вносит трансграничный перенос»[51].

«В Санкт-Петербурге и в Ленинградской области существует целый комплекс экологических проблем. Каждая из них имеет свои причины возникновения и свои особенности в путях решения. Но практика показывает, что из этого комплекса всегда выделяются наиболее острые проблемы, которые следует решать незамедлительно. С течением времени приоритеты меняются, иногда возникают новые, меняются и условия, в которых предстоит решать эти проблемы. Поэтому каждый временной отрезок длительностью примерно в 3 года характеризуется наличием своих особых приоритетов, которые выделяют на основе многостороннего анализа фактических данных и компетентного мнения специалистов»[51].

«Основываясь на данных систематических наблюдений за состоянием окружающей среды, на мнении компетентных экспертов и прогнозах развития экологической ситуации, на сегодняшний день в регионе можно выделить несколько приоритетов. Качество окружающей среды в основном определяют загрязнение воздушного и водного бассейнов, сбор и утилизация отходов производства и потребления, состояние почвенного покрова, зеленых насаждений и другие факторы»[51].

«Загрязнение атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге стало заметной проблемой в последнее десятилетие. Но, как в любом крупном городе, в атмосферном воздухе Санкт-Петербурга присутствуют разнообразные вредные примеси: оксид и диоксид азота, бенз(а)пирен, диоксид серы, оксид углерода, формальдегид, фенол, этиленбензол, другие углеводороды, свинец и т.д. Уровень загрязненности атмосферного воздуха Санкт-Петербурга обусловлен в основном повышенными концентрациями фенола, диоксида азота, аммиака. Средние концентрации диоксида азота составляют 110 мкг/м³, что выше, чем в среднем по России и равны 2,7 ПДК (предельно допустимые концентрации) в год. Средние концентрации бенз(а)пирена превышают рекомендуемые критерии всемирной организации здоровья (ВОЗ) в 1,4 раза. Незначительные превышения нормативов наблюдаются по содержанию аммиака и хлорида водорода. Все остальные загрязняющие вещества, присутствующие в атмосферном воздухе находятся либо в пределах нормы, либо ниже ее»[13].

«Особую тревогу по загрязненности атмосферного воздуха вызывают повышенные концентрации диоксида азота, бенз(а)пирена и наличие свинца. Источниками этих загрязнений являются автотранспорт (количество автомобилей в личном пользовании в последние годы увеличилось в несколько раз). Необходимо отметить, что загрязнение атмосферного воздуха названными веществами отмечается в зоне активной жизнедеятельности населения, т.е. на уровне человеческого роста, что оказывает существенное влияние на здоровье населения. Концентрация загрязнений в воздушной среде наблюдается, как правило, в центре города, где сосредоточены памятники истории и архитектуры. Такое положение сказывается на их внешнем виде и сохранности»[26].

«Как и для всех крупных промышленных городов, проблема загрязнения почв для региона весьма актуальна. В течение последних лет в Санкт-Петербурге проводится планомерное обследование почв на предмет загрязнения их тяжелыми металлами. Исследования показывают, что по-

прежнему велика значимость свинцового, кадмиевого, цинкового загрязнений. Сейчас можно констатировать, что проблема ртутного загрязнения в городе не стоит столь остро и находится под контролем. Уровни существующего загрязнения почв в основном определяются видом их хозяйственного использования. Общая тенденция известна - усиление техногенного воздействия наблюдается от биогенных ландшафтов к промышленным зонам. Наибольшему техногенному воздействию подвергаются территории промышленных предприятий, автомобильных и железных дорог, меньшей - селитебные зоны и зоны проектируемой застройки»[51].

«В России до сих пор используются одноуровневые нормативы содержания химических веществ в почвах – так называемые ПДК (Предельно Допустимые Концентрации), в то время как во всех европейских странах применяется двух-трех уровневая система нормативов, причем в большинстве еще и с учетом вида использования»[45].

«Считается, что среди химических элементов тяжелые металлы являются наиболее токсичными, так как: во-первых, обладают большим сродством к физиологически важным органическим соединениям и способны инактивировать последние, а во-вторых – способны к медленному накоплению в организме, вызывая не только явно выраженное специфическое действие, но и хронические неспецифические действия»[53].

«Более 14 лет Российский геоэкологический центр по заказу Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга выполняет химическое обследование почв города. Обобщая результаты выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

В ряду от биогенных к промышленным типам ландшафтов происходит увеличение техногенного прессинга и, как результат – рост загрязненности тяжелыми металлами.

Степень накопления элементов определяется по величине коэффициентов их концентраций. В целом по исследованиям многих авторов для обследованной территории города (т.е. более чем по 14000 проб) установлен следующий ряд накопления (в порядке убывания концентраций, указанных цифрами): Hg - 13, Zn – 9, (Sb, Sn) – 8, Pb – 7, (W, Cd) - 6 (Cr, Cu) - 5, то есть содержание ртути превышает фоновое в среднем в 13 раз, цинка – в 9 раз. Можно отметить, что загрязнение исторического центра существенно выше других зон. Несколько меньше загрязнены восточные и южные сектора города и в наименьшей степени – западные (юго-западные и северо-западные). Уровни загрязнения Кронштадта близки к загрязнению исторического центра Санкт-Петербурга. Следует отметить, что картина с загрязнением территории города элементами второго класса опасности несколько отлична – максимальное загрязнение характерно для районов города с обилием машиностроительных и металлообрабатывающих производств»[48].

«По форме проявления загрязненности все элементы образуют две основных группы: первая характеризуется площадным характером распространения, формирование которой связано с процессами функционирования урбанизированных территорий – транспортом, отоплением, использованием некоторых строительных материалов, и в относительно меньшей степени – с деятельностью промышленных предприятий – Hg, Pb, Zn, Cd, Cu; вторая характеризуется образованием локальных ореолов загрязнения, явно связанных с конкретными производствами – As, Mo, Sb, Ni, Co, Bi и др.»[48].

«Даже окраинные районы города Санкт-Петербурга загрязнены свинцом в количестве, превышающем ПДК до 3 раз, а исторический центр города – в 3–10 раз. Данные уровни, несомненно, связаны с влиянием автотранспорта, к которому добавляется влияние промышленности – наиболее загрязненные участки приурочены к ряду предприятий города и полигонам ТБО. Аналогичный характер имеют и схемы распределения

содержаний кадмия, цинка и др. элементов. В то же время, распределения в почвах висмута хрома, никеля, кобальта носят абсолютно другой характер – на фоне равномерно низких содержаний по всей территории города, выделяются небольшие по площади, но крайне контрастные ореолы загрязнения данными технофильными элементами. Каждый такой ореол приурочен к конкретному источнику, которыми являются предприятия и свалки»[32].

«Распределение отдельно взятых элементов достаточно неравномерно, поэтому для оценки общей загрязненности тяжелыми металлами в России используется показатель суммарного загрязнения (Zс). Для города в целом средняя величина показателя суммарного загрязнения составляет 54 условные единицы, причем величина показателя существенно варьирует по районам Санкт-Петербурга»[14].

Таким образом, «в результате многолетних исследований качества почв, проводимых Российским геоэкологическим центром по заказам Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга сформирован крупнейший в Европе банк данных по загрязнению тяжелыми металлами, позволяющий обоснованно принимать административные решения, планировать природоохранные мероприятия и необходимый для планирования инвестиционных проектов»[51].

3.2. Локальное загрязнение полуострова Таймыр

«Таймырский (Долгано-Ненецкий) автономный округ находится в суровых климатических условиях Крайнего Севера. Из-за низких температур самоочищение вод происходит крайне медленно, а вечная мерзлота и скудность почв замедляют развитие тундровой растительности»[54].

Природа полуострова Таймыр в целом, находится в сфере действия нескольких мощных факторов, загрязняющих и нарушающих экосистемы:

- Норильский горно-металлургический комбинат загрязняет атмосферу, пресные воды и почвы, активно нарушает озоновый слой.

- Карское море находится в зоне радиоактивного, нефтяного и других видов загрязнений.
- Енисей и Енисейский залив загрязняются, помимо Норильска, источниками, лежащими много южнее Таймыра.
- Планируется дальнейшее развитие горной промышленности как альтернатива истощающимся рудам Норильского района, в том числе добыча золота и редких металлов на севере Таймыра.
- Происходит механическое нарушение экосистем побережий деятельностью человека (движение наземного транспорта, нагромождения мусора и пр.)
- Браконьерство создает дополнительный пресс на ресурсы рыб, уменьшающиеся в результате ухудшения экологических условий.

«Поэтому воздействия таких антропогенных факторов, как выбросы ОАО “ГМК “Норильский никель”, других стационарных и передвижных источников загрязнения воздуха, использование транспортных средств, прежде всего гусеничной техники, сброс неочищенных сточных вод, губительны для природной среды»[54].

«Наиболее важной для округа экологической проблемой остается загрязнение окружающей среды от Норильского промышленного района. Предприятия ОАО “ГМК “Норильский никель” оказывают основное негативное влияние на экосистему Таймыра. По выбросу оксидов серы Норильск – второй по мощности очаг напряженности во всей Российской Арктике. Комбинат ежегодно выбрасывает в атмосферу миллионы тонн диоксида серы и вредной промышленной пыли. Только Норильский никелевый завод выбрасывает в воздух до 12 тыс.т пыли, в том числе никеля - 2000 т, меди – 350, кобальта – 20 т в год»[19].

«Продолжается загрязнение рек Пясины, Енисей, Хатанга и их притоков, а также морских заливов неочищенными сточными водами. Загрязнение бассейнов рек Таймыра происходит от предприятий ЖКХ,

нефтебаз, складов ГСМ, дизельных котельных, гаражей и в результате аварий на нефтепроводах»[5].

«Среди техногенных воздействий в регионе серьезную экологическую проблему представляют отходы производства и потребления. Проблема утилизации промышленных и бытовых отходов усугубляется отсутствием других (кроме ОАО "Норильская горная компания") предприятий и производств, которые могли бы использовать промышленные отходы, как это происходит в иных промышленных регионах России. Не ведется сбор и переработка отработанных люминесцентных ламп, которые в основном вывозятся на свалки, что наносит вред окружающей среде.

При общей площади городов Норильска, Талнаха и Кайеркана равной 807 га, в Норильском промышленном районе под различные виды отходов занято около 6 тыс. га земли. Это шлако- и золоотвалы, отстойники металлосодержащего сырья, свалки промышленных и бытовых отходов, хвостохранилища, отвалы грунта, отвалы горных пород и т.п. При этом следует иметь в виду, что специализированные предприятия по переработке промышленных отходов в Норильском промышленном регионе отсутствуют»[54].

«К числу наиболее важных техногенных факторов, вызывающих изменения мерзлотных условий, относятся: промышленное и гражданское строительство, установка временных сооружений, прокладка автотрасс, железных дорог и трубопроводов, гидротехническое строительство, снего -, мусоро - и породные отвалы, проезды по тундре тяжелой техники (вездеходы), выпадение кислотных дождей и перенос с поверхностными водами загрязнителей в природные ландшафты. Результат такого воздействия – деградация толщ многолетней мерзлоты: отепление, полное или частичное протаивание, увеличение глубин сезонно – талого слоя, развитие термокарста, солифлюкции»[54].

«О характере техногенного воздействия на мерзлотные условия объективно свидетельствуют не только развитие по площади и во времени

природно-техногенных ландшафтов, но и изменения во времени средневзвешенной температуры поверхности грунтов на застроенной территории, наблюдения за температурами в глубоких скважинах. По причине ухудшения мерзлотных условий под действием техногенеза в настоящее время деформировано или имеют нарушения конструкция около 10 % зданий и сооружений в г. Норильске.

Ввиду того, что в большинстве регионов Севера развитие крупных промышленных предприятий, отличающихся высокой ресурсоемкостью производства, осуществлялось без должного учета экологических последствий, - способность экосистем к самовосстановлению оказалась исчерпанной. Разрушение природной среды в ряде районов достигло масштабов экологической катастрофы, а на обширных сопредельных территориях ситуация близка к критической. Уничтожение растительности привело к нарушению водного и теплового баланса территорий, развитию болот, эрозии почв, термокарста и оползней, вызвало гибель или миграцию животных, ухудшило условия жизни местного населения. В условиях же разрушенных и деградирующих экосистем ведение сельскохозяйственного производства становится проблематичным. Поэтому одной из важнейшей задачей научных исследований становится разработка программ рационального природопользования, организации системы эффективного контроля над состоянием природной среды. Особое значение приобретает контроль над состоянием биологических ресурсов Арктики и Субарктики, отличающихся повышенной уязвимостью к антропогенному воздействию»[5].

3.3. Объекты исследований

Санкт-Петербург город мегаполис, численность населения на 1 января 2016 года составляет 5225690 человек согласно данным Росстата от 09.03.2016 об оценке численности населения России по регионам на 01.01.2016. «Средняя годовая температура воздуха в Санкт-Петербурге, по

данным многолетних наблюдений, составляет, 5,6 °С. Санкт-Петербург по своему географическому местоположению попадает в зону избыточного увлажнения. Среднегодовая сумма осадков в Санкт-Петербурге за последние 30 лет составляет 653 мм. В течение года осадки выпадают неравномерно: большая их часть (67%) приходится на теплый период (апрель – октябрь, с максимумом в июле – августе) и только 33% – на холодный (минимум в феврале – марте). Судить о характеристиках снежного покрова в Санкт-Петербурге можно только на территории парков и скверов. Это обусловлено периодической уборкой снега с улиц города. В Санкт-Петербурге снежный покров держится обычно около 120 дней, а в пригородах – примерно 130 дней. Устойчивый снежный покров обычно формируется в начале декабря, а разрушается в последней декаде марта»[53].

«Город Пушкин (Царское Село) расположен в 24-х километрах к югу от Санкт-Петербурга на Ижорской возвышенности, поднимающейся на 150-160 метров над уровнем моря. Население города Пушкина составляет 102 729 человек. Находится на линии Санкт-Петербург - Витебск, на его территории расположены железнодорожные станции Детское Село и 21-й км. Из-за возвышенного положения города в нем гораздо более солнечный и менее «туманный» климат, в отличие, например, от Петербурга. В городе ярко выражены четыре времени года. Температура зимой колеблется в пределах 5-7 °С выше нуля, летом – 15-18°С. Преобладает южное направление ветра. Зимой часты оттепели, а летом умеренно тепло. Число солнечных дней в году в Пушкине достигает 240, поэтому он является одним из самых благополучных в этом плане городов Ленинградской области. Промышленность представлена заводом Жиллет, завод "София" и архитектурно-стекольный завод»[50].

«Полуостров Таймыр — самый северный полуостров Азии, расположенный между Енисейским заливом Карского моря и Хатангским заливом моря Лаптевых, в пределах Таймырского национального округа (Красноярский край)»[47].

«Таймыр относится к субарктическому и арктическому климатическим поясам, граница между которыми нечеткая, так как накладывается на систему гор Бырранга. К арктическому поясу относится северное побережье Таймыра, архипелаг Северная Земля и прилегающие к нему острова. Теплый период здесь длится не более 2.5 месяцев (конец июня — начало сентября), стабильный переход суточных температур через 0 °С отсутствует, осадки выпадают равномерно в течение всего года преимущественно в виде снега. Летние температуры воздуха составляют 2—7 °С, зимние от –25 до –35 °С. Остальная часть полуострова относится к субарктическому поясу, в пределах которого можно выделить западный и восточный сектора с весьма неустойчивой и нестабильной год от года границей. В среднем за год в Хатанге выпадает около 272,0 мм. Среднее количество осадков снега 26,6 см. Преобладают южное и юго-восточное направление ветров, а в зимнее время северо-восточное и юго-западное направление»[47].

3.4. Отбор проб и методы химико-аналитических исследований.

Отбор проб почвы проводился в соответствии ГОСТ 17.4.4.02-84 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа» с учетом рекомендаций ГОСТ Р 53123-2008 «Качество почвы. Отбор проб. Часть 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы». При выборе точек наблюдений и отборе проб снега следовали указаниям РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы ч.2 Региональное загрязнение атмосферы, п. 5 Наблюдения за загрязнением снежного покрова и ч.3 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. п.3.6 Отбор проб снежного покрова».

Методика исследования состояла из двух этапов. Первый этап включал в себя отбор образцов почвы с выбранных участков. Во время второго этапа проводились пробоподготовка образцов и измерение концентраций на

атомно-абсорбционном спектрометре с электротермической атомизацией (ААС с ЭТА).

Отбор и подготовка проб к анализу проводились в соответствии с ГОСТом (ГОСТ 17.4.4.02-84, 1983). Экстракция кислоторастворимых форм элементов (Cd, Pb, Zn) проводилась 5 М HNO₃ в соответствии с РД 52.18.191-89. Концентраций металлов измеряли и рассчитывали в соответствии с ПНД Ф 16.1:2:2.2.63-09 (Методика, 2009). Гранулометрический состав грунта определяли ситовым методом по ГОСТ 12536-79.

Подготовка и анализ образцов проводился в строгом соответствии с требованиями каждого этапа анализа. Почва отбиралась методом конверта (5 точечных проб) со слоя мощностью 0-5 см. Всего было отобрано 5 образцов почв. Из точечных проб готовили смешанную пробу и методом квартования получали образец массой 200 гр. Образец массой 20 гр. полностью растирали в ступке и просеивали через сито размером 1 мм, который в дальнейшем использовали для химико-аналитических исследований.

Методики ПНД Ф внесены в Федеральный реестр и допущены для целей государственного экологического контроля. Методики РД утверждены Росгидрометом, внесены в Федеральный перечень МВИ и опущены к применению в области мониторинга загрязнения окружающей и природной среды (РД 52.18.595-96 с изм.1,2,3).

Химический анализ отобранных проб снега проводился в эколого-аналитической лаборатории РГГМУ в два этапа. Первый этап – подготовка проб к выполнению измерений. В соответствии с ГОСТ 17.1.5.05 отобранные пробы снега доставляли в лабораторию и в закрытом виде при комнатной температуре оставляли до полного таяния, не допуская образования осадка на стенках емкости. Растаявшую пробу тщательно перемешивали и отбирали из общего объема три лабораторных пробы по 0,5 дм³. Одну из лабораторных проб использовали для определения водородного показателя (рН), удельной электропроводимости (УЭП), гидрокарбонатов, хлоридов, кальция и

жесткости. Две оставшиеся лабораторных пробы использовали для определения металлов и мышьяка.

В соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы. ч. II п.5» определение рН проводили потенциометрическим методом, УЭП – кондуктометрическим, хлориды – титриметрическим с раствором азотнокислой ртути, гидрокарбонат – ионы – методом обратного титрования, кальций и жесткость – комплексометрическим титрованием. Подготовку лабораторных проб для определения металлов проводили в соответствии с ПНД Ф 14.1.2.4.140-98 (изд. 2013 г.) «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитра-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой» методика аттестована и может быть использована для определения металлов в пробах снежного покрова. Для определения растворенных форм металлов одну лабораторную пробу фильтровали через фильтр белая лента и подкисляли концентрированной азотной кислотой до $\text{pH} < 2$ ед. рН. Для определения общего содержания металлов (растворенных и взвешенных) вторую лабораторную не фильтрованную пробу подкисляли концентрированной азотной кислотой до $\text{pH} < 2$ ед. рН и подвергали кислотному озолению при нагревании на плитке с закрытой спиралью. В подготовленных фильтрах измеряли концентрации металлов на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915М с электротермической атомизацией. Для определения массовой концентрации ртути использовали ртутно-гидридную приставку РПГ-915. В соответствии с методикой М 01-43-2006 (издание 2011 г.) «Методика измерений массовой концентрации ртути в пробах природных, питьевых и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией модификаций МГА – 195, МГА-915М, МГА – 915 МД» минерализация проб бромид-броматной смесью позволила определить содержание ртути на уровне $0,01 \text{ мкг/дм}^3$.

Пробоотбор снежного покрова в г. Пушкин и в Адмиралтейском районе проводился 18 и 19 января 2016 г. При отборе проб был выбран участок с ненарушенным состоянием снежного покрова. Пробы отбирались методом конверта, как и пробы почвы. Пробоотбор состоял в срезе керна на глубину снежного покрова до 5 мм от основания его залегания. Отобранный керн помещается в полиэтиленовый пакет. Пакеты маркируются.

Запланированный отбор проб почвы проводился в г. Пушкин и Адмиралтейском районе 22 и 23 июня 2015 г. на выбранных ранее площадках для наблюдений в тех же точках, где были отобраны пробы снежного покрова. В г. Пушкине отобрано 5 объединенных проб почв из 5 точечных каждая, пробы отбирались методом конверта. Точечные пробы отбирались в следующем порядке: 1-я в центре, четыре по направлениям север-юг-восток-запад на расстоянии 1 м от центральной. Отбор проб почвы проводился в сквере возле кольцевой автомобильной дороги вокруг Египетских ворот на стыке ул. Дворцовой, Октябрьского бульвара и Петербургского шоссе. Пробы отбирались параллельно Октябрьскому бульвару и перпендикулярно ул. Дворцовая. На месте отбора проб преобладал густой, равномерный травинной покров, вдоль дороги ул. Дворцовая произрастают кусты, в сквере растут клен, ель. Ниже приведена характеристика точек отбора:

- т. Пп – 1. Западная окраина г. Пушкина, в 60 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара, 10 м от Дворцовой улицы.
- т. Пп – 2. Западная окраина г. Пушкина, в 70 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара, 20 м от Дворцовой улицы.
- т. Пп – 3. Западная окраина г. Пушкина, в 80 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара, 30 м от Дворцовой улицы.
- т. Пп – 4. Западная окраина г. Пушкина, в 90 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара, 40 м от Дворцовой улицы.
- т. Пп – 5. Западная окраина г. Пушкина, в 100 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара, 50 м от Дворцовой улицы.



