

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
им. Б. В. Всесвятского (с международным участием)**

Всероссийский этап

Исследовательская проектная работа

Оценка засоления почв города Кирова

Выполнена учащейся
10 класса МОАУ «Лицей №21»
города Кирова
Булдаковой Дарьей Сергеевной

Научный руководитель
к.б.н., доцент, педагог
дополнительного образования ЦДООШ
Огородникова Светлана Юрьевна

Киров 2026

Содержание

Введение	3
1 Обзор данных литературы	4
1.1 Противогололедные реагенты: состав и применение	4
1.2 Опасности противогололедных реагентов	5
2 Объекты и методы исследования	6
2.1 Характеристика территории исследования	6
2.2 Отбор проб почв и пробоподготовка почвенных образцов	7
2.3 Методы изучения физико-химических свойств почв	7
2.4 Методы изучения фитотоксичности почв	8
3 Результаты и их обсуждение	9
3.1 Засоленность почв г. Кирова	9
3.2 Кислотность почв г. Кирова	10
3.3 Фитотоксичность почв г. Кирова	11
Выводы	13
Литература	13
Приложение	14

Введение

В зимний период многие города сталкиваются с проблемой образования наледи на дорогах. Одним из распространенных методов борьбы с обледенением дорог является применение противогололедных реагентов. В состав противогололедных реагентов входят соли (хлориды, сульфаты натрия, кальция, калия и др.).

Применение противогололедных средств может вызывать серьезные экологические проблемы в урбосреде. Соли накапливаются в городских почвах, негативно влияют на растения. С талыми водами противогололедные реагенты могут поступать в грунтовые и поверхностные воды.

Целью работы было изучить степень засоления почв г. Кирова.

Задачи:

1. Определение засоленности почв г. Кирова
2. Изучение кислотности городских почв.
3. Оценка фитотоксичности почв г. Кирова.

Объект исследования: почва, отобранная в разных районах г. Кирова.

Предмет исследования: свойства городской почвы (содержание растворимых солей, кислотность, фитотоксичность).

Гипотеза: почвы г. Кирова вдоль крупных автомагистралей загрязнены солями и негативно влияют на растения (фитотоксичны).

Практическая значимость работы: знание уровня загрязнения почв солями необходимо для разработки рекомендаций по улучшению качества городской среды.

1. Литературный обзор

1.1 Противогололедные реагенты: состав и применение

В крупных городах с холодным климатом серьезной проблемой является отрицательное влияние противогололедных реагентов на окружающую среду. В зимний сезон гололед представляет серьезную опасность для людей и транспорта. Способов борьбы с гололёдом много: от самых простых и недорогих с использованием обычного карьерного песка, технической соли для дорог или гранитной крошки до самых современных противогололедных реагентов различных марок и производителей. С развитием технологий развиваются и методы борьбы с гололёдом (Малышева и др., 2018).

Противогололедные реагенты – это твёрдые или жидкие химические вещества, которые в зимний период распределяют по поверхности дорожного покрытия. Они предназначены для борьбы с образованием наледи и снега на дорогах, тротуарах, кровлях и прочих поверхностях.

Противогололедные реагенты делятся на три типа (Чем посыпают.., 2025):

1. Фрикционные. Составы механического воздействия (песок, гранитная и мраморная крошка) разрушают ледяную корку за счёт силы трения.

2. Химические. Реагенты работают за счёт взаимодействия солей с выпавшими осадками, вследствие чего температура замерзания воды становится ниже естественной.

3. Комбинированные противогололедные реагенты – комплекс фрикционных и химических реагентов.

Выпускаются в различных формах: как сухие кристаллы, жидкие растворы или смеси, которые наносятся на дорожное покрытие.

Наибольшую опасность для окружающей среды представляют химические реагенты. По составу химические реагенты делятся на четыре группы:

1. Ацетаты: ацетат калия, ацетат аммония, ацетат кальция и противогололедные материалы (ПГМ) на их основе;
2. Хлориды: техническая соль (хлорид натрия), хлористый магний, хлористый кальций и ПГМ на их основе;
3. Карбамиды: карбамидно-аммиачная селитра, мочевины и ПГМ на их основе;
4. Нитраты: нитрат магния, нитрат кальция и ПГМ на их основе.

