

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

Институт наук о Земле  
Кафедра геоэкологии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК  
Заведующий кафедрой  
Доктор биологических наук  
\_\_\_\_\_ А.В., Синдирева  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
магистерская диссертация

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА  
ТЕРРИТОРИИ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ТЮМЕНЬ  
И Г. ТОБОЛЬСК)

05.04.06 Экология и природопользование  
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнили работу  
(групповой проект)  
Студенты 2 курса  
Очной  
формы обучения

Родионова Мария  
Александровна

Рыбушкина Светлана  
Александровна

Научный руководитель  
д.г.н.

Московченко Дмитрий  
Валерьевич

Рецензент  
к.г.н., с.н.с. АУ «НАЦ РН  
им. В.И. Шпильмана»

Селиванова Дарья  
Александровна

Тюмень  
2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	6
1.1. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАК ИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	6
1.2. ОПИСАНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ.....	9
1.3. ХАРАКТЕРИСТИКА Г. ТЮМЕНЬ КАК ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	12
1.4. ХАРАКТЕРИСТИКА Г. ТОБОЛЬСК КАК ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	15
1.5. АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СНЕГОТАЛЫХ ВОД .....	17
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	23
2.1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.....	23
2.2. МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.....	33
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	39
3.1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	39
3.2. ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫЙ МИКРОАНАЛИЗ .....	44
3.3. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯ..	46
3.4. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	61
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОБ СНЕГА (Г. ТЮМЕНЬ).....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОБ СНЕГА (Г. ТОБОЛЬСК).....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОТЧЕТ СПЕКТРА ПРОБЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА 3 С...	76

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время зафиксирован активный процесс загрязнения городской атмосферы из-за влияния антропогенных факторов. Снежный покров начали всё чаще использовать в качестве объекта мониторинга состояния атмосферы в городах - как интегральный показатель загрязненности на территориях, где период с отрицательными температурами воздуха продолжается достаточно длительное время. Снег, выступающий в качестве природного концентратора загрязняющих веществ, поступающих воздушным путем, является естественным планшетом-накопителем природных и антропогенных загрязнений в зимний период времени. Содержание загрязняющих веществ в нем на два-три порядка выше по сравнению с атмосферным воздухом, что позволяет определять их концентрацию довольно простыми методами с высокой степенью достоверности. Достаточно одной лишь пробы, взятой по всей толщине снега, чтобы получить достоверные и представительные данные о количестве загрязнений за весь зимний период от образования устойчивого снежного покрова до начала снеготаяния (Машкин, Гуцин и др., 2016).

Поскольку количество и интенсивность атмосферных выпадений меняется каждый год, то полагаться только на абсолютные значения концентрации загрязняющих элементов на территории города является некорректным. Выходом из сложившейся ситуации является отбор фоновых образцов снега и анализ полученных данных с учетом фоновых концентраций.

В период снеготаяния, находящиеся в снеге токсиканты, мигрируют в поверхностные воды, донные отложения, почвы и подстилающие их горные породы. Это приводит к ухудшению общей экологической ситуации города (Айвазова, Варакин и др., 2016).

Поэтому в геоэкологических работах изучение снежного покрова занимает значительную роль, позволяя оценить масштабы загрязнения окружающей среды. До весеннего миграционного цикла загрязняющие

вещества оказываются законсервированными в снежном покрове. Следовательно, химический анализ снега позволит предсказать состав будущих мигрантов в различных природных объектах городских ландшафтов.

Цель исследования: Анализ химического состава снежного покрова на территории юга Тюменской области (на примере г. Тюмень и г. Тобольск).

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить общую характеристику снежного покрова
2. Описать физико-географическую характеристику г. Тюмень и г. Тобольск
3. Проанализировать данные, полученные по результатам выполненных физико-химических и микроскопических методов

В качестве объекта исследования был выбран снежный покров на территории юга Тюменской области (на примере г. Тюмень и г. Тобольск).

Предметом исследования является загрязнение снежного покрова на территории юга Тюменской области (на примере г. Тюмень и г. Тобольск).

В процессе выполнения работы были использованы следующие методы: описание, анализ, физико-химические методы, микроскопические методы, пробоподготовка, статистическая обработка данных, картографирование.

Защищаемое положение:

Антропогенное воздействие на территории городов приводит к подщелачиванию снеготалых вод и росту их минерализации.

На качество снеговых талых вод, а также и на общее экологическое состояние урбанизированной среды напрямую влияет численность населения и количество автотранспорта.