Рисунок 1 - Расположение точек отбора проб снега и почвы в г. Пушкин

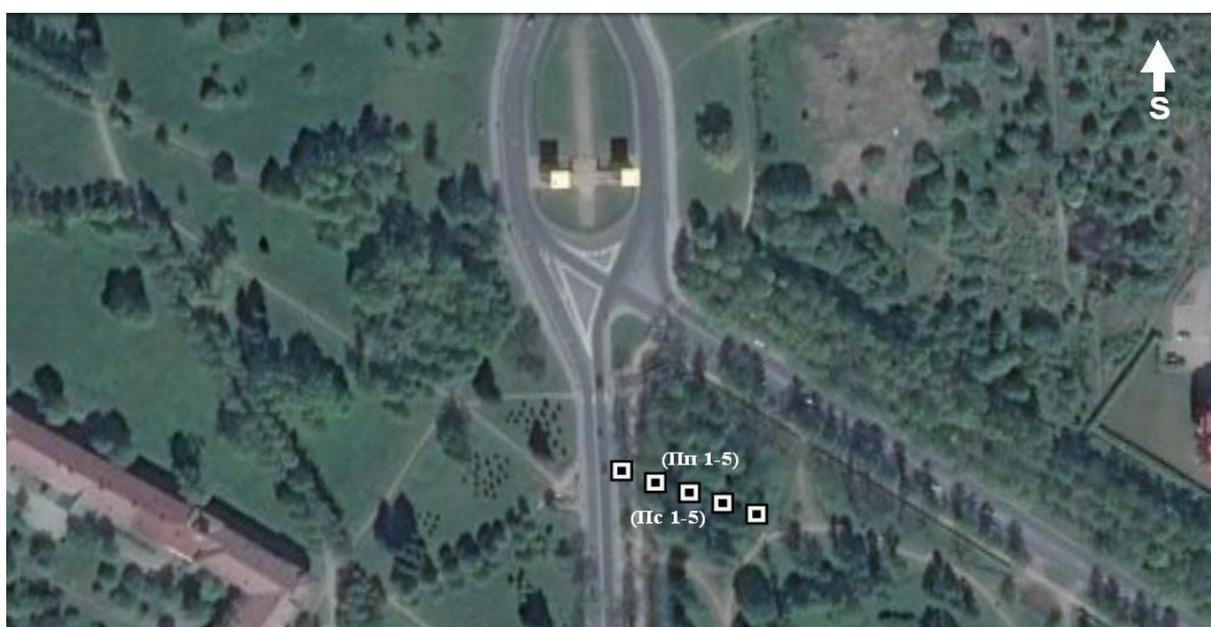


Рисунок 2 - Расположение точек отбора по отношению к автодорогам г. Пушкин



Рисунок 3 - Расположение точек отбора относительно жилой застройки в г. Пушкин

Характеристика точек Адмиралтейского района

т. Ап-1, Ас-1. Площадка расположена между 9-ой и 10-ой Красноармейскими улицами. Движение автотранспорта по улицам не интенсивное. Участок огорожен решеткой, По периметру площадки достаточно хороший, но неоднородный травяной покров шириной от 1 до 3 метров, 4 старых тополя и кустарники. Площадь около 100 м², доступ не ограничен. В зимний период снеговой покров не нарушен.

т. Ап-2, Ас-2. Площадка расположена в 10 метрах от проезжей части Обводного канала. Движение автотранспорта очень интенсивное, с частыми торможениями. Участок огорожен решеткой. По трем сторонам площадки, отделяющий ее от проезжей части, достаточно хороший, но неоднородный травяной покров шириной от 2 до 4 метров, 12 старых тополей, кустарники. Площадь около 200 м², доступ ограничен. Зимой снег был убран, поэтому пробы на этой точке не отбирались.

т. Ап-3, Ас-3. Площадка расположена на углу 3-й Красноармейской улицы и Советского переуллка. Движение автотранспорта не интенсивное, Участок огорожен кирпичной стеной высотой 15 м. По трем сторонам площадки, отделяющий ее от проезжей части, хороший, травяной покров шириной от 2 до 4 метров, 6 тополей, 8 вязов, 4 лиственницы кустарники,

клумбы. Площадь около 200 м², доступ ограничен. Зимой снег был убран, поэтому пробы на этой точке не отбирались.

т. Ап-4, Ас-4. Площадка расположена в Никольском саду, на углу проспекта Римского-Корсакова и Никольской улицы. Движение автотранспорта интенсивное. На площадке отбора растут вязы и лиственницы, доступ не ограничен.

т. Ап-5, Ас-5. Площадка расположена в середине переулочка Макаренко. Движение автотранспорта по улице не интенсивное. В пяти метрах от площадки контейнер для мусора. По периметру площадки слабый неоднородный травяной покров шириной от 1 до 2 метров, 3 старых тополя и 3 вяза, кустарники. Площадь около 100 м², доступ не ограничен. На этой точке был собран свежавывающий снег.

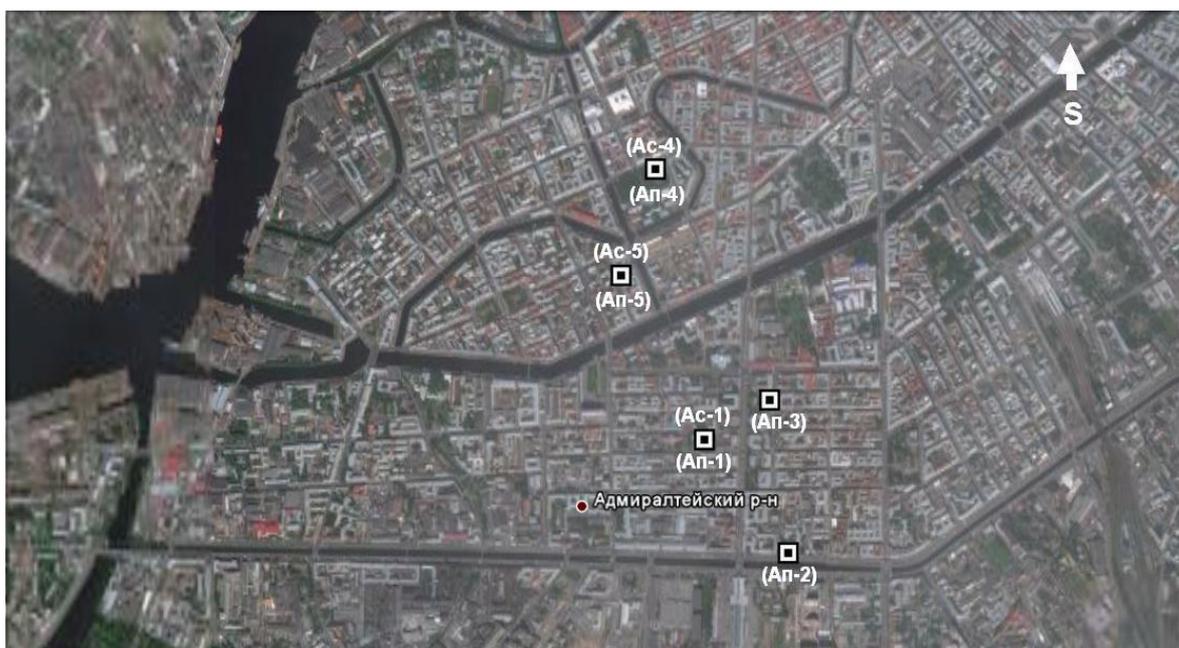


Рисунок 4 - Расположение точек отбора почвы в Адмиралтейском районе

Характеристика точек п. Попигай

Отбор проб снежного покрова проводился на Таймыре в пос. Попигай 18 февраля 2016 года. При отборе проб учитывалось преобладающее направление ветра. Точки отбора проб расположены по направлению с запада на восток, находятся с двух сторон от источника загрязнения. Выбирались участки с не тронутым снежным покровом. Пробоотбор, так же как и в г. Пушкин состоял в срезе керна снежного покрова на глубину до 5

мм от поверхности почвы. Срезанный керн помещался в полиэтиленовый пакет и маркировался. Ниже дана характеристика точек п. Попигай:

т. Тс-1. Первая точка отбора расположена по направлению к западу на небольшой возвышенности от источника загрязнения, расстояние от источника составляет 250 м, глубина отбора 7 см. Снежный покров выглядит визуально чистым.

т. Тс-2. Вторая точка находится возле источника загрязнения (котельная детского сада и начальной школы), глубина отбора 15 см. Снежный покров сильно загрязнен.

т. Тс-3. Находится в 1 км от источника за рекой по направлению на восток. Ниже источника загрязнения. Снежный покров чистый не тронутый, глубина отбора 12 см.

т. Тс-4. Данная точка расположена по направлению на восток в 1500 м на склоне горы. На уровне с источником загрязнения. Глубина отбора 13 см.

т. Тс-5. Снежный покров на данной точке отбирался на вершине горы (высота горы 30 – 50 м), по северо-восточному направлению, располагается выше источника загрязнения, на расстоянии 1700 м. Глубина отбора 50 см. Рядом растут елки. Снеговой покров визуально чистый.

т. Тс-6. Находится на расстоянии 72 км от поселка возле оз. Делях. Глубина отбора 30 см.

Отбор проб почвы проводился 25 августа 2015 году. Территория поселка засыпана шлаком и золой примерно на 20-30 см, поэтому с большим трудом удалось, найти подходящий участок для отбора проб почвы. Отбор проб почвы проводился на двух точках Тп-2 и Тп-5. Каждая проба отбиралась методом конверта со слоя мощностью 0-5 см. т. Тп-2 находится рядом с котельной детского сада и начальной школы. Высота трубы 6 метров. т. Тп-5 находится на горе, выше источника загрязнения, на противоположной стороне реки в 1700 м.



Рисунок 5 - Расположение точек отбора проб снежного покрова и почвы на Таймыре в п. Попигай



Рисунок 6 - Расположение точек отбора проб снежного покрова на Таймыре в п. Попигай

Глава 4. Результаты исследования содержания тяжелых металлов и бенз(а)пирена в снежном покрове и почвах

4.1. Основные химико-физические показатели проб снежного покрова и почв

Результаты исследования физико-химических показателей снежного покрова позволяют диагностировать экологическое состояние окружающей среды. Кислотность снега регулируется количеством углекислого газа в атмосферном воздухе и его влажностью. При отсутствии или незначительном антропогенном воздействии или влиянии природных явлений величина рН снега имеет слабокислую реакцию и находится в диапазоне (5,4-5,6) ед. рН. На фоновых территориях с течением времени рН снежного покрова увеличивается в среднем до (6,5-6,8) ед. рН.

Показатель удельной электропроводимости говорит об общей минерализации проб снега или почвенной вытяжке. В приложении В представлены результаты физико-химических исследований проб снега и почвы. В таблице 3 и таблице 4 представлены физико-химические показатели проб снежного покрова и почвы. Результаты, полученные в каждой из пяти точек г. Пушкина отличаются не существенно и в таблице 4 представлены средние значения.

Таблица 3 - Физико-химические показатели проб снежного покрова

Показатели	Единицы измерения	Адмиралтеский район				г. Пушкин, среднее значение.
		Ас-1	Ас-4	Ас-5	Ас-фон	
рН	ед. рН	6,1	6	5,9	5,9	5,6
УЭП	мкСм/см	45	28	32	17	17
Кальций	мг/дм ³	1,6	1,4	1,8	1,2	0,65
Гидрокарбонат-ион	мг/дм ³	3,7	1,8	1,8	1,2	2,1
Хлорид-ионы	мг/дм ³	3,9	2,7	3	0,74	1,3

По результатам анализа можно сказать, что снежный покров на исследуемом участке в г. Пушкине имеет меньшую минерализацию и более

кислый рН по сравнению с пробами в Адмиралтейском районе и совпадает с данными полученными в свежевывавшем снеге.

Таблица 4 - Физико-химические показатели проб почвы

Определяемый показатель	Единицы измерения	г. Пушкин	Адмиралтейский район				
		среднее значение	Ап-1	Ап-2	Ап-3	Ап-4	Ап-5
рН водная вытяжка	ед. рН	6,9	7,3	7,2	7,5	6,6	7,2
рН солевая вытяжка	ед. рН	6,1	6,5	6,4	6,8	6,1	6,6
Удельная электропроводимость	мкСм/см	105	91	202	140	110	190
Органическое вещество	%	11,3	5,0	8,4	4,7	10,2	12,2
Нефтепродукты (суммарно)	мг/кг	62	134	816	203	211	168
Бенз(а)пирен	мг/кг	(0,006-0,066)	0,66	1,9	0,34	0,19	0,005

Водородный показатель (рН) почвенных вытяжек из проб Адмиралтейского района имеет более щелочную реакцию и больше минерализован, чем пробы г. Пушкина.

Данные анализа почв п. Попигай представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Физико-химические показатели почв п. Попигай

Определяемый показатель	Ед. измерения	Тп-4	Тп-1
рН водная вытяжка	ед. рН	5,9	7,3
рН солевая вытяжка	ед. рН	5,4	6,9
Удельная электропроводимость	мкСм/см	63	132
Органическое вещество	%	8,6	7,4

Показатели кислотности и УЭП в пробе, отобранной в 100 м от котельной, существенно отличаются от пробы за пределами поселка, разница в содержании органического вещества не существенна.

4.2. Содержание тяжелых металлов на исследуемом участке в г.

Пушкин

В пробах снежного покрова и почвы были измерены следующие металлы: кадмий, свинец, цинк, медь, марганец, никель, хром, ртуть и

металлоид – мышьяк. Все элементы, кроме ртути определены в кислоторастворимой и подвижной формах. Ртуть определяли только в валовой форме. Таблицы с результатами исследований находятся в Приложение Г.

Содержание кадмия, мышьяка и ртути не превышает установленные нормативы (таблица 6), однако по сравнению с фоновыми значениями почти в 4 раза выше концентрации ртути и кадмия (рисунок 7). Диапазон содержания ртути в почвах г. Пушкина (0,15-0,22) мг/кг, кадмия - (0,15-0,24) мг/кг.

Таблица 6 - ПДК (ОДК) и фоновые концентрации загрязняющих веществ в почве

Вещество	ПДК	ОДК (кислоторастворимая форма)	Фоновое содержание (кислоторастворимая форма)
Кадмий	нет	0,5	0,05
Мышьяк	2,0	2,0	1,5
Ртуть	2,1 – валовая форма	нет	0,05
Свинец	6 – подвижная форма	32	6
Никель	4 – подвижная форма	20	6
Медь	3 – подвижная форма	33	8
Цинк	23 – подвижная форма	55	28
Марганец	100 – подвижная форма	1500	-

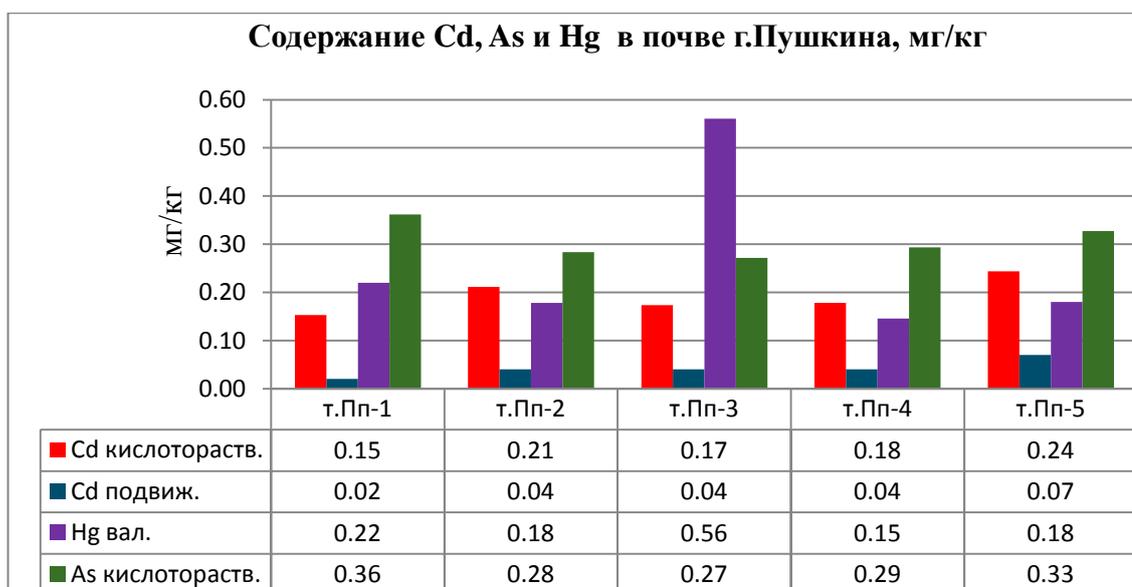


Рисунок 7 - Кадмий, мышьяк и ртуть в почвах г. Пушкина

Концентрации цинка находятся на уровне (1,0-1,5) ПДК/ОДК, свинца - (1,0-2,0) ПДК/ОДК, причем содержание растворенных форм в (7-12) раз ниже, чем кислоростворимых (Таблицы 7 и рисунок 8).

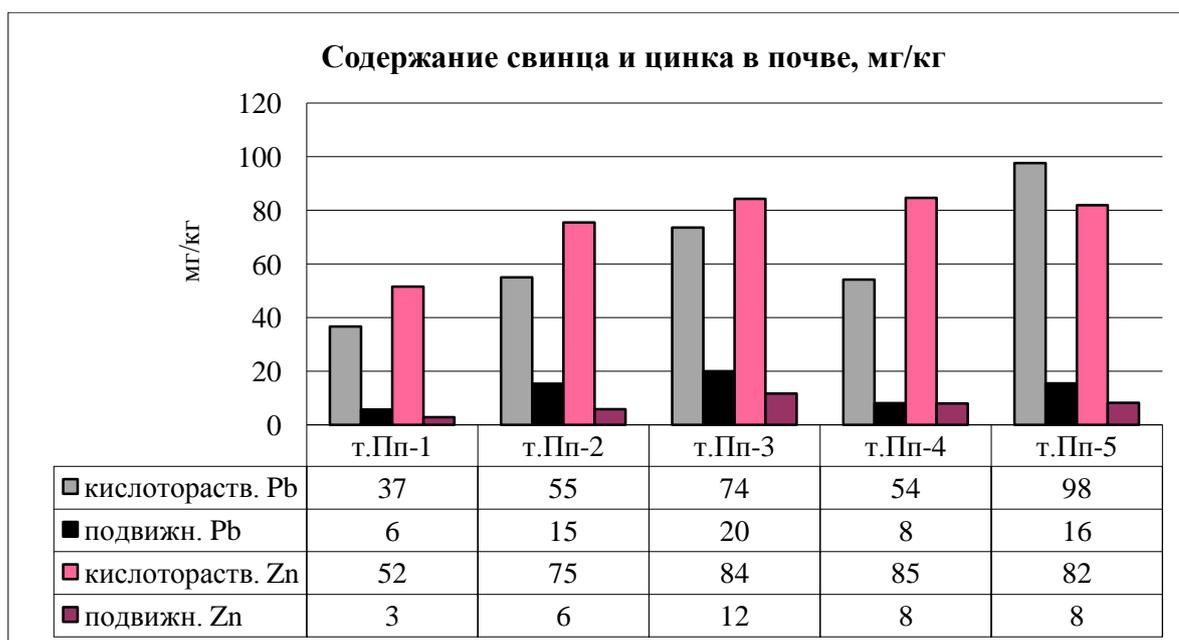


Рисунок 8 - Содержание свинца и цинка в почвах г. Пушкина

Таблица 7 - ПДК (ОДК) и фоновые концентрации загрязняющих веществ в почве

Вещество	ПДК	ОДК (кислоторастворимая форма)	Фоновое содержание (кислоторастворимая форма)
Свинец	6 – подвижная форма	32	6
Цинк	23 – подвижная форма	55	28

Максимальное количество свинца, 98 мг/кг кислоторастворимого и 16 мг/кг – подвижного, обнаружено в точке Пп-4, расположенной ближе к автодороге. Кислоторастворимый цинк достаточно равномерно распределен в точках исследуемого участка от 52 мг/кг до 84 мг/кг, наибольшая концентрация подвижного цинка в точке Пп-3.

Превышение концентраций никеля и меди в анализируемых пробах не выявлено, концентрация кислоторастворимого хрома в среднем составляет 17 мг/кг, подвижного – 0,7 мг/кг (таблицы 8 и рисунок 9).

Таблица 8 - ПДК (ОДК) и фоновые концентрации загрязняющих веществ в почве

Вещество	ПДК	ОДК (кислоторастворимая форма)	Фоновое содержание (кислоторастворимая форма)
Никель	4 – подвижная форма	20	6
Медь	3 – подвижная форма	33	8

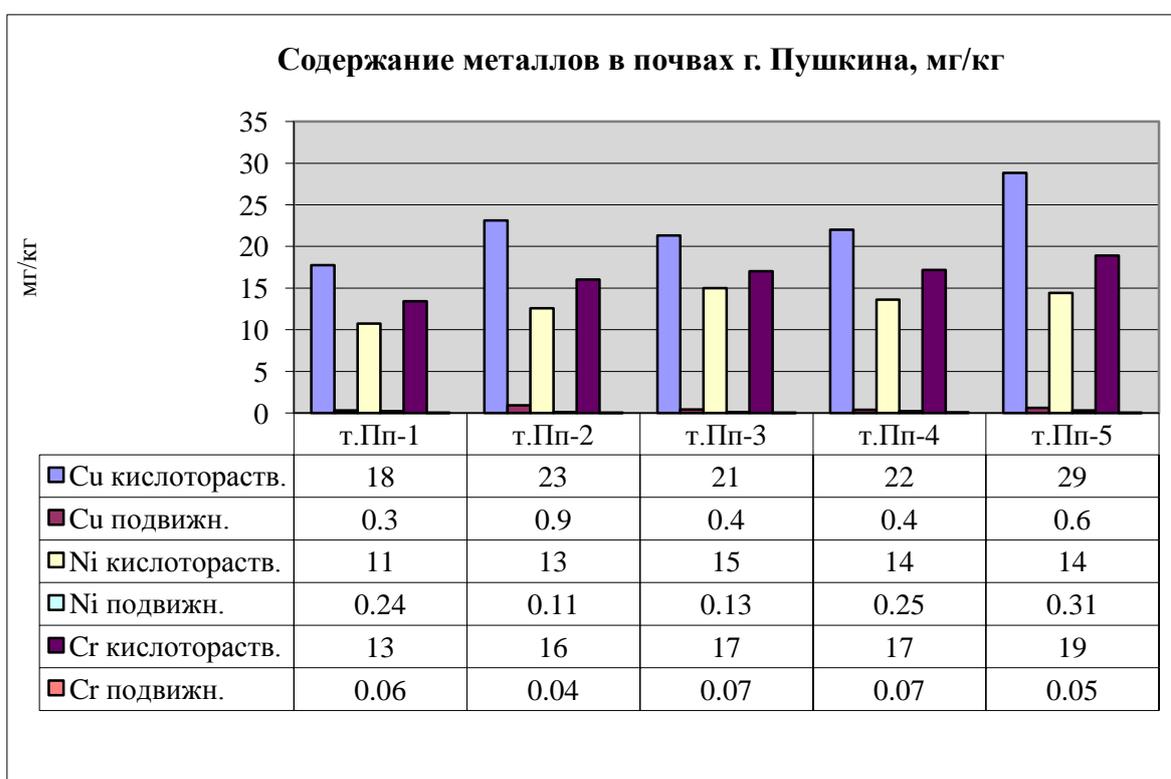


Рисунок 9 - Содержание металлов в почвах г. Пушкина

Концентрация кислоторастворимого марганца в исследуемых почвах в среднем 337 мг/кг, что соответствует фоновым значениям в органогенных горизонтах для почв дерново-подзолистого типа. Содержание подвижного марганца, в среднем – 139 мг/кг и превышает ПДК в 1,4 раза.



