



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

Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Анализ технологии уборки в зимний период с
использование различных видов противогололедных
материалов в крупных городах и странах с климатом,
аналогичным Санкт-Петербургу

Исполнитель Суравская Полина Ильинична
(фамилия, имя, отчество)

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

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«09» июня 2017г.

Санкт-Петербург
2017



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

Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

Анализ технологии уборки в зимний период с
На тему использованием различных видов противогололедных
материалов в крупных городах и странах с климатом,
аналогичным Санкт-Петербургу

Исполнитель Суравская Полина Ильинична
(фамилия, имя, отчество)

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

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

« » 20 г.

Санкт-Петербург
2017

Содержание

	Стр.
Введение	3
1 Климат Санкт-Петербурга	5
1.1 Города с похожим климатом	12
2 Анализ технологии уборки в зимний период в крупных городах и странах с климатом, аналогичным Санкт-Петербургу	18
2.2 Технологии уборки снега в России	22
3 Анализ применяемых противогололедных материалов с указанием их влияния на окружающую природную среду	28
4 Экспериментальная часть	32
4.1 Методы и результаты исследования	32
4.2 Анализ и выводы по исследованиям	40
Заключение	46
Список использованных источников	47
Приложение А – Сценарные метеохарактеристики	49

Введение

Тема была предложена комитетом по благоустройству Санкт-Петербурга, который осуществляет государственное управление в области благоустройства: садово-паркового, лесопаркового хозяйства, содержания дорог и иных объектов благоустройства, обращения с отходами на территории Санкт-Петербурга.

Основными задачами Комитета являются [9]:

- организация благоустройства и озеленения территорий общего пользования в Санкт-Петербурге;
- разработка в установленном порядке концепции развития садово-паркового хозяйства, осуществление мероприятий по охране и защите зеленого фонда Санкт-Петербурга, реализация программ по развитию и содержанию объектов зеленых насаждений;
- осуществление государственного управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов на территории Санкт-Петербурга;
- осуществление государственного управления в области обращения с отходами производства и потребления;
- обеспечение содержания пешеходных зон и иных объектов благоустройства, а также осуществления дорожной деятельности в части содержания автомобильных дорог, а также выполнения работ по уборке и содержанию дорожного полотна мостов, тоннелей и иных дорожных сооружений.

К последнему пункту и относится тема данной работы – поддержание в надлежащем состоянии дорог. В зимний период особенно важно производить мероприятия по уборке дорог для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с плохой сцепляемостью шин и дорожного полотна из-за гололеда. Данная тема сегодня актуальна поскольку в климатических условиях России, особенно на Северо-Западе, уборка снега постоянная задача, которая должна выполняться эффективно, для обеспечения нормальной жизни города. Решение проблем связанных с уборкой в зимний период включает в себя: внедрения

новых технологий и установок, которые вызывают дополнительные затраты, учета экологической нагрузки. Закупка новой техники, химических веществ, различных усовершенствованных средств уборки часто является экономически невыгодным или оказывается долгосрочным вложением средств. Уборка снега вручную требует применения большого количества рабочей силы не отличается эффективностью.

В связи с вышеизложенным целью исследования является анализ использования противогололедных материалов, применяемых в данный момент, их влияние на экологическую обстановку и экономическая целесообразность их использования.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

а) Провести анализ технологии уборки в зимний период в крупных городах и странах с климатом, аналогичным Санкт-Петербургу.

б) Выявить положительные и отрицательные стороны применяемых технологий уборки.

в) Рассчитать экономическую составляющую применяемых технологий.

г) Провести анализ применяемых противогололедных материалов с указанием их влияния на окружающую природную среду.

д) Описать методы исследования, а также проведенные эксперименты, их анализ и выводы.

1 Климат Санкт-Петербурга

Глава 1 написана по источникам [1 –7].

Климат – наблюдаемый многолетний режим погоды, типичный для данного района Земли, определенный за 30 лет по осредненным метеорологическим характеристикам. К таким характеристикам относятся амплитуда колебания температур, атмосферное давление, атмосферная циркуляция.

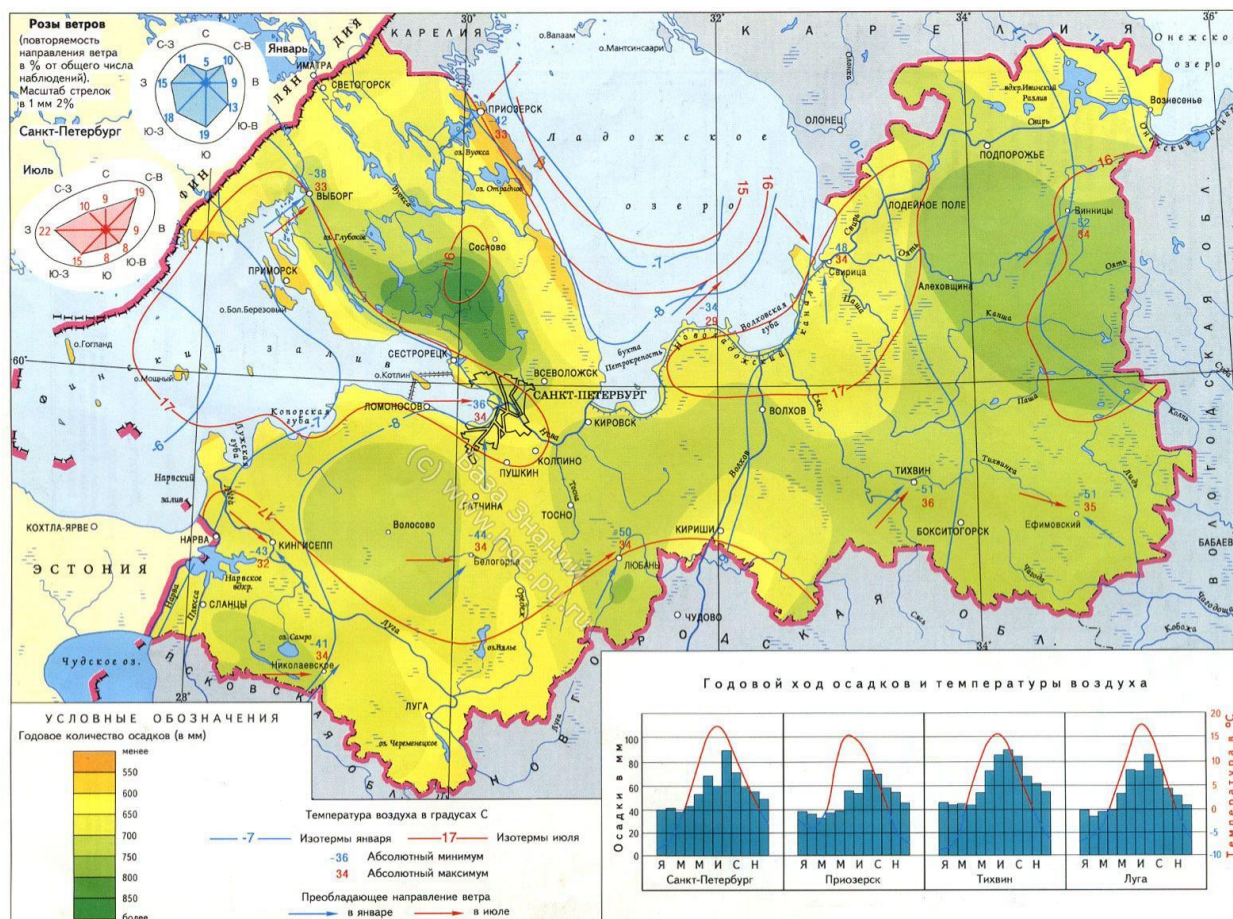
Климат может изменяться под воздействием негативных факторов и с течением времени. Что можно заметить и на примере Санкт-Петербурга. За последние 30 лет продолжительность зимы сократилась почти на две недели [4].

Ленинградская область находится в зоне умеренного климата. Как можно видеть на рисунке 1.1 на формирование климата влияют воздушные массы, поступающие со стороны Финского залива, и внутриматериковая атмосферная циркуляция. Климат данной зоны включает в себя и океанические, и континентальные особенности режима погоды, с умеренно мягкой зимой и умеренно теплым летом.

Основными особенностями климата здесь являются неустойчивый режим погоды и неоднородность погодных условий по территории. Непостоянство погоды обусловлено частой сменой направлений воздушных течений. Атмосферные циркуляции, в зависимости от района формирования, подразделяются на морские, континентальные и арктические. Атлантические циклоны, проходя через северо-западные районы России, приносят морские воздушные массы, которые впоследствии поступают с запада, юго-запада или северо-запада.

Циклоны приносят пасмурную, ветреную погоду и осадки. В зимний период они могут быть причиной резких потеплений, а летом, наоборот, похолодания. С востока, юга или юго-востока поступает сухой

континентальный воздух. В зонах повышенного давления, сформировавшихся в этих воздушных массах, устанавливается малооблачная и сухая погода, летом жаркая, а зимой холодная. Вторжения арктических воздушных масс сопровождаются наступлением ясной погоды и резким понижением температуры воздуха, это обуславливается поступлением сухого и холодного арктического воздуха с севера и северо-востока, главным образом со стороны Карского моря, формирующегося надо льдом. В антициклонах, образованных в этих воздушных массах, даже летом наблюдаются заморозки, а зимой – самые сильные морозы.



Масштаб 1 : 2 000 000

Рисунок 1.1. –Климатическая карта Санкт-Петербурга и Ленинградской области

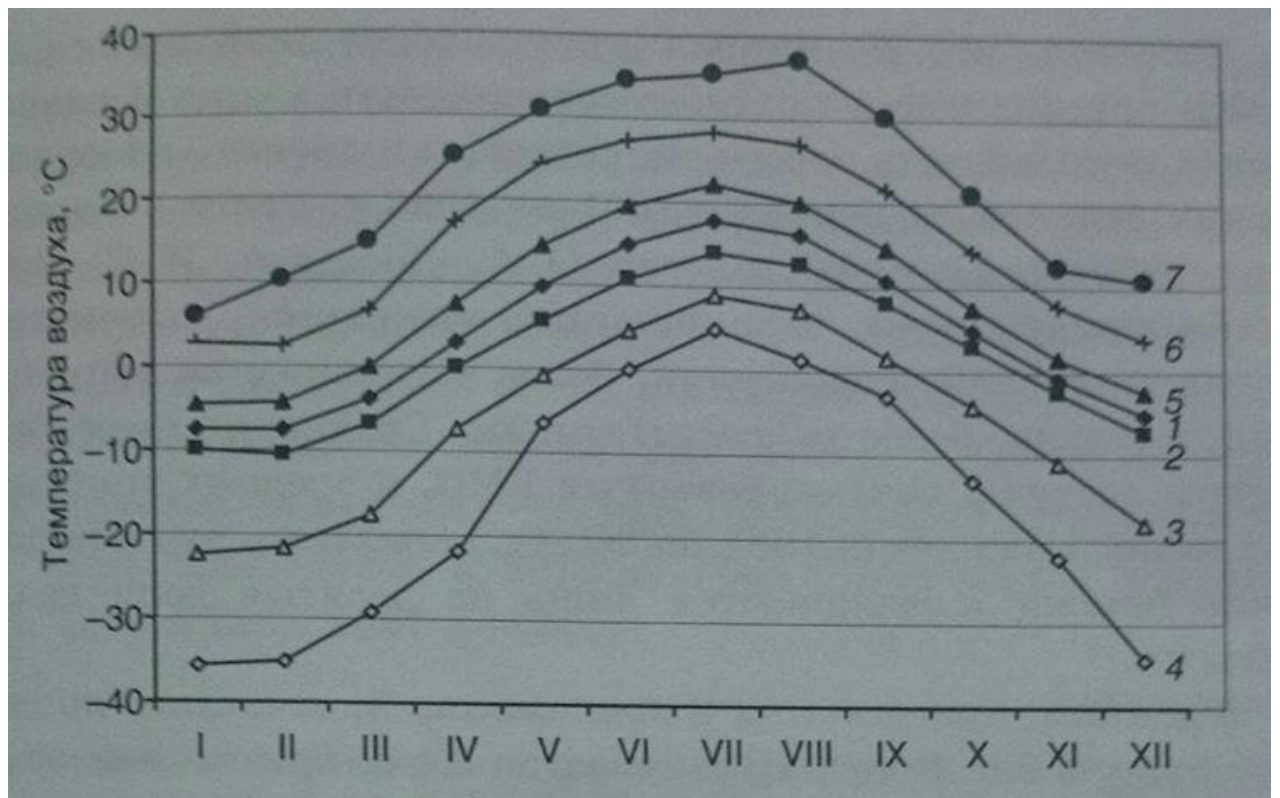


Рисунок 1.2 – Годовой ход характеристик температуры воздуха
 1–среднемесячная, 2–средняя минимальная, 3–средняя из абсолютных минимумов, 4–абсолютный минимум, 5–средняя максимальная, 6–средняя из абсолютных максимумов, 7–абсолютный максимум

Частая смена направлений атмосферных циркуляций является причиной колебаний метеопараметров между сутками. Перепады температуры воздуха, обусловленные сменой воздушных масс, могут значительно превышать амплитуду суточных колебаний и нередко достигают разницы 20 °C и более. Годовой ход температурных характеристик в Санкт-Петербурге (рисунок 1.2) имеет две особенности. Первая относится к июньскому максимуму температуры воздуха, который очень четко выражен в годовом ходе многолетних средних значений абсолютного минимума и средних из абсолютных минимумов. Второй является зимний минимум, который сглажен в годовом ходе всех температурных характеристик, в том числе средней месячной температурой [1].