1.2 Опасности противогололедных реагентов

Противогололедные реагенты (ПГР) – одни из основных загрязнителей почвенного покрова крупных северных городов России (Малышева и др., 2018). Применение ПГР приводит к неблагоприятным экологическим последствиям для урбоэкосистем, приводит к засолению почв. Накопление солей в корнеобитаемом слое почв приводит к их угнетению растений, а в ряде случаев и к гибели зелёных насаждений города. Большинство растений очень чувствительны к засолённости почв. При засолении почв разрушается их структура и гранулометрический состав, происходит увеличение доли мелкой пыли в составе почв.

Частицы пыли представляют опасность состояния городских территорий (Кайгородов и др., 2009). На поверхности частиц пыли в адсорбированном состоянии находятся разнообразные загрязняющие вещества. Частицы тонкой пыли мигрируют с потоками воздуха на большие расстояния, длительно находятся в воздухе, попадают в организм человека. По данным Всемирной организации здравоохранения, содержание в воздухе городов тонкой пыли в количестве 10 мкг/м^3 может приводить к сокращению продолжительности жизни людей. Таким образом, загрязнение городских почв применяемыми ПГР является серьёзной проблемой.

Содержание хлоридов в придорожных полосах максимально весной после таяния снега и минимально осенью в результате вымывания их из почвы осадками. В почвах придорожной полосы повышается содержание хлоридов и обменного натрия, происходит сдвиг реакции среды в щелочную сторону, снижается микробиологическая активность. Засоление почв вызывает нарушение деятельности микрофлоры, ухудшение развития микоризы на корнях древесных растений, что нарушает минеральное и водное питание растений. Изменение pH влияет на доступность для растений важных микроэлементов (Николаевский и др., 1998).

2. Объекты и методы исследования

2.1 Характеристика территории исследования

Исследования проводились на территории г. Кирова – административного центра Кировской области.

Кировская область – одна из крупнейших в Нечерноземной зоне России, расположена на северо-востоке Европейской части страны. Основная река – Вятка, на северо-востоке протекает р. Кама. Преобладающая часть области расположена в зоне южной тайги, леса занимают 62,4% территории.

Кировская область входит в Приволжский федеральный округ. Территория – 120,4 тыс. км², общая численность населения на 01.01.2024 составила 1134,1 тыс. чел. Удельный вес городского населения – 78,5%, сельского – 21,5%. Административный центр – город Киров. Расположен в 896 км к востоку от Москвы, на берегах реки Вятка. Население 496,9 тыс. чел. (Региональный доклад..., 2024)

Киров – крупный промышленный, транспортный и культурный центр. Через него проходят основные железнодорожные магистрали, соединяющие Северо-Запад и Центр с Уралом, Сибирью и Дальним Востоком, а также северными районами страны.

Предприятия, расположенные на территории г. Кирова, известны в России и за ее пределами продукцией авиастроения, деревообрабатывающей

промышленности, тяжелого машиностроения, станкостроения, легкой и пищевой промышленности. Развито производство товаров народных промыслов (дымковская игрушка, сувениры из капокорня, бересты).

2.2 Отбор проб почв и пробоподготовка почвенных образцов

В сентябре 2024 г. были отобраны пробы почв с глубины 0-5 см. Почву отбирали почвенным буром и помещали в полиэтиленовые пакеты. Отбор почвы проводился в разных районах города Кирова, которые отличались по уровню антропогенной нагрузки. Всего было отобрано 17 проб почвы. Расположение участков отбора проб почвы представлено в Приложении 1.

Пробы почвы высушивали до воздушно – сухого состояния, измельчали в ступке и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Подготовленную почву хранили в пакетах. Для проведения анализа почву тщательно перемешивали, высыпали на ровную поверхность, распределяли слоем 1 см. Для усреднения пробу на анализ отбирали не менее чем из пяти мест.

