

На правах рукописи



Михалев Михаил Викторович

**СНЕЖНЫЕ ПОЛИГОНЫ КАК ОБЪЕКТЫ НЕГАТИВНОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Специальность 25.00.36 – «Геоэкология» (науки о Земле)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Барнаул – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Дальневосточном геологическом институте Дальневосточного отделения
Российской академии наук.

Научный руководитель: **Лобкина Валентина Андреевна**
кандидат географических наук

Официальные оппоненты: **Шамов Владимир Владимирович**
доктор географических наук, главный научный
сотрудник Тихоокеанского института географии
ДВО РАН, г. Владивосток
Воробьева Ирина Борисовна
кандидат географических наук, старший научный
сотрудник Института географии им. В.Б. Сочавы
СО РАН, г. Иркутск

Ведущая организация: **Хабаровский Федеральный исследовательский центр
ДВО РАН, обособленное подразделение – Институт
водных и экологических проблем ДВО РАН (ИВЭП ДВО
РАН), г. Хабаровск**

Защита состоится «23» июня 2021 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного
совета Д 003.008.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении
науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения
Российской академии наук (ИВЭП СО РАН) по адресу: 656038, г. Барнаул, ул.
Молодежная, 1. Факс: (3852) 240396. E-mail: iwep@iwep.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт водных и экологических проблем СО
РАН и на сайте организации <http://iwep.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2021 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения,
просим направлять по адресу Института на имя учёного секретаря Совета

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 003.008.01,
доктор географических наук, доцент



Рыбкина И.Д.

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. На большей территории России в зимний период формируется устойчивый снежный покров, который оказывает существенное влияние на хозяйственную деятельность человека. Анализ литературных источников показал, что проблема утилизации снега актуальна для многих стран мира. Загрязнение окружающей среды при эксплуатации снежных полигонов установлено в Швеции, Финляндии, США, Канаде. В России проблема утилизации снега, собранного с территории городской застройки, наиболее остро стоит в Омске, Салехарде, Тюмени, Сургуте, Екатеринбурге, Уссурийске, Барнауле, Южно-Сахалинске, Кирове, Казани, Самаре, Перми, Уфе, Петропавловске-Камчатском. На территории этих городов эксплуатация снежных полигонов привела к подтоплению территорий и жилой застройки, загрязнению водных объектов и почв.

В настоящее время вывоз снега с территории населенных пунктов на снежные полигоны является основным способом обращения со снегом в России. Однако в федеральном законодательстве отсутствуют нормативные акты, регулирующие отношения в сфере утилизации снежных масс с городских улиц и технические рекомендации к обустройству снежных полигонов. Понятие «снежный полигон» действующим законодательством России не предусмотрено, а сами «снежные полигоны» не рассматриваются как объекты негативного воздействия на окружающую среду.

Проводимые исследования снежных полигонов на о. Сахалин и анализ информации о международном и российском опыте их эксплуатации показывают, что территории размещения снежных полигонов испытывают существенное негативное воздействие.

Федеральный закон №7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 определяет негативное воздействие на окружающую среду как воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды. В работе установлено негативное воздействие полигонов на почву, поверхностные воды, определена смена растительных сообществ и то, что снежные полигоны являются источником теплового загрязнения.

Объект исследования – полигоны для складирования снега, собранного в пределах г. Южно-Сахалинска, и прилегающая к ним территория.

Предмет исследования – негативное воздействие, оказываемое снежными полигонами на компоненты окружающей среды.

Цель работы. Определить влияние снежных полигонов на поверхностные воды, почвы.

Задачи исследования.

1. Установить места размещения снежных полигонов на территории о. Сахалин, динамику их морфометрических характеристик с применением современных дистанционных методов зондирования.

2. Оценить возможность перелетовывания снега, складированного на снежных полигонах в условиях южного Сахалина и определить скорость таяния.

3. Определить концентрации загрязняющих веществ в талых водах со снежных полигонов и оценить уровень загрязнения водных объектов и почв (почво-грунтов), находящихся в зоне воздействия снежных полигонов.

Степень разработанности. Работ, посвященных проблеме обращения со снежной массой, образующейся во время расчистки городской территории после снегопадов, как в российской, так и в зарубежной практике немного.

Классической работой о снеге на урбанизированных территориях является исследование Т. Cook, В. Alprin [1976]. Есть серия работ J. Campbell, А. Langevin [1995]. В иностранной литературе вопросы о воздействии снежных полигонов на окружающую среду рассмотрены в Финляндии [Allen, 2016], Швеции [Vijayan, 2020], Канаде [Droste, Johnston, 1993; Stewart et al., 2013] и др.

В нашей стране загрязнение снега в городской черте описано в работах коллектива Национального исследовательского Томского политехнического университета [Таловская и др., 2017; Пасько и др., 2016], работах сотрудников Башкирского государственного аграрного университета [Хайдарашина и др., 2017], исследованиях Института водных и экологических проблем СО РАН [Папина и др., 2018; Эйрих и др., 2016], работах Института промышленной экологии УрО РАН [Баглаева и др., 2012], исследованиях Тихоокеанского института географии ДВО РАН [Кондратьев и др., 2017], Института водных и экологических проблем ДВО РАН [Новороцкая, 2018]. В целом для юга Дальнего Востока распределение и характеристика ПАУ в снеге городских территорий рассмотрено в работе [Levshina, 2019]. Влияние снежных полигонов на окружающую среду рассмотрено в работе [Носкова и др., 2015] для г. Барнаула и в исследовании [Тарасов и др., 2011] для г. Казань.

Существующие работы в большей степени посвящены химическому загрязнению территории, на которой расположены снежные полигоны, и в значительно меньшей степени изучению их морфометрических характеристик, а также влиянию, оказываемому ими на активизацию инженерно-геологические процессов.

Научная новизна. Снежный полигон рассмотрен как природно-антропогенный объект, характеризующийся особыми нивально-гляциальными и физико-химическими условиями существования.

Получены результаты химического анализа проб компонентов природной среды (снег, талая вода, грунт), которые позволили оценить степень негативного воздействия на них. Установлена динамика изменения концентраций поллютантов в талых водах со снежных полигонов.

Впервые выполнен расчет скорости таяния снежного полигона с применением данных тепловизионного зондирования его поверхности. По данным аэрофотосъемки построена динамическая модель полигона.

Личный вклад. Работа выполнена на основе 10-летних полевых наблюдений на территории о. Сахалин. В период с 2018 по 2020 гг. автор проводил ежемесячные исследования морфометрических характеристик снежных полигонов с применением дистанционных методов зондирования. Осуществлял отбор проб снега, талых вод, грунтов для проведения аналитических работ.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Установлены геоэкологические и инженерно-геологические последствия, возникающие в местах складирования снега, вывозимого с территории городской застройки.

Полученные данные тепловизионной съемки позволяют построить тепловые поля снежных полигонов и оценить тепловое загрязнение окружающей среды.

Получены данные о концентрациях загрязнителей, поступающих в воду и почву от снежных полигонов. Определено направление и интенсивность миграции загрязняющих веществ от места размещения снежных полигонов.