В районе Санкт-Петербурга выпадение осадков регулируется, в основном, интенсивностью циклонической деятельностью со стороны Атлантики. Также сильное влияние имеет сам город (торможение воздушных масс застройками, избыточный нагрев нижних слоев атмосферы и т. д.). Заметно сочетание влияния и урбанизации, и местоположения города (побережье Финского залива) на распределение осадков в этом регионе. Преобладают осадки адвективного характера, поэтому влияние термической конвекции на образование облаков над городом проявляется мало.

В среднем продолжительность зимы составляет 3,5 месяца (с начала декабря до середины марта). Вследствие преобладания западного переноса воздушных масс, первая половина зимы пасмурная, ветреная, с частыми осадками и оттепелями. Вторая половина зимы отличается меньшей облачностью и в результате нарушения зональной циркуляции, вторжениями арктического воздуха - холодного и сухого, оттепели отмечаются реже.

Зимы могут быть как экстремально теплыми, так и экстремально холодными, это зависит от особенностей атмосферной циркуляции. Преобладающими направлениями ветра в зимний период являются южный, юго-западный и западный, скорость таких ветров при прохождении циклонов нередко бывает штормовой. Средняя многолетняя температура зимой понижается от минус 5° в декабре до минус 8,5°С в феврале. Изменчивость средних месячных температур от года к году может существенно превышать их среднемноголетние значения. Так, например, в один год средние значения могут быть на 10° ниже нормы, а в другой почти на столько же выше нормы. Как отмечалось ранее, при быстрой смене воздушных масс перепады температуры между суток могут достигать от 20° до 25°С. Абсолютный минимум температуры воздуха в Санкт-Петербурге, зафиксированный 11 января 1883 г., составил -35,9°С. После 1970 года самые сильные морозы наблюдались в 1978 и 1987 годах, когда даже в центре Санкт-Петербурга температура понижалась до -34°-35°С. Начиная с 1988 года, большинство зим были аномально теплыми. Согласно исследованиям [4] температуры воздуха за

период с 1900 по 2004 г. можно отметить, что при общей тенденции к потеплению с начала века значительный рост среднегодовых температур наблюдался с 1969 по 1971 г. Абсолютный максимум температуры за зимние месяцы в Санкт-Петербурге отмечен 27 февраля 1989 г. и составил плюс 10.2°C.

Экстремальные значения температуры воздуха за зиму (декабрь–февраль):

- самые низкие в период 1919/20 гг. – минус 15 °С;
- самые высокие в период 2007/08 гг. – минус 0,5 °С.

Начиная с 1998 года теплые зимы (среднее значение температуры выше нормы) наблюдались постоянно, исключениями являются 2002/03 и 2009/10 гг.

Осадки имеют, в основном, обложной характер и выпадают преимущественно в виде снега и мокрого снега, при оттепелях – с дождем. Часто наблюдается оттепель, что является характерным для прибрежных зон. Они могут сопровождаться усилением ветров западных направлений, снегопадами, метелями, что служит образованию таких неблагоприятных явлений как ледяной дождь, гололед и гололедица. В среднем бывает 35–38 дней с оттепелью в зимний период (с декабря по март).

Снежный покров держится около 120 дней, а в пригородах – примерно 130 дней. Из-за частых оттепелей он неоднократно стаивает, а затем образуется вновь. Устойчивый же снежный покров формируется в начале декабря, а разрушается в последнюю декаду марта. Но может случиться, что устойчивого покрова вообще может и не быть. Из статистики видно, что раз в 20 лет устойчивый покров не образуется.



Рисунок 1.3– Годовое распределение сумм осадков в Санкт-Петербурге

Максимальной высоты снежный покров достигает в третьей декаде февраля – первой декаде марта. В этот период увеличивается продолжительность светового дня и соответственно прогрев, поэтому в середине марта начинается интенсивное таяние снега. Наблюдается уменьшение максимальной высоты снега за период 1966–2004 гг. Это вызвано совместным воздействием увеличения доли жидких и смешанных осадков и количества оттепелей.

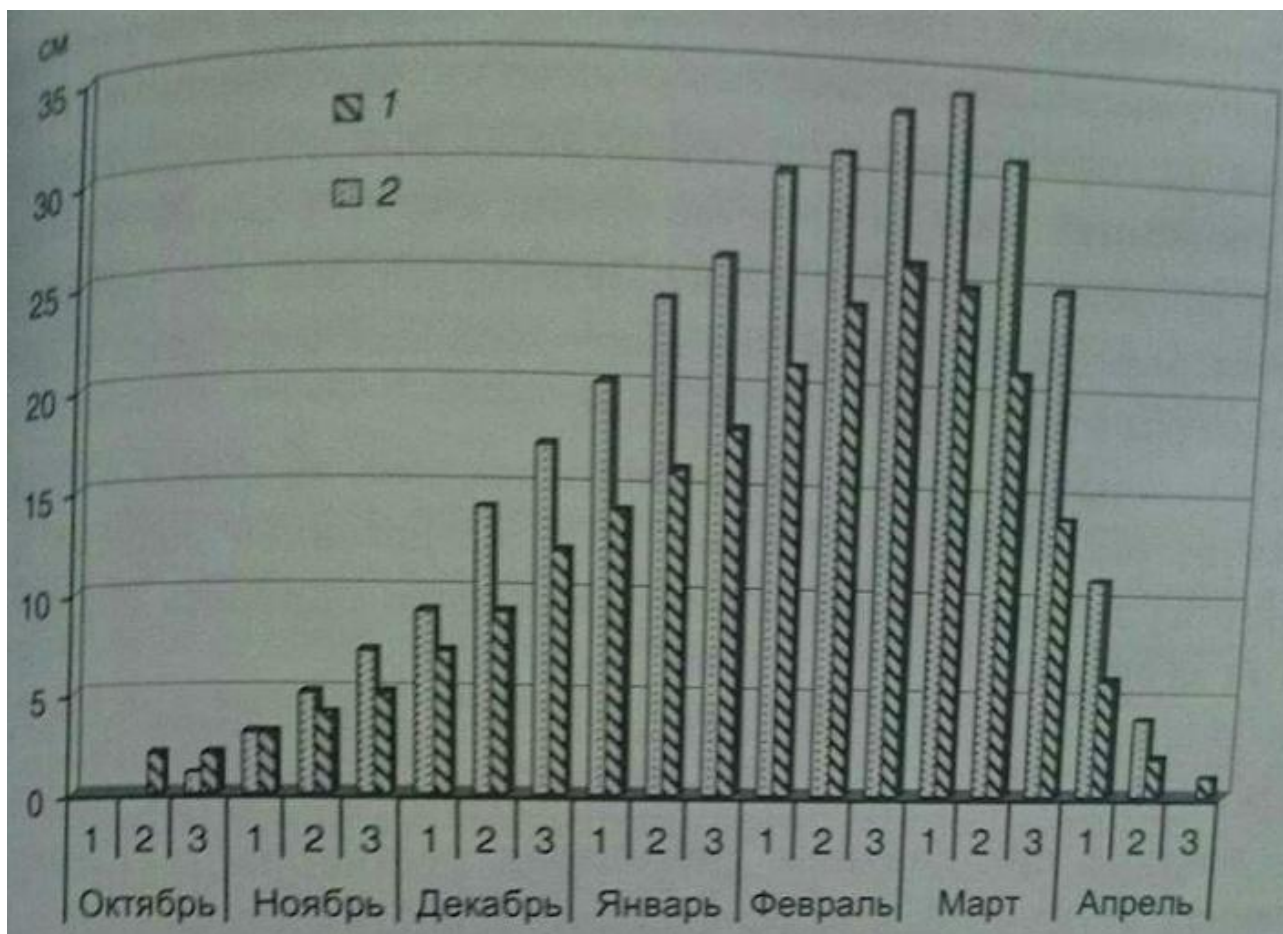


Рисунок 1.4 – Средняя декадная высота снежного покрова

Большой ущерб хозяйственной деятельности, в частности железнодорожному и автомобильному транспорту, наносят снегопады. При этом явлении высота снега за сутки может увеличиться на 10 см. Нагрузка на горизонтальную поверхность может возрасти на 24 кг/м^3 за сутки, а раз в 50 лет – на 28 кг/м^3 . Но сильные снегопады редки для Санкт-Петербурга один раз в два года. Эти явления могут происходить в любой месяц зимнего периода, продолжительность колеблется от 6-7 до 24 часов, хотя редко возможны снегопады, когда максимальное количество осадков выпадает за 2-3 часа. Интенсивность выпадения снега составляет около $0,5-0,6 \text{ см/ч}$, максимальная может достигать 4 см/ч . [1]

Продолжительность зимнего периода за последние 30 лет сократилась по сравнению с первой половиной XX века на 13 дней из-за ранней весны. Данный сдвиг обусловлен не только парниковым эффектом, но и активным

загрязнением снежного покрова в зимние месяцы, что служит изменением альбедо подстилающей поверхности.

«В последние годы происходят резкие изменения в наступлении даты устойчивого перехода через нулевой предел в весенний период. Впервые за 100 лет дата устойчивого перехода через 0 °С стала выпадать на середину февраля (по нашим расчетам: 1988 г. – 18 февраля; 1989 г. – 17 февраля; 1995 г. – 12 февраля). Однако в 1997 г. и 1998 г. весенний переход через 0 °С произошел 2 и 10 апреля, соответственно. Подобного не случалось с 1969 г. Данные аномалии говорят о нестабильности процесса. Общая тенденция ведет к более раннему наступлению весны и уменьшению продолжительности зимнего сезона, но разброс в наступлении дат устойчивого перехода через 0 °С увеличивается» [4].

При общей тенденции среднегодовой температуры воздуха в районе Санкт-Петербурга к потеплению, в последние годы зимы стали заметно холоднее, что связано со сдвигом весны в сторону холодной части года.

1.1 Города с похожим климатом

На рисунке 1.1.1 показано распределение климатических зон на Земле. Согласно данной карте в той же зоне, что и Санкт-Петербург находится: часть центральной России, Финляндия, Швеция, Канада, Аляска. Рассмотрим несколько городов с похожим климатом.

Так как Москва находится в той же зоне, что и Санкт-Петербурге, на режим погоды сильное влияние оказывают атлантические морские воздушные массы. Климат – влажный умеренно-континентальный, наблюдается четкая смена сезонов.