Рисунок 10 - Содержание марганца в почвах г. Пушкина

Нефтепродукты в пробах почв распределены достаточно равномерно, среднее значение - 62 мг/кг, что в три раза меньше, чем установленные ПДК для селитебных зон г. Санкт-Петербурга – 180 мг/кг (рисунок 6).

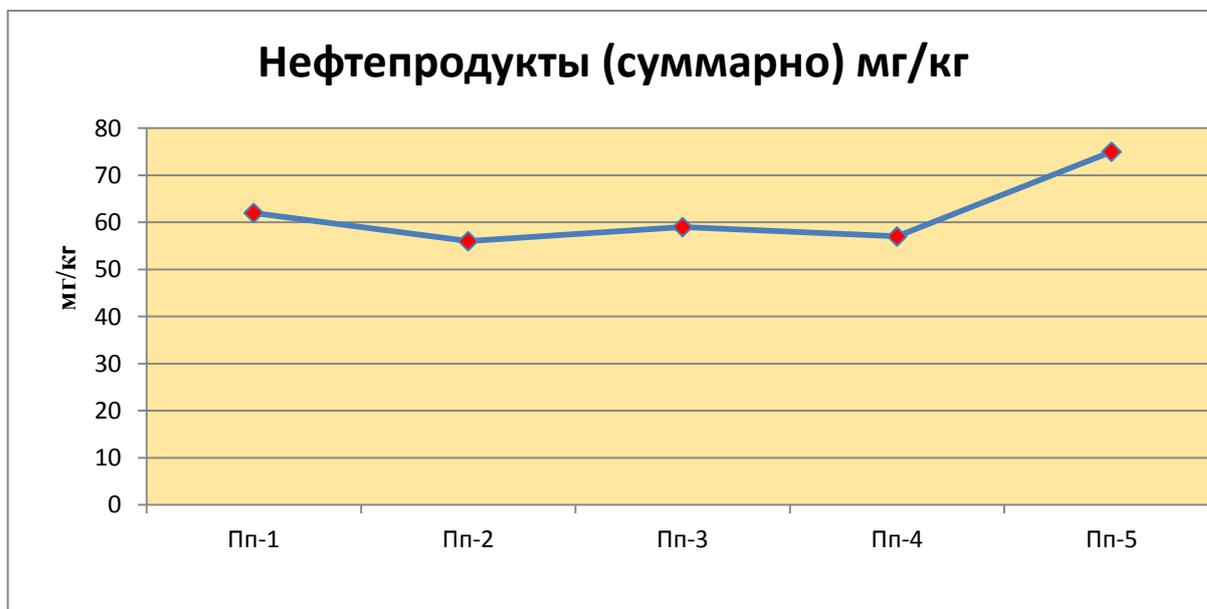


Рисунок 11 - Содержание нефтепродуктов в почвах г. Пушкина, мг/кг

Содержание бенз(а)пирена в пробах с исследуемой площадки варьирует от 0,022 мг/кг до 0,066 мг/кг и превышает ПДК в (1,2- 3,3) раза.



Рисунок 12 - Содержание бенз(а)пирена в почвах г. Пушкина

Металлы и мышьяк в пробах снежного покрова определяли в нефилтрованной пробе и растворенные формы, по разнице рассчитывали содержание элементов во взвешенном состоянии. В таблице 9 представлены данные по металлам и мышьяка в растворенной и взвешенной форме и общее содержание.

Таблица 9 - Содержание металлов в снежном покрове г. Пушкина

Форма элемента	ПДК, мкг/дм ³	мкг/дм ³	т.Пс-1	т.Пс-2	т.Пс-3	т.Пс-4	т.Пс-5
общ. содерж.	<0,01	Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
общ. содерж.		Cd	0,045	0,030	0,051	0,026	0,033
растворен.	1,0	Cd	0,010	0,011	0,019	0,014	0,012
взвешен.		Cd	0,035	0,019	0,032	0,012	0,021
валовая		As	0,13	0,01	0,12	0,21	0,14
растворенная	10	As	0,05	0,01	0,12	0,08	0,06
взвешенные		As	0,08	0,00	0,00	0,13	0,08
общ. содерж.		Cr	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
растворен.		Cr	0,03	0,00	0,00	0,00	0,12
взвешен.		Cr	0,58	0,64	0,60	0,50	0,39
общ. содерж.		Ni	1,2	1,4	1,2	1,0	1,4
растворен.	10	Ni	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5
взвешен.		Ni	0,8	1,1	0,9	0,7	0,9
общ. содерж.		Pb	1,1	1,7	1,3	1,1	1,9
растворен.	6,0	Pb	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3
взвешен.		Pb	0,8	1,2	1,0	0,8	1,5

Форма элемента	ПДК, мкг/дм ³	мкг/дм ³	т.Пс-1	т.Пс-2	т.Пс-3	т.Пс-4	т.Пс-5
общ. содерж.		Zn	26	35	18	46	19
растворен.	10	Zn	10	10	5,1	10	7,1
взвешен.		Zn	16	25	13	36	12
общ. содерж.		Cu	7,5	6,4	6,2	5,2	7,1
растворен.	1,0	Cu	2,3	1,8	1,6	1,9	1,6
взвешен.		Cu	5,2	4,7	4,6	3,3	5,5
общ. содерж.		Mn	10	8,9	8,3	7,7	9,4
растворен.	10	Mn	5,0	3,8	3,4	3,7	3,9
взвешен.		Mn	5,4	5,1	4,9	4,0	5,6

При сравнении концентраций растворенных форм с ПДК для рыбохозяйственных водоемов обнаружено превышение по меди в среднем на уровне 2 ПДК, по мышьяку, никелю, кадмию, ртути, цинку, марганцу, свинцу превышений ПДК не выявлено. В порядке увеличения концентрации металлов по их общему содержанию выстраиваются в ряд в порядке увеличения: ртуть < кадмий < мышьяк < хром < никель < свинец < медь < марганец < цинк.

На гистограммах (рисунки 13,14) видно соотношение различных форм элемента к их общей концентрации в пробе в процентах, общее содержание взято за 100%.



Рисунок 13 - Содержание кадмия в снежном покрове г. Пушкина

Содержание растворенного кадмия в среднем составляет около 35% от общего, взвешенного около 65%. Процентное соотношение растворенных

металлов выстраивается в ряд, в порядке увеличения: свинец < медь < цинк < никель < марганец.

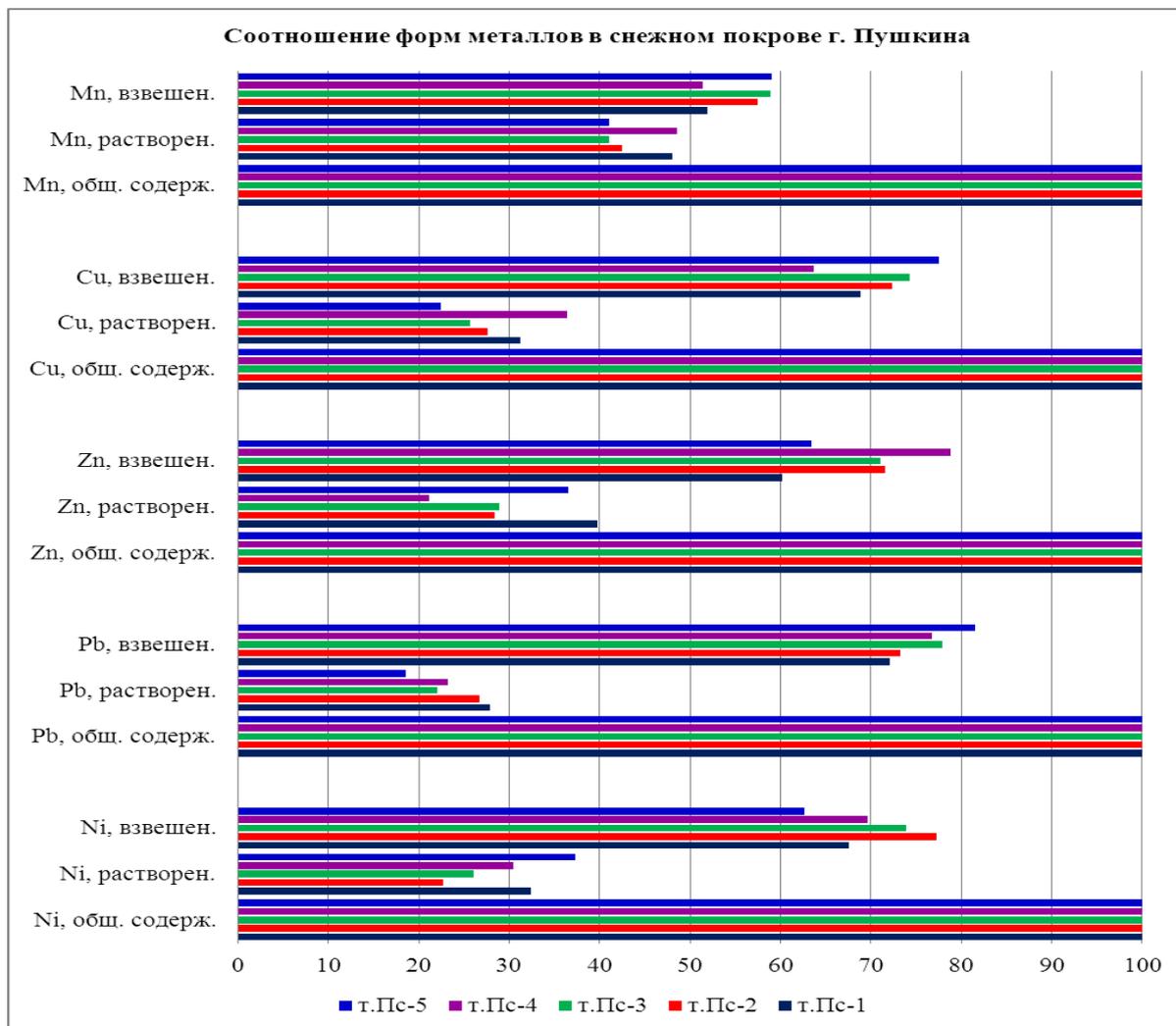


Рисунок 14 - Соотношение форм металлов в снежном покрове г. Пушкина

4.3. Содержание тяжелых металлов в Адмиралтейском районе г. Санкт-Петербурга

На основании выполненных исследований можно сказать, что Адмиралтейский район Санкт-Петербурга один из самых экологически неблагополучных. Не нарушенные почвы на открытых для доступа территориях практически отсутствуют. В основном почвенный покров представлен урбаноэемами и насыпным грунтом, верхний слой которых испытывает максимальную антропогенную нагрузку.

Содержание кадмия, одного из самых токсичных металлов превышает установленные нормативы (таблица 4) в т. Ап-3 , по сравнению с фоновыми значениями в 16 раз (рисунок 15). Диапазон содержания кислоторастворимого кадмия (0,15-0,78) мг/кг, подвижного - (0,05-0,21) мг/кг.

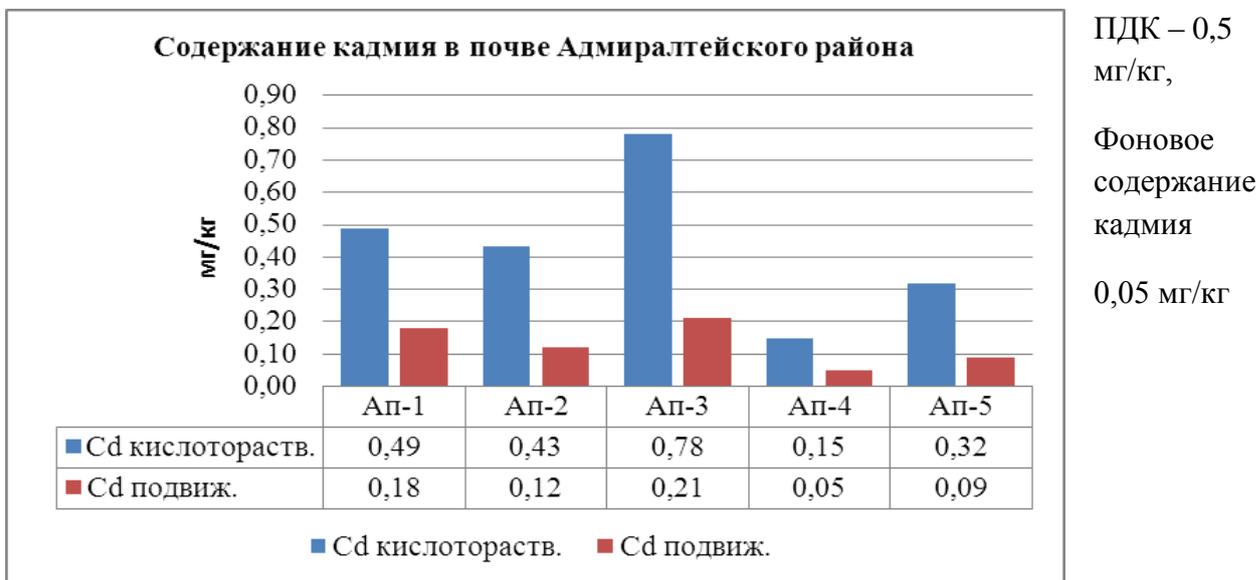


Рисунок 15 - Кадмий в почвах Адмиралтейского района

Концентрации цинка находятся на уровне (3,0-7,5) ОДК, подвижные соединения цинка обнаружены на уровне ПДК в т. Ап-1 и т. Ап-2 (рисунок 16).



Рисунок 16 - Содержание свинца и цинка в почвах Адмиралтейского района

Диапазон концентраций кислоторастворимого свинца от 46 мг/кг до 203 мг/кг, что превышает ОДК в 1,3 и 6,3 раза соответственно, причем содержание подвижного свинца превышает ПДК на том же уровне. Максимальное количество кислоторастворимого свинца - 203 мг/кг и 40 мг/кг – подвижного, обнаружено в точке Ап-2, расположенной в 20 м от Обводного канала, в этой же точке выявлено и максимальные концентрации кислоторастворимого цинка – 409 мг/кг и подвижного 129 мг/кг (рисунок 17).

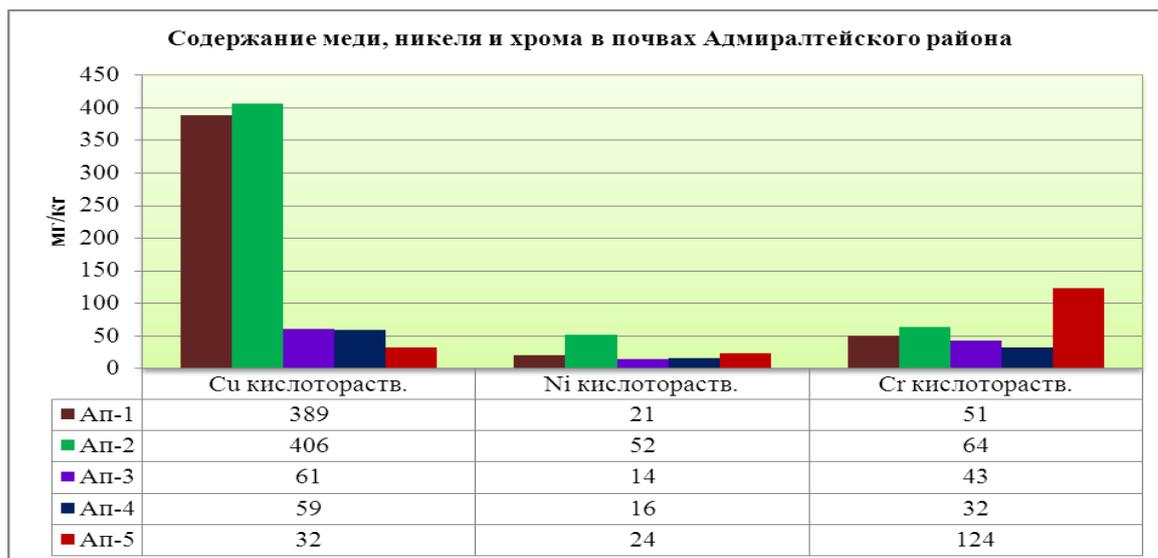


Рисунок 17 - Содержание меди, никеля и хрома в почвах Адмиралтейского района

В точке Ап-2 выявлено превышение ОДК в 2,5 раза по содержанию никеля, максимальные концентрации меди в точках Ап-1 и Ап-2 на уровне 12 ОДК. Надо отметить, что точка Ап-1 находится на территории детского сада.. В остальных точках содержание меди превышает ОДК в (1-2) раза. Повышенная концентрация хрома (124 мг/кг) по сравнению с остальными точками, обнаружена в т. Ап-5 в пер. Макаренко. По отношению к фоновым значениям содержание меди в исследуемых пробах больше в (4-50) раз, никеля - (1,7-5,2) раза. Количества подвижных форм металлов не выходят за пределы ПДК, кроме точек Ап-1 и Ап-2, в которых концентрации подвижной меди превышают ПДК в 1,3 раза (рисунок 18).

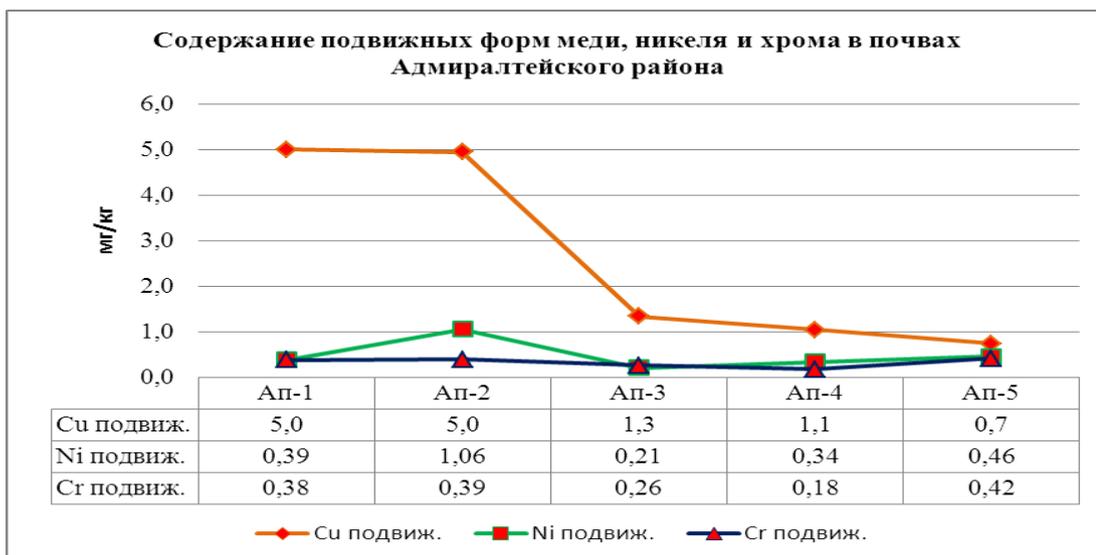


Рисунок 18 - Содержание подвижных форм меди, никеля и хрома в почвах Адмиралтейского района

Концентрации кислоторастворимого марганца в исследуемых почвах находятся в диапазоне от 192 мг/кг до 364 мг/кг. Содержание подвижного марганца от 66 мг/кг до 107 мг/кг (рисунок 19).



Рисунок 19 - Содержание марганца в почвах Адмиралтейского района

Количество металлов на исследуемых участках распределено неравномерно, что вполне объяснимо, так как неоднородность антропогенной нагрузки формирует наблюдаемую мозаичность почвенного покрова.

Нефтепродукты в пробах почв распределены достаточно равномерно в диапазоне от 134 мг/кг до 211 мг/кг, за исключением точки Ап-2, в которой

концентрации нефтепродуктов - 816 мг/кг превышает ПДК для селитебной зоны 4,5 раза. (рисунок 20).



Рисунок 20 - Содержание нефтепродуктов в почвах Адмиралтейского района

Содержание бенз(а)пирена в пробах с исследуемых площадок варьирует в широких пределах от 0,005 мг/кг до 1,9 мг/кг, то есть различия в 238 раз. Максимальная концентрация бенз(а)пирена в точке Ап-2, у Обводного канала – 1,9 мг/кг и превышает ПДК в 60 раз. Участок с минимальным количеством бенз(а)пирена (т. Ап-5), находится в Никольском саду (рисунок 21).