Методология и методы исследования. Полевыми и камеральными методами получены сведения о снежных полигонах, функционирующих на территории о. Сахалин (местоположение, объем складированного снега, максимальная занимаемая площадь, плотность снего-ледовой массы, объекты в предполагаемой зоне воздействия и т.д.).

Проводился ежемесячный мониторинг снежных полигонов, расположенных в г. Южно-Сахалинске (областной центр Сахалинской области), и экспедиционные исследования полигонов в других районах острова.

Данные об основных загрязнителях, поступающих в воду и почву от снежных полигонов, получены по результатам анализа проб. Реестр выполненных лабораторных испытаний за период исследования снежных полигонов с 2012 по 2020 гг., методы анализа и определяемые компоненты представлены в табл. 1.

Тепловизионные и аэрофотоснимки снежного полигона обрабатывались с применением программных комплексов Testo IRSoft и AgisoftPhotoscan.

Защищаемые положения:

1. Установлено, что «снежный полигон» – это природно-антропогенный объект с особыми нивально-гляциальными и физико-химическими условиями существования, потенциально оказывающий негативное воздействие на компоненты окружающей среды.

В процессе функционирования «снежных полигонов» возможно развитие негативных инженерно-геологических (затопление, эрозия, суффозия, морозное пучение и др.), геоэкологических (загрязнение компонентов окружающей среды) и микроклиматических (выхолаживание прилегающих территорий талыми водами с полигонов, понижение альбедо и увеличение температуры на поверхности полигона за счет вытаивания мусорного слоя) последствий.

2. Доказана возможность существования снежных полигонов, способных перелетывать в условиях муссонного климата южного Сахалина на абсолютных высотах до 50 м. Произведен расчет скорости таяния снежных полигонов.

3. В течение теплого периода года снежные полигоны выделяют в окружающую среду загрязняющие вещества, концентрации которых в талых водах превышают фон и ПДК. Установлено накопление загрязняющих веществ в почве в концентрациях, превышающих фон и ОДК.

Степень достоверности результатов исследования. Выводы, сделанные в работе, основаны на результатах анализа 169 проб (табл. 1). Статистическая обработка результатов испытаний выполнялась с оценкой достоверности получаемых зависимостей. Результаты исследований верифицировались по данным длительного полевого эксперимента.

Апробация работы. Основные положения и выводы, содержащиеся в диссертации, докладывались автором на 12 научных симпозиумах, конференциях, семинарах и совещаниях, из которых 3 – региональных, 2 – всероссийских и 7 – международных. Материалы диссертации были представлены на следующих научных мероприятиях:

II Региональная конференция студентов, аспирантов, молодых ученых «Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и рационального природопользования Дальнего Востока и стран АТР» (Владивосток, 2005); Научно-практическая конференция «Стратегия развития – взгляд в будущее» (Южно-Сахалинск, 2005); Международная научно-практическая конференция «Экология фундаментальная и прикладная. Проблемы урбанизации» (Екатеринбург, 2005); III Международная конференция «Лавины и смежные вопросы» (Кировск, 2006); XIV Гляциологический симпозиум «Гляциология от Международного геофизического года до международного Полярного года» (Иркутск, 2008); Международная научная конференция «Гляциология в начале XXI века» (Москва, 2009); Гляциологический симпозиум «Лёд и снег в климатической системе» (Казань, 2010); III Международный симпозиум «Физика, химия и механика снега» (Южно-Сахалинск, 2017); III Всероссийская научная конференция с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы» (Южно-Сахалинск, 2019); The 35th International Symposium on Okhotsk Sea & Polar Oceans (Mombetsu, Japan, 2020).

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 15 работах, в том числе 5 – в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы (132 источника, в том числе 41 на иностранном языке). Работа изложена на 130 страницах машинописного текста и включает 43 рисунка и 18 таблиц.

Структура научно-квалификационной работы. Научно-квалификационная работа состоит из пяти глав.

Таблица 1. Реестр выполненных лабораторных испытаний с 2012 по 2020 гг.

Дата	Кол-во проб	Показатель
<i>снег</i>		
03.2012	3	Элементный анализ с использованием методов ИСП-АЭС и ИСП-МС: Al, Fe, Ca, Mg, Mn, K, Na, P, Si, Li, Be, Sc, V, Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Ga, Zr, Rb, Sr, Y, Cd, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Tl, Pb, Th, U. Хроматографический анализ: F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ <i>Анализ проб проведен лабораторией аналитической химии ДВГИ ДВО РАН.</i>
01.2020	11	ПНД Ф 14.1:2:3.110-97: взвешенные вещества <i>Анализы проб выполнены ФГБУ ГЦАС «Сахалинский».</i>
03.2020	14	ПНДФ 14.1:2:4.157-99: Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ ; ПНДФ 14.1:2.167-00: Na ⁺ , Ca ²⁺ , ПНД Ф 14.1:2:3.110-97: взвешенные вещества ; М-02-2406-13: Pb, Zn <i>Анализы проб выполнены ФГБУ ГЦАС «Сахалинский».</i>
<i>таялая вода</i>		
07.2013	5	Методы анализа на основе ГОСТ 24902, ГОСТ 18309: NH ₄ ⁺ , Fe ²⁺ +Fe ³⁺ , F ⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ <i>Анализ проб проведен сотрудниками СФ ДВГИ ДВО РАН с помощью полевой комплектной лаборатории для определений показателей качества воды «НКВ» (производитель ЗАО «Крисмас+»).</i>
07.2014	5	
06.2018	28	Элементный анализ с использованием методов ИСП-АЭС и ИСП-МС: Al, Fe, Ca, Mg, Mn, K, Na, P, Si, Li, Be, Sc, V, Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Ga, Zr, Rb, Sr, Y, Cd, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Tl, Pb, Th, U.
08.2018	26	
06.2019	14	Хроматографический анализ: F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ <i>Анализ проб проведен лабораторией аналитической химии ДВГИ ДВО РАН.</i>
08.2019	16	
05.2020	5	ГОСТ 31957: HCO ₃ . <i>Анализы проб выполнены ФГБУ ГЦАС «Сахалинский».</i>
<i>почво-грунт, грунт</i>		
05.2013	5	Элементный анализ методом РФА: V, Co, Cu, Ni, Zn, Ga, Ba, La, Ce, Nd, Sn, As, Nd, Pb, Th, U. Силикатный анализ на содержание породообразующих оксидов: SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , H ₂ O ⁻ , ППП. <i>Анализ проб проведен в ЦКП ИЗК СО РАН.</i> Показатели состава и свойств грунтов: время размокания, гумус, пластичность, плотность минеральной части. <i>Анализы проб выполнены в лаборатории инженерной геологии ИЗК СО РАН.</i>
11.2017	17	ГОСТ 26423-85: pH; ГОСТ 26425-85: Cl ⁻ ; ГОСТ 26426-85: SO ₄ ²⁻ ; ГОСТ 26950-86: Na ⁺ ; ГОСТ 26487-85: Ca ²⁺ ; М02-902-125-2005: Pb, Zn, Ni. <i>Анализы проб выполнены ФГБУ ГЦАС «Сахалинский».</i>
08.2018	20	Элементный анализ методом гравиметрии: H ₂ O ⁻ , SiO ₂ ; ИСП-АЭС: Ti, Al, Fe, Ca, Mg, Mn, K, Na, P; ИСП-МС :Li, Be, Sc, V, Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Pb, Th, Pb, U. <i>Анализ проб проведен лабораторией аналитической химии ДВГИ ДВО РАН.</i>

В первой главе рассмотрены способы обращения со снегом, аккумулирующимся на урбанизированных территориях и проблемы при этом возникающие, приводятся результаты анализа литературных материалов по тематике исследования.