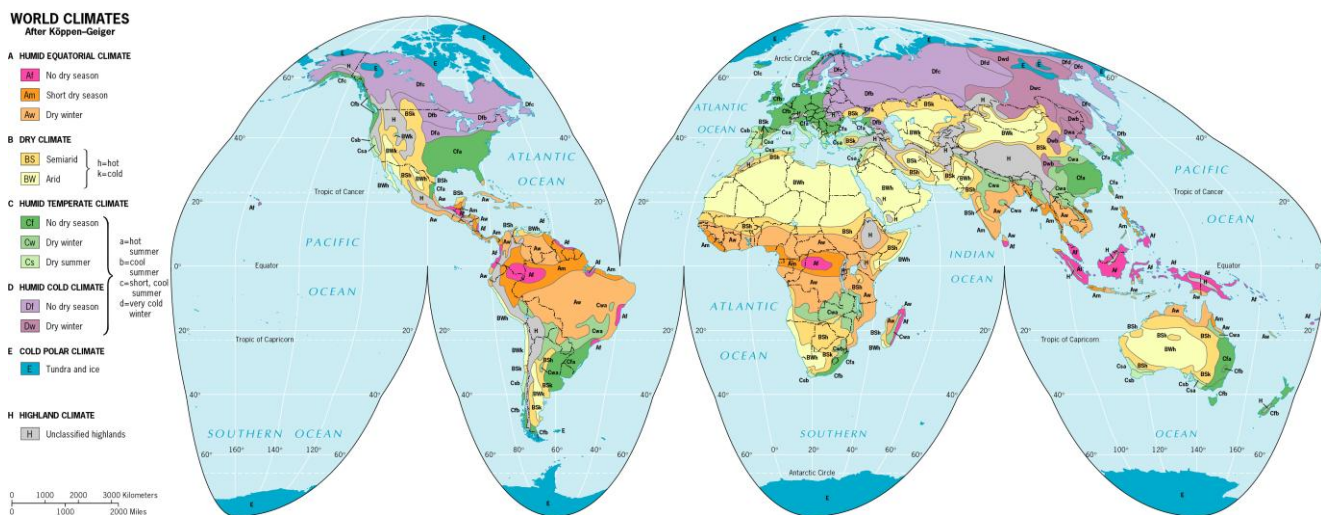


Рисунок 1.1.1 – Климатическая карта мира

На климатические характеристики в равной степени оказывает влияние: географическое положение города (в центре Восточно-Европейской равнины, что позволяет свободно циркулировать воздушным массам), отсутствие крупных водоёмов, которые стабилизируют термический режим (как следствие, большие колебания температуры). Особо важно влияние Гольфстрима, который обеспечивает высокий уровень атмосферных осадков и относительно высокую температуру в зимний период по сравнению с другими областями, расположенными глубже на материке на той же широте. При прохождении атмосферных фронтов возникают наиболее сильные, но редкие (фронтальные) грозы и наблюдаются в течение всего года, включая зиму.

Зима – умеренно холодная, но с оттепелями, которые могут составлять от нескольких дней до половины и более периода зимы. Оттепели чаще всего слабые и максимальная температура не превышает плюс 2°C, сопровождаются осадками в виде мокрого снега и гололедом, в связи с чем снежный покров в Москве сохраняется на протяжении всей зимы, в отличие, от Санкт-Петербурга, где более выраженное влияние Атлантики и снежный покров может сходить несколько раз за сезон.

Поздняя осень зачастую бывает причиной оттепелей в первую половину зимы, когда они чаще всего происходят. Осадки преимущественно твердые в виде снега, но возможно выпадение и жидких. Такая ситуация часто

наблюдается в последние годы. Возможны и нехарактерные для данного периода – грозы, которые чаще всего происходят в декабре. Период с устойчивым переходом температуры ниже 0 °С составляет около 132 дней, чаще всего начинается в середине ноября и заканчивается во второй половине марта, что можно считать зимним периодом. Но в последние годы наблюдаются короткие зимы с конца декабря-начала января до февраля-начала марта продолжительностью около 1–2 месяцев.

В Северной Америке климатические зоны сдвинуты к югу, такое смещение можно объяснить следующими географическими факторами: глубоко врезанный в сушу Гудзонов залив является главной причиной такого смещения, со стороны залива поступают холодные воздушные массы сильно снижая среднюю температуру, такой же эффект производит холодное Лабрадорское течение с берега северо-восточной Канады. В результате климат в городах, на одних и тех же широтах значительно различается, например, климат Монреаля, располагающегося на широте Симферополя, чуть теплее, чем в Москве, а средняя температура июля составляет плюс 21,6°С, января минус 8,9 °С, а на более северных широтах (Москва) в Восточной Канаде преобладает уже тундра [7].

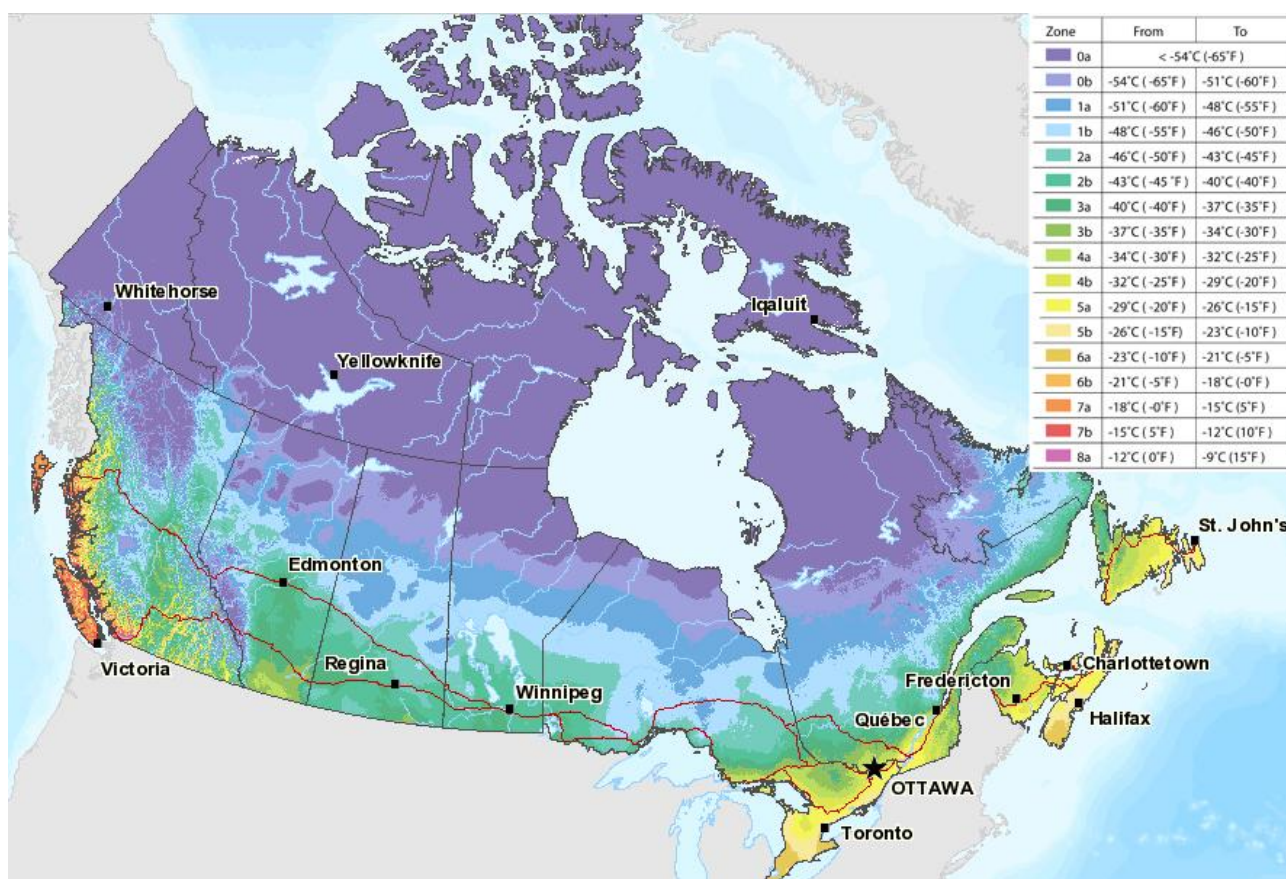


Рисунок 1.1.2– Карта климатических зон на территории Канады

Канада является второй по площади страной в мире, это обуславливает разнообразие климатических зон, но не только географическое положение, но и рельеф значительно влияет на климатические характеристики. На большей части территории страны наблюдается умеренный, достаточно мягкий, на севере – субарктический климат. Средние температуры по территории страны имеют большой разброс (рисунок 1.1.2): значение температур самого холодного месяца (январь) колеблется от минус 35 °С на севере страны до плюс 4 °С на юге тихоокеанского побережья. Средние температуры самого жаркого месяца (июль) : варьируются от минус 4 °С до плюс 4 °С на островах Канадского Арктического архипелага, и около плюс 21 °С на юге страны. За Полярным кругом температура практически всегда наблюдается отрицательная температура. На близ лежащих территориях от Северного Ледовитого океана средняя температура колеблется от минус 25°С до минус 30 °С [6].

Среднее количество осадков в год составляет от 150 мм, а в северной части до 1250 мм, максимум выпадает на Атлантическом и Тихоокеанском побережьях около 2500 мм. В результате взаимодействия атлантических и континентальных воздушных масс на Атлантическом побережье погода неустойчивая, зимой часто проходят шторма и обильные снегопады, теплый период здесь дольше, чем в других восточных частях страны, но на всей территории не бывает очень жарко. Присутствует резкая и частая смена барических образований. К востоку от Скалистых гор на относительной плоской части смешиваются несколько различных воздушных масс из Тихого океана, Арктики и континентальные образования. Перемешивание воздушных масс приводит к турбулентности атмосферы и появлению зон пониженного давления (циклонов), образующих большую часть осадков в стране. Северо-западная территория является сухим районом, но в степях иногда возникают грозы и сильные метели.

Территория Квебека довольно разнообразная, что ведет к такому же разнообразию и в режиме погоды. Климат характеризуется большим отклонением характеристик (температур и осадков) в различных регионах в зависимости от влияния океана, географического положения и рельефа. В южной части климат умеренный, и все сезоны четко выражены: мягкая весна сменяется теплым летом, наступает прохладная осень, а затем холодная продолжительная снежная зима.

В Квебеке выделяется четыре типа климата (рисунок 1.1.3):

- арктический: крайний север (вечная мерзлота, суровая зима с короткими оттепелями)
- субантарктический: территория между 50° и 58° широтами (более холодная и долгая зима, лето более короткое и прохладное, малое количество осадков)
- влажный континентальный: южнее 50° широты (теплое лето, холодная зима и большое количество осадков)
- морской: острова [5].



Рисунок 1.1.3 – Карта типов климата Квебека

Зима в провинции Квебека продолжительная, снежная, морозная и ветреная, но может довольно часто меняться. Сильные ветра, которые дуют в долине реки, придают в Монреале зиме более суровый характер. Частым явлением бывает – ледяной дождь, который очень часто происходит в осенне-зимне-весеннее время. Наступает весна в Квебеке в конце апреля, это происходит крайне резко, температуры резко возрастают и снег тает за короткий промежуток времени.

2 Анализ технологии уборки в зимний период в крупных городах и странах с климатом, аналогичным Санкт-Петербургу

Основные источники главы – [12, 13, 18 – 20].

Основная задача зимней уборки улиц – поддержание стабильной работы городского транспорта и обеспечение безопасности его движения.

Общая схема уборки территории:

- первоначальное устранение снега с пешеходных дорожек и автомобильных магистралей
- погрузка с придорожных отвалов
- вывоз за территорию города.

Такая же схема и для зимней уборки дорог:

- своевременное удаление свежевыпавшего, а также уже уплотненного снега
- погрузка и вывоз снега и скола, собранных в валы и кучи
- предотвращение гололеда [18]

Для достижения наилучшего эффекта уборку необходимо производить своевременно. При несоблюдении данного условия под воздействием колес автомобилей, выпавший снег уплотняется, образуя накаты, снежные колеи, что значительно ухудшает условия езды. Если не соблюдать сроки удаления снежных валов, в основании образуется снежно-ледяной слой, который впоследствии необходимо убирать дополнительно (скалывание, зачистка, лотков и вывоз), снижает производительность общей уборки, а в частности эффективность использования снегопогрузчиков. Поэтому во всех странах разрабатываются нормативные документы регламентирующие порядок выполнения работ по уборке в зимний период.