2.3 Методы изучения физико-химических свойств почв

Изучение рН почвенной вытяжки. Для приготовления водной почвенной вытяжки к 1 г почвы добавили 25 мл воды, перемешивали в течение 5 минут, далее фильтровали через бумажный фильтр. Фильтрат использовали для определения рН (Муравьева и др., 2013).

Для приготовления солевой почвенной вытяжки к 7 г почвы добавили 17,5 мл 1 моль/л раствора хлорида калия, перемешивали в течение 5 минут, далее фильтровали через бумажный фильтр. Фильтрат использовали для определения рН. Для определения рН водной и солевой вытяжки из почвы использовали портативный рН метр.

Изучение засоленности почв. Солённость почвы определяли по сухому остатку, полученному при высушивании водной вытяжки из почвы (Муравьева и др., 2013).

Сухой остаток определяли путём выпаривания 150 мл почвенной вытяжки и последующей сушки чашки в течении 4 часов при температуре 105 °С. Содержание сухого остатка вычислялось по формуле:

$$x = [(m_1 - m_2) * V_1 / (m * V_2)] * 100\%$$

где m_1 – масса чашки с сухим остатком, г;

m_2 – масса пустой чашки, г;

V_1 – общий объем фильтрата, мл;

V_2 – объем фильтрата для анализа, мл;

m – масса почвы для приготовления вытяжки, г;

x – содержание сухого остатка.

2.4 Методы изучения фитотоксичности почв

Изучение фитотоксичности почв с помощью кресс-салата. Для определения фитотоксичности проб почв использовали в качестве тест-объекта кресс-салат сорт Забава. В чашки Петри помещали образцы почв массой 10 г, увлажняли дистиллированной водой и на поверхность почвы раскладывали семена кресс-салата (20 шт./чашку). Опыт повторяли двухкратно. Контроль – дистиллированная вода. Определяли количество проросших семян за четверо суток. На 4 сутки опыта измеряли длину побегов и корней кресс-салата.

Изучение фитотоксичности почв с помощью ячменя.

Фитотоксичность почвы Определяли с помощью ячменя сорта Новичок. В чашки Петри помещали образцы почв массой 10 г, увлажняли дистиллированной водой и на поверхность почвы раскладывали семена ячменя (20 шт./чашку). Опыт повторяли двухкратно. Контроль – дистиллированная вода. Определяли количество проросших семян за семь суток. На 7 сутки опыта измеряли длину побегов и корней ячменя.

Построение карт.

Карты строились в программе Q-GIS методом интерполяции.

3. Результаты и их обсуждение

3.1 Засоленность почв г. Кирова

Засоление почв является актуальной проблемой для северных городов. В зимний период для борьбы с гололедом используются различные соли, содержащие растворимые хлориды и сульфаты. Было изучено содержание солей в почвах города Кирова, которые отбирали на 17 участках с разным уровнем антропогенной нагрузки.

Содержание солей в почвах г. Кирова варьирует от 0,1 до 0,45 % (табл. 1). Карта содержания солей в городских почвах представлена в Приложении 2. Наименее засоленной оказалась почва, отобранная около ЖД вокзала (участок №8, содержание солей 0,01%), наиболее засоленной оказалась почва, отобранная у АТП (участок №13, содержание солей 0,45%). Повышенная засоленность почв у АТП объясняется расположением в промышленной зоне. Рядом находится у ТЭЦ, вблизи проходит дорога для грузовых машин, на ней часты пробки, также вблизи расположена парковка крупного торгового центра.

Таблица 1

Содержание солей и кислотность почв г. Кирова, %

Номер участка	Содержание солей, %	Значение pH	
		водная вытяжка	солевая вытяжка (1 М KCl)
1	0,029	7,6	7,3
2	0,085	6	5,4
3	0,097	7,1	6,6
4	0,080	6,8	6,2
5	0,012	7,9	7,4
6	0,031	7,5	6,8
7	0,033	7	6,6
8	0,010	6,8	6,2
9	0,042	7	6,9

10	0,021	7,4	6,9
11	0,075	7,3	7,3
12	0,043	7,2	6,6
13	0,446	7,6	6,9
14	0,047	7,4	6,7
15	0,020	7,3	6,6
16	0,030	7,4	6,5
17	0,085	6,3	5,9

3.2 Кислотность почв г. Кирова

Была определена рН водной и солевой вытяжки из почвы. С помощью водной вытяжки определяют актуальную кислотность почв, которая свидетельствует о содержании свободных органических и минеральных кислот в почве, а также диоксида углерода и воды.