Описывается мировой и российский опыт утилизации снего-ледовых масс. Приводятся альтернативные способы обращения со снежными массами, такие как складирование снега на ледяную поверхность водных объектов, применение реагентов для стаивания снега, использование

снегоплавильных установок. Проведен анализ существующих снегоплавильных установок и возможности их использования на территории о. Сахалин, который показал малую эффективность мобильных снегоплавильных установок для г. Южно-Сахалинска.

В г. Южно-Сахалинске эксплуатация снежных полигонов привела к подмыву полотна автодороги талыми водами (2009), заболачиванию территории (2015 – продолжается в настоящее время), деформации основания козлового крана (2020), расположенного в 100 м от полигона и другим негативным последствиям.

На территориях размещения снежных полигонов уничтожена древесная растительность, травянистая растительность меняется в сторону более гидрофильных видов. Так на смену растениям, произрастающим на средне- и умеренногидроморфных фациях пришли растительные сообщества, характерные для очень сильно- и сильногидроморфных фаций.

Помимо анализа научной литературы, в главе приводится анализ федерального законодательства в сфере обращения и утилизации снежных масс. Собраны сведения о снежных полигонах, эксплуатируемых на территории о. Сахалин. По этим данным составлена карта-схема размещения снежных полигонов на территории острова (рис. 1), где отражены средние объемы ежегодно складированного на полигонах снега.

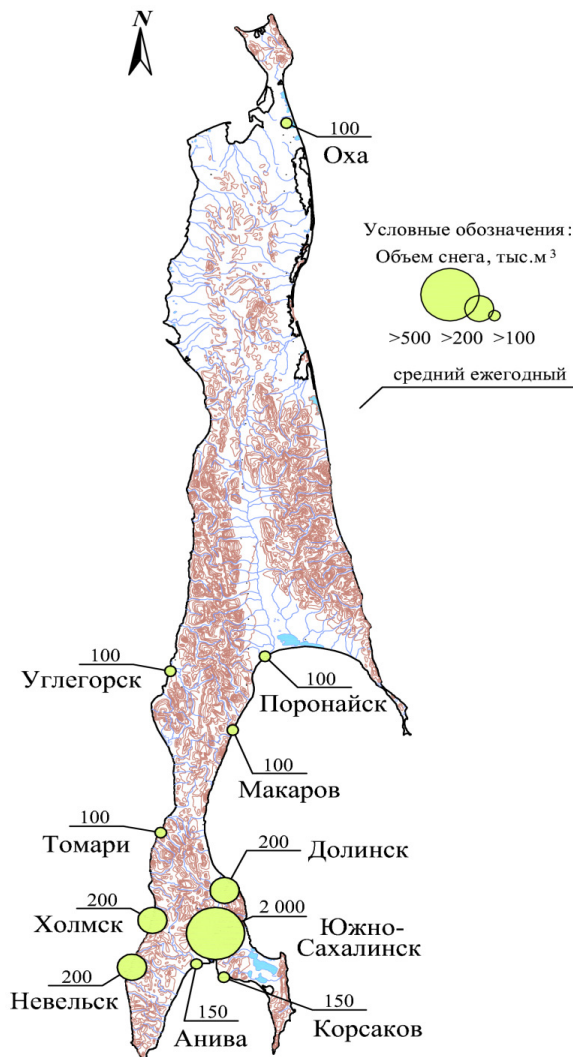


Рис. 1. Населенные пункты о. Сахалин, на территории которых размещены снежные полигоны

Наиболее крупными снежными полигонами о. Сахалин являются два полигона, расположенных на территории г. Южно-Сахалинска. Это полигон «Северный» и «Южный» (рис. 2). Абсолютная высота дневной поверхности полигона «Северный» составляет 45 м., площадь, занимаемая полигоном на момент создания в 2010 г., составляла 3,3 га, по состоянию на 2020 г. площадь полигона – 3,8 га. Высота дневной поверхности полигона «Южный» – 20 м., его площадь на момент создания в 2010 г. составляла 6 га, к 2020 она увеличилась до 42 га (рис. 2).

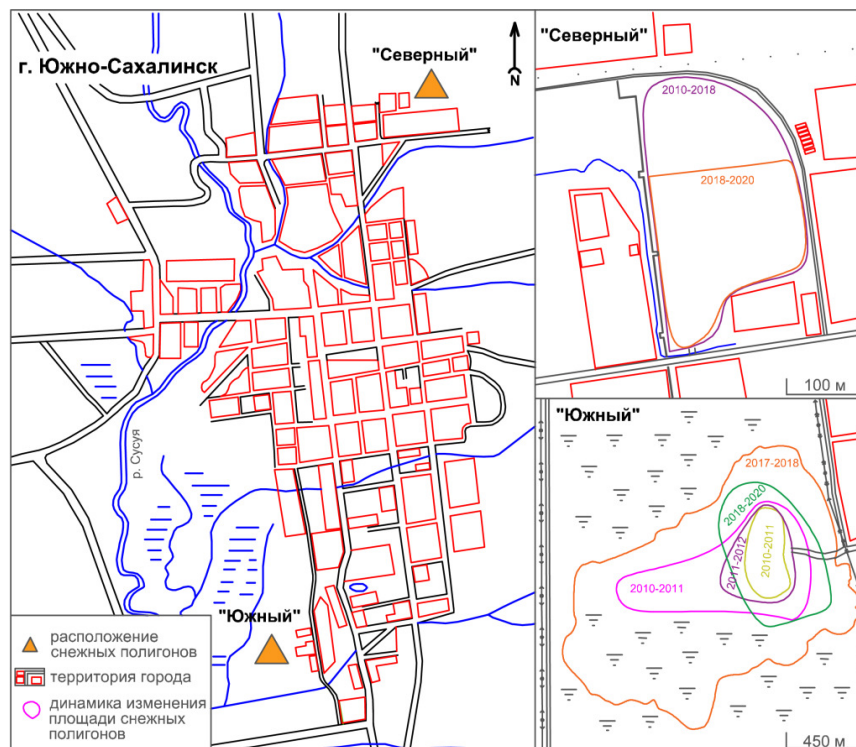


Рис. 2. Размещение снежных полигонов на территории г. Южно-Сахалинска и динамика изменения их площади

Во второй главе рассмотрен метеорологический режим о. Сахалин, при анализе которого установлено, что:

- большое влияние на характер и объем снегонакопления оказывают местные физико-географические условия;
- преобладающим направлением ветров во время метели являются румбы северного и северо-западного направлений;
- на образование и формирование снегового покрова основное влияние оказывает циклоническая деятельность. За зиму над островом проходит более 40 циклонов, которые вызывают особо опасные ветры, метели и обильное выпадение осадков;
- во время сильных метелей и обильных снегопадов за явление может выпасть более месячной нормы осадков;
- наибольшее количество осадков выпадает в декабре – январе, а максимальная величина снеготпасов наблюдается в марте;
- разрушение устойчивого снежного покрова начинается с первой декады апреля и может продолжаться до конца мая.