Комплексное применение средств механизации и химических веществ в технологии зимней уборки городских дорог является наиболее эффективным и рациональным в условиях интенсивного транспортного движения в крупных городах, таких как Санкт-Петербург. Применение химических веществ при

снегоочистке позволяет предотвратить уплотнение и прикатывание свежесвыпавшего снега, а при возникновении снежно-ледяных образований снижают степень смерзания льда с поверхностью дорожного покрытия.

Все страны северного полушария для ликвидации зимней скользкости используют дорожные соли на основе хлорида натрия, такая технология зимнего содержания дорог является традиционной.

В передовых зарубежных странах снегоуборка и противогололедная обработка дорожных покрытий оказывает минимальное воздействие на экологическую обстановку при использовании реагентов на дорогах, что достигается оптимальным выбором применяемых реагентов, их количеством в зависимости от различных климатических условий. Но следует отметить, что объемы убираемого снега в других странах существенно меньше, чем в Москве или в Санкт-Петербурге.

2.1 Технология уборки снега за рубежом

В первую очередь рассмотрим способы снегоуборки и противогололедной обработки в Швеции и Финляндии, так как их климатические условия схожи с условиями России. Но также стоит отметить, что в этих странах отсутствуют крупные мегаполисы, подобные Москве или Санкт-Петербургу, с большой интенсивностью движения.

Для предотвращения образования льда, для облегчения процесса очистки ото льда и для замедления процесса промерзания снега при низких температурах воздуха используются противогололедные реагенты. Предварительная обработка покрытия раствором соли позволяет избежать возникновения «черного льда» – скопление влажных масс на дорожном покрытии, которые при понижении температуры замерзают в виде тонкой пленки.

В Финляндии содержание дорог общего пользования выполняется на основе заключенных региональными центрами с подрядчиками контрактов, а частная территория и прилегающие к ним тротуары вокруг построек очищаются самими владельцами, той техникой для уборки снега, которой им доступна.

По качеству обслуживания все финские трассы разделяются на несколько категорий. В первую очередь расчищаются федеральные трассы и дороги с загруженным трафиком (высшая категория) – трасса обрабатывается реагентами, затем производится уборка второстепенных дорог, в последнюю очередь приступают к проселкам. В двух последних случаях просто уплотняется снег техникой и посыпается крошкой из гранита (вместо традиционного для нашей страны песка). На крупных магистралях для уборки снега используют грузовой транспорт. На остальных дорогах – колесные и гусеничные тракторы.

Методика очистки дорог в зимний период в Швеции хорошо отработана. Некоторые ее аспекты были заимствованы московскими и питерскими коммунальными службами. На основных шоссе и трассах при помощи специального оборудования укатывают снег, а затем посыпают его смесью из воды и щебня. Аналогичный способ используется для льда – горячий щебень распределяется по ледяному покрову. Зимнее обслуживание дорог выполняется на принципах подряда, это позволяет увеличить количество используемой техники в данный период.

Уникальной технологией является уборка снега на севере Японии и в горных районах страны. Горячие источники используются для нагрева воды, рядом с ними устанавливаются поливалки, во время снегопада через которые льется вода, в результате чего снег тает. В районах, где невозможно использовать данный метод или он непродуктивен, применяется специальная техника для уборки снега. Для горной Японии часты случаи, когда сугробы достигают 5 м и более. Поэтому технология уборки при данных условиях отличается от стандартной. Снег пробуривается специальной машиной, затем

экскаваторы и спецтехника сгребают и выбрасывают снег наверх. Причем снег очищается только с трассы по границам дорожной разметки, образуя снежные коридоры: чистая дорога, а на обочинах – снежные стены.

В Исландии также как и в Японии термальные источники используются для уборки. Под асфальтом и зданиями находятся трубы с горячей водой. Эта водопроводная сеть в некоторой степени помогает справиться с обледенением улиц и позволяет не использовать какое-то специальное оборудование для уборки снега, снег убирают естественным путем.

Территория США находится в разных климатических зонах, поэтому для каждого штата используется свой способ уборки снега. Так, в штате Миссури используется усовершенствованная снегоуборочная машина с прицепом, которая очищает сразу несколько полос, она оснащена двумя ковшами: спереди и одним ковшом по всей длине прицепа. Такое оборудование по уборке снега было заимствовано и другими штатами. Набрав скорость, машина разворачивает прицеп поперек дороги, сгребая снег во время движения.

В штате Айдахо ведется разработка нового дорожного покрытия, которое может решить проблему обледенения дорог. Разработчики уверяют, что скоро техника для уборки снега будет не нужна, ее заменят многофункциональные солнечные панели, из которых будет состоять дорожное полотно. В Чикаго используют заблаговременную обработку, если прогнозируют снегопад, то за некоторый промежуток времени до выпадения снега техника посыпает дороги мелким гравием, иногда смешанным с солью или реагентами. В штате Аляска, технику для уборки снега используют на федеральных трассах, а местные улицы и дороги очищают местные жители личным оборудованием для уборки снега, чаще всего которыми являются мощные пикапы, на которых спереди закреплен ковш.

Химический способ борьбы с зимней скользкостью считается наиболее эффективным при температурах на поверхности покрытия выше -7°C . Если на покрытии образуется талый снег, то его необходимо немедленно убрать, чтобы предотвратить повторное образование скользкой пленки.

После уборки оставшаяся снежная масса подлежит утилизации, которая осуществляется на «сухих» снегосвалках. Это огороженные площадки, на которые свозится снег и формируется в плотную кучу высотой 20-30 метров. Растапливается эта масса под действием естественного тепла. Основание площадки сделано из уплотненных отходов от ремонта асфальтовых дорожных покрытий, которое считается водонепроницаемым. Талые воды собираются в пруд-отстойник, а затем сливаются в водосток. В настоящее время рассматривается создание дополнительных очистных сооружений для талых вод на «сухих» снегосвалках. Выбор места размещения площадок зависит от удаленности их от жилых построек, наличия крупных дорог, минимизации расстояния до места сбора снега (не более 4-х километров).

Зарубежный опыт зимней уборки характеризуется наличием:

- нормативной базы, предусматривающей четкое разделение применяемых методов, способов и широкий спектр материально-технических средств зимней
- технически и логистически развитой дорожной и транспортной инфраструктуры

2.2 Технологии уборки снега в России

Мероприятия по зимней уборке осуществляются в соответствии с установленными сроками проведения работ в зависимости от значимости улицы и условий трафика. Для установления этих сроков улицы города делят на три категории. К первой категории относят скоростные дороги, улицы с интенсивным трафиком и маршрутами общественного транспорта, улицы с уклонами, сужениями проездов, где наличие снежных валов особенно затрудняет движение транспорта, а также проезды, ведущие к службам экстренной помощи. Ко второй категории относят магистральные улицы со

средней интенсивностью трафика и площади перед вокзалами. К третьей категории относят все остальные улицы города с низким трафиком.

Технология уборки городских дорог в зимний период основана на комплексном применении средств техники и химических веществ, что является наиболее эффективным в условиях интенсивного трафика. Химические реагенты препятствуют уплотнению и скатыванию свежеснегавпавшего снега, а при образовании снежно-ледяных корок снижают степень смерзания льда с поверхностью дорожного покрытия.

Технология зимней уборки городских дорог предусматривает три основных вида работ:

- устранение снежно-ледяных образований
- вывоз снега и скола, собранных в валы и кучи;
- устранение гололеда, резко снижающим коэффициент сцепления колес транспорта с дорожными покрытиями.

Устранение снежно-ледяных образований является наиболее важной задачей, так как его эффективность определяет качество содержания дорожного полотна. Процесс снегоочистки с применением химических веществ предусматривает следующие этапы: выдержку, обработку дорожных покрытий химическими веществами, интервал, сгребание и сметание снега [12].

«Выдержка – период от начала снегопада до момента внесения химических веществ в снег. Продолжительность выдержки зависит от интенсивности снегопада и температуры воздуха. Она должна полностью исключить возможность образования на дорожном покрытии растворов при контактировании снега и химических веществ.» [13]

В период снегопада интенсивностью от 1 до 3 мм/ч и выше, распределение реагентов необходимо осуществить не позже, чем через 15-20 минут после начала снегопада. При снегопаде слабой интенсивности от 0,5 до 1 мм/ч, распределение необходимо начать через 30-45 минут после его начала. Обработку следует производить в максимально краткие сроки. Нормы обработки реагентами зависят от температуры воздуха: при единоразовой

посыпке химическими реагентами при температуре выше минус 6 °С - 15 г/м², при температуре ниже минус 6 °С - 25 г/м², при понижении температуры до минус 17-20 °С и ниже, а также в зависимости от интенсивности снегопада норму расхода реагентов необходимо увеличить до 35 г/м².

При снегопадах с малой интенсивностью от 0,5 до 1 мм/ч технология процесса снегоочистки предусматривает наличие интервал между обработкой покрытий химическими веществами и началом рыхления снега. В этот интервал, продолжительностью около 3 ч, накапливается снег на полотне и, активно перемешивается с химическими веществами под колесами транспорта, сохраняя свою сыпучесть. При активном снегопаде (интенсивностью 1-3 мм/ч и выше) снегоуборка производится без интервала, непосредственно после начала обработки дорог реагентами. Если после окончания первого этапа работ снегопад продолжается, цикл работ повторяют нужное количество раз до полной уборки снега с настила дороги. После получения сигнала о возможном понижении температуры воздуха необходимо начать обработку дорожного покрытия химическими веществами для предотвращения образования снежно-ледяного наката при повышении и последующем резком понижении температуры воздуха.

Твердые реагенты разбрасывают на покрытие дороги универсальными распределителями. Если отсутствуют специальные машины, то химические вещества распределяют пескоразбрасывателями.

Снег с дорожных покрытий удаляется сгребанием и подметанием плужно-щеточными снегоочистителями.

После окончания снегопада снег сгребается плужно-щеточными снегоочистителями.

Несоблюдение технологического процесса уборки свежеснегавшего снега с покрытий, а также резкое изменение метеорологической обстановки может привести к возникновению на дорогах уплотненного снега, который может превратиться в лед, поэтому необходимо производить его уборку своевременно и в кратчайший срок.

Если уплотненный снег не был удален вовремя, а также не были произведены профилактические работы, из-за чего снег образовал снежно-ледяной накат или лед, то рекомендуется следующая технология его удаления.

Поверхность дороги со снежно-ледяным накатом или льдом, необходимо обрабатывать реагентами в крупных кристаллах не менее 7 мм. Распределять, по возможности следует в период наименьшей интенсивности движения автотранспорта по норме 200-300 г/м².

Этот этап является подготовкой к следующему – скалыванию слоя наката или льда. Производить уборку льда следует через 3-5 ч после распределения реагентов. При слое наката или льда более 20 мм обработка и дальнейшая уборка производится в несколько этапов. Лед скалывают автогрейдером или скалывателем-рыхлителем.

Своевременная уборка снега и скола обеспечивает пропускную способность улиц, а также уменьшает вероятность возникновения снежно-ледяных образований при температурных колебаниях.

Собранные в валы и кучи снег, следует:

– убирать в прилотковую часть разделительной полосы дороги или на площадки, свободные до конца зимнего сезона от зеленых насаждений и движения транспортных средств

– погружать и вывозить автотранспортом.

В зависимости от условий местности снег следует вывозить на свалки, используя для этого пустыри, или сбрасывать в водоток. Для сброса в реки и другие водоемы снег, содержащий химические вещества, необходимо иметь санитарное разрешение местных органов.

В соответствии с утверждёнными Правилами уборки, обеспечения чистоты и порядка на территории Санкт-Петербурга допускается применение противогололедных материалов для устранения гололеда и скользкости.