Солевая вытяжка из почвы показывает потенциальную кислотность почвы, и характеризует общее содержание в почве кислотных компонентов. Она обусловлена ионами водорода (H^+) и алюминия (Al^{3+}) в поглощённом состоянии в почвенно-поглощающем комплексе.

Актуальная кислотность почв г. Кирова варьировала в пределах от 6 до 7,9 ед. рН (табл. 1). Среднее значение кислотности изученных почв составило 6,4. Согласно классификации кислыми считаются почвы с показателем рН менее 6,5, при рН = 6,5–7,5 почва считается нейтральной, а при рН > 7,5 – щелочной (Околелова и др., 2017). Среди изученных почв г. Кирова выделяется участок №2, рН почвы 6,3 (кислая почва). Повышенная кислотность почвы связана с наличием веществ, подкисляющих почву. Данная почва отличалась повышенным содержанием торфа. Известно, что в летний период 2024 г. на газоны рассыпали торф, что и привело к подкислению почв. Несколько участков (1, 5, 13) выделялись высоким значением рН водной вытяжки из почвы (7,6-7,9) – слабощелочная почва. Участок 1 расположен в Вересниках, где частные дома отапливаются

твердым топливом и происходит загрязнения зольными частицами, защелачивающими почву. Участок 13 отличается самым высоким содержанием, что приводит к защелачиванию почвы. Карта кислотности почв представлена в Приложении 3.

Потенциальная кислотность городских почв была ниже, чем актуальная кислотность. Потенциальная кислотность варьировала от 5,4 до 7,4 рН (табл. 2). Среднее значение потенциальной кислотности составило 7,2 ед. рН. Самая низкая потенциальная и актуальная кислотность (рН 5,4) у почвы с участка №2. Высоким значением рН водной и солевой вытяжки отличались почвы, отобранные с участков 1 и 5.

3.3 Фитотоксичность почв г. Кирова

Была изучена фитотоксичность почв г. Кирова по показателям линейного роста ячменя и кресс-салата. Растения ячменя и кресс-салата выращивали на образцах почвы, отобранной в разных районах города.

Установлено, что почва, отобранная с разных участков города отличалась по действию на рост ячменя (рис. 1, Приложение 4). Почва, отобранная с участков 3, 4, 6 оказывала фитотоксическое действие на растения, значительно ингибировала рост побегов и корней ячменя. Положительное влияние на рост ячменя оказывала почва, отобранная с участков 5, 10, 17. В данных вариантах опыта длина побегов и корней ячменя была более 10 см, причем длина корней превышала высоту побегов.