Значительный объем выпадающих в зимний период осадков на территории городской застройки населенных пунктов о. Сахалин требуют их оперативной расчистки и утилизации снега.

Разрушение устойчивого снежного покрова на урбанизированных территориях о. Сахалин идет медленнее, чем его образование. Средняя дата схода снежного покрова близка к весеннему переходу средней суточной температуры через 0°C. В конце апреля – начале мая сначала южные районы острова, а в конце мая северные, как правило, полностью освобождаются от снега (равнинная часть), хотя в северных и центральных районах снегопады и метели в мае ежегодны.

В третьей главе рассмотрен температурный режим снежных полигонов и особенности их снеготаяния в городских условиях. Показана динамика изменения морфометрических характеристик снежных полигонов по данным аэрофотосъемки с использованием беспилотного летательного аппарата (БЛА).

Тепловизионное наблюдение проводилось тепловизором testo 871. Использовался диапазон измерения: -30°C ... $+100^{\circ}\text{C}$, температурная чувствительность - 90 мК. Визуализация разницы температур от $0,09^{\circ}\text{C}$.

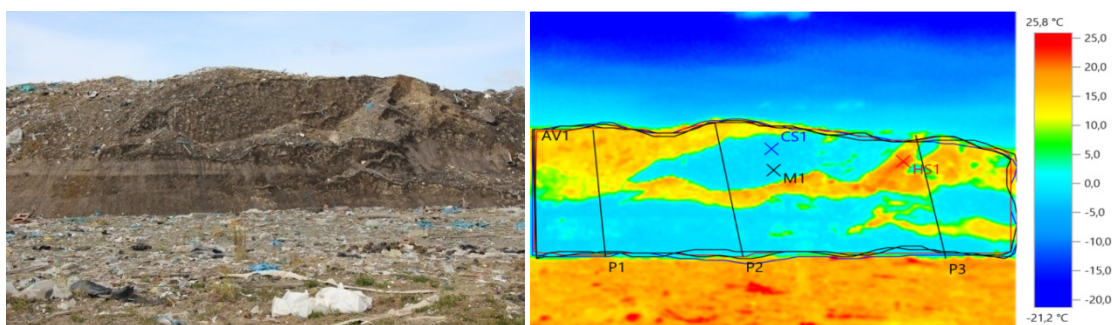


Рис. 3. Реальное и инфракрасное изображение участка снежного полигона. На инфракрасном изображении показан пример обработки снимка

Тепловые снимки обрабатывались (рис. 3), отмечались точки с максимальной (HS1), минимальной (SN1) температурой на теле полигона, рассчитывалась средняя температура тела полигона, строились температурные профили (P1-3). Полученные данные об изменении температуры тел снежных полигонов позволяют прогнозировать периоды массовой водоотдачи.

Данные о температуре были обработаны с помощью программного комплекса GoldenSoftwareSurfer 15. В результате получены картосхемы температурных полей поверхности снежных полигонов. На рис. 4 приведены картосхемы за июнь, август, октябрь 2018, которые показывают направление стаивания. Зоны резкого понижения температуры приурочены к местам, лишенным защитного теплоизолирующего мусорного слоя, и располагаются в основном на периферии снежного полигона. Данный факт свидетельствует о преобладании краевого таяния. Внутренние области полигона, где наблюдается высокие температуры поверхности, перекрыты мусорным слоем большой мощности.

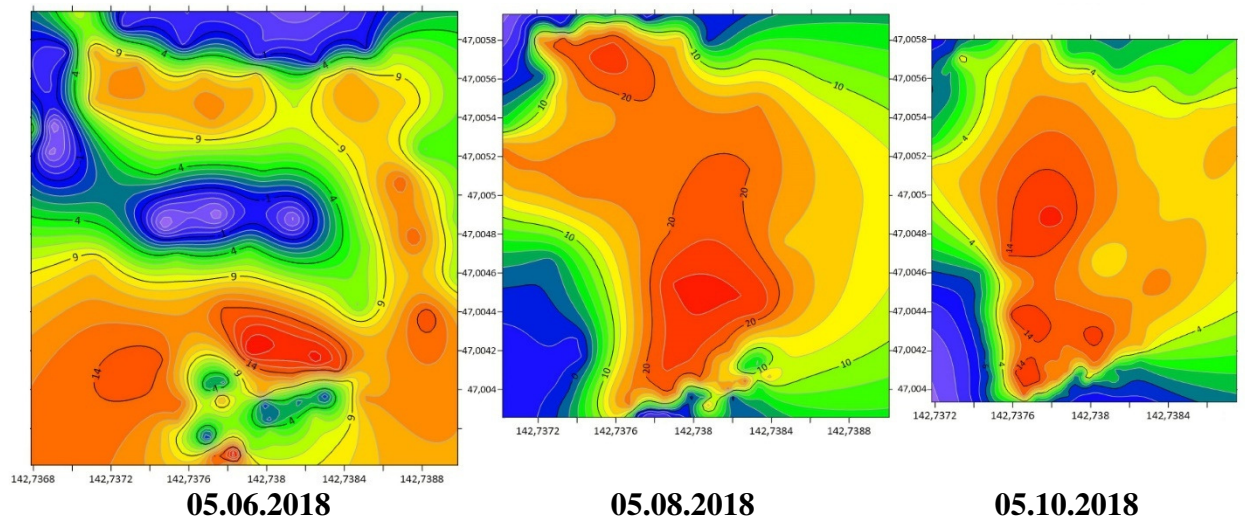


Рис. 4. Температурные поля снежного полигона «Северный» за 2018 г.

Для мониторинга изменения морфометрических характеристик снежных полигонов применялся БЛА DJI Phantom 4 и комплекс программ для выполнения полетного задания, а также последующей обработки данных и построения 3D модели. Полетное задание строилось в программе «Pix4Dcapture». Полученные фотографии обрабатывались в программе AgisoftPhotoscan. Наблюдения за морфометрическими характеристиками снежных полигонов позволили проследить динамику (рис. 5) и основное направление их стаивания.