Все противогололедные материалы, для обработки дорог, используемые на территории Санкт-Петербурга в данный момент, имеют природное происхождение и разрешены к использованию, применяемое

количество минимально и не может нанести вред для экологии, здоровья граждан и домашних животных.

Для борьбы с гололедом и скользкостью применяется песок, техническая соль и солевые растворы, которые входят в перечень противогололедных материалов, определенный «Руководством по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах», утвержденным распоряжением Минтранса России от 16.06.2003 №ОС-548-р.[13] Все применяемые в городе противогололедные материалы имеют сертификаты соответствия Госстандарта России, паспорта безопасности вещества (материала), соответствуют требованиям отраслевых дорожных норм «Требования к противогололедным материалам» (ОДН 218.2.027-2003) и разрешены к применению на территории Российской Федерации. Для борьбы с гололедом спецтранспортом производится упреждающая обработка дорог жидкими веществами.

Обработка противогололедными материалами чаще всего производится выборочно, на тех участках дорог, где действительно есть такая необходимость, что значительно снижает среднее количество расхода вещества. Для точного и оптимального распределения используется современное оборудование, электронные дозаторы, которые позволяют очень точно дозировать расход противогололедных реагентов. Основная масса реагентов впоследствии удаляется с дорожного покрытия через ливневую канализацию (при наличии), а также вместе со сметом и снегом вывозится в места утилизации.

Согласно требованиям ГОСТ Р 50597-93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения» [14], скользкость подлежит ликвидации в течение 4-6 часов с момента ее обнаружения, дорога должна быть очищена до твердого полотна в целях поддержания коэффициента сцепления дорожного покрытия. Наличие технической соли и влаги на дороге может способствовать образованию незамерзающего соляного раствора, который при отрицательной температуре обеспечивает необходимые сцепные качества

дорожного покрытия, препятствует образованию гололедной пленки, что обеспечивает возможность безопасного движения транспортных средств.

«Правительством Москвы принято принципиальное решение об отказе от использования технической соли (более 350 тыс. т за зимний период) и введении экологически более безопасных реагентов в ассортимент применяемых противогололедных материалов (распоряжение Премьера Правительства Москвы от 03.07.2001 № 619-РМ «О применении химических противогололедных реагентов на основе 32% раствора хлористого кальция модифицированного (ХКМ) при уборке улиц и проездов в зимний период 2001 г.»).

В результате работы Городской комиссией по противогололедным материалам (ПГМ) — Приказ Департамента природопользования и охраны окружающей среды Правительства Москвы № 22 от 22.06.2001 года об организации- в 2001–2002 годах были сформулированы основные принципы стратегии уменьшения негативного воздействия на окружающую среду, которые легли в основу дальнейших организационных мероприятий и экономических решений Правительства Москвы.

Были кардинально изменены регламент зимнего содержания объектов дорожного хозяйства, а так же технология уборки и утилизации снега, стали использоваться жидкие и твердые противогололедные реагенты, что явилось ведущим фактором комплексного улучшения экологической ситуации в городе.» [9].

Предусматривается утилизация до 70–80% объемов выпавшей снежной массы на снегоприемных пунктах (СПП, более 30 из них находятся на сетях хозяйственной канализации), исключена перевалка массы на газоны, запрещен прямой ее сброс со снегосвалок в реки.. Большая часть снежной массы, содержащая загрязнители: реагенты, твердую взвесь различных фракций, нефтепродукты и т. д., отправляется в снегоплавильные камеры хозяйственно-фекальной канализации для комплексной очисткой талых и фекальных стоков на городских станциях аэрации. Объем стока после плавления составляет всего

около 2% от общего, находясь в пределах гидравлических и термо-биологических резервов мощности городской канализации, что позволяет без труда осуществлять процесс плавления именно там. Сейчас уже введено в эксплуатацию более 30 снегоприемных пунктов (СПП) на объектах хозяйственно-фекальной канализации. Организация такой технологии уборки позволила проводить полную очистку стоков, образующихся в процессе снеготаяния.

«За зимний период непосредственно на СПП и сооружениях механической очистки станций аэрации ежегодно задерживается и утилизируется более 100–120 тыс. т загрязняющих веществ.

В марте 2006 года Правительством Москвы принято решение в ближайшей перспективе повысить объем утилизации снега с дорожно-транспортной сети практически до 100%, а так же обеспечить многоступенчатую и полную очистку загрязненных стоков. Начиная с зимнего периода 2005—2006 гг. на дворовых территориях и остановках общественного транспорта, в качестве ПГМ, применялся только щебень фракции 2–5 мм.»[9].

Используемые реагенты получают всю предусмотренную действующим природоохранным законодательством документацию: технологическую, санитарно-гигиеническую, экологическую, в частности осуществляется прогнозная оценка их воздействия на компоненты окружающей среды (ОВОС) и инженерные коммуникации. Производятся предварительные испытания проивоогололедных реагентов и эксперименты на объектах дорожного хозяйства. Характеризуется класс опасности рассматриваемого реагента.

В Москве создана и функционирует многоуровневая система постоянного контроля качества поставляемых противогололедных реагентов. Департамент ЖКХиБ Правительства Москвы осуществляет установление их соответствия представленным для комплексных исследований образцам, техническим условиям и иным разрешительным документам. Все материалы, использующиеся в Москве, не содержат высоких концентраций токсичных элементов и примесей, отнесенных к первому и второму классу опасности.

Для регулирования условий воздействия противогололедных материалов на экологию был разработан технический регламент «Экологические и технические требования к противогололедным материалам» [10].

3 Анализ применяемых противогололедных материалов с указанием их влияния на окружающую природную среду

Используемые в РФ противогололедные материалы должны соответствовать ГОСТ 33387-2015[5], а в ОДН 218.2.027–2003[8] установлено как нужно проводить обработку конкретными химическими веществами при различных условиях.

Номенклатура противогололедных реагентов и технологические характеристики представлены в Отраслевых дорожных нормах: «Требования к противогололедным материалам» ОДН 218.2.027–2003. Их состав и номенклатура постоянно совершенствуется, улучшаются технологические и экологические характеристики.[8]

На сегодняшний момент, разрешенными к применению противогололедными материалами являются (рисунок 3.1.1):

Жидкие:

- ХКМ — раствор кальция хлористого модифицированного 28%
- АГС (антигололедное средство) — многокомпонентный раствор магния хлорида, натрия хлорида, кальция хлорида и калия хлорида 24%

Твердые:

- хлористый кальций в гранулах (ХК) с содержанием основного вещества не менее 85%
- композиция хлористых солей кальция и натрия – «Айсмелт» (ХКНМ)
- композиция солей натрия, кальция, магния и хлористого калия – СБГ (сорт 1 и сорт 2) — средство борьбы с гололедом– натриево-магниевый ацетат – «Ацедор»

Фрикционные:

- мелкофракционный гранитный щебень с диаметром 2–5 мм предусматривается в качестве противогололедного материала для

определенных метеорологических условий, как на проезжей части, так и на тротуарах.



Рисунок 3.1.1 – Классификация противогололедных материалов

Композиции солей, когда в одной грануле присутствует несколько различных солей в определенной пропорции, при нарушении технологии их использования оказывают наименьшее негативное воздействие на отдельные компоненты окружающей среды. Биофильные элементы, содержащиеся в них (калий, кальций и др.), могут улучшать условия минерального питания зеленых насаждений и повышать плодородие почв. К таким противогололедным материалам относятся: «СБГ» (твердые), «АГС» 24% раствор (жидкий) реагенты. По экологическим критериям, впервые такие реагенты начали использовать в Москве, некоторые из которых аттестованы в ЕС по международным экологическим стандартам.

Сравним несколько методов обработки реагентами для защиты от гололеда:

а) Соль (NaCl) – наиболее известный и распространённый, используется в Санкт-Петербурге, Москве, Киеве.

Плюсы: дешевизна.

Минусы: коррозии труб, мостов, автомобилей, вызывает аллергию, вредит обуви, одежде, лапам животных и историческим памятникам, отлагается в подземных водах, почвах и реках. Соль — очень активное вещество, хлорид. К примеру, несколько лет назад ее чрезмерное использование привело к аварии на Южной подстанции (Петербург), разрыв провода под землей.

б) Фрикционный метод: каменная крошка и песок, используется в Финляндии, Швеции, Германии, Австрии и других странах Европы.

Плюсы: экологичность, возможность вторичного использования.

Минусы: низкая эффективность: ее сносит ветром, колесами автомобилей и ногами пешеходов, что приводит к использованию больших количеств вещества для осуществления уборки.

в) Метод Торгейра Ваа используется в Швеции.

Плюсы: эффективность, экологичность, долговременный результат.

Минусы: дороговизна (нужна специальная дорогостоящая техника).

В 2004 году в Швеции начали использовать новый метод борьбы с гололедом, который придумал шведский ученый Торгейр Ваа. Мелкий песок в пропорции 7 к 3 смешивают с горячей водой 90–95 °С и разбрызгивают на улицах. Раскаленный песок вплавляется в снег и делает поверхность шероховатой.

Такая обработка позволяет осуществлять нормальные условия для проезда на протяжении 3–7 дней с ежедневным трафиком около 1500 автомобилей или пока шероховатый слой не занесет снегом.

г) Альтернативные химикаты:

1. Хлорид магния используется в Канаде, США, Новой Зеландии.

Плюсы: высокая эффективность.

Минусы: дороже, чем техническая соль, и вызывает сильную коррозию металлов.

Американцы и канадцы для очистки улиц и тротуаров используют в основном хлорид магния, который содержит меньше хлора, чем остальные хлориды, а его эффективность при меньшем расходе значительно выше.

2. Кальциево-магниевый ацетат и хлорид кальция.

Плюсы: экологичность.

Минусы: дороговизна, нельзя применять при низкой температуре.

Кальциево-магниевый ацетат используют в большинстве городов Новой Зеландии. Для металлов он не вреден, на окружающую среду оказывает минимальное влияние за счет отсутствия иона хлора. Но этот химикат можно использовать только до минус 7 °С.

3. Мочевина.

Плюсы: полезна для окружающей среды.

Минусы: высокая стоимость, низкая эффективность.

Чаще всего используются из органических средств. Благодаря низкой коррозионной активности, обычно применяется для удаления льда с висячих мостов. Мочевина недостаточно эффективна для использования в крупных городах, хоть и является нетоксичной.

д) Противогололедные средства не используются. В Японии снег не убирается полностью, а откапываются только тротуары и дороги, образуются стены высотой в 2 человеческих роста и выше. Дороги в Японии не обрабатываются, счищается только снег.

Таким образом, среди наиболее прогрессивных способов уборки снега с учетом мирового опыта является опыт Москвы и северных скандинавских соседей, поскольку Санкт-Петербург и Ленинградская область сходны по климатическим условиям и по объему выпадающего зимой снега.

4 Экспериментальная часть

4.1 Методы и результаты исследований

Долгосрочная оценка климата

Для анализа климатической обстановки в будущем использовались сценарии, утвержденные на Пятом оценочном докладе (ОД5), состоявшемся в 2014 году. Для расчета климатических характеристик использовалась MPI-ESM – модель земной системы, в которой соединены атмосфера, океан и поверхность земли посредством обмена энергией, импульсом, водным циклом и важными микроэлементами, такими как углекислый газ. MPI-ESM-MR – использует среднее разрешение географической сетки. Рассматривались три сценария развития атмосферы с различной концентрацией CO₂: дальнейшее изменение системы (2006–2100) вызвано концентрацией углекислого газа 2,6, что соответствует содержанию в доиндустриальный период (rcp26); RCP представляют собой временные, согласованные прогнозы выбросов и концентраций радиационно активных газов и частиц Будущая проекция (2006–2100), вызванная RCP8.5. RCP8.5 представляет собой типичный путь концентрации, который приблизительно приводит к радиационному форсированию 8,5 Вт м⁻² в 2100 году по сравнению с доиндустриальными условиями. RCP представляют собой временные, согласованные прогнозы выбросов и концентраций радиационно активных газов и частиц [19].