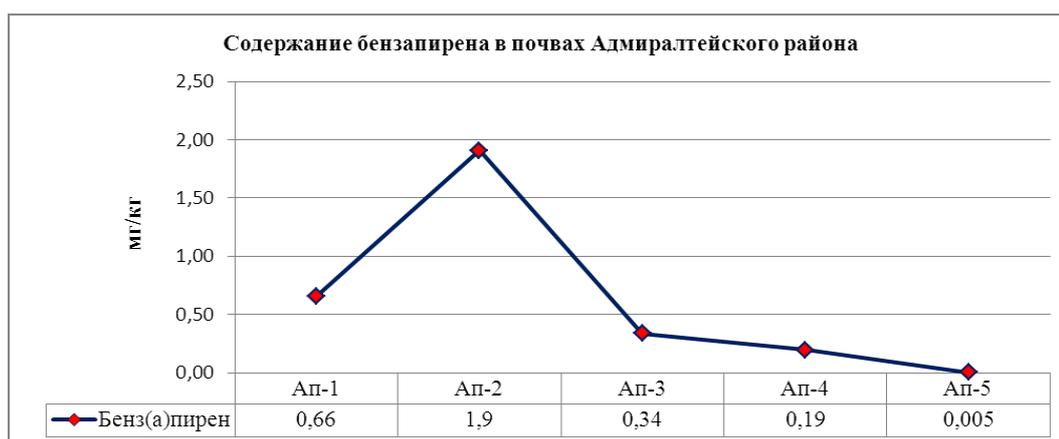


Рисунок 21 - Соержание бенз(а)пирена в почвах Адмиралтейского района

Металлы и мышьяк в пробах снежного покрова определяли в нефилтрованной пробе и растворенные формы, по разнице рассчитывали содержание элементов во взвешенном состоянии. В таблице 10 представлены

данные по содержанию металлов и мышьяка в растворенной, взвешенной форме и общее содержание.

Таблица 10 - Содержание металлов в снежном покрове Адмиралтейского района и фоновой пробе

Показатель	ПДК, мкг/дм ³	Ас-1	Ас-4	Ас-5	Ас-фон
Cd, общ. содерж.		0,26	0,23	0,17	0,12
Cd, растворен.	1,0	0,13	0,12	0,08	0,02
Cd, взвешен.		0,129	0,111	0,092	0,107
As, общ. содерж.		0,31	0,33	0,19	0,25
As, растворен.	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
As, взвешенные		0,31	0,33	0,19	0,25
Cr, общ. содерж.		5,5	2,4	1,7	2,0
Cr, растворен.		1,1	0,4	0,1	0,0
Cr, взвешен.		4,42	1,93	1,57	2,02
Ni, общ. содерж.		15	10	5,0	4,3
Ni, растворен.	10	2,6	3,2	2,1	0,2
Ni, взвешен.		12,7	6,9	2,8	4,1
Pb, общ. содерж.		12	8,5	28	4,4
Pb, растворен.	6,0	0,8	1,7	2,1	0,5
Pb, взвешен.		11,2	6,8	25,9	3,9
Zn, общ. содерж.		83	30	75	18
Zn, растворен.	10	23	13	21	2,1
Zn, взвешен.		60	17	54	16
Cu, общ. содерж.		49	18	25	10
Cu, растворен.	1,0	4,2	4,5	3,7	0,8
Cu, взвешен.		44,9	13,1	21,6	8,9
Mn, общ. содерж.		31	22	16	14
Mn, растворен.	10	7,5	7,5	4,6	2,4
Mn, взвешен.		23,4	14,4	11,7	11,9

При сравнении концентраций растворенных форм с ПДК для рыбохозяйственных водоемов в пробах снега обнаружено превышение меди в среднем на уровне 4 ПДК и цинка от 1,3 ПДК до 2,1 ПДК, по мышьяку, никелю, кадмия, ртути, марганцу, свинцу превышений ПДК не выявлено. В порядке увеличения концентрации металлов по их общему содержанию выстраиваются в ряд в порядке увеличения: ртуть < кадмий < мышьяк < хром < никель < свинец < марганец < медь < цинк.

На гистограммах (рисунки 22,23,24) показано соотношение различных форм элемента к их общей концентрации в пробе в процентах, общее содержание взято за 100%.

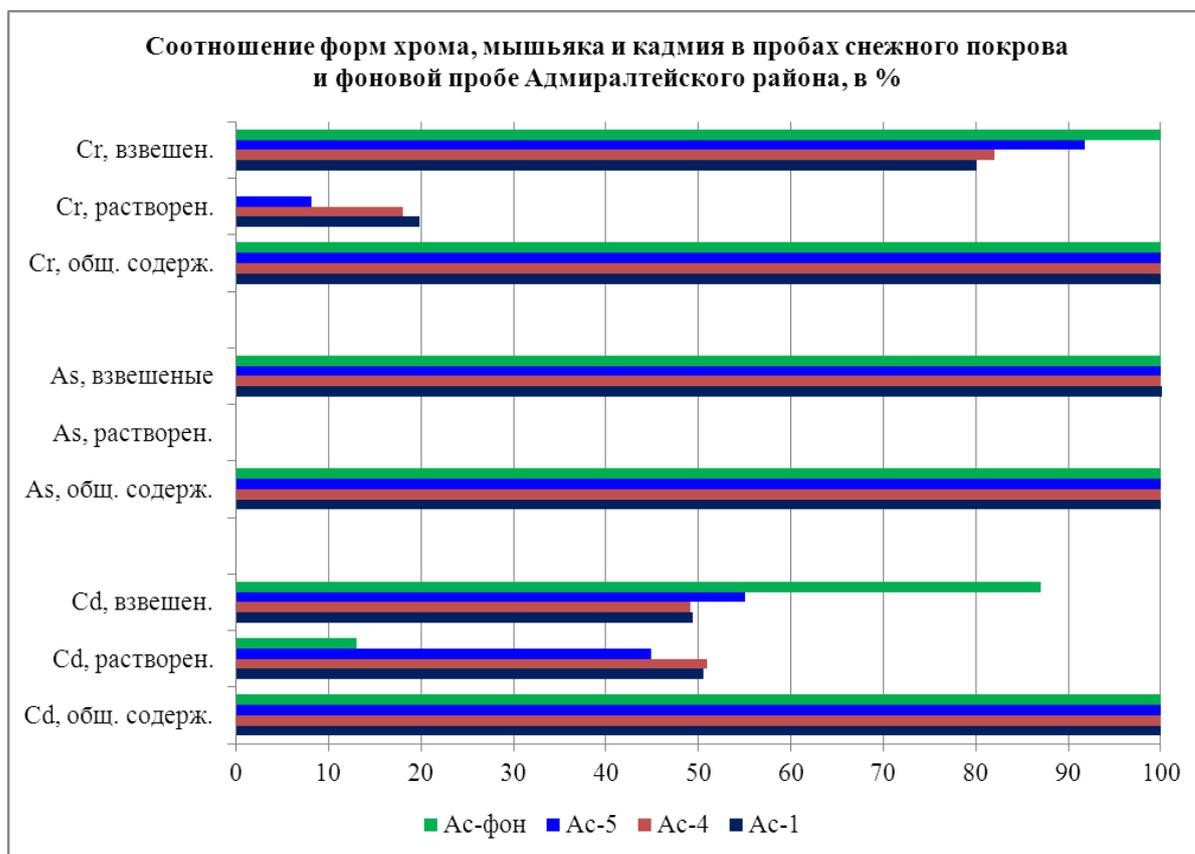


Рисунок 22 - Соотношение форм хрома, мышьяка и кадмия в пробах снежного покрова в фоновой пробе Адмиралтейского района

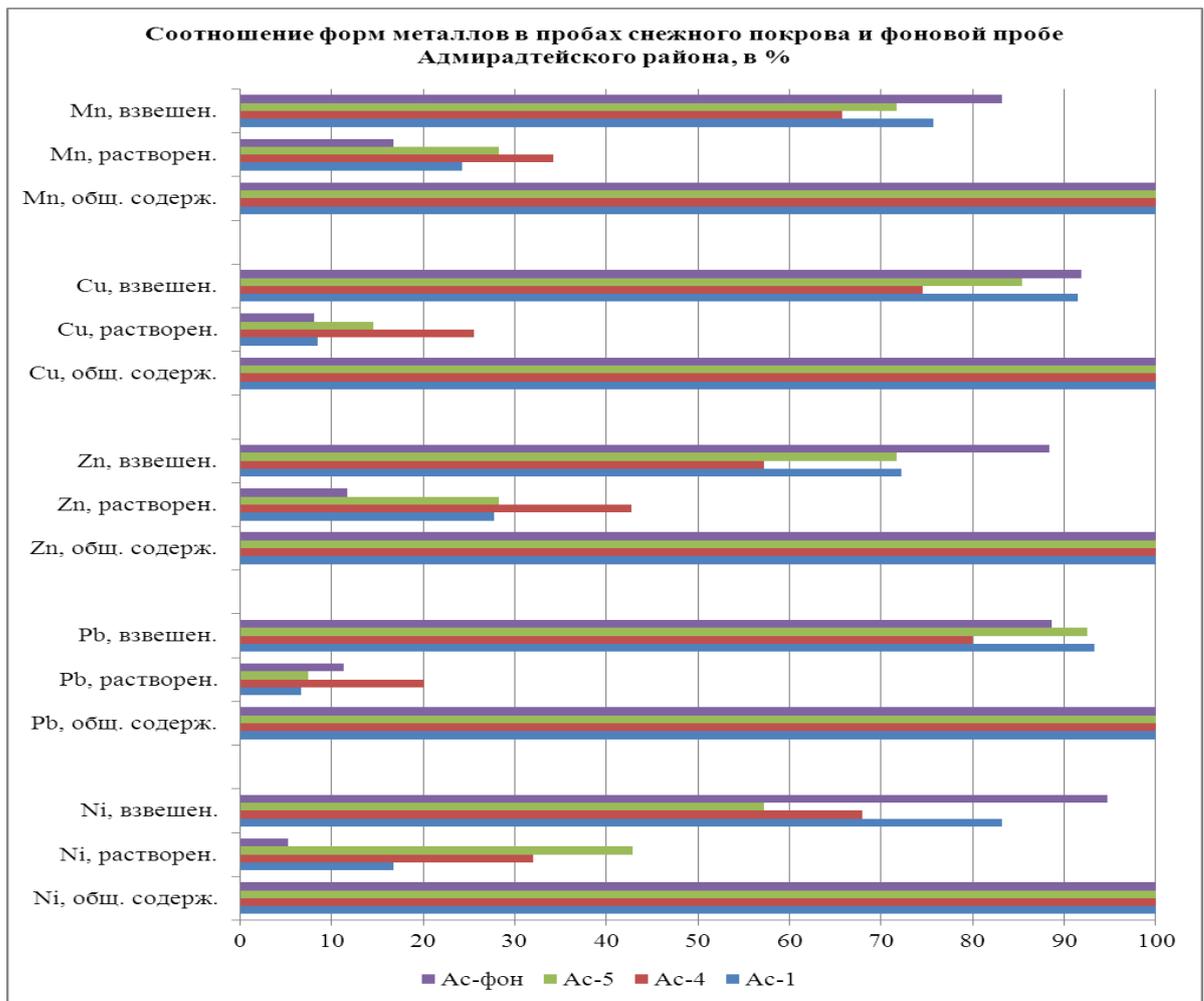


Рисунок 23 - Соотношение форм металлов в пробах снежного покрова и фоновой пробе Адмиралтейского района

Процентное соотношение растворенных металлов выстраивается в ряд, в порядке увеличения: мышьяк < медь < хром < свинец < никель < цинк < марганец.

Таблица 11 - Процентное соотношение форм металлов в снежном покрове Адмиралтейского района

Показатель	As-1	As-4	As-5	As-фон
Cd, общ. содерж.	100*	100	100	100
Cd, растворен.	51	51	45	13
Cd, взвешен.	49	49	55	87
As, общ. содерж.	100	100	100	100
As, растворен.	0**	0	0	0
As, взвешенные	100	100	100	100

Показатель	Ас-1	Ас-4	Ас-5	Ас-фон
Cr, общ. содерж.	100	100	100	100
Cr, растворен.	20	18	8	0
Cr, взвешен.	80	82	92	100
Ni, общ. содерж.	100	100	100	100
Ni, растворен.	17	32	43	5
Ni, взвешен.	83	68	57	95
Pb, общ. содерж.	100	100	100	100
Pb, растворен.	7	20	8	11
Pb, взвешен.	93	80	93	89
Zn, общ. содерж.	100	100	100	100
Zn, растворен.	28	43	28	12
Zn, взвешен.	72	57	72	88
Cu, общ. содерж.	100	100	100	100
Cu, растворен.	9	26	15	8
Cu, взвешен.	91	74	85	92
Mn, общ. содерж.	100	100	100	100
Mn, растворен.	24	34	28	17
Mn, взвешен.	76	66	72	83

* - общее содержание элемента соответствует 100 %, ** - концентрация элемента ниже предела обнаружения метода исследования.

По результатам исследования проб снежного покрова и фоновой пробы снега можно утверждать, основное количество металлов, в среднем более 80% , находится во взвешенной форме.

4.4. Содержание загрязняющих веществ в пробах почвы и снежного покрова п. Попигай Красноярского края

Пробы почвы в п. Попигай отбирали в зоне действия источника локального загрязнения – угольной котельной (Тп-2) и фоновой территории (Тп-5), за пределами поселка.

В процессе химико-аналитические исследований проб почвы были определены кислоторастворимые и подвижные формы элементов. Результаты представлены в Приложении Г.

Содержание кислоторастворимого кадмия превышает установленные нормативы в т. Тп-2, по сравнению с фоновыми значениями (т. Тп-5) в 2,8 раза, мышьяка в 1,7 раза (рисунок 24).



Рисунок 24 - Кадмий в почвах п. Попигай

В точке Тп-4 (рисунок 25) концентрации металлов не превышают принятые нормативы, однако по сравнению с фоновыми почвами Санкт-Петербурга в почвах п. Попигай наблюдается повышенные содержания меди, цинка и свинца, что вероятно связано с естественными особенностями территории.

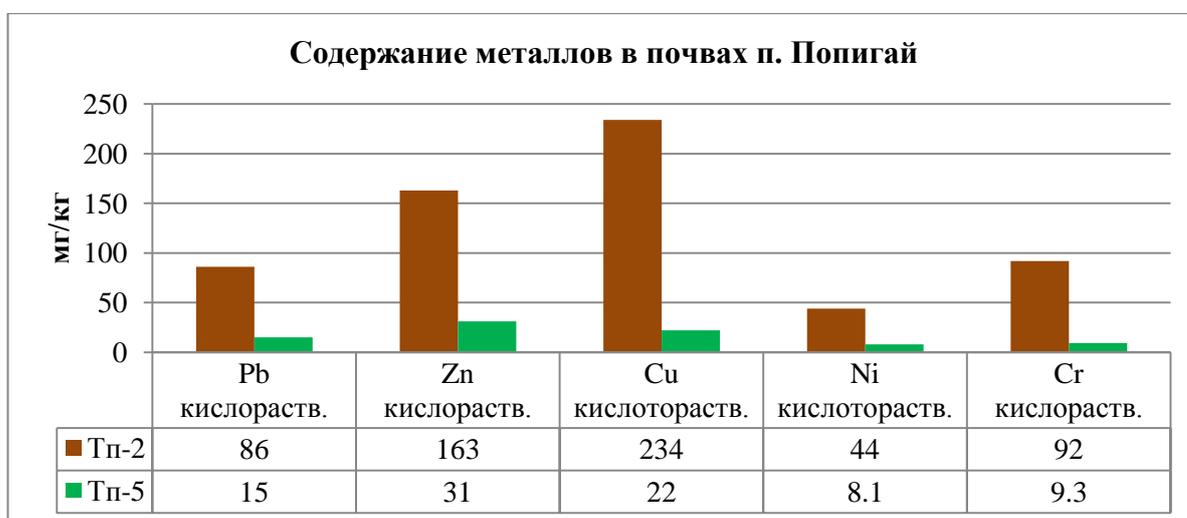


Рисунок 25 - Содержание металлов в почвах п. Попигай

Концентрации кислоторастворимых металлов в пробе, отобранной у котельной (т. Тп-2) превышают ОДК: свинец в 2,7 раза, никель в 2,4 раза, цинк в 3 раза и медь в 7,1 раза.

По содержанию подвижных форм металлов в т. Тп-2 выявлено превышение ПДК: никеля в 2 раза, меди в 6,3 раза (рисунок 26).

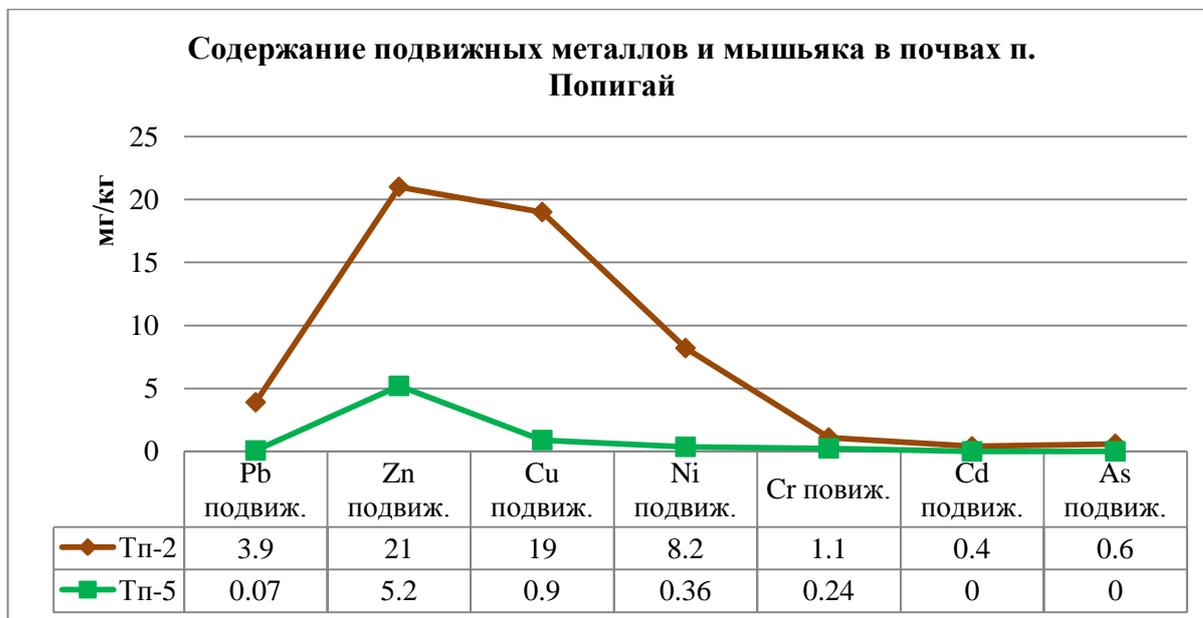


Рисунок 26 – Содержание подвижных металлов и мышьяка в почвах п. Попигай

Вероятно биогеохимические процессы, проходящие, в тундровых почвах способствуют увеличению подвижности металлов. Концентрация кислоторастворимого марганца в т. Тп-2 в 4 раза больше чем в фоновой, однако различия подвижного не столь существенны (рисунок 27).



Рисунок 27 – Содержание марганца в почвах п.Попигай

В результате анализа выявлено наличие загрязнения почвы вокруг котельной. Для исследования снежного покрова п. Попигай в лабораторию были доставлены 6 нефильтрованных и законсервированных проб и 6 проб профильтрованных и законсервированных на месте отбора. Данные результатов измерений находятся в Приложении Г.

В таблице 10 представлены данные по содержанию металлов и мышьяка в растворенной, взвешенной форме и общее содержание.

Таблица 12. Содержание металлов и мышьяка в пробах снежного покрова п. Попигай

Элемент	ПДК, мкг/дм ³	Тс-1	Тс-2	Тс-3	Тс-4	Тс-5	Тс-6
Cd, общ. содерж.		1,16	1,02	0,17	0,09	0,28	0,25
Cd, растворен.	1,0	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01
Cd, взвешен.		1,15	0,99	0,17	0,09	0,27	0,25
As, общ. содерж.		2,53	2,91	0,42	0,22	0,18	0,20
As, растворен.	10	0,20	0,30	0,09	0,05	0,14	0,10
As, взвешенные		2,33	2,62	0,32	0,17	0,04	0,10
Cr, общ. содерж.		38	24	2,6	1,6	7,1	6,8
Cr, растворен.		0,11	0,67	0,01	0,00	0,13	0,31
Cr, взвешен.		37,74	23,63	2,62	1,59	6,95	6,48
Ni, общ. содерж.		26	29	5,4	3,0	0,7	1,9
Ni, растворен.	10	0,2	0,2	0,2	0,0	0,3	0,4
Ni, взвешен.		25,4	28,7	5,2	3,0	0,5	1,5
Pb, общ. содерж.		25	28	3,8	7,2	5,2	5,2
Pb, растворен.	6,0	0,12	0,38	0,08	0,01	0,02	0,33
Pb, взвешен.		25,0	27,3	3,7	7,2	5,2	4,8
Zn, общ. содерж.		222	233	70	14,0	81	129
Zn, растворен.	10	23	6,0	3,5	4	3,9	32
Zn, общ. содерж.		222	233	70	14,0	81	129
Zn, растворен.		23	6,0	3,5	4	3,9	32
Zn, взвешен.		199	227	67	10	77	98
Cu, общ. содерж.		102	41	5,9	5,2	8,9	13
Cu, растворен.	1,0	1,4	0,6	0,4	0,2	0,8	2,0
Cu, взвешен.		100,7	40,3	5,5	5,0	8,1	10,9
Mn, общ. содерж.		258,8	318,3	55,1	7,0	13,2	21,7
Mn, растворен.	10	4,0	3,9	0,9	0,2	0,5	0,7
Mn, взвешен.		255	314	54	7	13	21

При сравнении концентраций растворенных форм с ПДК для рыбохозяйственных водоемов в пробах снега обнаружены превышения по меди в т. Тс-1 (1,4 ПДК) и в т. Тс-6 (2ПДК) и в тех же точках концентрации

цинка превышают в 2,3 раза и 3,2 раза соответственно. В порядке увеличения концентрации растворенных металлов выстраиваются в ряд в порядке увеличения: кадмий < мышьяк < никель < свинец < медь < марганец < цинк.