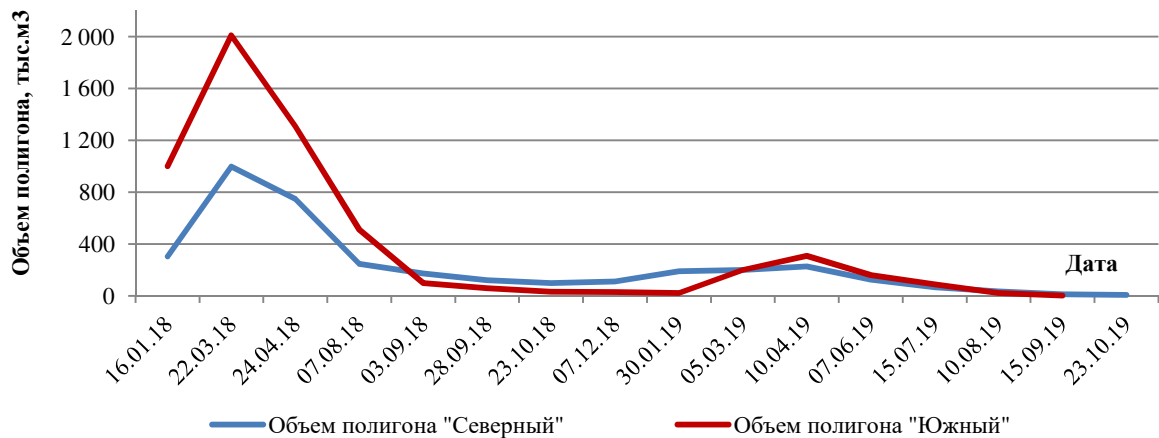


Рис. 5. Динамика изменения объема снего-ледовой массы на полигонах «Северный» и «Южный» в течение 2018-2019 гг.

В результате проводимого мониторинга установлена возможность существования снежных полигонов, способных перелетывать в абсолютных высотах до 50 м. в условиях южного Сахалина, что можно отнести к уникальным явлениям.

В наиболее простом приближении был проведен расчет удельного таяния снежника «Северный», использовались полученные данные о температуре его поверхности. Для расчета была взята формула Кренке-Ходакова, которая связывает температуру поверхности ледников с эмпирическими (региональными) коэффициентами. Для Сахалина

региональные коэффициенты для формулы Кренке-Ходакова не выведены, т.к. природные ледники на его территории отсутствуют, а ряд наблюдений за снежными полигонами недостаточный. Поэтому использовались коэффициенты, выведенные для Средней Азии (ледник Абрамова), Камчатки и Северо-Востока России.

Проверялось соответствие расчетных характеристик данным наблюдений. За 2018 г. на «Северном» было складировано – 998,3 тыс.м³ снега или 450 тыс.т воды (в пересчете в водный эквивалент). По данным наблюдений за теплый период года было потеряно примерно 330 тыс.т (что составляет половину всего объема самого крупного водохранилища г. Южно-Сахалинска). Расчетные значения удельного таяния показали наиболее точные значения для 2018 г. по региональным формулам для Средней Азии (ледник Абрамова) и северо-востока России – 332 и 344 тыс.т соответственно. Расчет с использованием коэффициентов для Камчатки оказался значительно завышен – 639 тыс.т.

В 2019 г. складировано 227 тыс.м³ снега или 75 тыс.т в водном эквиваленте, потеряно 70,7 тыс.т. Проведенный расчет по всем формулам дал значительное завышение, что связано с малым объемом снежного полигона, по всем формулам такой объем снега должен был растаять за теплый период, однако этого не произошло, что связано с теплоизоляционными функциями мусорного слоя и его большой мощностью.

Применение систем мониторинга температуры снежной толщи позволяет в режиме реального времени отслеживать участки активной водоотдачи.

В четвертой главе проводится оценка загрязнения городской среды снежными полигонами путем анализа состояния снега и талой воды. Приводятся доказательства, что снежные полигоны – кумулятивные объекты, накапливающие загрязняющие вещества. Приводится динамика изменения концентраций поллютантов в талых водах со снежных полигонов.

Источником поступления снега на полигон является снежный покров, сформированный снегопадами, прошедшими над урбанизированной территорией и вывозимый коммунальными службами в процессе ее расчистки. Для уменьшения объема снежных масс на городских улицах коммунальные службы используют снегоплавильные реагенты на основе хлорида натрия.

Снег, размещаемый на полигонах, дополнительно снегоплавильными реагентами не обрабатывается, все содержащиеся в нем элементы накапливаются на территории городской застройки.

Для оценки степени загрязнения снежного покрова, аккумулярованного в г. Южно-Сахалинске, были проведены полевые работы и последующие лабораторные исследования (2019, 2020 гг.). Схема расположения точек отбора проб представляет собой сеть с расстоянием между точками в направлении север-юг ≈ 2 км, в направлении запад-восток ≈ 1 км. Установлено, что максимальная концентрация взвешенных веществ в

снежном покрове на территории г. Южно-Сахалинска в зимнем сезоне 2018-2019 гг. зафиксирована вблизи перекрестка ул. Железнодорожная – ул. Пограничная и составила $76,3 \text{ мг/дм}^3$, максимальная скорость аккумуляции взвешенных веществ установлена в этой же точке и составила $85,46 \text{ мг/сут на м}^2$. В зимнем сезоне 2019-2020 гг. максимальная концентрация взвешенных веществ в снеге составила $62,8 \text{ мг/дм}^3$ (перекресток пр. Мира – ул. Емельянова), максимальная скорость аккумуляции взвешенных веществ – $79,07 \text{ мг/сут на м}^2$ (перекресток ул. Горького – ул. Больничная).

Установлено, что на уровень пылевого загрязнения территории г. Южно-Сахалинска в наибольшей степени влияют работы по строительству и реконструкций зданий и сооружений, так как в зависимости от района проведения работ по строительству смещались и очаги пылевого загрязнения.

Так как исследуемая территория залегания снежного покрова относится к водосборной площади р. Сусуя (высшая рыбохозяйственная категория), то в качестве норматива концентраций загрязняющих веществ в талых водах автором был принят ПДК для рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{рх}). Анализ уровня загрязнения ненарушенного снежного покрова, аккумулирующегося на территории города, показал, что концентрации загрязняющих веществ в снеге не превышают ПДК_{рх}.

С 2012 по 2020 г. Сахалинским филиалом ДВГИ ДВО РАН проводились мониторинговые исследования концентраций загрязняющих веществ в складированных снежных массах на снежных полигонах и в талых водах, с них стекающих.

Анализ результатов лабораторных испытаний проб снега за 2012 г. показал превышение ПДК_{рх} по пяти веществам 4-ого класса опасности: NO_2^- , Br^- , Al , Fe , Mn . ПДК_{рх} по Al превышено в 12 раз; по Fe в – 8 раз; по NO_2^- и Br^- – в 6 раз; по Mn – в 5 раз. Концентрация Zn (3 класс опасности) по всем пробам оказалась равной ПДК_{рх}. Na^+ и Cl^- не превысили ПДК_{рх}, однако их концентрация в единице объема увеличивалась в процессе перемещения и складирования снега. Содержание Na^+ в пробе снега, отобранной в момент складирования, было в 2 раза больше, чем в пробе с территории городской застройки, в прессованном снеге содержание Na^+ было \approx в 80 раз выше, чем в момент складирования. В натуральном выражении содержание было $0,56/1,17/91,7 \text{ мг/л}$ соответственно. Для Cl^- содержание менялось $0,83/2,27/143 \text{ мг/л}$, т.е. содержание Cl^- в прессованном снеге в сравнении с городской территорией увеличилось более чем в 170 раз.