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) является международным органом для оценки и распространению научных знаний, связанная с климатическими изменениями. МГЭИК была создана в 1988 году по инициативе и на основе Всемирной метеорологической Организации (ВМО) и Программе Организации Объединенных Наций по окружающей среде для предоставления точной и сбалансированной научной информации политическим деятелям. МГЭИК регулярно делится оценками

новой научной информации об изменении климата, его последствий и будущих возможных рисках, а также вариантах предотвращения, адаптации и смягчения негативных последствий.

Оценки МГЭИК обеспечивают научную базу для правительств всех уровней для разработки климатических условий общей конвенция об изменении климата. Оценки предназначены для политиков, но не являются политически направленными: они могут представлять прогнозы будущего изменения климата, основанные на разных сценариях и рисках, связанных с изменением климата, также включают обсуждение последствий вариантов реагирования,

Но они не говорят политикам о том, какие действия следует предпринять. МГЭИК воплощает уникальную возможность обеспечить строгую и сбалансированную научную информацию для лиц, принимающих решения, из-за своего научного и межправительственного характера. Участие в МГЭИК

Открытой для всех стран-членов ВМО и Организации Объединенных Наций. В настоящее время в нем насчитывается 195 членов.

Доклады МГЭИК написаны сотнями ведущих ученых, которые добровольно участвуют и передают свой опыт в качестве координаторов ведущих авторов и ведущих авторов отчетов. Они привлекают сотни других экспертов в качестве авторов, предоставляющих дополнительные знания в конкретных областях.

Отчеты МГЭИК проходят несколько этапов подготовки и анализа, чтобы обеспечить их всесторонность, объективность, открытость и прозрачность. Тысячи других экспертов помогают, выступая в роли рецензентов, обеспечивая объективную оценку и отражение всего спектра мнений в целом. Команды редакторов обеспечивают тщательный механизм мониторинга для обеспечения наилучшего результата. [18]

Для оценки климатических характеристик была выбрана метеорологическая станция – Санкт-Петербург: 59.97 с.ш. 30.30 в.д. (Воейково). Данная станция была выбрана потому, что она является основной

для Санкт-Петербурга и ряд наблюдений на ней самый длинный, так как эта станция находится на территории Главной геофизической обсерватории им.А.И. Воейкова и наблюдения производились с середины девятнадцатого века.

В таблице 4.1 представлены фактические данные по осадкам и температуре воздуха. На рисунке 4.1 показан хронологический ход осадков и температур.

Таблица 4.1 – Фактические осадки и температура приземного воздуха

Год	T _{cp} , °C	X, мм	Год	T _{cp} , °C	X, мм
1966	3,2	65,8	1991	6,3	56,7
1967	5,3	53,6	1992	6,2	42,0
1968	4,0	53,1	1993	4,9	53,7
1969	3,6	51,5	1994	5,3	51,2
1970	4,7	55,0	1995	6,3	50,8
1971	4,7	46,3	1996	4,8	43,2
1972	6,2	35,6	1997	5,4	61,3
1973	5,2	54,1	1998	5,0	62,2
1974	6,3	60,9	1999	6,3	38,6
1975	6,6	51,8	2000	6,9	59,5
1976	3,2	48,5	2001	5,7	57,1
1977	4,8	55,8	2002	6,0	50,8
1978	3,5	44,3	2003	5,6	70,2
1979	5,0	55,3	2004	6,0	58,2
1980	4,5	56,3	2005	6,4	54,2
1981	5,3	59,3	2006	6,4	44,8
1982	5,3	52,4	2007	6,8	48,8
1983	6,1	59,8	2008	7,3	60,3
1984	5,9	54,4	2009	6,2	66,8
1985	3,6	51,1	2010	5,6	67,8
1986	5,0	55,7	2011	6,8	58,1
1987	3,2	57,6	2012	5,6	71,7
1988	5,9	56,6	2013	7,1	50,9
1989	7,6	54,6	2014	7,4	47,8
1990	6,3	53,5	2015	7,7	46,3

а) За последние 20 лет (1991-2011) амплитуда изменения среднегодовых значений осадков возросла минимальное значение в 1999 году – 38,6 мм, самое

большое в ряду в 2012 году –71,7 мм, а норма имеет тенденцию к возрастанию (рисунок 4.1(а)).

б) В ряду среднегодовых температур, наоборот, амплитуда уменьшилась, есть также небольшая тенденция к возрастанию нормы. Экстремальных значению среднегодовая температура за последнее время не достигала (рисунок 4.1, б).

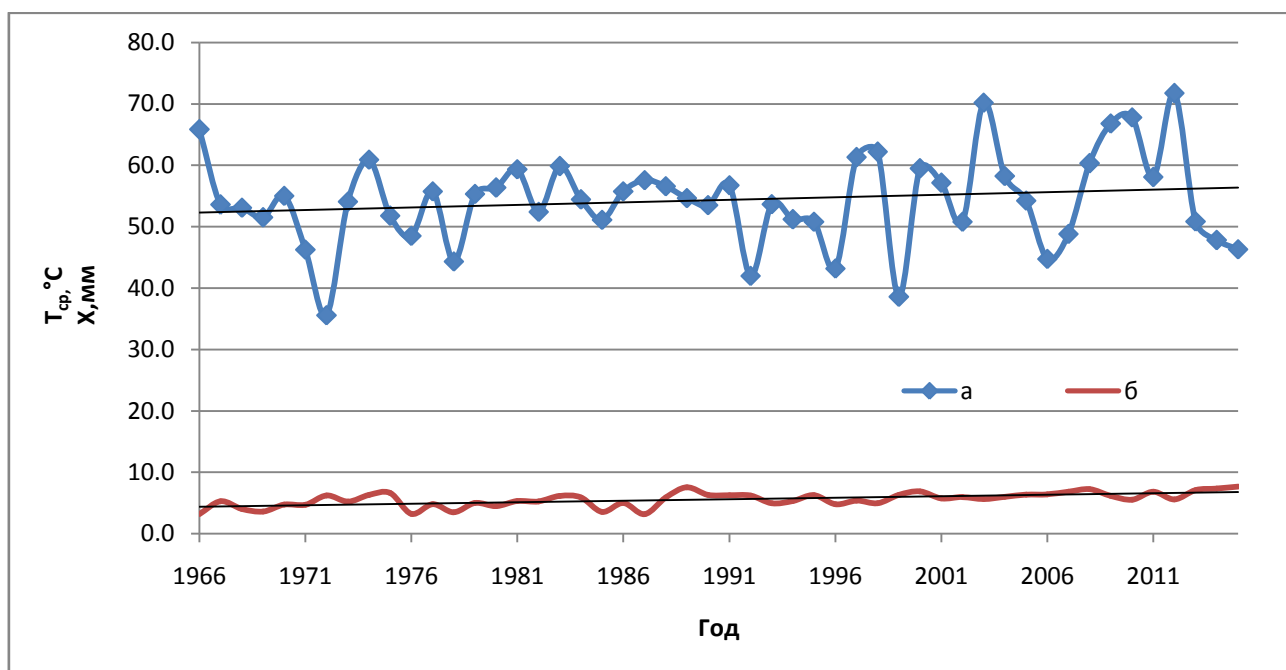


Рисунок 4.1 – Хронологический график фактических осадков (а) и температуры (б)

В таблице. А 1 приложение А представлена информация по осадкам и температуре по выбранным климатическим сценариям.

Таблица А 1 была визуализирована в виде графиков, показанных на рисунках 4.2 и 4.3.

а) На рисунке 4.2 видно, что значения среднегодовой температуры воздуха, рассчитанные по сценарию 3, имеют тенденцию к повышению, что объясняется повышенным содержанием углекислого газа в атмосфере в этом случае и парниковым эффектом. Значения, рассчитанные по сценарию 2, также возрастают и имеют те же причины, как и в предыдущем случае, но происходит

повышение не так интенсивно, причиной может быть меньшая концентрация CO_2 .

б) Для всех сценариев характерна большая дисперсия, но сильнее это заметно по ряду 1–сценарий 1 (рисунок 4.3).