В таблице 13 и на гистограммах (рисунки 28,29) показано соотношение различных форм элемента к их общей концентрации в пробе в процентах, общее содержание взято за 100%.

Таблица 13 - Процентное соотношение форм металлов в снежном покрове п. Попигай

Элемент	Тс-1	Тс-2	Тс-3	Тс-4	Тс-5	Тс-6
Cd, общ. содерж.	100	100	100	100	100	100
Cd, растворен.	1	3	2	2	1	3
Cd, взвешен.	99	97	98	98	99	97
As, общ. содерж.	100	100	100	100	100	100
As, растворен.	8	10	22	22	78	49
As, взвешенные	92	90	78	78	22	51
Cr, общ. содерж.	100	100	100	100	100	100
Cr, растворен.	0	3	0	0	2	5
Cr, взвешен.	100	97	100	100	98	95
Ni, общ. содерж.	100	100	100	100	100	100
Ni, растворен.	1	1	4	0	36	20
Ni, взвешен.	99	99	96	100	64	80
Pb, общ. содерж.	100	100	100	100	100	100
Pb, растворен.	0	1	2	0	0	6
Pb, взвешен.	100	99	98	100	100	94
Zn, общ. содерж.	100	100	100	100	100	100
Zn, растворен.	10	3	5	26	5	24
Zn, взвешен.	90	97	95	74	95	76
Cu, общ. содерж.	100	100	100	100	100	100
Cu, растворен.	1	2	6	4	9	15
Cu, взвешен.	99	98	94	96	91	85
Mn, общ. содерж.	100	100	100	100	100	100
Mn, растворен.	2	1	2	3	4	3
Mn, взвешен.	98	99	98	97	96	97

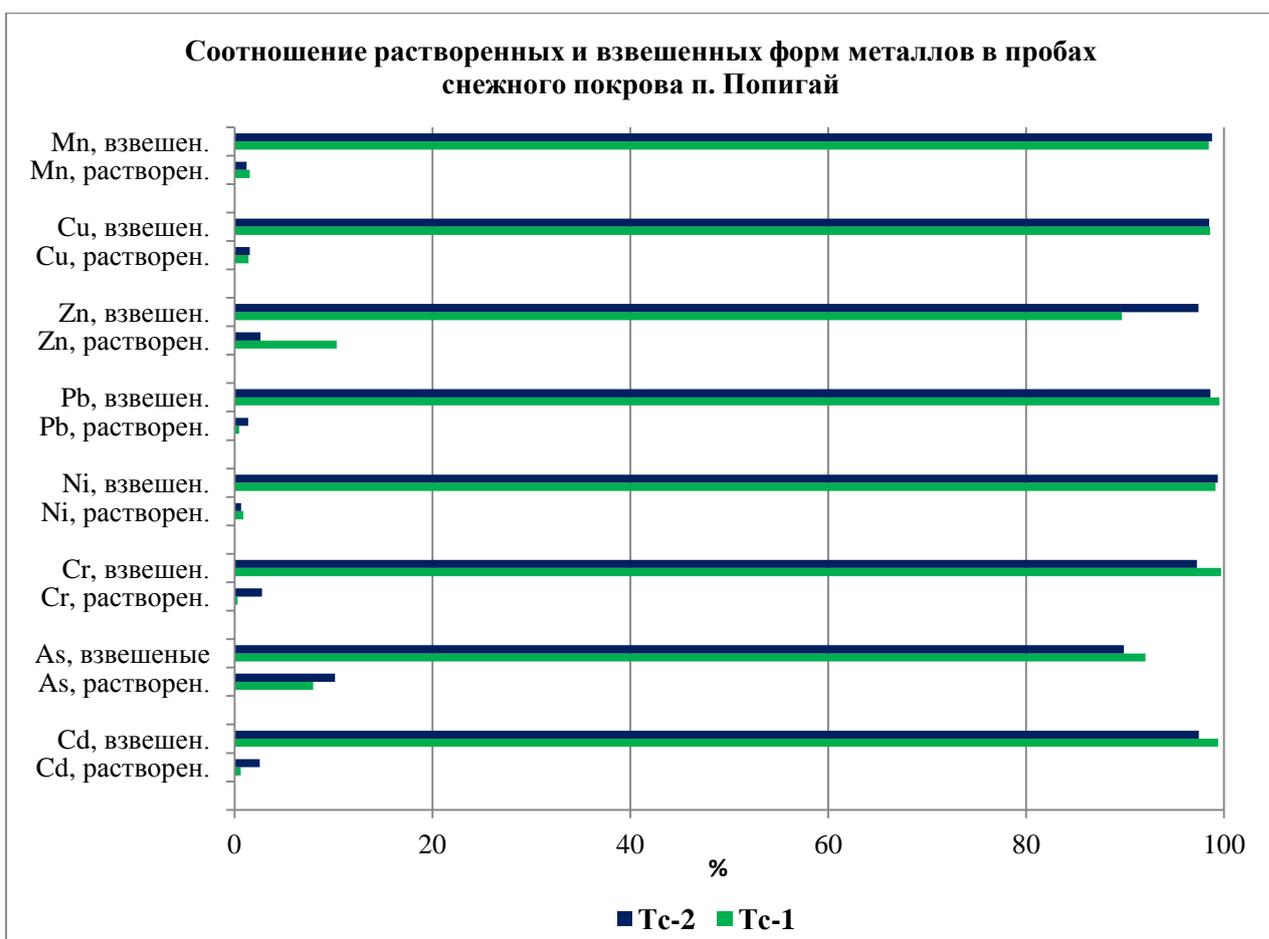


Рисунок 28 – Соотношение растворенных и взвешенных форм металлов в пробах снежного покрова п. Попигай

Результаты исследования проб снежного покрова п. Попигай в т. Тп-1 и Тп-2 показывают, что основное количество металлов, в среднем более 97% , находится во взвешенной форме. В точках т.Тп-3, т.Тп-4, т.Тп-5, т.Тп-6 содержание растворенной формы металлов чуть больше, в средней 89% (Таблица 12, рисунок 29).

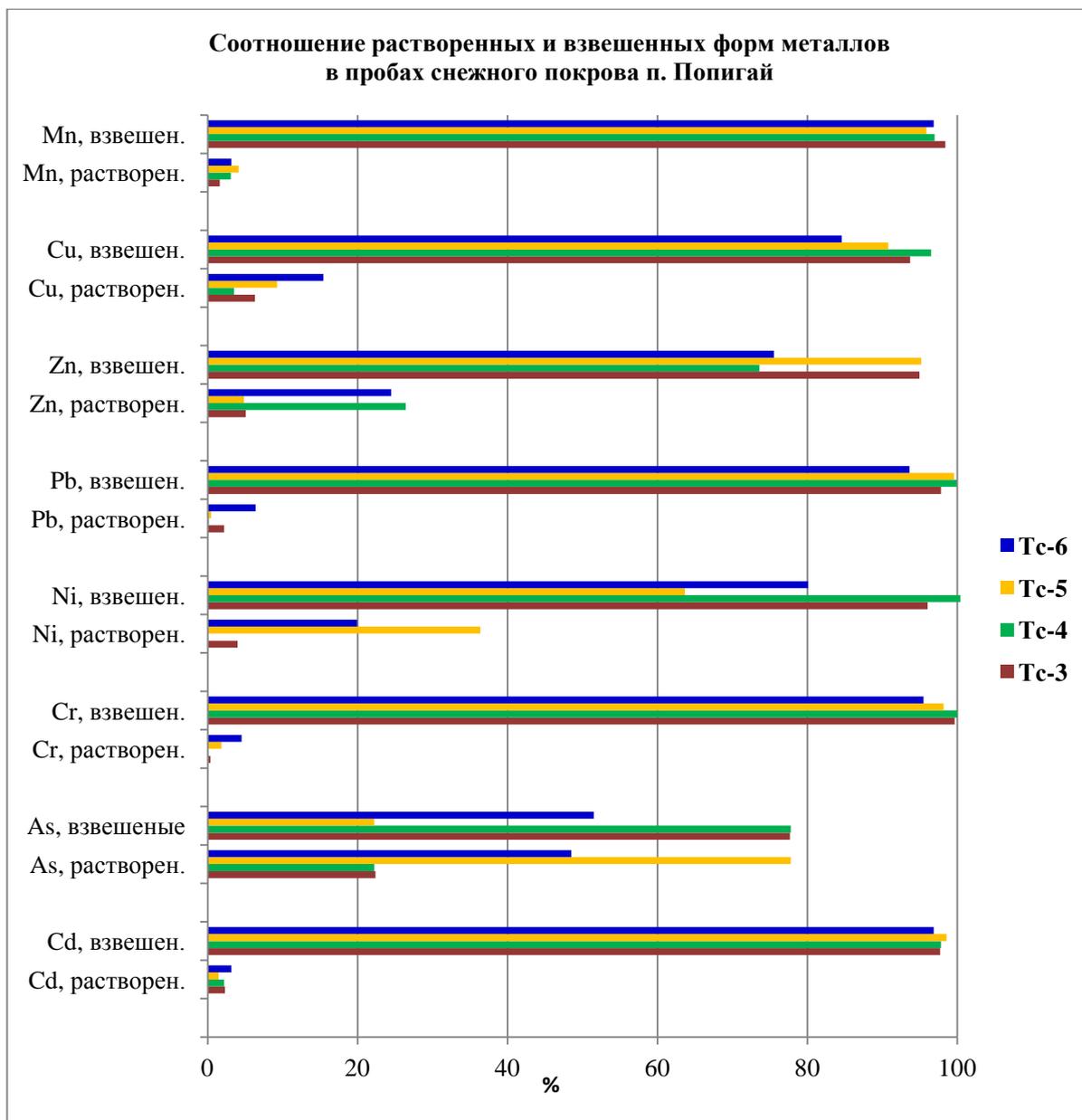


Рисунок 29 – Соотношение растворенных и взвешенных форм металлов в пробах снежного покрова в п. Попигай

Пробы снежного покрова, расположенные рядом с котельной и на расстоянии 250 м в западном направлении загрязнены металлами, которые с частицами сажи и дыма поступают в атмосферу и оседают на снежном покрове.

4.5. Сравнительная характеристика содержания загрязняющих веществ в почве и снежном покрове по результатам исследования

Для сравнения содержания загрязняющих веществ в пробах почвы и снежного покрова использовали результаты кислоторастворимых форм

металлов в почве, так как эта форма включает в себя и подвижные и водорастворимые соединения. Для оценки влияния снежного покрова на накопление металлов в почве были использованы результаты общего содержания металлов в пробах, в виду того что наибольшее количество металлов в талой воде содержится во взвешенной форме.

Результаты анализа проб снежного покрова были сгруппированы и усреднены (таблицы 14).

Таблица 14 - Группировка результатов исследований

п/п	Название точки отбора	Характеристика группы результатов	Обозначение группы результатов
1	Пс -1, Пс-2, Пс-3, Пс-4, Пс-5, Пс-6	г. Пушкин, снежный покров	Пс
2	Ас-1, Ас-4, Ас-5	Адмиралтейский район, снежный покров	Ас
3	Ас-фон	Адмиралтейский район, свежевыпавший снег	Ас-Ф
4	Тс-3, Тс-4, Тс-5, Тс-6	п. Попигай, снежный покров, расстояние от котельной более 1,5 км.	Тс-П
5	Тс-1, Тс-2	п. Попигай, снежный покров, расстояние от котельной менее 250 м	Тс-К

Снежный покров в Санкт-Петербурге в 2015-2016 годах был неустойчивым, похолодания сменялись резкими оттепелями для сравнения интенсивности поступления загрязняющих веществ на снежный покров результаты, полученные в г. Пушкине и Адмиралтейском районе за период наблюдений (1 месяц) в условиях отрицательных температур были пересчитаны на пять месяцев (таблица 15). Преобразование данных наблюдений было необходимо так как, устойчивый снежный покров в п. Попигай образовался с 11 октября, а отбор проб был 28 февраля. Количество осадков, выпавшее за период наблюдений в Санкт-Петербурге по данным метеостанции № 26063 (Спб, Пулково) составило 21 мм. Сумма осадков за период наблюдений для п. Попигай рассчитана по данным метеостанции № 20891 (Хатанга, аэропорт) и составила 94 мм, в среднем 19 мм в месяц.

Таблица 15 - Содержание металлов в снежном покрове (среднее по группам), мкг/дм³

Название группы	мкг/дм ³							
	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	As	Cr
Пс	0,2	7,0	145	33	6,5	45	3,0	2,9
Ас	1,1	81	313	153	51	115	1,4	16
Ас-Ф	0,12	4,4	18	10	4,3	14	0,25	2,0
Тс-П	0,20	5,3	73	8,2	2,8	24	0,25	4,5
Тс-К	1,09	26	227	71	27	289	2,7	31

При сравнительном анализе содержания элементов в группах проб, находящихся на удаленном расстоянии от источников загрязнения и свежеснежившем снеге в Адмиралтейском районе выявлено следующие: максимальная концентрация мышьяка в г. Пушкине – 3 мкг/дм³, содержание кадмия различается не существенно (рисунок 30).

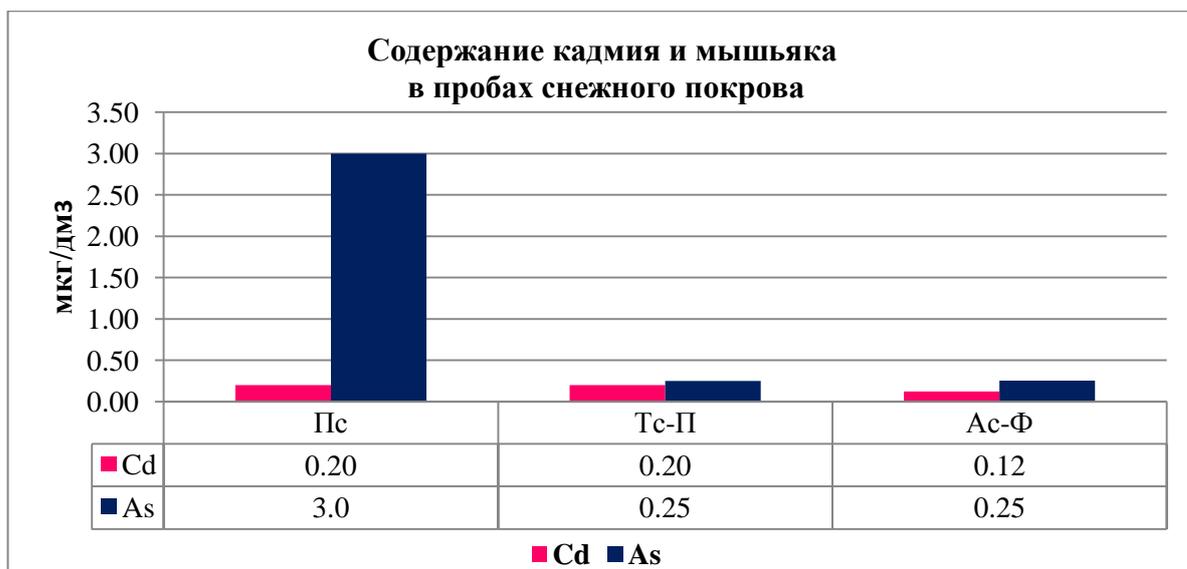


Рисунок 30 – Содержание кадмия и мышьяка в пробах снежного покрова

В отношении Pb, Zn, Cu, Ni, Mn и Cr выделить самую чистую пробу не удалось. Можно сказать, что наиболее чистой оказалась талая воды из свежеснежившего снега, отобранного 21.01.2016 г. Пробы снежного покрова из г. Пушкина с учетом накопления металлов в течение пяти месяцев по суммарному количеству металлов в 2 раза «грязнее», чем в фоновой точке п. Попигай. Если оценивать суммарное количество всех металлов, то участки исследования располагаются в ряд, в порядке увеличения:

$$\text{Ас-Ф (53 мкг/дм}^3\text{)} < \text{Тс-П (118 мкг/дм}^3\text{)} < \text{Пс (239 мкг/дм}^3\text{)}$$

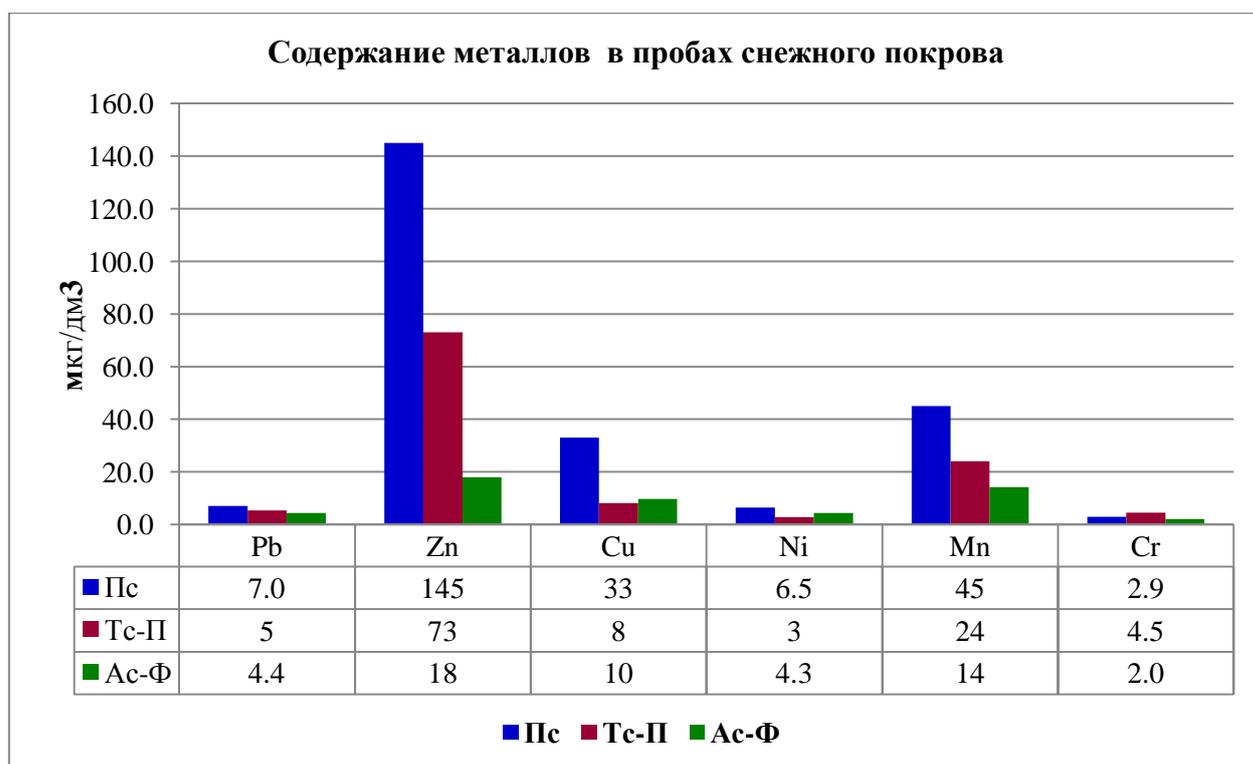


Рисунок 31 – Содержание металлов в пробах снежного покрова

На рисунках 32 и 33 показано распределение металлов в снежном покрове Адмиралтейского района Санкт-Петербурга и п. Попигай в радиусе 250 м от котельной. Содержание кадмия на обеих территориях одинаковое – 1,1мкг/дм³, концентрация мышьяка в поселке в 2 раза выше, чем в городе.



Рисунок 32 – Кадмий и мышьяк в пробах Адмиралтейского района и п. Попигай

При сравнении концентраций металлов в исследуемых группах можно сказать, что свинца, меди никеля в снежном покрове п. Попигай в 2-3 раза меньше чем Санкт-Петербурге, цинка в 1,5 раза, а марганца в 2,5 раза больше.

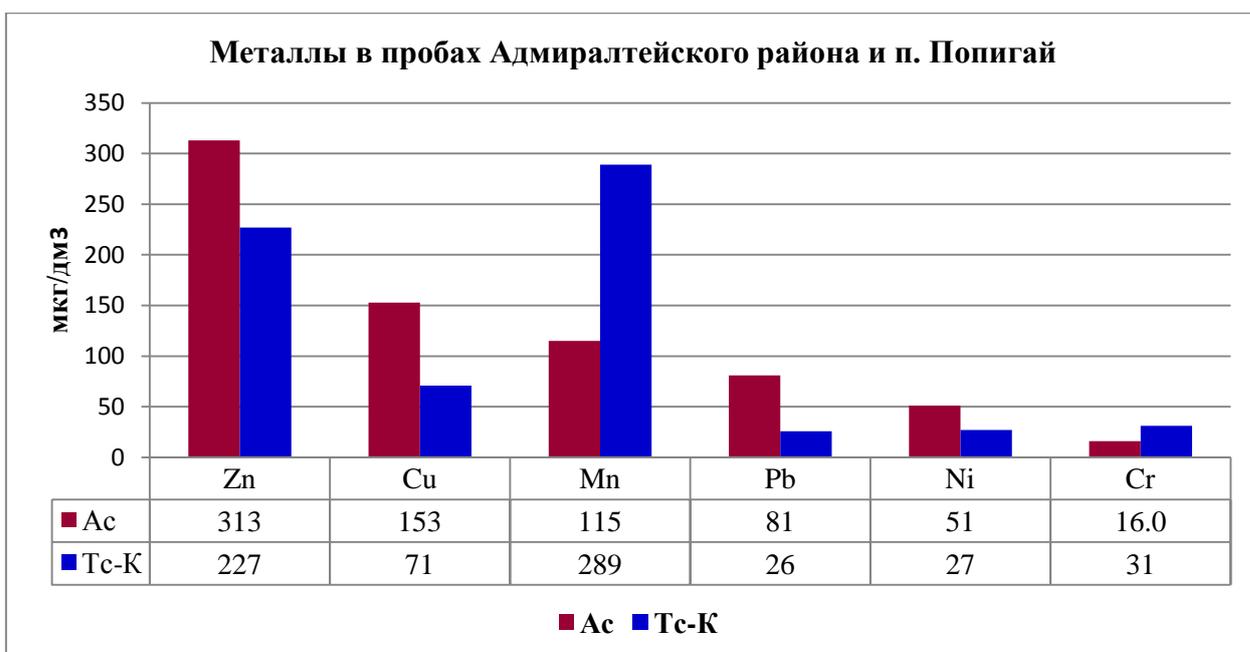


Рисунок 33 – Металлы в пробах Адмиралтейского района и п. Попигай

Можно утверждать, что снежный покров и в Адмиралтейском районе Санкт-Петербурга и п. Попигай загрязнен и испытывает серьезную антропогенную нагрузку, причем в поселке немногим меньшую, чем в мегаполисе.