В 2013 и 2014 гг. полевыми методами отмечено превышение ПДК_{рх} по $\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}$ (за оба года) до 3 раз; по NO_2^- (за 2014 г.) и по SO_4^{2-} (за 2014 г.) – более чем в 2 раза.

Результаты анализа проб, отобранных в 2018 и 2019 гг., показали, что в талых водах снежных полигонов соотношение основных анионов и катионов, которые характерны для природных вод ($\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ и $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$), – нарушены (рис. 6).

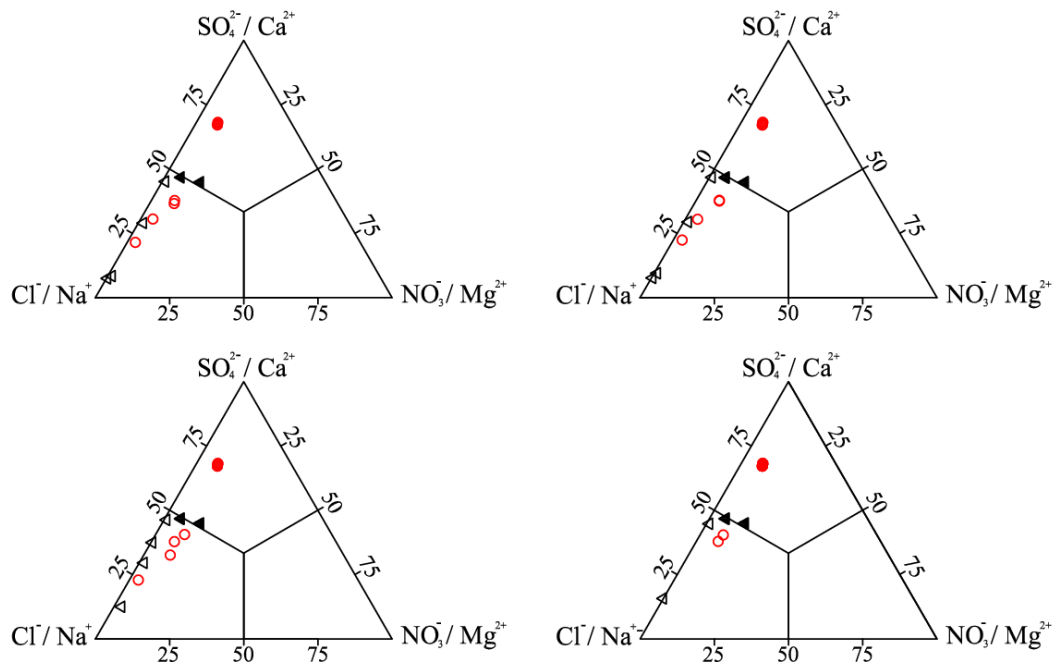


Рис. 6. Соотношение содержания основных катионов и анионов в пробах талых вод снежного полигона «Северный», 2018, 2019: ●/○ соотношение катионов в пробах фоновых / талой воды; ▲/△ соотношение анионов в пробах фоновых / талой воды

Установлено, что доля ионов Cl^- значительно превышает долю SO_4^{2-} , а наибольшая доля среди всех катионов приходится на ионы Na^+ . Данное распределение основных ионов говорит о значительном влиянии применяемых в городской черте снегоплавильных реагентов.

Концентрации HCO_3^- в точках отбора проб (рис. 7) значительно превышают фоновые показатели и повышают щелочность талых вод. Пробы талой воды отбирались в русле водоотводящей канавы, которая является основным путем стока талых вод с полигона «Северный», пробы расположены в порядке удаления от полигона.

При анализе динамики концентраций загрязняющих веществ, которые выносятся талыми водами со снежных полигонов, установлено, что разные загрязняющие вещества выносятся талыми водами с полигонов в различные периоды снеготаяния. На концентрацию химических элементов в водах влияет продолжительность стаивания, удаленность от источника загрязнения и гидрологические характеристики такие, как расход и скорость течения.

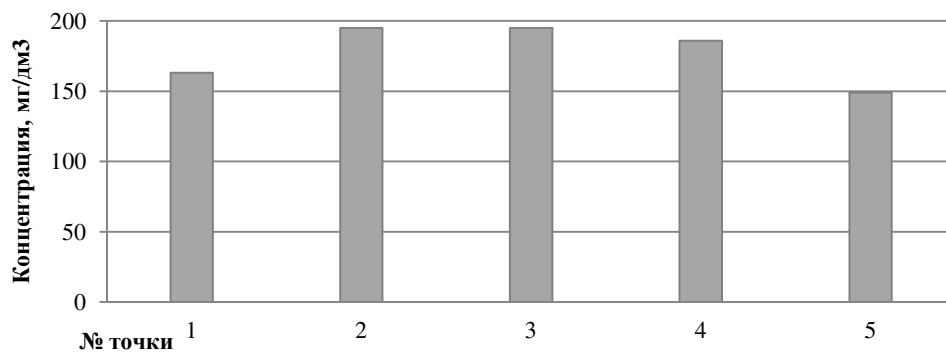


Рис. 7. Содержание гидрокарбонатов в пробах талых вод снежного полигона «Северный», 2020

Отбор проб талой воды, произведенный 05.06.2018 г. на полигоне «Северный», показал превышение содержания загрязняющих веществ над фоновыми показателями: В – в 270 раз, V – в 317 раз, As – в 133 раза.

В пробах, отобранных 30.08.2018 г., превышение содержания загрязняющих веществ над фоновыми показателями составило: В – в 35 раз, V – в 3 раза, As – в 6 раз.

Таким образом, основное поступление вышеуказанных загрязняющих веществ в окружающую среду наблюдалось в начале периода активного стаивания снежного полигона.

Динамика поступления V и As с талыми водами свидетельствует о том, что их источником является золошлаковая смесь от сжигания углей. Ее наличие в снеге, свозимом на полигоны, обусловлено использованием углей при отоплении частной застройки г. Южно-Сахалинска.

Вместе с тем превышение содержания загрязняющих веществ над фоном в пробах от 05.06.2018 г. по Fe и Mn составило 3 и 1,12 раза соответственно, в то время как данное превышение в пробах от 30.08.2018 г. составило уже 13 и 21 раз. Таким образом, более активно Fe и Mn поступали в окружающую среду с талыми водами к концу периода активного таяния.

Анализ разницы в концентрациях загрязняющих веществ в талой воде в августе от значений июня на полигоне «Северный» показал, что по большинству загрязняющих веществ произошло снижение концентрации в талых водах. Однако концентрации некоторых загрязняющих веществ значительно увеличились, например, концентрация Fe возросла в 17 раз.