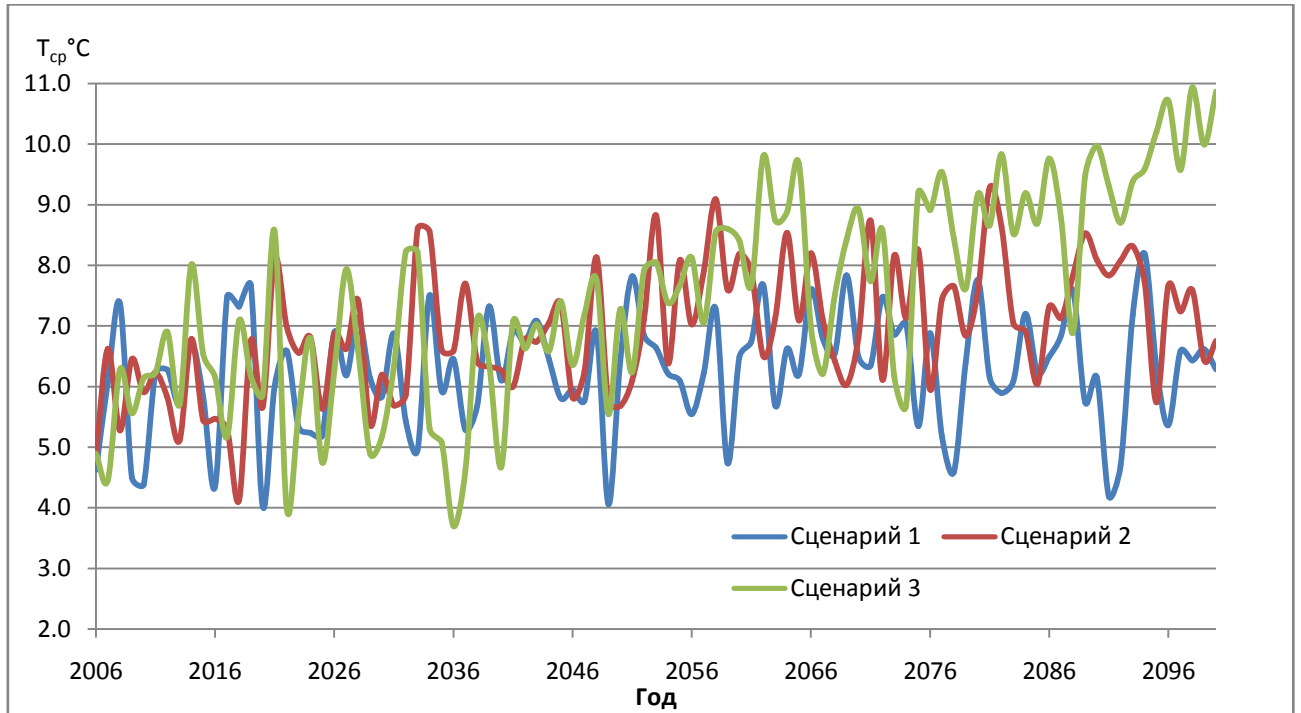


Рисунок 4.2 – Сценарные значения температуры

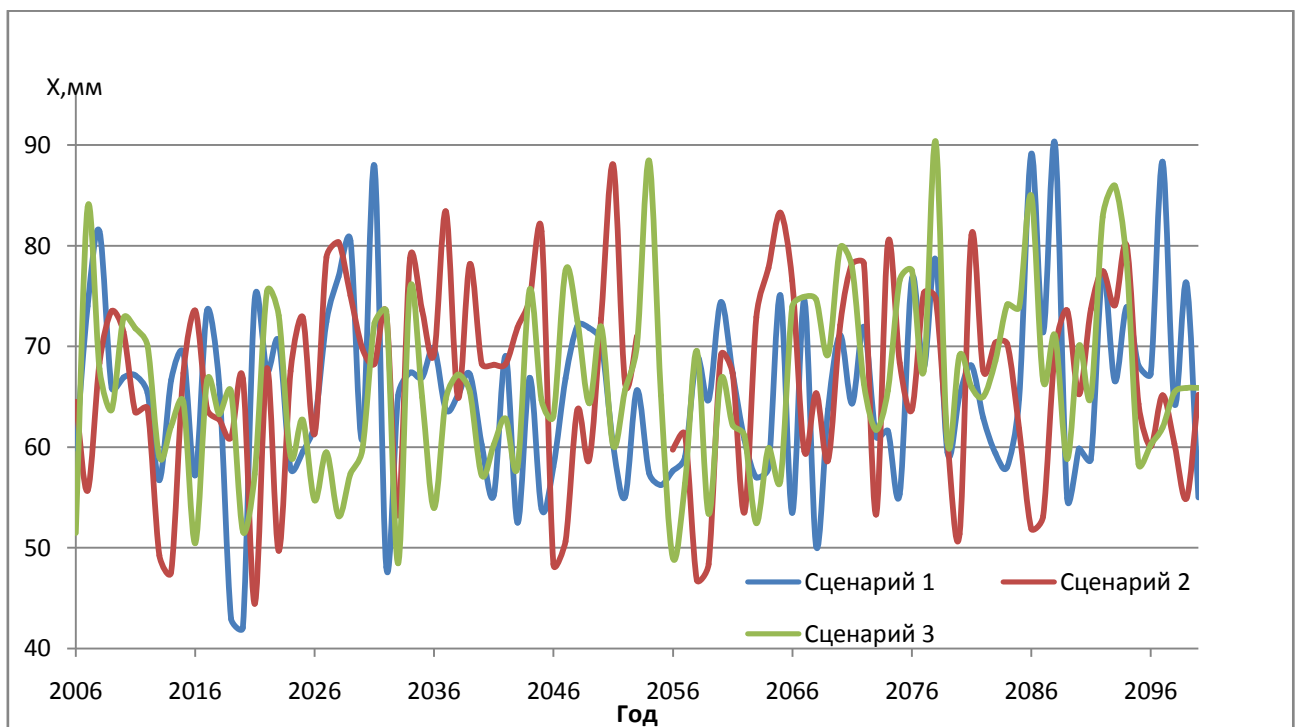


Рисунок 4.3 – Сценарные значения осадков

Так как модельные значения климатических величин предоставляются с 2006 года, а фактические данные есть до 2015 года, то появилась возможность сопоставить прогнозные и фактические данные.

Проанализировав полученные ряды, можно отметить, что продолжительность зимнего периода не изменилась, в среднем он длится четыре месяца либо с ноября по февраль, либо с декабря по март. Зимний период определялся по среднемесячным значениям температур, которые тоже изменились незначительно, хоть и имеют небольшую тенденцию к возрастанию. Количество осадков за данный период также изменилось незначительно. Данный прогноз имеет большую ошибку, что говорит о ненадежности полученных данных, но он может рассматриваться как *демонстрационный*.

Экспериментальная оценка противогололедного реагента

Для исследования был выбран реагент *icemelt*. Основными действующими элементами (около 97 %) гранулированного противогололедного реагента являются хлорид натрия и кальция, для уменьшения негативного воздействия присутствует ингибитор коррозии (примерно 3 %). Хлорид натрия и кальция считаются безопасным, способны выделять тепло и способствовать таянию льда или снега. Но эти соли очень активны и могут являться причиной сильной коррозии, поэтому необходимо использовать ингибиторы для предотвращения разрушения обрабатываемой поверхности.

Данный реагент был наиболее доступным по весу и цене, обычно используемые реагенты продаются пачками по 25–50 кг и тоннами, состав в маленькой пачке (440 г) ничем не отличается, для удобства была и выбрана эта расфасовка.

Были взяты пробы снега (рисунок 4.1 и рисунок 4.2) различной консистенции и плотности.

Образец 1 (рисунок 4.1) – снег, рыхлый, связанных частиц нет.



Рисунок 4.1 – Образец 1 снег



Рисунок 4.2 – Образец 2 снег с примесью льда

Образец 2 – снег со смесью льда, присутствуют связанные ледяные частички.

Было произведено измерение скорости таяния образца 1 и образца 2 при использовании реагента.

Реагент рассыпался по всей площади снега, в равных объемах для двух образцов (10 г).

Изменение внешнего вида образцов показано на рисунках 4.3 и 4.4.



Рисунок 4.3 – Образец 1



Рисунок 4.4 – Образец 2

Видно, что снег полностью растаял в обоих случаях, но осталось некоторое количество реагента.

В сводной таблице показаны характеристики образцов и время таяния.

Таблица – Изменение характеристик образцов участвующих в эксперименте

Характеристики	Образец 1	Образец 2
Площадь, см	25	25
Масса, г	20	18
Высота снега h,мм	8	5
Время таяния,	6 мин 37 с	5 мин

В ходе эксперимента было выяснено, что реагент активнее работает на более плотных снего-ледяных поверхностях. Нужно очень точно вычислять количество используемого реагента, чтобы избежать неэкономной растраты, а в особенности нерастворенного реагента, который может отлагаться в почвах, водотоках, нарушая естественный химический баланс окружающей среды.

4.2 Оценка воздействия противогололедных реагентов на окружающую среду

По результатам оценки воздействия противогололедных материалов на состояние окружающей среды (почву, растительность, природные воды) и человека, с учетом результатов экологического мониторинга и выполненных научно-исследовательских работ, с 2001 года произошли существенные изменения в ассортименте, составе и в объемах использования различных реагентов. Данная работа не должна прекращаться, для поддержания благоприятной окружающей среды и качественных условий проживания.

Известны результаты исследований по оценке воздействия различных антигололедных реагентов на одежду и обувь, проведенные в 2006 году «Центральным научно-исследовательским институтом кожевенно-обувной промышленности» (ОАО «ЦНИИКП», отчет по теме: «Изучение влияния антигололедных реагентов на изменение потребительских свойств кож для верха обуви и меха», руководитель темы – заместитель директора, к.т.н. С. И. Студеникин, утвержден генеральным директором В. И. Которевым 03.03.2006 года) [10].

Для проведения эксперимента и сравнительного анализа были взяты контрольные образцы двух основных твердых реагентов, применяемых в Москве зимой 2005–2006 годов: хлористого кальция «ХК» и многокомпонентного «СБГ» (композиции солей хлористого кальция, магния, натрия и калия). Результаты выявили изменение физико-химических

показателей и деформационно-прочностных свойств кож для верха обуви и меховых изделий, а так же позволили специалистам ОАО «ЦНИИКП» сформулировать следующее заключение[10]:

а) Противогололедные реагенты, включая техническую соль (хлористый натрий), являясь по своему химическому составу солями, содержащими хлориды, способны оказывать отрицательное воздействие на структуру кожаных изделий, особенно при не соблюдении рекомендованной технологии и норм распределения. Степень воздействия, в значительной степени зависит от вида реагента и его химического состава.

б) Сравнительная характеристика воздействия реагентов на кожу верха обуви представлена по основным показателям:

Показатели изменения свойств образцов кожи № 2 после воздействия (20%) раствора реагента Вода (H₂O) «СБГ» «ХК» Сравнение воздействия «СБГ» и «ХК»: изменение размеров образцов в продольном направлении у «СБГ» в 14 раз меньше, чем «ХК», а в поперечном направлении у «СБГ» в 4,5 раза меньше, чем «ХК»; структурное изменение кожи (по температуре сваривания) у «СБГ» в 2 раза меньше, чем «ХК»; по жесткости воздействие «СБГ» в 4 раза меньше, чем «ХК».

в) Сравнительная характеристика воздействия реагентов на мех дана по основным показателям:

Показатели изменения свойств образцов меха (овчина меховая) после воздействия (20%) раствора реагента Вода (H₂O) «СБГ» «ХК» Сравнение воздействия «СБГ» и «ХК»: изменение размеров образцов в продольном направлении воздействие «СБГ» в 25 раз меньше, чем «ХК», в поперечном направлении – «СБГ» в 8 раз меньше, чем «ХК»; структурное изменение кожи (по температуре сваривания) измерение провести невозможно было из-за большой усадки и сильного коробления образца, в связи с очень сильным отрицательным воздействием «ХК» на образец меха сравнение в абсолютных величинах провести также было не возможно

Действие многокомпонентного средства борьбы с гололедом «СБГ» на обувь и меховых изделия, по приведенным основным показателям, практически равно воздействию обыкновенной воды и при кратковременном контакте не оказывает существенного отрицательного влияния.

Воздействие хлористого кальция «ХК» по всем изученным показателям является негативным, его отрицательный эффект на структуру кожи и меха по некоторым параметрам существенно превышает воздействие «СБГ» и воды. Был дан совет отказаться от применения «ХК», в местах возможного постоянного контакта данного реагента с пешеходами. В зимний период твердый «ХК» не используется на остановках общественного транспорта, входах в подземные переходы и на станции метрополитена. С 2005–2006 года – он не применяется во дворах.

В Москве заявлено применение реагентов на основе смеси солей калия, натрия, кальция и магния — «СБГ». Его использование по регламентируемым технологиям, не приводит к ухудшению состояния зеленых насаждений, к увеличению интенсивности процессов засоления городских почв. Напротив, присутствие в нем биофильных элементов, может оказать позитивное влияние на условия минерального питания деревьев, кустарников и травянистой растительности газонов.

Наиболее безопасным из заявленного ассортимента твердых реагентов, с точки зрения возможного воздействия на окружающую среду, является многокомпонентный антигололедный материал «СБГ» (сорт 1), а также модификации данного реагента с добавлениями в его состав формиатов (биологически разлагаемых во внешней среде солей органической муравьиной кислоты).

Важным этапом оптимизации баланса жидких реагентов является расширения применения многокомпонентного «АГС», 24% раствора хлористого кальция, магния, натрия и калия. Учитывая проведенную выше экологическую оценку, а так же возможное влияние солевых растворов на одежду и обувь, в случае нарушения дорожными службами согласованных

регламентов и инструкций, считаем возможным в ближайшей перспективе расширение использования данного реагента до 60 и более тыс. т.

Российскими производителями предложены новые ингибиторы коррозии и добавки, уменьшающие вязкость растворов, что повышает коэффициент сцепления колес транспортных средств с дорожным полотном. Новые реагенты имеют полный комплект разрешительной документации, прошли все стадии предварительного изучения, а в марте 2006 года испытывались на объектах дорожного хозяйства ГУП «Доринвест». К ним относятся многокомпонентный «ХКМ-БС». Объемы его использования в Москве в зимний период 2006–2007 года составляли 100 тыс. т.

Для обеспечения безопасности дорожного движения предполагается использование гранитного щебня фракции 2–5 мм. Применение данного материала, как любого другого, может сопровождаться определенными экологическими последствиями. Гранитный щебень имеет повышенную эффективную активность природных радионуклидов. Разрушаясь, при взаимодействии с колесами машин и дорожным покрытием, образует более мелкие механические фракции, в том числе и пыль. При миграции — он может попадать в ливневую канализацию, уменьшая ее пропускную способность.

Нормы распределения реагентов на дорожное покрытие являются одним из основных показателей, оказывающих влияние на безопасность участников дорожного движения и определяющих уровень и вероятность возможного негативного воздействия на компоненты окружающей среды.

Необходимым условием применения каждого из реагентов и обеспечения экологической безопасности является соблюдение технологии зимней уборки улиц и обработки их противогололедными материалами, в том числе, установленных инструкцией норм расхода реагентов. В связи с этим, возрастают требования к наличию должного количества дорожной техники, оснащенной автоматизированной системой распределения и обновлению парка машины и механизмов.

Важное природоохранное значение приобретает организация систематического контроля над исполнением инструкции, в том числе оперативного контроля качества непосредственно наносимых на дорожное полотно реагентов, соблюдением технологии их применения и норм расхода, входного контроля качества противогололедных реагентов и соответствия их декларируемым параметрам, контроль хранения на базах и складах, проведения экологического мониторинга.

Основным вопросом оптимизации состава противогололедных материалов в Москве является не немедленный отказ от солей (хлоридов) как таковой, а рациональная организация технологии зимней снегоуборки, содержание объектов дорожного хозяйства, система удаления и утилизации снега, удовлетворяющие современным экологическим требованиям.