Для сравнительного анализа содержания кислоторастворимых форм металлов в почвах, были взяты средние значения из пяти точек г.Пушкин (Пп) и Адмиралтейском районе (Ап) и данные фоновой точки (Тп-5) и участка в районе котельной (т. Тп-2) в п. Попигай (таблица 16). 34

Таблица 16 Содержание металлов в почве исследуемых территорий.

Участки отбора	Концентрация металлов в мг/кг							
	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	As	Cr
Тп- 2	1,4	86	163	234	44	618	3,4	92
Тп- 5	0,05	15	31	22	8,1	154	1,0	9,3
Пп	0,19	63	76	23	13	337	0,31	17
Ап	0,43	100	240	189	25	261	не опр.	63

Максимальное содержание кадмия выявлено в п. Попигай в районе котельной, в 28 раз больше чем в фоновом участке и в 3,3 раза по сравнению с Адмиралтейским районом. Мышьяка в почвах поселка в 10 раз больше в г. Пушкине и 3,4 раза по сравнению с т. Тп-5 (рисунок 34).

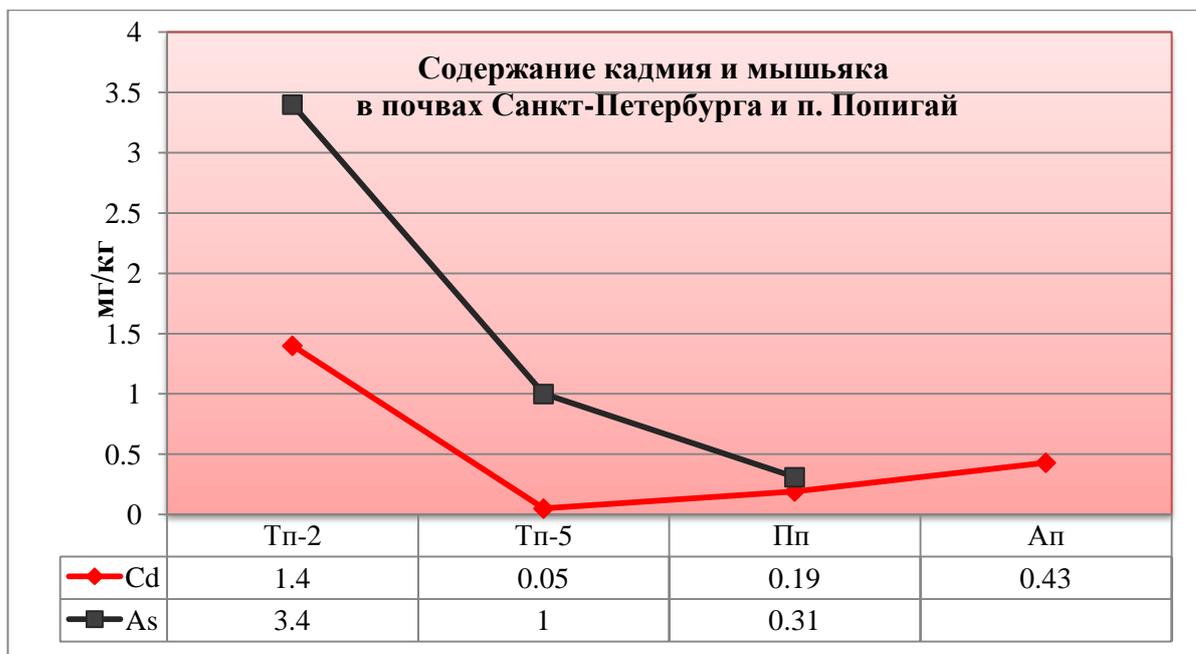


Рисунок 34 - Содержание кадмия мышьяка в почвах Санкт – Петербурга и п. Попигай

Содержание марганца в почвах г. Пушкина и Адмиралтейского района различаются незначительно. В фоновой почве п. Попигай марганца почти в два раза меньше, чем в Санкт-Петербурге, что, по всей видимости, связано с особенностями почвообразования. Концентрация вблизи котельной 618 мкг/кг, что явно указывает на загрязнение почвы марганцем (рисунок 35).

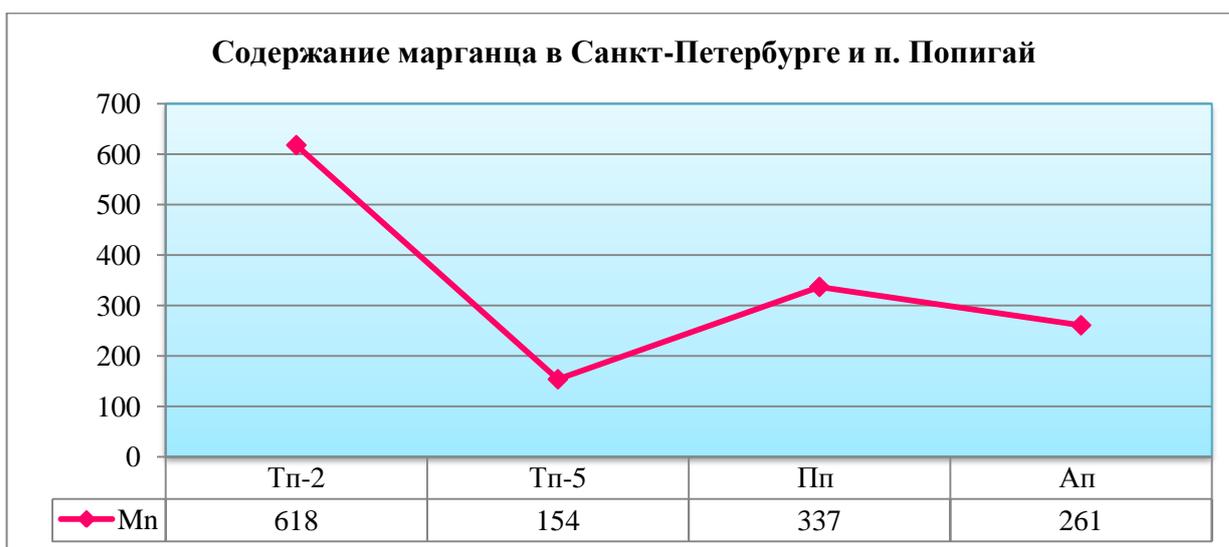


Рисунок 35 – Содержание марганца в Санкт – Петербурге и п. Попигай

При сравнении содержания меди, никеля, хрома, свинца и цинка можно сказать, что распределение металлов в почве Адмиралтейского района и п. Попигай различается не существенно и значительно выше, чем в г. Пушкине и фоновой точке п. Попигай.

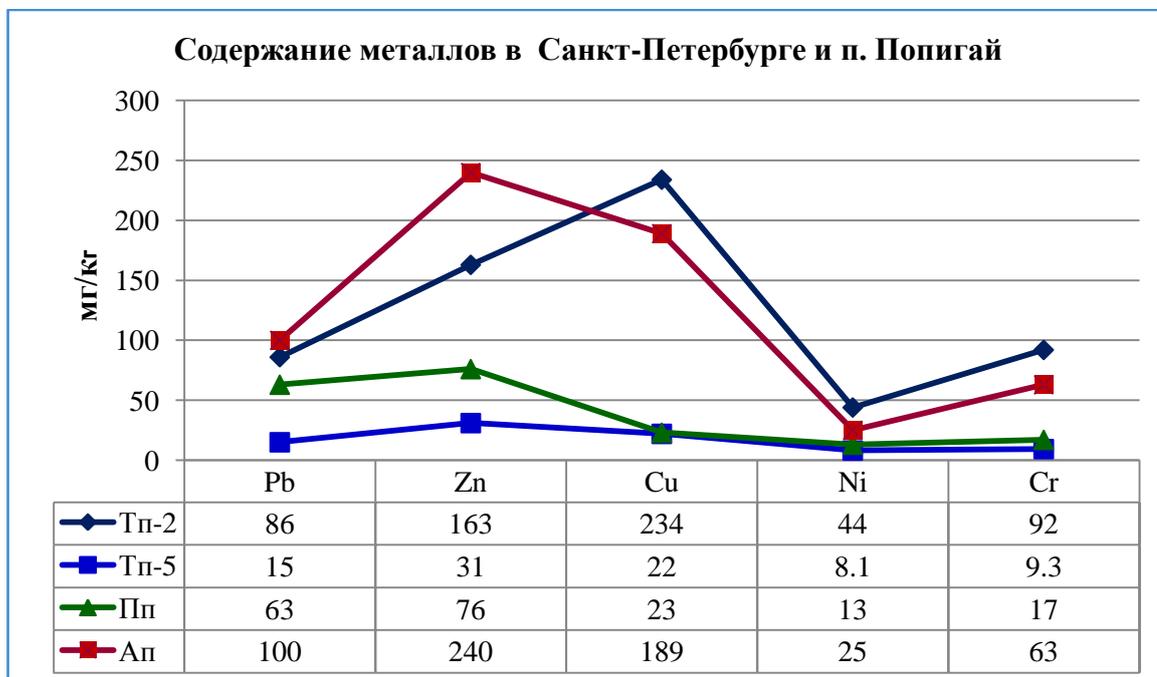


Рисунок 36 – Содержание металлов в Санкт – Петербурге и п. Попигай

Концентрации свинца в г. Пушкине в 4,2 раза выше, чем в п. Попигай, что вероятно можно объяснить расположением точек вблизи автодорог, понятно, что в поселке нагрузка автотранспорта на территорию минимальна, поэтому высокая концентрация свинца в почве у котельной связана с его накоплением в результате сжигания угля. Аналогичные выводы можно сделать и в отношении цинка, меди, никеля и хрома. Хотелось бы обратить внимание на то, что накопление металлов в Санкт-Петербурге и п. Попигай вероятно имеет одинаковое происхождение - сжигание топлива.

Сравнение данных о содержании загрязняющих веществ в г. Пушкине (рис. 37 и рис. 39) показало, что в почву из снежного покрова в незначительных количествах поступают свинец, никель, хром. Вполне очевидно накопления меди и марганца, однако максимальное накопление приходится на долю цинка.

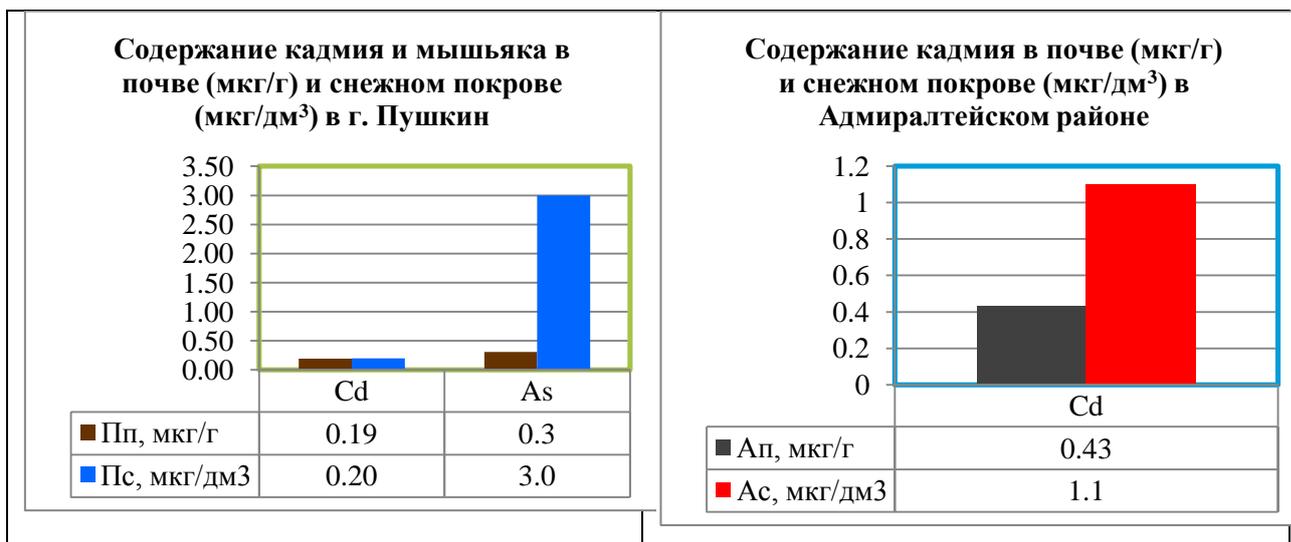


Рисунок 37 – Содержание кадмия и мышьяка в почве и снежном покрове в г. Пушкин

Рисунок 38 - Содержание кадмия в почве и в снежном покрове в Адмиралтейском районе

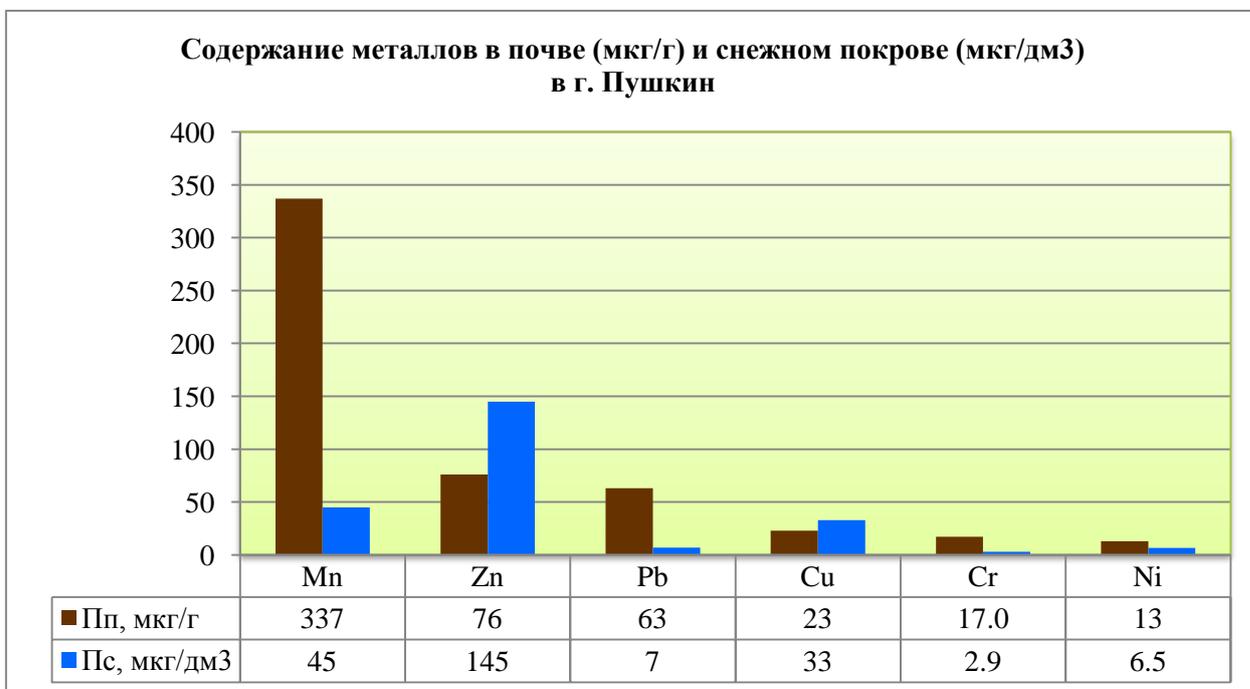


Рисунок 39 – Содержание металлов в почве и снежном покрове в г. Пушкин

Сравнение данных о содержании загрязняющих веществ в Адмиралтейском районе (рис. 38 и рис. 40) показало, что влияние качества снежного покрова на накопление металлов в почве довольно существенно. Накопившиеся в снежном покрове Mn, Zn, Cu, Pb, Cr и Cd после таяния снега останутся на поверхности почвы, если их не уберут спецтранспортом.

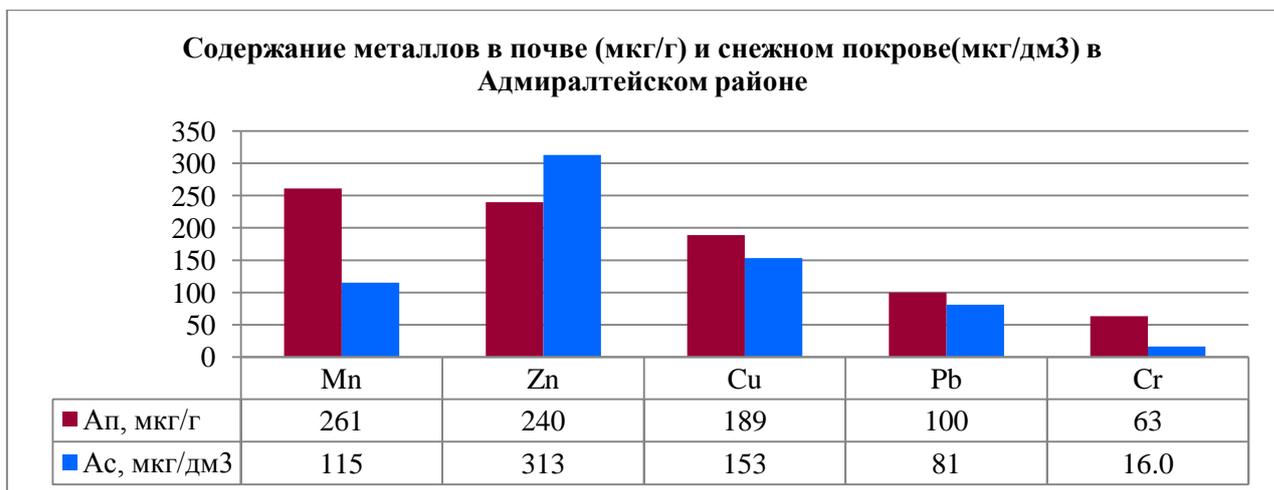


Рисунок 40 – Содержание металлов в почве и снежном покрове в Адмиралтейском районе

Анализ ситуации в п. Попигай показал, что загрязненный снежный покров, является причиной накопления тяжелых металлов в почве и на наш взгляд эта проблема требует дальнейших исследований. С одной стороны снежный покров задерживает металлы и загрязненные участки почвы образуются локально, с другой стороны после таяния снега оставшиеся на поверхности загрязняющие вещества с поверхностным стоком попадают в реки, разносятся ветром на достаточно большие расстояния, что подтверждается наличием достаточно высоких концентраций мышьяка и металлов в фоновой пробе (рисунки 41-44).



Рисунок 41 - Содержание кадмия и мышьяка в почве (мкг/г) и снежном покрове (мкг/дм³) на фоновом участке п.Попигай

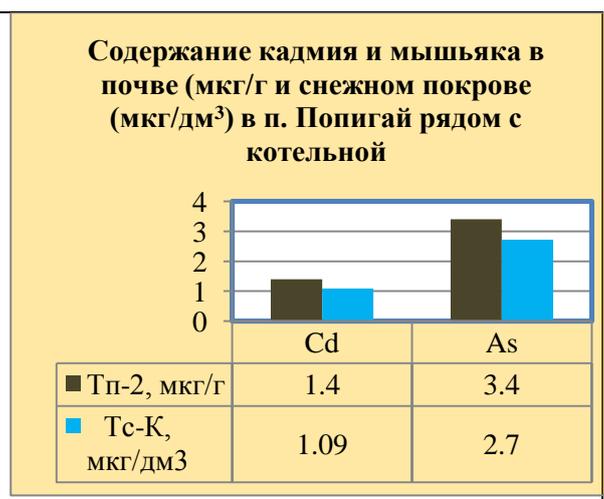


Рисунок 42 - Содержание кадмия и мышьяка в почве (мкг/г) и снежном покрове (мкг/дм³) в п. Попигай рядом с котельной

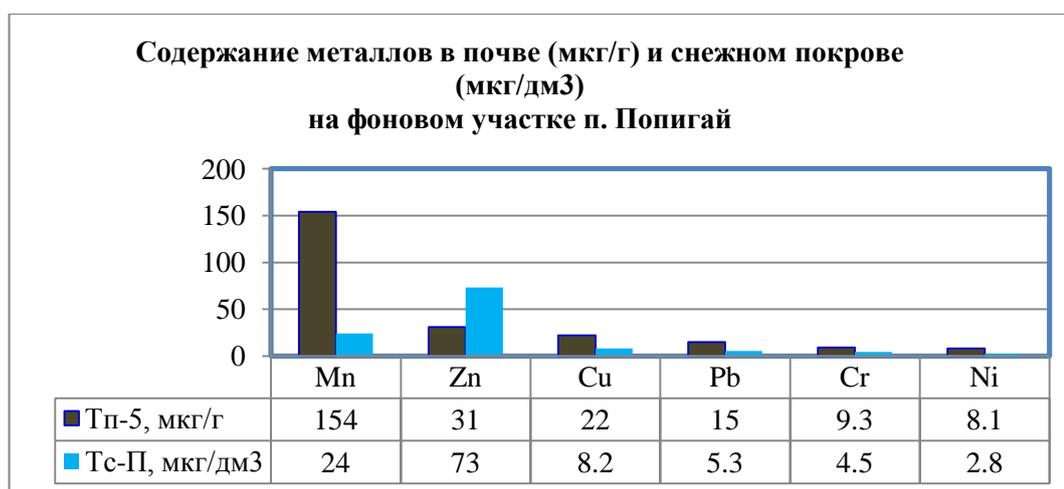


Рисунок 43 - Содержание металлов в почве (мкг/г) и снежном покрове (мкг/дм³) на фоновом участке п. Попигай

Особенно четко прослеживается накопление металлов в снежном покрове и в почве в п. Попигай в районе угольной котельной (рисунок 44).