Также стоит отметить, что на полигоне «Северный» концентрации Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+ в период с июня по август значительно снижаются, в то время

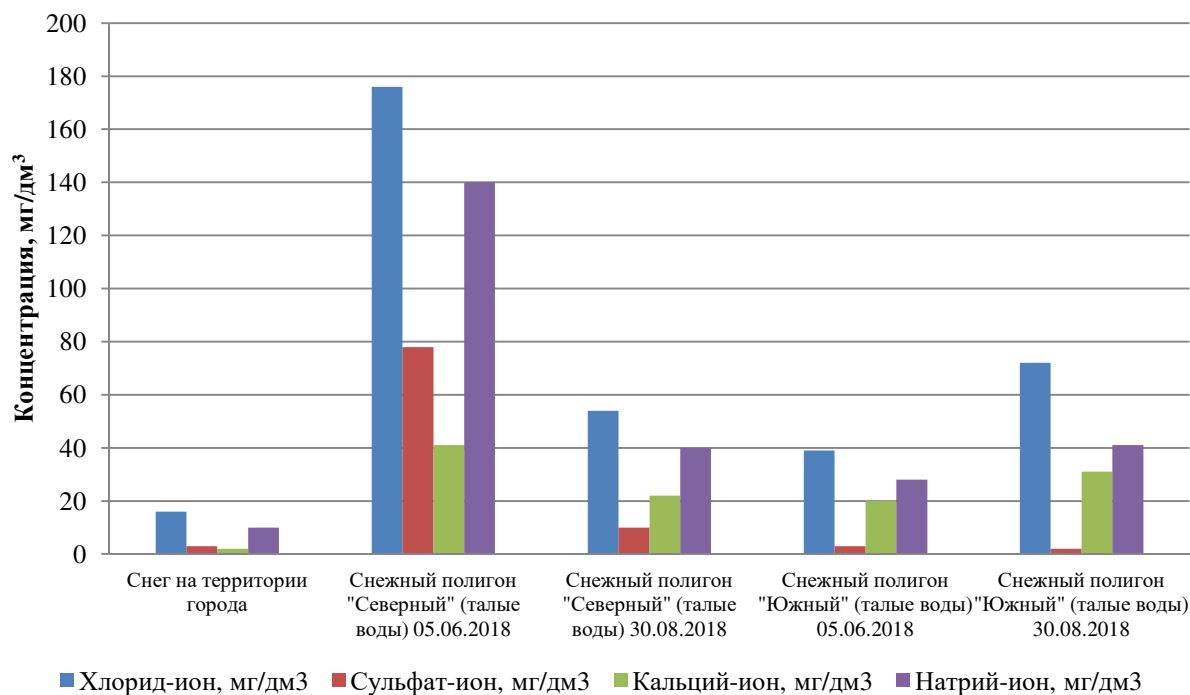


Рис. 8. Динамика концентраций загрязняющих веществ в талых водах снежных полигонов в сравнении с концентрациями, содержащимися в пробе снега, отобранной в городской черте

как на полигоне «Южный» концентрации данных загрязнителей в талых водах, наоборот, возрастают (рис. 8). Данный эффект связан с особенностями стаивания полигонов и значительным вторичным загрязнением талых вод полигона «Южный» от сильно заиленных дренажных канав. Так как на полигоне «Северный» преобладает краевое таяние, и долгое время сохраняется мощное ледяное ядро, данные ионы интенсивно вымываются впервые летние месяцы, а затем их концентрация в талых водах падает. На полигоне «Южный» стаивание происходит более интенсивно из-за того, что полигон менее компактный и разбивается на отдельные части, и к концу августа общий сток с полигона значительно уменьшается, а так как основное загрязнение талых вод происходит уже за счет вторичного загрязнения от дренажных канав, концентрация загрязняющих веществ – увеличивается.

В пятой главе проводится оценка накопления загрязняющих веществ в почво-грунтах в районах размещения снежных полигонов. Загрязнения поступают в почву с талыми водами. Представлены основные загрязнители и их концентрации.

Проведенные работы показали, что в результате таяния снега на полигонах происходит накопление загрязняющих веществ в почво-грунтах в концентрациях выше фона и ОДК химических веществ в почве (ГН 2.1.7.2511-09).

Результаты исследования грунта в 2017 г. показали превышение фоновой концентрации по Cl^- (до 3 раз), SO_4^{2-} (до 5,5 раз), Na^+ (до 11 раз), Ca^{2+} (до 3,6 раз). Высокие концентрации вызваны использованием в пределах городской застройки снегоплавильных реагентов и депонированием снежным покровом атмосферных загрязнителей. Загрязненный снег вывозится на снежные полигоны, где в процессе таяния растворенные в воде поллютанты проникают в почву и грунты, приводя к их загрязнению.



Рис. 9. Точки отбора проб грунта в 2017 г. А) полигон «Южный», Б) полигон «Северный»

Проведенные анализы отобранных проб (рис. 9) позволили выявить превышение концентраций загрязняющих веществ в грунтах, находящихся как под телом полигона, так и на прилегающих территориях. Проведенные

расчеты показывают, что наибольшее значение суммарного показателя загрязнения (Z_c) на полигоне «Северный» получены для пробы 14 ($Z_c = 20$), на полигоне «Южный» для пробы 6 ($Z_c = 8,9$). Основное направление миграции химических элементов от снежных полигонов совпадает с общим наклоном местности (табл. 2). Расстояние от края снежного полигона до геохимического барьера составляет: на полигоне «Северный» – 70 м, на полигоне «Южный» – 400 м.

В 2018 г. обнаружено превышение ОДК в почво-грунтах по Ni (до 3,5), As (до 4,8), V (до 1,1), Cu (до 4,0), Zn (до 5,2), Pb (до 1,8).

В зону воздействия полигона «Южный» входит р. Сусуя, в которую через систему мелиоративных канав поступают загрязняющие вещества с полигона. Выявленные загрязнения в районе полигона «Южный» не позволяют в дальнейшем использовать данные территории по их целевому сельскохозяйственному назначению.

Таблица 2. Значение суммарного показателя загрязнения (Z_c) для снежных полигонов «Северный» и «Южный».

Полигон «Северный»									
№ пробы	14	15	16	13					
Z_c	20,0	14,8	12,4	2,1					
Полигон «Южный»									
№ пробы	6	7	1	8	10	2	3	9	5
Z_c	8,9	7,6	5,3	4,9	4,2	3,7	3,3	2,8	2,7

Источником тяжелых металлов в талых водах являются депонированные в снеге выбросы автотранспорта и металлический мусор, попавший в тело снежного полигона, и присадки к снегоплавильным реагентам.

Размер вреда, причиняемого почвам полигонов «Северный» и «Южный», был определен согласно методике исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды (утв. Приказом Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238) и на сентябрь 2020 г. составил 603,2 млн руб.

Искусственное создание многолетнемерзлых пород на участках, занятых снежными полигонами, приводит к развитию процессов заболачивания и избыточного обводнения. На поверхности полигонов в летний и осенний период активно развивается солифлюкция, затрагивающая всю поверхность снежных полигонов и представляющая собой как пластично-вязкое, так и жидкое течение грунтов. По периметру снежных полигонов, в местах залегания легких суглинков, отмечено морозное пучение и формирование ям проседания в летний период.