Действующая схема и технология снегоуборки реально обеспечивает утилизацию не менее 60–70% объемов выпавшего снега на снегоприемных пунктах и практически полностью исключает роторную перевалку его на газоны. Поэтому уровень потенциально возможного воздействия реагентов на зеленые насаждения и придорожные территории значительно снижается, но увеличивается роль очистки стоков.

Система стационарных ССП на сетях хозфекальной и ливневой канализации, а также генерируемой энергии достигла своих оптимальных пределов, соответствующих природно-климатическим характеристикам региона. Дальнейшее развитие системы снегоуборки наиболее рационально осуществить за счет мобильных снегоплавильных установок с отводом талых вод в хозфекальную канализацию. По мере увеличения общей мощности мобильных установок, ССП на сети ливневых стоков целесообразно вывести в резерв. Это обеспечит выполнение современных экологических требований и нормативов по уровню очистки талых вод, в том числе и от применяемых реагентов.

По результатам оценки воздействия противогололедных реагентов на компоненты окружающей среды (почву, природные воды, растительность,

атмосферный воздух) и человека, с учетом результатов экологического мониторинга и выполненных научно-исследовательских работ, были сделаны рекомендации по оптимизации номенклатуры и объемов, используемых в городе противогололедных материалов. При этом учитывались: особенности химического состава, экологические, санитарно-гигиенические и технологические требования к ним, а также общий баланс материалов, складывающийся в Москве и действующая система снегоуборки.

Можно рассматривать возможность применения полученных результатов и материалов, не только на территории Москвы, но и других регионов, учитывая местные особенности экологии, дорожного трафика и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения исследования были получены следующие результаты

а) Проведен анализ технологии уборки в зимний период в крупных городах и странах с климатом, аналогичным Санкт-Петербургу. Было выяснено, что среди наиболее прогрессивных способов уборки снега наиболее приемлемым является опыт Москвы и северных скандинавских стран, поскольку Санкт-Петербург и Ленинградская область сходны по климатическим условиям и по объему выпадающих в зимний период осадкам.

б) Были выявлены положительные и отрицательные стороны применяемых технологий уборки.

г) Проведен анализ применяемых противогололедных материалов с указанием их влияния на окружающую природную среду. Были рассмотрены наиболее часто встречающиеся противогололедные материалы, отмечены их положительные и отрицательные стороны, а также конкретное их воздействие на экологическое состояние

д) Описаны методы исследования, а также проведен эксперимент с использованием одного из противогололедных реагентов, их анализ и выводы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Климат Санкт-Петербурга и его изменения/ [Текст]/ Под ред. В.П.Мелешко и др.– СПб.: ГУ Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2010. – 256 с.
2. Режим доступа: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=2> – Климат Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Дата обращения: 23.02.17).
3. Карлин, Л.Н. Некоторые климатические характеристики Санкт-Петербурга в эпоху глобального потепления/[Текст] / Л.Н. Карлин, Ю. В. Ефимова, А. В. Никифоров. – СПб: Ученые записки РГГМУ. 2005 – С. 22–29.
4. Режим доступа: http://canada-1.ru/climate_canada.html – Климат Канады. (Дата обращения: 27.02.17).
5. Алтыкис, Е. В. Климат Ленинграда / [Текст] / Под ред. Ц. А. Швер и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1982 – 252 с.
6. Режим доступа: <http://guide.travel.ru/canada/geo/climat/> – Климат Канады. (Дата обращения: 27.02.17)
7. Климат Москвы. /[Текст] / Дмитриев А.– Л: Гидрометеиздат, 1969. – 315 с.
8. ГОСТ 33387-2015/[Текст] /
9. ОДН 218.2.027–2003/[Текст] /
- 10.Режим доступа: <http://gov.spb.ru/gov/otrasl/blago/information/> – Комитет по благоустройству Санкт-Петербурга. (Дата обращения: 15.02.17)
- 11.Режим доступа: – <http://sao.mos.ru/news/news/detail/671838.html>– Использование противогололедных материалов в г. Москве. Состояние вопроса, экологические требования и рекомендации. (Дата обращения: 21.03.17)
- 12.Режим доступа: <https://www.mpimet.mpg.de/en/science/models/mpi-esm/> – New Earth system model of Max Planck Institute for Meteorology.(Дата обращения: 17.05.17)

13. Режим доступа: <http://www.ipcc.ch> – Оценочные доклады об изменении климата. (Дата обращения: 21.04.17).
14. Режим доступа: https://www.dkrz.de/daten-en/wdcc/projects_cooperations/ipcc-data/CMIP5_experiments – CMIP5 long-term Experiments of MPI-M. (Дата обращения: 21.05.17)
15. Инструкция по организации и технологии уборки /[Текст] /
16. Технологический регламент производства работ по комплексной уборке улично-дорожной сети Санкт-Петербурга/[Текст] /
17. Руководством по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах/[Текст] /

Приложение А – Сценарные метеохарактеристики

Таблица А 1 – Сценарные осадки и температура приземного воздуха

Сценарий 1						Сценарий 2						Сценарий 3					
Год	$T_{cp}, ^\circ C$	$X, мм$	Год	$T_{cp}, ^\circ C$	$X, мм$	Год	$T_{cp}, ^\circ C$	$X, мм$	Год	$T_{cp}, ^\circ C$	$X, мм$	Год	$T_{cp}, ^\circ C$	$X, мм$	Год	$T_{cp}, ^\circ C$	$X, мм$
2006	4,6	60	2054	6,2	57	2006	4,9	65	2054	6,4	60	2006	4,9	51	2054	7,4	88
2007	6,1	74	2055	6,1	56	2007	6,6	56	2055	8,1	61	2007	4,5	84	2055	7,7	65
2008	7,4	81	2056	5,5	58	2008	5,3	68	2056	7,0	47	2008	6,3	68	2056	8,1	49
2009	4,5	66	2057	6,2	59	2009	6,5	74	2057	7,9	48	2009	5,6	64	2057	7,1	56
2010	4,4	67	2058	7,3	69	2010	5,9	71	2058	9,1	69	2010	6,1	73	2058	8,6	70
2011	6,2	67	2059	4,7	65	2011	6,2	63	2059	7,6	67	2011	6,2	72	2059	8,6	53
2012	6,3	65	2060	6,5	74	2012	5,8	64	2060	8,2	54	2012	6,9	70	2060	8,4	67
2013	5,7	57	2061	6,7	67	2013	5,1	49	2061	7,9	73	2013	5,7	59	2061	7,7	62
2014	6,7	67	2062	7,7	61	2014	6,8	48	2062	6,5	78	2014	8,0	62	2062	9,8	61
2015	5,8	69	2063	5,7	57	2015	5,4	67	2063	7,1	83	2015	6,5	64	2063	8,7	52
2016	4,3	57	2064	6,6	58	2016	5,5	74	2064	8,5	77	2016	6,2	50	2064	8,9	60
2017	7,5	74	2065	6,2	75	2017	5,3	64	2065	7,1	60	2017	5,2	67	2065	9,7	57
2018	7,3	66	2066	7,6	53	2018	4,1	63	2066	8,2	65	2018	7,1	63	2066	7,0	74
2019	7,7	43	2067	6,8	75	2019	6,8	61	2067	7,1	59	2019	6,2	66	2067	6,2	75
2020	4,0	42	2068	6,5	50	2020	5,7	67	2068	6,4	72	2020	5,9	52	2068	7,5	75
2021	6,0	75	2069	7,8	64	2021	8,1	44	2069	6,0	78	2021	8,6	57	2069	8,4	69
2022	6,6	68	2070	6,5	71	2022	7,0	68	2070	6,8	78	2022	4,0	75	2070	8,9	80
2023	5,3	70	2071	6,3	64	2023	6,6	50	2071	8,7	53	2023	5,5	73	2071	7,7	78
2024	5,2	58	2072	7,5	72	2024	6,8	68	2072	6,1	80	2024	6,8	59	2072	8,6	66
2025	5,2	60	2073	6,9	61	2025	5,6	73	2073	8,2	68	2025	4,7	63	2073	6,2	62
2026	6,9	62	2074	7,0	62	2026	6,9	61	2074	7,1	64	2026	6,3	55	2074	5,7	66
2027	6,2	72	2075	5,3	55	2027	6,6	79	2075	8,3	75	2027	7,9	59	2075	9,2	77
2028	7,1	77	2076	6,9	77	2028	7,4	80	2076	6,0	75	2028	6,6	53	2076	8,9	78
2029	6,1	80	2077	5,2	68	2029	5,4	75	2077	7,4	61	2029	4,9	57	2077	9,5	68
2030	5,8	61	2078	4,6	79	2030	6,2	70	2078	7,7	51	2030	5,2	60	2078	8,4	90
2031	6,9	88	2079	6,4	59	2031	5,7	68	2079	6,8	81	2031	6,3	72	2079	7,6	61
2032	5,4	48	2080	7,8	65	2032	5,9	73	2080	7,6	68	2032	8,2	73	2080	9,2	69

Таблица А 1 – Сценарные осадки и температура приземного воздуха

Сценарий 1						Сценарий 2						Сценарий 3					
Год	$T_{cp},^{\circ}C$	X,mm	Год	$T_{cp},^{\circ}C$	X,mm	Год	$T_{cp},^{\circ}C$	X,mm	Год	$T_{cp},^{\circ}C$	X,mm	Год	$T_{cp},^{\circ}C$	X,mm	Год	$T_{cp},^{\circ}C$	X,mm
2033	5	65	2081	6,1	68	2033	8,6	53	2081	9,3	70	2033	8,2	48	2081	8,7	66
2034	7,5	67	2082	5,9	63	2034	8,6	79	2082	8,6	70	2034	5,3	76	2082	9,8	65
2035	5,9	67	2083	6,1	59	2035	6,6	74	2083	7	62	2035	5,1	65	2083	8,5	69
2036	6,5	70	2084	7,2	58	2036	6,6	69	2084	6,9	52	2036	3,7	54	2084	9,2	74
2037	5,3	64	2085	6,2	65	2037	7,7	83	2085	6	53	2037	4,6	65	2085	8,7	74
2038	5,7	65	2086	6,5	89	2038	6,4	65	2086	7,3	70	2038	7,1	67	2086	9,8	85
2039	7,3	67	2087	6,8	71	2039	6,3	78	2087	7,1	74	2039	6,4	66	2087	8,8	67
2040	6,1	60	2088	7,6	90	2040	6,3	68	2088	7,8	65	2040	4,7	57	2088	6,9	71
2041	6,9	55	2089	5,7	55	2041	6	68	2089	8,5	74	2041	7,1	60	2089	9,5	59
2042	6,7	69	2090	6,1	60	2042	6,8	68	2090	8,1	77	2042	6,6	63	2090	10	70
2043	7,1	52	2091	4,2	59	2043	6,7	72	2091	7,8	74	2043	7	58	2091	9,3	65
2044	6,5	67	2092	4,7	77	2044	7	75	2092	8,1	80	2044	6,6	76	2092	8,7	83
2045	5,8	54	2093	7,2	67	2045	7,4	81	2093	8,3	64	2045	7,4	65	2093	9,4	86
2046	6	58	2094	8,2	74	2046	5,8	48	2094	7,7	60	2046	6,4	63	2094	9,6	78
2047	5,8	67	2095	6,3	68	2047	6,3	51	2095	5,7	65	2047	7,2	78	2095	10,2	58
2048	6,9	72	2096	5,4	67	2048	8,1	64	2096	7,7	60	2048	7,8	73	2096	10,7	60
2049	4,1	72	2097	6,6	88	2049	5,7	59	2097	7,2	55	2049	5,5	64	2097	9,6	62
2050	6,4	70	2098	6,4	64	2050	5,7	73	2098	7,6	65	2050	7,3	72	2098	10,9	65
2051	7,8	60	2099	6,6	76	2051	6,1	88	2099	6,4	84	2051	6,2	60	2099	10	66
2052	6,8	55	2100	6,3	55	2052	7,1	66	2100	6,8	78	2052	7,9	66	2100	10,9	66
2053	6,6	66				2053	8,8	71				2053	8	70			