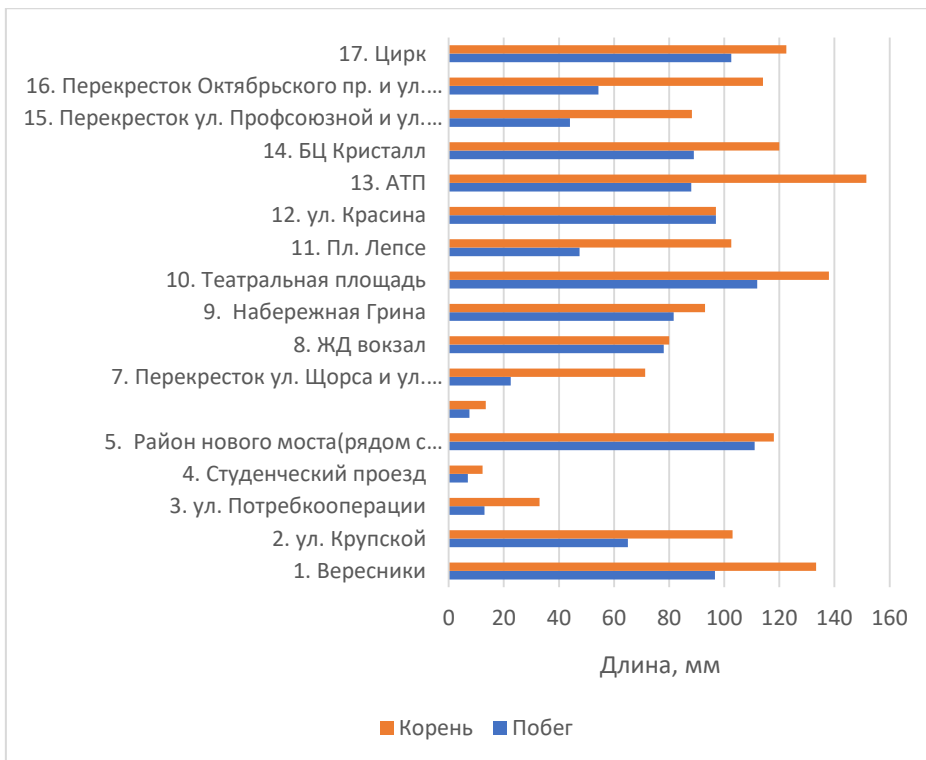


Рис. 1. Влияние почвы с разных участков г. Кирова на рост проростков ячменя

Почва, отобранная с участков 3, 8, 15 оказывала фитотоксическое действие на растения кресс-салата (рис. 2). Положительное влияние на рост кресс-салата проявляла почва, отобранная с участков 2, 10, 12

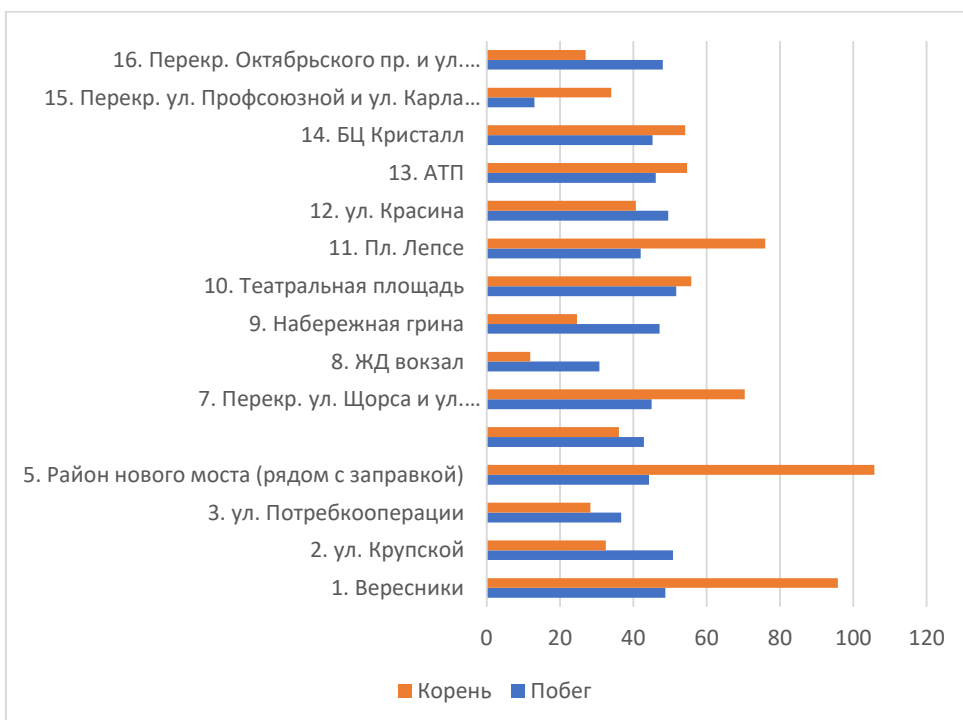


Рис. 2. Влияние почвы с разных участков г. Кирова на рост проростков кресс-салата

Выводы

1. Содержание солей в почвах г. Кирова варьирует от 0,1 до 0,45 %. Наибольшее содержание солей обнаружено в почве вблизи АТП (участок №13, содержание солей 0,45%) и почвах, расположенных вблизи крупных автодорог (участки 2, 3, 4, 11). Повышенная засоленность почв, вероятно, является следствием применения противогололедных реагентов.