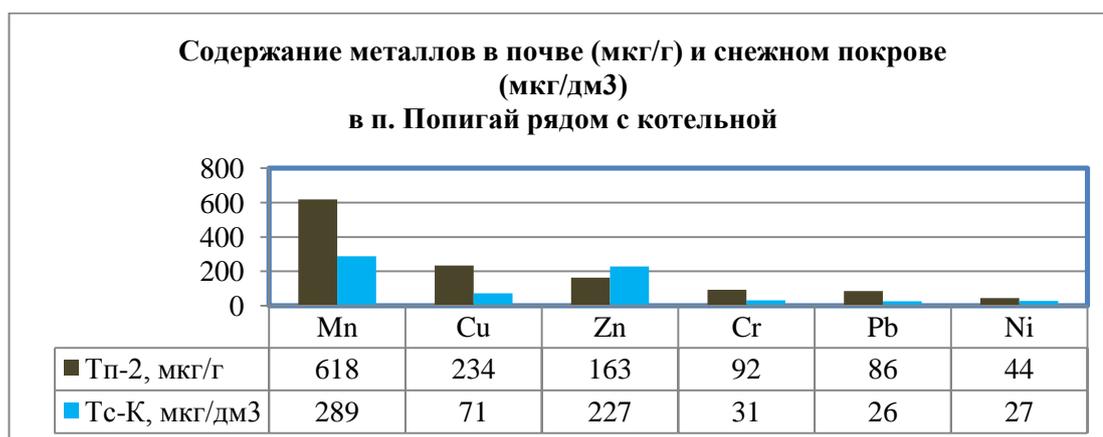


Рисунок 44 – Содержание металлов в почве (мкг/г) и снежном покрове (мкг/дм³) в п. Попигай рядом с котельной

Исходя из того, что согласно «Метеорологическому наставлению» миллиметр осадков - это один литр воды на квадратный метр. В таблице 18 количество загрязняющих веществ в снежном покрове, которое попадет в почву с 1 мм на 1 м².

Таблица 18 – Поступление тяжелых металлов на 1 м² почвы с 1мм осадков.

Участки наблюдений	мкг/м ²								Сумма металлов
	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	As	Cr	
Пе	0,04	1,4	29	6,6	1,3	9	0,6	0,58	48
Ас	0,22	16	63	31	10	23	0,28	3,2	146
Тс-II	0,04	1,1	15	1,6	0,55	4,9	0,05	0,90	24
Тс-К	0,22	5,3	45	14	5,4	58	0,54	6,2	135

Как уже отмечалось, интенсивность поступления металлов на фоновую территорию п. Попигай в два раза меньше чем в г. Пушкине. Максимальное количество металлов оседает на поверхность в Адмиралтейском районе, из них 65 % приходится на цинк и медь. Вместе с талой водой в почву попадет свинец, медь, хром, никель, сумма которых составляет 24%, но больше всего цинка - 33% и 43% марганца (рисунок 45).

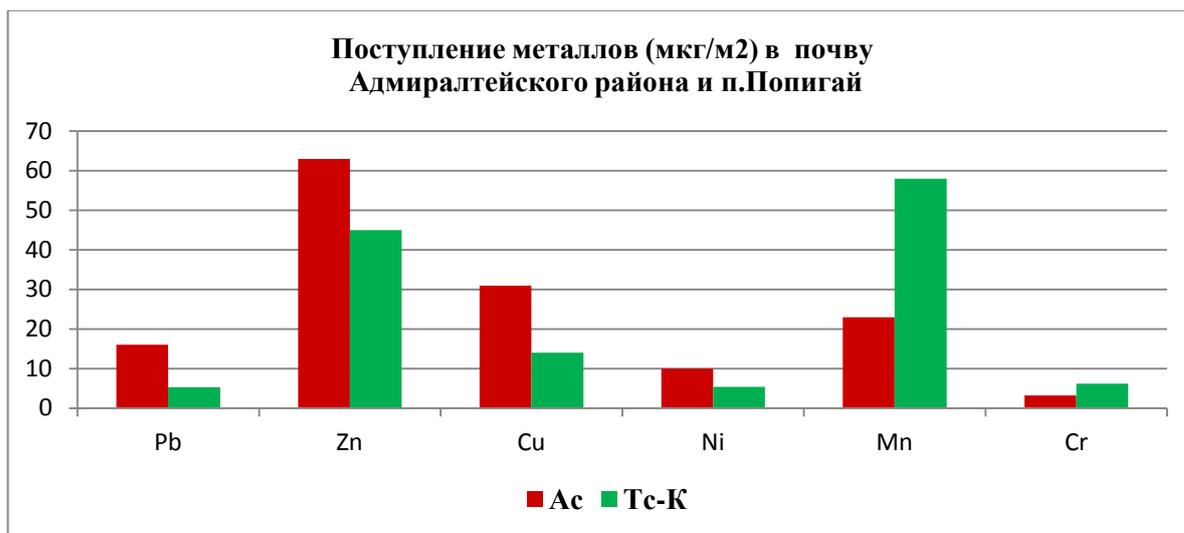


Рисунок 45 – Поступление металлов в почву Адмиралтейского района и п.Попигай

На первый взгляд масса поступающих на поверхность загрязняющих веществ измеряется микрограммами не выглядят столь пугающей, но надо учитывать, что в если в Санкт-Петербурге снег убирают и вывозят на специальные площадки, то на территориях маленьких арктических поселков снег тает естественным путем. В Санкт-Петербурге, после таяния снега моют тротуары и дороги, но даже это не спасает от поднимающийся вверх пыли и приводит к вспышке заболеваемости. На территории п. Попигай тоже дуют ветра, сажа из котельной и печных труб накапливается на поверхности, смешивается с почвенной пылью, оседает на растительности, которую едят олени, а люди дышат грязным воздухом.

Заключение

«Снежный покров является чутким и надежным индикатором загрязнения воздушного бассейна, который отражает основные тенденции распределения загрязняющих веществ в атмосфере»[18]. «Накапливает и фиксирует в своем составе практически все загрязняющие вещества, поступающие в воздушную среду, даже которые не улавливаются наземными наблюдениями или расчетными данными по выбросам в атмосферный воздух, и откладывает их на поверхности. При активном снеготаянии в окружающую среду поступают значительные количества всех накопленных загрязняющих веществ, которые в свою очередь влияют на качество поверхностных и подземных вод, загрязняют почвенный покров, оказывают негативное воздействие на биоту»[24].

Снег обладает рядом свойств, которые делают его удобным индикатором загрязненности атмосферного воздуха, осадков и последующего загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод. «Он дает информацию о пространственном распределении химических элементов и интенсивности воздействия источников выбросов за период одного снегопада или за весь период лежания снега. В снежном покрове аккумулируется также пыль, оседающая в периоды между снегопадами»[18].

Одним из важных звеньев в изучении миграции веществ в техногеосистемах являются исследование химического состава снегового покрова, так как по своей аккумулирующей способности снег может дать информацию как о природном процессе поступления вещества из атмосферы, так и о техногенной составляющей этого процесса. Так же «изучение химического состава снежного покрова позволяет прогнозировать и появление кислотных атмосферных осадков. Результаты исследований по химическому составу атмосферных и снеговых осадков дают представление о переносе вредных примесей на значительное расстояние, в том числе с сопредельных территорий»[18].

В качестве объектов исследования для работы были выбраны три объекта исследований: г. Пушкин, Адмиралтейский район Санкт-Петербурга и п. Попигай Красноярского края.

г. Пушкин, как территория, удаленная от мегаполиса – Санкт-Петербурга, расположенная между двумя автодорогами в зеленой зоне, что позволило использовать объект не только как фоновый по отношению к городу, но в тоже время находящийся под антропогенной нагрузкой – неинтенсивным движением автотранспорта. Этот выбор обусловлен тем, что реальность нашей жизни, а именно влияние автотранспорта на состояние атмосферы и почвы уже стало нормой. Пять точек отбора (снежный покров и почва) расположены на расстоянии 10 м друг от друга в направлении с запада на восток.

В Адмиралтейском районе, в одном из самых загрязненных районов Санкт-Петербурга, площадки отбора проб находятся на площадках с ненарушенным почвенным покровом, но трудно определить, сколько времени прошло с его формирования.

В п. Попигай для точек отбора выбраны площадки в непосредственной близости от единственного источника загрязнения – угольной котельной и на расстоянии 1,7 км и 70 км от поселка.

Отбор проб с Санкт-Петербурга проводился 18-19 января, спустя месяц после установления снежного покрова и в период отрицательных температур. После 21 января наступила резкая оттепель и весь снег растаял. В двух точках наблюдений отобрать пробы не удалось, так снег был убран.

Пробы почвы с исследуемых территорий были отобраны в июне 2015 г. в Санкт-Петербурге и в августе в п. Попигай. Пробы почвы в районе поселка были отобраны в двух точках, вблизи котельной и на удалении 1,7 км. Пробы снежного покрова отбирались в конце марта в 6 точках.

Химико-аналитические исследования проб проводили в Эколого-аналитической лаборатории РГГМУ по стандартизированным методикам

определения. В пробах талой воды были определены следующие показатели: рН, УЭП, хлориды, гидрокарбонаты, кальций, жесткость, тяжелые металлы и мышьяк. В пробах почвы измерены содержание тяжелых металлов, мышьяка, нефтепродуктов и бенз(а)пирена. В пробах почвы п. Попигай нефтепродукты и бенз(а)пирен не определяли.

Определение металлов в пробах талой воды проводили в фильтрованной и не фильтрованной пробах, по разности рассчитали содержание элементов во взвешенном состоянии. Содержание металлов и мышьяка в почве определяли в ацетатно-аммонийной вытяжке и кислоторастворимые формы, экстрагируемые 5М азотной кислотой.

По результатам химико-аналитических исследований можно сделать следующие выводы:

- удельная электропроводимость талой воды в г. Пушкине 17 смСм/см и свежеснег выпавшего снега одинаковые - 17 смСм/см, УЭП после месяца наблюдений в Адмиралтейском районе в среднем – 35 смСм/см, что говорит о повышении общей минерализации в 2 раза;
- водородный показатель (рН) изменился не существенно, в среднем увеличился на 0,5 ед. рН и среднем равен 6,0 ед. рН;
- содержание хлоридов, гидрокарбонатов в Адмиралтейском районе – в среднем 3,2 мг/дм³, что почти в 2 раза выше, чем в г. Пушкине (1,8 мг/дм³), но и в том и в другом случае больше, чем в свежеснег выпавшем снеге;
- по показателю кислотности все исследуемые почвы характеризуются как в основном как нейтральные, общая минерализация водной вытяжки (100-200) мкСм/см, минимальная в фоновой почве п. Попигай – 63 мкСм/см.
- процент органического вещества в почвах в диапазоне от 4,7 до 12, причем выше всего в самых «грязных» почвах в Адмиралтейском районе;
- суммарное содержание нефтепродуктов в Санкт-Петербурге находится на уровне 60 мг/кг в г. Пушкине и (130-200) мг/кг в Адмиралтейском районе и в

основном не превышает ПДК для селитебных зон – 180 мг/кг. Однако максимум зафиксирован в т.Ап-2 у Обводного канала – 816 мг/кг – 4,5 ПДК.

– ПДК по бенз(а)пирену превышено в 7 точках из 10, максимальное превышение в т. Ап-2 – в 96 раз.

На основании анализа данных по содержанию тяжелых металлов и мышьяка в пробах снежного покрова можно сделать следующие выводы:

- в г. Пушкине при сравнении концентраций растворенных форм с ПДК для рыбохозяйственных водоемов обнаружено превышение по меди в среднем на уровне 2ПДК, по мышьяку, никелю, кадмия, ртути, цинку, марганцу, свинцу превышений ПДК не выявлено;
- содержание растворенного кадмия в среднем составляет около 35% от общего, взвешенного около 65%;
- в Санкт – Петербурге при сравнении концентраций растворенных форм с ПДК для рыбохозяйственных водоемов в пробах снега обнаружено превышение меди в среднем на уровне 4 ПДК и цинка от 1,3 ПДК до 2,1 ПДК, по мышьяку, никелю, кадмия, ртути, марганцу, свинцу превышений ПДК не выявлено;
- при сравнении концентраций растворенных форм с ПДК для рыбохозяйственных водоемов в пробах снега обнаружены превышения по меди в т.Тс-1 (1,4 ПДК) и в т. Тс-6 (2ПДК) и в тех же точках концентрации цинка превышают в 2,3 раза и 3,2 раза соответственно;
- результаты исследования проб снежного покрова п. Попигай в т. Тп-1 и Тп-2 показывают, что основное количество металлов, в среднем более 97% , находится во взвешенной форме. В точках т.Тп-3, т.Тп-4, т.Тп-5, т.Тп-6 содержание растворенной формы металлов чуть больше, в средней 89%.

При сравнительном анализе содержания элементов в группах проб, находящихся на удаленном расстоянии от источников загрязнения и свежеснежившем снеге в Адмиралтейском районе выявлено следующие:

максимальная концентрация мышьяка в г. Пушкине – 3 мкг/дм³, содержание кадмия различается не существенно. В отношении Pb, Zn, Cu, Ni, Mn и Cr выделить самую чистую пробу не удалось. Можно сказать, что наиболее чистой оказалась талая воды из свежеснегавшего снега. Пробы снежного покрова из г. Пушкина с учетом накопления металлов в течение пяти месяцев по суммарному количеству металлов в 2 раза «грязнее», чем в фоновой точке п. Попигай. При сравнении концентраций металлов в исследуемых группах можно сказать, что свинца, меди никеля в снежном покрове п. Попигай в 2-3 раза меньше чем Санкт-Петербурге, цинка в 1,5 раза, а марганца в 2,5 раза больше. Можно утверждать, что снежный покров и в Адмиралтейском районе Санкт-Петербурга и п. Попигай загрязнен и испытывает серьезную антропогенную нагрузку, причем в поселке немногим меньшую, чем в мегаполисе.

Сравнение данных о содержании загрязняющих веществ в г. Пушкине показало, что в почву из снежного покрова в незначительных количествах поступают свинец, никель, хром. Вполне очевидно накопления меди и марганца, однако максимальное накопление приходится на долю цинка.

Сравнение данных о содержании загрязняющих веществ в Адмиралтейском районе показало, что влияние качества снежного покрова на накопление металлов в почве довольно существенно. Накопившиеся в снежном покрове Mn, Zn, Cu, Pb, Cr и Cd после таяния снега останутся на поверхности почвы, если их не уберут спецтранспортом.

Анализ ситуации в Адмиралтейском районе Санкт-Петербурга и п. Попигай Красноярского края показал, что снежный покров, является причиной накопления тяжелых металлов в почве. Источник загрязнения снежного покрова в поселке очевиден – это результат сжигания каменного угля на котором работает местная котельная и оттапливают дома. Источником загрязнения снежного покрова в Адмиралтейский район по всей видимости несколько, но основной – это продукты сгорания автомобильного

топлива. На наш взгляд проблема состояния снежного покрова и его роль как индикатора загрязнения атмосферы и почвы требует дальнейших исследований. С одной стороны снежный покров задерживает металлы и загрязненные участки почвы образуются локально, с другой стороны после таяния снега оставшие на поверхности загрязняющие вещества с поверхностным стоком попадают в реки, разносятся ветром на достаточно большие расстояния, что подтверждается наличием в фоновой пробе п. Попигай тяжелых металлов.

С осадками, талой водой, поверхностным стоком с загрязненной почвы загрязняющие вещества попадают в сопредельные среды. Это приводит к оскудению разнообразия флоры и фауны, загрязнению рек и озер, вследствие чего разнообразие, количество и качество рыб снижается, приводит к исчезновению и к смене территории произрастания некоторые видов растений, в том числе, которыми питается дикий северный олень. Из-за смены растительности меняется и миграция дикого северного оленя. Все природные изменения напрямую влияют на условия жизни проживающих там коренных малочисленных народов севера. Так как основной рацион питания состоит из рыбы и мяса дикого северного оленя.

Если для Санкт-Петербурга загрязнение окружающей среды является большой проблемой, то для Крайнего Севера и арктических территорий может обернуться экологической катастрофой.

Список литературы

1. Агбалян Е. В. Состояние окружающей среды в Арктике / Е. В. Агбалян // Журнал успехи современного естествознания. - №4. – 2011.
2. Александровская Е.И., Александровский А.Л. Историко-географическая антропохимия. М.: НИИ-Природа, 2003.
3. Артамонова В.С. Современные аспекты ремедиации биологических свойств городских почв / В.С. Артамонова, А.А. Танасиенко, С.Б. Бортникова // Сибирский экологический журнал. – № 5. – 2005.
4. Балашова С. П. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий / С.П. Балашова, А.Е. Самонов, В.Н. Еремин [и др.] // Экология и промышленность России. – 2001. – № 3.
5. Барсегов Ю.Г., Корзун В.А., Могилевкин И.М. и др. Арктика: Интересы России и международные условия их реализации. М.: Наука, 2002.
6. Бондалетова Л.И., Новиков В.Т., Алексеев Н.А. Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах котельных: Методическое пособие по выполнению практических занятий по курсу “Промышленная экология” “Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов” / - Томск: Изд. ТПУ, 2000. - 39 с.
7. Буйволов Ю.А., Боголюбов А.С. Программа комплексного исследования загрязнений наземных экосистем// Введение в проблему мониторинга природной среды. М.: Экосистема, 1997.
8. Варламов А.А., Хабаров А.В. «Экология землепользования и охрана природных ресурсов» // Учебники и учебные пособия для студентов сред. спец. учеб. заведений М.: Колос, 1999. — 159 с.
9. Василенко В.Н., Назаров И.Н., Фридман Ш.Б. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 181 с.
10. Васильева Л.И. Формы тяжелых металлов в почвах урбанизированных и заповедных территорий / Л.И. Васильева, В.Б. Кадацкий // Геохимия. – 1998, - №4 – 429 с.

11. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. – 412 с.
12. Гигиенические нормативы 2.1.7.2042-06 Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
13. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2004 году». М.: АНО «Центр международных проектов», 2005.
14. Денисов В.Н., Рогалев В.А. Проблемы экологизации автомобильного транспорта. - СПб.: МАНЭБ, 2003, - 213 с.
15. Динамика русловых потоков и охрана природных вод. Сборник научных трудов (межвузовский) Л., изд. ЛГМ И, 1990, вып. 107, 154 с.
16. Долгушин Л.Д., Ушаков С.А., Я.Г.Кац "Экологическое значение снега и снежного покрова" учебное пособие/ — Издат. центр АСADEMIA Москва, 2001
17. Дубиковский Г.П. Влияние микроудобрений на урожай /Химия в сельском хозяйстве, 1982, № 9, 132 с.
18. Жумалипов А. Р «О содержании тяжелых металлов в снежном покрове Северного Казахстана»/ Журнал Вестник КазНУ 2011
19. Заповедники Сибири: [Монография: В 2 т.] / [Д. С. Павлов, Е. Е. Сыроечковский, Э. В. Рогачева и др.]; [Ф. Р. Штильмарк-отв. ред.-сост.]. - М. : Логата, 1999-2000.
20. Зарина Л. М., Гильдин С. М. Геоэкологический практикум: Учебно-методическое пособие. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. — 60 с
21. Израэль Ю.А., Цыбань А.В., Щука Т.А., Мошаров С.А. Антропогенные изменения экосистем мирового океана, климатические изменения // Физика атмосферы и океана. Известия РАН. 2002. Т.38.

- 22.Лаверов НП, Добрецов НЛ, Коваленко ВИ. Глобальные изменения природной среды и климата. М., 1997. – 51 с.
- 23.Левшаков Л.В. Нормирование содержания тяжелых металлов в почве.//Журнал «Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии», вып.3 том 3, 2011
- 24.Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. Ч. 1. Апатиты, КНЦ РАН, 1996. - 213 с.
- 25.Люблина Е.И., Дворкин Э.А. Гигиеническая токсикология металлов. М., 1983.
- 26.Маврин Г.В., Падемирова Р.М., Мансурова А.И. Влияние интенсивности автотранспорта на загрязненность снежного покрова Международный научно-исследовательский журнал, выпуск №11-2(30)/2014
- 27.Методические рекомендации по оценке экологического состояния высвобождаемых промышленных площадок и разработке плана санации» РГЭЦ, WTTC, СПб, 2005
- 28.Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектах рыбохозяйственного значения (утв. приказом Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. №20).
- 29.Орлов Д.С., Безуглова О.С. Биогеохимия. Изд.:Феникс, 2000 г.-319 с.
- 30.Осипова Н.А., Язиков Е.Г., Янкович Е.П. Тяжелые металлы в почве и овощах как фактор риска для здоровья человека. Журнал: Фундаментальные исследования 2013
- 31.Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге за 1980-1999 годы/ под ред. А.С. Баева, Н.Д. Сорокина. – СПб.:2000, 516 с.
- 32.Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2001 году / Ком. по

- природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности; Алексеев С.В. и др. - СПб : Сезам, 2002. – 463 с.
33. Пашкевич М. Ф. Технологическая оснастка : учебник. - Минск :, 2002. - 319 с.
34. Развитие социокультурной, экономической и геоэкологической деятельности в северных регионах России: Коллектив. Моногр./ Под ред. И.В. Григорьевой. – СПб: ГПА, 2012.-269 с.
35. Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга от 07.02.2006 N 9-р.
36. Рощин А.В. и др. // Гигиена: Обзорная информация ВНИИМИ. М. 1982. № 3.
37. Рыбалко А.Е., Фруммин Г.Т. По материалам результатов мониторинга, проводимого в "Севморгео" в восточной части Финского залива Балтийского моря 2001-2005 гг.
38. Сабеев К.Г., Бидеева С.Г. Тяжелые металлы и их влияние на здоровье человека.
39. Смирнова С.М., Долин В.В. Институт геохимии окружающей среды. Тяжелые металлы в снежном покрове г. Николаев.
40. Стурман В. И. Экологическое картографирование: Учебное пособие/ В. И. Стурман. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 251 с.
41. Трофименко Ю.В. Экология: Транспортное сооружение и окружающая среда: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений/Ю.В. Трофименко, Г.И. Евгеньев; под ред. Ю.В. Трофименко. –М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 400 с., [16] с.цв.ил.
42. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. Учебник. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002.
43. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию Изд: М.: Мир, под ред. канд. хим. наук К. Б. Заборенко, 1997. – 232 с.