Научная новизна заключается в сравнительном анализе независимых друг от друга городских территорий по показателям физико-химического метода, а также в использовании анализа морфологии или, другими словами, состава микрочастиц.

Магистерская диссертация изложена на 90 страницах и включает в себя введение, три главы, заключение, библиографический список и три приложения.

Исполнители:

Родионова М.А.: подбор литературных источников по теме исследования оценки загрязнения снеготалых вод на территории города Тобольск; анализ проб снеготалых вод г. Тобольск по показателям рН, электропроводности и минерализации; проведение пробоподготовки снеготалых вод для микроскопического анализа; подготовка материала для написания подглавы 3.1. Результаты физико-химического метода по г. Тобольск и приложения 2 Результаты определения физико-химических параметров проб снега (г. Тобольск); обработка статистических данных по показателям рН, электропроводности и минерализации в г. Тобольск;

Рыбушкина С.А.: подбор литературных источников по теме исследования оценки загрязнения снеготалых вод на территории города Тюмень; анализ проб снеготалых вод г. Тюмень по показателям рН, электропроводности и минерализации; проведение пробоподготовки снеготалых вод для микроскопического анализа; подготовка материала для написания подглавы 3.1. Результаты физико-химического метода по г. Тюмень и приложения 1 Результаты определения физико-химических параметров проб снега (г. Тюмень); обработка статистических данных по показателям рН, электропроводности и минерализации в г. Тюмень.

## ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

### 1.1. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАК ИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

Снег - форма атмосферных осадков, состоящая из кристаллов льда (снежинок). Ежегодно покрывает площадь от 115 до 126 млн. км<sup>2</sup>, приблизительно две трети этой территории приходится на сушу, а одна треть на морские льды. Снежный покров, залегающий непрерывно более одного месяца, называется устойчивым, а временным, при условии залегания менее этого срока. Формирование снежного покрова в значительной степени определяется характером земной поверхности и метеорологическими условиями. Снеговой покров является депонирующей средой, в которой аккумулируются загрязняющие вещества (Безносиков, Василевич, Кондратёнок, 2015).

Формирование снежного покрова на земном шаре обусловлено рельефом поверхности, общей циркуляцией атмосферы и географической зональностью. Источником снежного покрова служат твердые осадки, сохраняющиеся на земной поверхности при отрицательных температурах воздуха.

Свежевыпавший снег под нагрузкой собственного веса уплотняется. По мере образования новых слоев снежного покрова нагрузка увеличивается, вызывая еще большее уплотнение. Существенные изменения снежного покрова происходят также из-за процессов таяния и испарения с поверхности, под воздействием жидких осадков и других метеорологических факторов. Процесс таяния снега определяется режимом и количеством поступающей на поверхность солнечной радиации, и интенсивностью ее проникновения в толщу снежного покрова. Эта интенсивность зависит от отражательных свойств поверхности и, в свою очередь, воздействует на эти свойства (Гайнутдинова, Кравчук, Шигабаева, 2018).

Проведение геоэкологической оценки состояния снежного покрова позволяет определить его качественное состояние под воздействием

антропогенных факторов, проследить пространственное распределение загрязняющих веществ по исследуемой территории и получить достоверную картину зон воздействия конкретных промышленных предприятий.

С помощью мониторинга окружающей среды можно собрать очень важную информацию для решения основополагающих научных проблем, связанных на прямую с прогнозированием серьёзных изменений климата Земли, а также для формирования общей экологической политики населения.

Так как снежный покров способен накапливать и сохранять вещества, которые поступают с зимними осадками, то мониторинг снежного покрова осуществляется в рамках мониторинга земель, и позволяет провести оценку поступления токсикантов в почву (Иванов, Королик, Мухаметдинова, 2010).

Снежный покров, обладая свойством накопления загрязняющих веществ, которые адсорбируются на поверхности кристаллов в процессе их выпадения, используется в качестве планшета-индикатора загрязнения атмосферы. Аккумулируемые в снежном покрове пылеаэрозоли сохраняются до снеготаяния и, таким образом, несут в себе значительную сезонную геохимическую информацию. При образовании и выпадении снега в результате процессов сухого и влажного вымывания концентрация пылеаэрозолей в нем оказывается обычно на два-три порядка величины выше, чем в атмосферном воздухе. Поэтому изменения содержания этих веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности.

Загрязняющие вещества, в которых уровни критической нагрузки на данный момент не разработаны, для оценки загрязнения снежного покрова используются фоновые показатели.