2. Актуальная кислотность почв г. Кирова варьировала в пределах от 6 до 7,9 ед. рН. Среднее значение кислотности изученных почв составило 6,4. Среди изученных почв г. Кирова выделяется участок №2, рН почвы 6,3 (кислая почва), что вероятно связано с наличием торфа. Участки (1, 5, 13) выделялись высоким значением рН водной вытяжки из почвы (7,6-7,9) – слабощелочная почва. Защелачивание почвы происходит за счет поступления зольных частиц (участок 1, Вересники) и засоления почв (участок 13, АТП).

3. Почва, отобранная с участков 3, 4, 6 оказывала фитотоксическое действие на растения ячменя, негативное действие на растения кресс-салата оказывала почва с участков 3, 8, 15. Фитотоксичность почвы с участка 3 (ул. Потребкооперации), вероятно обусловлена высоким содержанием солей.

Литература

Кайгородов Р.В., Тиунова М.И., Дружинина А.В. Загрязняющие вещества в пыли проезжих частей дорог и в древесной растительности придорожных полос городской зоны // Вестник Пермского Университета. 2009. Т. 10, № 36. С. 141-146.

Мальшева А. Г., Шелепова О.В., Водянова М.А., Донерьян Л.Г., Ушакова О.В., Юдин С.М. Эколого-гигиенические проблемы применения противогололедных реагентов в условиях крупного мегаполиса (на примере территории города Москвы) // Гигиена и санитария, 2018. Т. 97, №. 11. С. 1032-1037.

Муравьев А.Г., Пугал Н.А., Лаврова В.Н. Экологический практикум: Учебное пособие с комплектом карт-инструкций. СПб: Крисмас+, 2012. 176 с.

Николаевский В.С., Васина И.В., Николаевская Н.Г. Влияние некоторых факторов городской среды на состояние древесных пород // Лесной вестник, 1998. № 2. С. 28-40.

Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С. Экологическое почвоведение и законы экологии: учебное пособие. Волгоград, 2017. 216 с.

О состоянии окружающей среды Кировской области в 2023 году: Региональный доклад / Под общей редакцией Т.Э. Абашева [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kirovreg.ru/econom/ecology/Регдоклад%202023.pdf> (дата обращения: 05.02.2025).