Для минимизации негативного воздействия на компоненты окружающей среды при эксплуатации снежных полигонов необходимо принять комплексные меры, таких как внесение «снежных полигонов» в перечень объектов негативного воздействия и нормирование сбросов талых вод с полигонов; гидроизоляция дневной поверхности полигона и отвод талых вод; внедрение стационарных снегоплавильных установок.

Выводы

1. На территории о. Сахалин функционирует 13 снежных полигонов. Наиболее крупные полигоны расположены в г. Южно-Сахалинске. Дистанционными методами определены морфометрические характеристики снежных полигонов г. Южно-Сахалинска и объем складированной снежно-ледовой массы. Максимальный суммарный объем за период наблюдений с 2010 по 2020 гг. зарегистрирован в марте 2018 г. и составил 3 008,6 тыс. м³ при среднем значении 2 000 тыс. м³.

2. Доказано существование антропогенного снежника-перелетка в абсолютных высотах до 50 м в условиях южного Сахалина. В периоды 2010–2013, 2014–2016, 2017–20 гг. снежные полигоны, расположенные на территории г. Южно-Сахалинска, не стаивали полностью за теплый период года.

Построены картосхемы тепловых полей и определена ведущая роль мусорного слоя в сохранении ледяного ядра снежных полигонов.

3. Установлены концентрации загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду от снежных полигонов. Показано загрязнение компонентов окружающей среды талыми водами в величинах, превышающих фоновые показатели ПДК_{рх} и ОДК для почв.

Средняя концентрация ионов Cl^- в талых водах с полигонов составила 112 мг/л, что в 32 раза превысило фоновые показатели. Средняя концентрация Na^+ составила 90,5 мг/л, что превысило фон в 29 раз.

Установлены значительные превышения ПДК_{рх} по тяжелым металлам в талых водах снежных полигонов, наибольшие превышения обнаружены по Fe, Mn, Zn, Cu.

Установлено кумулятивное загрязнение почво-грунтов от снежных полигонов. Максимальные величины превышения ОДК обнаружены по Ni, As, V, Cu, Zn, Pb.

Выполненный расчет суммарного показателя загрязнения позволяет судить о направлении миграции элементов. На полигоне «Северный» основным направлением миграции загрязнителей является маршрут вдоль отводящей канавы. На полигоне «Южный» – западное направление, совпадающее с общим наклоном местности.

Результаты анализа грунтов подтверждают вывод о том, что снежные полигоны представляют собой опасные для городской среды и населения объекты, в результате функционирования которых накапливаются загрязняющие вещества.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи, опубликованные в изданиях списка ВАК

1. **Михалев М.В.**, Лобкина В.А. Зависимость скорости метаморфизма снежной толщи от степени гидроморфности фации (на примере юга о. Сахалин) // *Материалы гляциологических исследований*. 2008. выпуск 105. С. 125-127.
2. Лобкина В.А., **Михалев М.В.** Формирование текстуры снежного слоя в зависимости от начальной структуры отложенного снега // *Лед и Снег*. 2011. выпуск 2 (114). С. 53-56.
3. Лобкина В.А., **Михалев М.В.** Оценка опыта эксплуатации снежных полигонов в России, альтернативные способы борьбы со снегом // *Экология и промышленность России*. 2019. Т. 23. № 1. С. 60-65.
4. Лобкина В.А., Музыченко А.А., **Михалев М.В.** Динамика геохимического состояния грунтов в районах размещения снежных полигонов (г. Южно-Сахалинск) // *Криосфера Земли*. 2019. Т. 23. № 4. С. 60-67.
5. **Михалев М.В.**, Лобкина В.А. Учет стратиграфии снежного покрова при анализе пространственного распределения загрязнителей, аккумулированных в снеге (Южно-Сахалинск) // *Вестник ДВО РАН*. 2020. № 5. С. 95-103.

Работы, опубликованные в материалах международных, всероссийских и региональных конференциях

6. **Михалев М.В.** Определение ущерба наносимого краткосрочными нивальными процессами // *Материалы конференции по проблемам географических и геоэкологических исследований*. Владивосток, 2003. С. 114-116.
7. **Михалев М.В.**, Гальцев А.А. Снегоперенос, и методы защиты от снежных заносов // *Научно-практическая конференция «Стратегия развития – взгляд в будущее»*. Южно-Сахалинск, 2005. С. 48-50.
8. **Михалев М.В.**, Гальцев А.А. Влияние характеристик ветра внутри городской застройки на концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере // *Научно-практическая конференция «Стратегия развития – взгляд в будущее»*. Южно-Сахалинск, 2005. С. 64-68.
9. Лобкина В.А., **Михалев М.В.** Влияние уплотненных слоев снежной толщи на скорость роста ледяных кристаллов // *XIV Гляциологический симпозиум, Гляциология от международного геофизического года до международного полярного года, из-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, 2008. С. 75.*
10. Лобкина В.А., **Михалев М.В.** Структура и текстура снежного покрова, как фактор лимитирующий передвижение животных // *Материалы международной научной конференции «Гляциология в начале XXI века», из-во «Университетская книга», Москва. 2009. С. 247-251.*
11. **Михалев М.В.**, Лобкина В.А., Ухова Н.Н. Оценка ущерба, наносимого почве при эксплуатации снежных полигонов // *III Международный симпозиум «Физика, химия и механика снега»: сборник докладов. Часть I. ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН Южно-Сахалинск, 2017. С. 43-47.*
12. **Mikhalev M.**, Lobkina V. Temperature conditions of snow mass and snow melting features in urban environments // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 324 (2019) 012035. doi:10.1088/1755-1315/324/1/012035.* Место для формулы.
13. **Михалев М.В.**, Юсупова А.В., Окамура А.О. Снежный покров как индикатор солевого и пылевого загрязнения г. Южно-Сахалинск // *Тезисы докладов III Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы»: ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (Южно-Сахалинск), 2019. С. 173.*
14. **Михалев М.В.**, Музыченко Л.Е. Особенности снеготаяния на урбанизированных территориях (на примере г. Южно-Сахалинск) // *Тезисы докладов III Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы»: ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (Южно-Сахалинск), 2019. С. 172.*
15. Lobkina V.A., Muzychenko A.A., **Mikhalev M.V.** Infrared thermal evaluation of the anthropogenic snow patch in the process of its melting // *Proceedings of the The 35th International Symposium on Okhotsk Sea & Polar Oceans, 2020 held in Mombetsu, Hokkaido, Japan, on 16-21 February in 2020. PP. 203-206.*

МИХАЛЕВ Михаил Викторович

**СНЕЖНЫЕ ПОЛИГОНЫ КАК ОБЪЕКТЫ НЕГАТИВНОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

План 2021 г. Подписано в печать __.__.2021

Уч.-изд. л. ____ Усл. печ. л. ____ Зак. ____ Тираж 100 экз.

Издательство

693000, г. Южно-Сахалинск, ул. _____, ____.