44.Шницер И.Н. Технология сжигания топлива в пылеугольных котлах.-
СПб.:Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 1994.-284 с.:ил.

45.Яковлев Ю.В., Миклишанский А.З., Савельев Б.В. О формах нахождения химических элементов в атмосфере: распределение микроэлементов между парами атмосферной влаги и аэрозолем в приземных слоях воздуха // Геохимия. 1978. №1. С. 3-10.

Интернет источники:

46. Библиофонд <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=116848>

47.География <https://geographyofrussia.com/tajmyr/>

48.Госсми.ру <http://gossmi.ru/>

49.Научно информационный журнал <http://biofile.ru/bio/4410.html>

50.Пушкин инфо www.pushkin-info.ru

51.Санкт-Петербургский научный центр РАН, 2012

<http://www.spbrc.nw.ru/ru/councils/ecology/problems>

52.Сохраним Планету http://www.saveplanet.su/articles_114.html © SavePlanet.su

53.Экологический портал Санкт – Петербурга

<http://www.infoeco.ru/index.php?id=1091>

Приложение А

Таблица 19 - Реестр точек отбора проб почвы и снежного покрова в г. Пушкин

№ п/п	Обозначение пробы	Место отбора	Координаты точек отбора		Дата отбора	Время отбора	Температура, °С	Глубина отбора, см
			Снежный покров	Почва (0-5) см				
1	Пп-1	Западная окраина г. Пушкина, в 60 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара. 10 м от Дворцовой улицы	59°42'42,1"		23.06.2015	13-00	+20	0-5
			30°23'41,5"					
	Пс-1		59°42'42,1"		18.01.2016	12-00	-14	
			30°23'41,5"					
2	Пп-2	Западная окраина г. Пушкина, в 70 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара. 20 м от Дворцовой улицы	59°43'42,0"		23.06.2015	13-00	+20	0-5
			30°23'42,3"					
	Пс-2		59°43'42,0"		18.01.2016	12-00	-14	
			30°23'42,3"					
3	Пп-3	Западная окраина г. Пушкина, в 80 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара. 30 м от Дворцовой улицы	59°43'41,9"		23.06.2015	13-00	+20	0-5
			30°23'43,0"					
	Пс-3		59°43'41,9"		18.01.2016	12-00	-14	
			30°23'43,0"					
4	Пп-4	Западная окраина г. Пушкина, в 90 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара. 40 м от Дворцовой улицы	59°43'41,8"		23.06.2015	13-00	+20	0-5
			30°23'43,8"					
	Пс-4		59°43'41,8"		18.01.2016	12-00	-14	
			30°23'43,8"					

Пролоджение таблицы 19 (продолжение)								
№ п/п	Обозначение пробы	Место отбора	Координаты точек отбора		Дата отбора	Время отбора	Температура, °С	Глубина отбора, см
			Снежный покров	Почва (0-5) см				
5	Пп-5	Западная окраина г. Пушкина, в 100 м от соединения Дворцовой ул., и Октябрьского бульвара. 50 м от Дворцовой улицы	59°43'41,6"		23.06.2015	13-00	+20	0-5
	Пс-5		30°23'44,7"					
			59°43'41,6"		18.01.2016	12-00	-14	
			30°23'44,7"					

Таблица 20 - Реестр точек отбора проб почвы в Адмиралтейском районе

№ п/п	Обозначение пробы	Место отбора	Координаты точек отбора		Дата отбора	Время отбора	Температура, °С	Глубина отбора, см
			Снежный покров	Почва (0-5) см				
1	Ап-1	9-я Красноармейская д.4/6, участок с деревьями и кустарниками в 20 м от проезжей части с интенсивным движением	59°54'48,5"		22.06.2015	12-00	+21	0-5
			30°18'12,5"					
	Ас-1		59°54'48,5"		19.01.2016	14-00	-2	20
			30°18'12,5"					
2	Ап-2	Наб. Обводного канала, д. 56, лит. А, участок с деревьями и кустарниками 10 м от проезжей части с очень интенсивным движением.	59°54'33,3"		22.06.2015	12-00	+21	0-5
			30°18'39,0"					
	Ас-2		59°54'33,3"		19.01.2016	14-00	-2	-
			30°18'39,0"					
3	Ап-3	3-я Красноармейская д. 17/20 лит. А, часток с деревьями и кустарниками 20 м отгороженный стеной от проезжей части с интенсивным движением	59°54'53,3"		22.06.2015	12-00	+21	0-5
			30°18'31,1"					
	Ас-3		59°54'53,3"		19.01.2016	14-00	-2	-
			30°18'31,1"					
4	Ап-4	ул. Глинка, д.13, Никольский сад, участок с деревьями, 30 м от проезжей части	59°55'25,0"		22.06.2015	12-00	+21	0-5
			30°18'03,7"					
	Ас-4		59°55'25,0"		19.01.2016	14-00	-2	20
			30°18'03,7"					

Продолжение таблицы 20

№ п/п	Обозначение пробы	Место отбора	Координаты точек отбора		Дата отбора	Время отбора	Температура, °С	Глубина отбора, см
			Снежный покров	Почва (0-5) см				
5	Ап-5	пер. Макаренко, д.6-8, участок с деревьями и кустарниками, 10 м от проезжей части с интенсивным движением	59°55'10,2"		22.06.2015	12-00	+21	0-5
			30°17'53,2"					
	Ас-5		59°55'10,2"		19.01.2016	14-00	-2	5
			30°17'53,2"					

Таблица 21 - Реестр точек отбора проб снега на Таймыре в пос. Попигае

№ п/п	Обозначение пробы	Место отбора	Координаты точек отбора		Дата отбора	Время отбора	Температура, °С	Глубина отбора, м
			Снежный покров	Почва (0-5) см				
1	Тс-1	Расположена по направлению к западу, на небольшой возвышенности от источника загрязнения в 250 м.	72°33'39,7"	108°48'51,7"	28.02.2016	12-00	-30	7
			108°48'51,7"					
2	Тс-2	Находится возле источника загрязнения (котельная детского сада и начальной школы)	72°33'40,2"	108°49'24,5"	28.02.2016	12-00	-30	15
			108°49'24,5"					
	Тп-2		72°33'40,2"	108°49'24,5"	25.08.2015	13-00	+15	5
			108°49'24,5"					
	Тс-3	Находится в 1 км от источника загрязнения за рекой по направлению на восток, ниже источника загрязнения.	72°33'39,8"	108°51'16,5"	28.02.2016	12-00	-30	13
			108°51'16,5"					
4	Тс-4	Данная точка расположена по направлению на восток в 1500 м за рекой на склоне горы. На уровне источника загрязнения.	72°33'40,1"	108°52'21,1"	28.02.2016	12-00	-30	13
			108°52'21,1"					
5	Тс-5	Снежный покров на данной точке отбирался на вершине горы (высота горы 30-50 м), за рекой по северо-восточному направлению, располагается выше источника загрязнения в 1700 м.	72°33'40,1"	108°53'21,1"	28.02.2016	12-00	-30	50
			108°53'21,1"					
	Тп-5		72°33'40,1"	108°53'21,1"	25.08.2015	13-00	+15	5
			108°53'21,1"					
6	Тс-6	Находится на расстоянии в 72 км от пос.Попигае возле оз. Делях.	72°34'15,2"	108°51'14,3"	29.02.2016	15-00	-30	30

Приложение Б

Таблица 22 - Физико-химические показатели проб снежного покрова в г.Пушкин

Показатели	Единицы измерения	г. Пушкин точки отбора снег					Среднее значение
		1 п	2 п	3 п	4 п	5 п	
рН	ед. рН	5,8	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
УЭП	мкСм/см ³	20	17	17	16	16	17
Кальций	мг/дм ³	0,79	0,59	0,68	0,79	0,4	0,65
Гидрокарбонат-ион	мг/дм ³	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Хлорид-ионы	мг/дм ³	1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3

Таблица 23 - Физико-химические показатели проб почвы в г. Пушкин

Определяемый показатель	Единицы измерения	г.Пушкин 2016 почва					Среднее значение
		Пп-1	Пп-2	Пп-3	Пп-4	Пп-5	
рН водная вытяжка	ед. рН	6,5	6,9	6,9	6,9	7,2	6,9
рН солевая вытяжка	ед. рН	5,8	6,1	6,1	6,3	6,2	6,1
ЭПУ	мкСм/см	100	116	93	105	109	105
Органическое вещество	%	10,2	12,7	10,7	11,1	11,7	11,3
Нефтепродукты (суммарно)	мг/кг	62	56	59	57	75	62
Бенз(а)пирен	мг/кг	0,006	0,039	0,022	0,066	0,048	

Таблица 24 - Физико-химические показатели проб снежного покрова в Адмиралтейском районе

Показатели	Единицы измерения	Адмиралтейский район снег			
		Ас-1	Ас-4	Ас-5	Ас-фон
рН	ед. рН	6,1	6	5,9	5,9
УЭП	мкСм/см ³	45	28	32	17
Кальций	мг/дм ³	1,6	1,4	1,8	1,2
Гидрокарбонат-ион	мг/дм ³	3,7	1,8	1,8	1,2
Хлорид-ионы	мг/дм ³	3,9	2,7	3	0,74

Таблица 25 - Физико-химические показатели проб почвы в Адмиралтейском районе

Определяемый показатель	Единицы измерения	Адмиралтейский район почва				
		Ап-1	Ап-2	Ап-3	Ап-4	Ап-5
рН водная вытяжка	ед. рН	7,3	7,2	7,5	6,6	7,2
рН солевая вытяжка	ед. рН	6,5	6,4	6,8	6,1	6,6
УЭП	мкСм/см ³	91	202	140	110	190
Органическое вещество	%	5,0	8,4	4,7	10,2	12,2
Нефтепродукты (суммарно)	мг/кг	134	816	203	211	168
Бенз(а)пирен	мг/кг	0,659	1,91	0,337	0,195	0,0049

Таблица 26 - Физико-химические показатели проб снежного покрова на Таймыре п. Попигай

Определяемый показатель	Единицы измерения	Таймыр	
		Тп-4	Тп-1
рН водная вытяжка	ед. рН	5,9	7,3
рН солевая вытяжка	ед. рН	5,4	6,9
Удельная электропроводимость	мкСм/см	63	132
Органическое вещество	%	8,6	7,4

Приложение В

Таблица 27 - Перечень методик измерений

№ п/п	Измеряемый показатель	Обозначение НД	Название НД
талая вода			
1	Температура	РД 52.24.496-2005	Температура, прозрачность и запах поверхностных вод суши. Методика выполнения измерений
2	Водородный показатель (рН)	РД 52.24.495-2005	Водородный показатель и удельная электрическая проводимость вод. Методика выполнения измерений электрометрическим методом
3	Удельная электрическая проводимость (УЭП)		
4	Взвешенные вещества	РД 52.24.468-2005	Взвешенные вещества и общее содержание примесей в водах. Методика выполнения измерений массовой концентрации гравиметрическим методом
5	Кальций	РД 52.24.403-2007	Массовая концентрация кальция в водах. Методика выполнения измерений титриметрическим методом с Трилоном Б
6	Гидрокарбонаты	РД 52.24.493-2006	Массовая концентрация гидрокарбонатов и величина щелочности поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Методика выполнения измерений титриметрическим методом.
7	Кадмий, медь, мышьяк, никель, свинец, хром	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98 (издание 2007 г.)	Методика выполнения измерения массовых концентраций бериллия, ванадия, висмута, кадмия, кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, серебра, сурьмы и хрома в питьевых, природных и сточной водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией
8	Марганец, цинк	ПНД Ф 14.1:2.253-09 (издание 2013 г.)	Методика измерений массовой концентрации алюминия, бария, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, лития, марганца, меди, молибдена,

№ п/п	Измеряемый показатель	Обозначение НД	Название НД
			мышьяка, никеля, свинца, селена, серебра, стронция, титана, хрома, цинка в пробах природных и сточных вод атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно-абсорбционного спектрометра модификаций МГА-915, МГА-915М, МГА-915МД
почва			
9	Ртуть, кадмий, марганец, медь, мышьяк, никель, свинец, хром, цинк	ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.63-09 (2014)	Методика измерений массовой доли ванадия, кадмия, кобальта, марганца, меди, мышьяка, никеля, ртути, свинца, хрома и цинка в пробах почв, грунтов, донных отложений, осадков сточных вод атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно-абсорбционных спектрометров модификаций МГА-15, МГА-915М, МГА-915МД
10	Нефтепродукты	ПНД Ф 16.1:2.21-98 (2012)	Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»
11	Бенз(а)пирен	ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3:39-2003 (2012)	Методика измерения массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, твердых отходах, донных отложений, осадках сточных вод методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуоресцентным детектированием с использованием жидкостного хроматографа «ЛЮМАХРОМ»

Приложение Г

Таблица № 28 - Данные химико-аналитических исследований проб почвы в г.Пушкин

Компонент	Единицы измерения	Определяемая форма	Точки отбора проб				
			т.Пп-1	т.Пп-2	т.Пп-3	т.Пп-4	т.Пп-5
Hg	мг/кг	вал.	0,22	0,18	0,56	0,15	0,18
Cd	мг/кг	кислотораств.	0,15	0,21	0,17	0,18	0,24
Cd	мг/кг	подвиж	0,02	0,04	0,04	0,04	0,07
Pb	мг/кг	кислотораств.	37	55	74	54	98
Pb	мг/кг	подвижн.	6	15	20	8	16
Zn	мг/кг	кислотораств.	52	75	84	85	82
Zn	мг/кг	подвижн.	3	6	12	8	8
Cu	мг/кг	кислотораств.	18	23	21	22	29
Cu	мг/кг	подвижн.	0,3	0,9	0,4	0,4	0,6
Ni	мг/кг	кислотораств.	11	13	15	14	14
Ni	мг/кг	подвижн.	0,24	0,11	0,13	0,25	0,31
Mn	мг/кг	кислотораств.	338	335	334	324	355
Mn	мг/кг	подвижн.	133	131	123	139	171
As	мг/кг	кислотораств.	0,36	0,28	0,27	0,29	0,33
Cr	мг/кг	кислотораств.	13	16	17	17	19
Cr	мг/кг	подвижн.	0,06	0,04	0,07	0,07	0,05

Таблица № 29 - Данные химико-аналитических исследований проб снега в г.Пушкин

Компонент	Единицы измерения	Определяемая форма	Точки отбора проб снега				
			т.Пс-1	т.Пс-2	т.Пс-3	т.Пс-4	т.Пс-5
Cd	мкг/дм ³	вал	0,05	0,03	0,05	0,03	0,03
Cd	мкг/дм ³	раств.	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Hg	мкг/дм ³	вал.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	мкг/дм ³	вал	1,1	1,7	1,3	1,1	1,9
Pb	мкг/дм ³	раств.	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3
Zn	мкг/дм ³	вал	26	35	18	46	19
Zn	мкг/дм ³	раств.	10	10	5,1	10	7,1
Cu	мкг/дм ³	вал	7,5	6,4	6,2	5,2	7,1
Cu	мкг/дм ³	раств.	2,3	1,8	1,6	1,9	1,6
Ni	мкг/дм ³	вал	1,2	1,4	1,2	1,0	1,4
Ni	мкг/дм ³	раств.	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5
Mn	мкг/дм ³	вал	10	8,9	8,3	7,7	9,4
Mn	мкг/дм ³	раств.	5,0	3,8	3,4	3,7	3,9
As	мкг/дм ³	вал	0,13	0,01	0,12	0,21	0,14
As	мкг/дм ³	раств.	0,05	0,01	0,12	0,08	0,06
Cr	мкг/дм ³	вал	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
Cr	мкг/дм ³	раств.	0,03	0,00	0,00	0,00	0,12

Таблица №30 - Данные химико-аналитических исследований проб почвы в Адмиралтейском районе

Компонент	Единицы измерения	Определяемая форма	Точки отбора проб почвы				
			Ап-1	Ап-2	Ап-3	Ап-4	Ап-5
Cd	мг/кг	кислотораств.	0,49	0,43	0,78	0,15	0,32
Cd	мг/кг	подвижная.	0,18	0,12	0,21	0,05	0,09
Pb	мг/кг	кислотораств.	147	203	50	57	43
Pb	мг/кг	подвижная.	34	40	15	12	9
Zn	мг/кг	кислотораств	169	409	149	229	247
Zn	мг/кг	подвижная	75	129	41	29	31
Cu	мг/кг	кислотораств	389	406	61	59	32
Cu	мг/кг	подвижная.	5,0	5,0	1,3	1,1	0,7
Ni	мг/кг	кислотораств.	21	52	14	16	24
Ni	мг/кг	подвижная.	0,39	1,06	0,21	0,34	0,46
Mn	мг/кг	кислотораств	192	203	291	364	253
Mn	мг/кг	подвижная.	66	84	86	107	70
Cr	мг/кг	кислотораств	51	64	43	32	124
Cr	мг/кг	подвижная	0,38	0,39	0,26	0,18	0,42

Таблица № 31 - Данные химико-аналитических исследований проб снежного покрова в Адмиралтейском районе

Компонент	Единицы измерения	Определяемая форма	Точки отбора			
			Ас-1	Ас-4	Ас-5	Ас-фон
Cd	мкг/дм ³	общ. содерж.	0,26	0,23	0,17	0,12
Cd	мкг/дм ³	растворен.	0,13	0,12	0,08	0,02
Pb	мкг/дм ³	общ. содерж.	12	8,5	28	4,4
Pb	мкг/дм ³	растворен.	0,8	1,7	2,1	0,5
Zn	мкг/дм ³	общ. содерж.	83	30	75	18
Zn	мкг/дм ³	растворен.	23	13	21	2,1
Cu	мкг/дм ³	общ. содерж.	49	18	25	10
Cu	мкг/дм ³	растворен.	4,2	4,5	3,7	0,8
Ni	мкг/дм ³	общ. содерж.	15	10	5,0	4,3
Ni	мкг/дм ³	растворен.	2,6	3,2	2,1	0,2
Mn	мкг/дм ³	общ. содерж.	31	22	16	14
Mn	мкг/дм ³	растворен.	7,5	7,5	4,6	2,4
As	мкг/дм ³	общ. содерж.	0,31	0,33	0,19	0,25
As	мкг/дм ³	растворен.	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	мкг/дм ³	общ. содерж.	5,5	2,4	1,7	2,0
Cr	мкг/дм ³	растворен.	1,1	0,4	0,1	0,0

Таблица № 32. Данные химико-аналитических исследований проб снега на Таймыре в пос. Попигай

Компонент	Единицы измерения	Определяемая форма	Точки отбора					
			Тс-1	Тс-2	Тс-3	Тс-4	Тс-5	Тс-6
Cd	мкг/дм ³	общ. содерж.	1,16	1,02	0,17	0,09	0,28	0,25
Cd	мкг/дм ³	растворен.	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01
Pb	мкг/дм ³	общ. содерж.	25	28	3,8	7,2	5,2	5,2
Pb	мкг/дм ³	растворен.	0,12	0,38	0,08	0,01	0,02	0,33
Zn	мкг/дм ³	общ. содерж.	222	233	70	3,7	81	129
Zn	мкг/дм ³	растворен.	23	6,0	3,5	14	3,9	32
Cu	мкг/дм ³	общ. содерж.	102	41	5,9	5,2	8,9	13
Cu	мкг/дм ³	растворен.	1,4	0,6	0,4	0,2	0,8	2,0
Ni	мкг/дм ³	общ. содерж.	26	29	5,4	3,0	0,7	1,9
Ni	мкг/дм ³	растворен.	0,2	0,2	0,2	0,0	0,3	0,4
Mn	мкг/дм ³	общ. содерж.	259	318	55	7,0	13	22
Mn	мкг/дм ³	растворен.	4,0	3,9	0,9	0,2	0,5	0,7
As	мкг/дм ³	общ. содерж.	2,5	2,9	0,4	0,2	0,1	0,2
As	мкг/дм ³	растворен.	0,2	0,3	0,1	0,0	0,2	0,1
Cr	мкг/дм ³	общ. содерж.	38	24	2,6	1,6	7,1	6,8
Cr	мкг/дм ³	растворен.	0,11	0,67	0,01	0,00	0,13	0,31

Таблица № 33 - Данные химико-аналитических исследований проб почвы на Таймыре в пос. Попигай

			Точки отбора	
Компонент	Единицы измерения	Определяемая форма	Тп-1	Тп-4
Cd	мг/кг	кислотораств	1,4	0,05
Cd	мг/кг	подвижная.	0,4	0
Pb	мг/кг	кислотораств	86	15
Pb	мг/кг	подвижная.	3,9	0,07
Zn	мг/кг	кислотораств	163	31
Zn	мг/кг	подвижная.	21	5,2
Cu	мг/кг	кислотораств	234	22
Cu	мг/кг	подвижная.	19	0,9
Ni	мг/кг	кислотораств	44	8,1
Ni	мг/кг	подвижная.	8,2	0,36
Mn	мг/кг	кислотораств	618	154
Mn	мг/кг	подвижная.	153	62
As	мг/кг	кислотораств	3,4	1
As	мг/кг	подвижная.	0,6	0
Cr	мг/кг	кислотораств	92	9,3
Cr	мг/кг	подвижная.	1,1	0,24