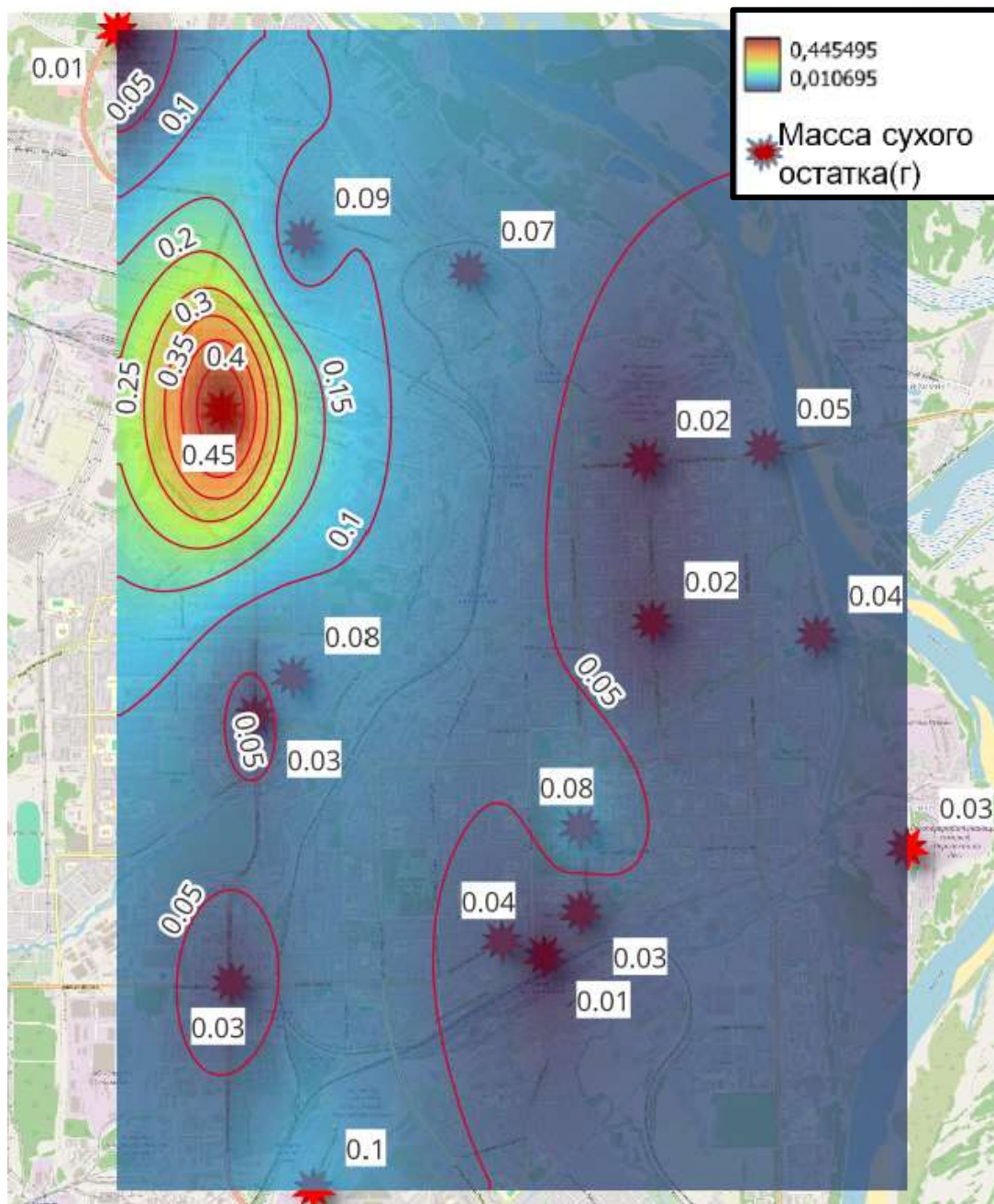
Чем посыпают дороги от гололеда и почему противогололедные реагенты опасны [Электронный ресурс]. – URL: <https://tion.ru/blog/a-sneg-ne-znal-i-padal-chem-opasny-protivogolodnye-reagenty/> (дата обращения: 05.02.2025).

Приложение 1

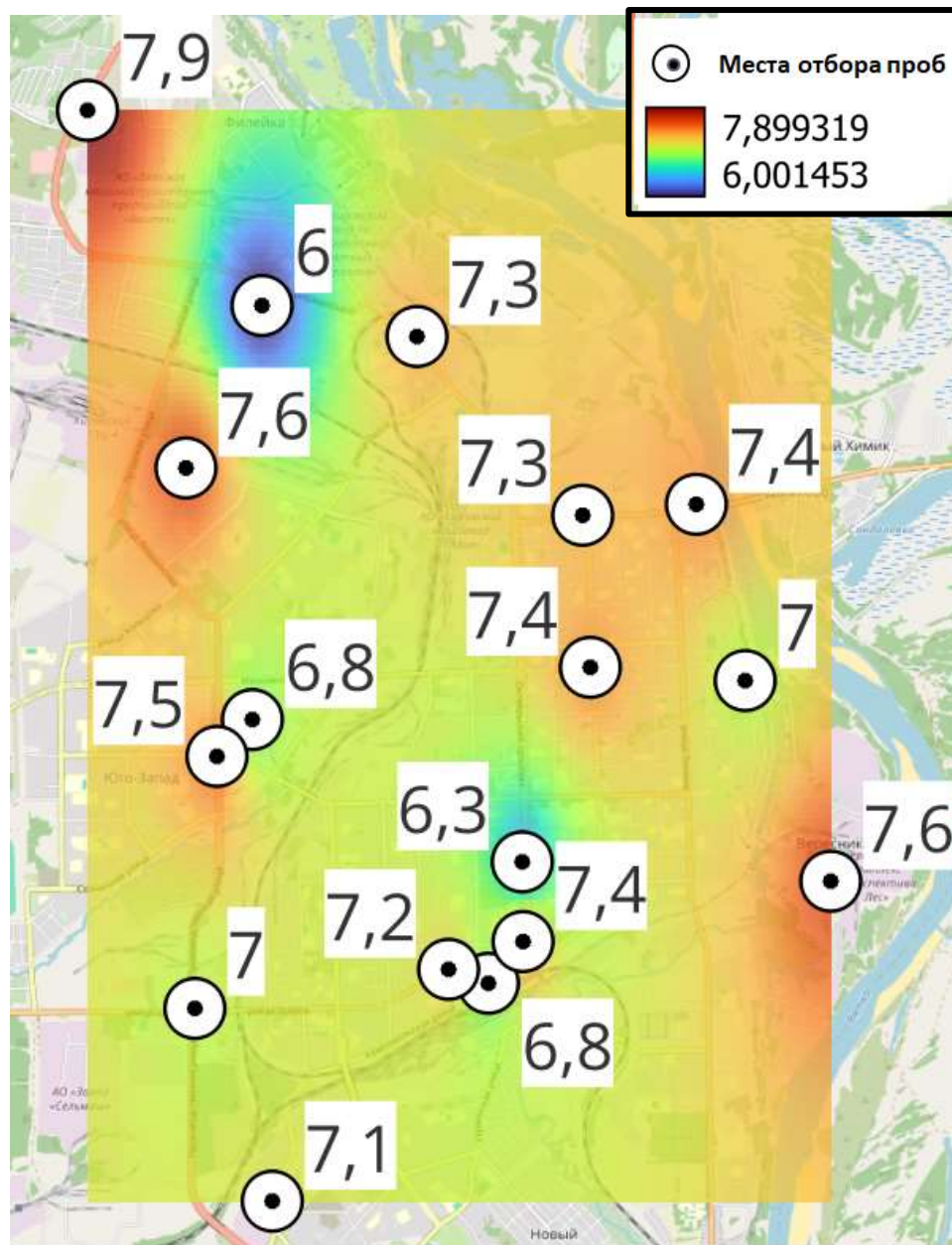
Расположение участков отбора проб почв

Номер участка	Расположение участка	Координаты участков
1	Микрорайон Вересники	58.587400, 49.702540
2	Ул. Крупской	58.631040, 49.619802
3	Ул. Потребкооперации	58.563119, 49.621299
4	Студенческий проезд	58.599657, 49.618396
5	Район нового моста (рядом с заправкой)	58.645826, 49.594419
6	Перекресток ул. Производственной и ул. Воровского	58.596865, 49.613252
7	Перекресток ул. Щорса и ул. Производственной	58.577747, 49.610039
8	Ул. Комсомольская (ж/д вокзал)	58.579654, 49.652733
9	Набережная А. Грина	58.602612, 49.690085
10	Ул. Карла-Маркса (Театральная площадь)	58.603619, 49.667567
11	Пл. Лепсе	58.62985, 49.6403405
12	Ул. Красина	58.580711, 49.646944
13	Ул. Сормовская (АТП)	58.618731, 49.608743
14	Ул. Профсоюзная (БЦ Кристалл)	58.615976, 49.682985
15	Перекресток ул. Профсоюзной и ул. Карла Маркса	58.615145, 49.666450
16	Перекресток Октябрьского пр. и ул. Некрасова	58.582818, 49.657780
17	Октябрьский проспект (Цирк)	58.588863, 49.657662

Карта засоленности почв г. Кирова



Карта кислотности почв г. Кирова



Длина побегов (А) и корней (В) ячменя, выращенных на почве с разных участков г. Кирова