Количественное сравнение конкретных загрязняющих веществ в снежном покрове с фоновыми территориями позволяет судить о степени аэротехногенного влияния промышленных предприятий на окружающую среду. Наличие коррелятивных зависимостей между веществами-загрязнителями атмосферного воздуха и их содержанием в снежном покрове позволяют использовать этот тип депонирующей среды для экспрессной

геоэкологической оценки общего уровня загрязнения урбанизированных районов. Снежный покров является индикатором загрязнения атмосферных осадков, атмосферного воздуха, а также загрязнения воды и почв в результате таяния снега.

Оценка загрязнения снежного покрова проводится методом отбора проб с последующим физическим и химическим анализом талой воды. На основе результатов анализа происходит получение данных по наличию приоритетных и специфических загрязняющих веществ в городах и промышленных центрах, а также данных по фоновым концентрациям для природных сред. Физический анализ талой воды проводится по следующим критериям: наличие запаха, интенсивность запаха, цвет, мутность, наличие мусора на поверхности снега. Химический анализ отобранных проб снежного покрова проводится на наличие в нем нитратов, хлоридов, сульфатов, тяжелых металлов, а также в ходе исследования определяют водородный показатель талой воды (Кузнецова, 2015).

Отбор проб снежного покрова производится в период его максимального накопления, незадолго до периода снеготаяния (конец февраля – март) на открытых местах. В месте отбора снегомер врезают на всю толщину снежного покрова до поверхности земли, после чего трубу с керном снега вытаскивают. Время пребывания снега в металлическом снегомере должно быть минимальным. Нижняя часть снегомера и основание столбика снежного керна должны быть тщательно очищены от частиц грунта. Послойный отбор проб снежного покрова позволяет получить динамику загрязнения за зимний сезон, а всего лишь одна проба по всей толще снежного покрова дает представительные данные о загрязнении в период от образования устойчивого снежного покрова до момента отбора пробы (Летенкова, Литвинов, Смержок, 2014).

Основные причины, обуславливающие возможность эффективного применения методов мониторинга снежного покрова следующие:

- Простота в оборудовании и процессе пробоотбора;
- Достоверная величина сухих и влажных выпадений в зимний период;

- Количественное определение суммарных показателей, как сухих, так и влажных выпадений.

## 1.2. ОПИСАНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ

Загрязняющие вещества находятся в снежном покрове в трех формах: газообразной, химически растворенных веществ и твердых нерастворенных частиц. В результате антропогенной деятельности в снежном покрове накапливаются: высокоопасные вещества – мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен; умеренно опасные вещества – бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром; малоопасные вещества – барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетон (Буренина, Данилова, Зубарева, 2014).

Наиболее токсичными среди всех элементов являются тяжелые металлы. Тяжелые металлы – металлы с плотностью более 8 тыс. кг/м<sup>3</sup>. К тяжелым металлам относят: свинец, ртуть, цинк, стронций, кадмий, медь, хром и др. Включаясь в круговорот веществ и накапливаясь в природной среде, тяжелые металлы ведут к ее загрязнению и являются токсичными для организмов. Металлы содержатся в большинстве видов промышленных, энергетических и автотранспортных выбросов в атмосферу и являются индикаторами техногенного воздействия этих выбросов на окружающую среду (Таблица 1).

Таблица 1

### Источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду (Бабкина, Белозубова, Горбунова, 2016)

Элемент	Источники поступления
Pb	Выбросы предприятий электроэнергетики, металлургии, машиностроения, металлообработки, электротехники, химии и нефтехимии, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной, пищевой промышленности, производства стройматериалов, автотранспорта.
Zn	Выбросы предприятий цветной металлургии, мусоросжигающих заводов, при истирании покрышек.

Элемент	Источники поступления
Cu	Выбросы предприятий цветной металлургии (98,7% всех антропогенных выбросов Cu); сжигание этилированного бензина.
Ni	Выбросы предприятий цветной металлургии (97% всех антропогенных выбросов Ni); сжигание топлива.
Co	Сжигание топлива.
Fe	Выбросы предприятий по производству стройматериалов
Mn	Выбросы предприятий черной металлургии (60% всех выбросов Mn), машиностроения и металлообработки (23%), цветной металлургии (9%), мелкие источники (сварочные работы и др.).
Cr	Выбросы предприятий черной и цветной металлургии (легирующие добавки, сплавы, огнеупоры), машиностроения (гальванические покрытия)
V	Выбросы предприятий электроэнергетики, черной металлургии, автотранспорта.
Ti	Выбросы предприятий.
As	Сжигание топлива, выбросы предприятий электроэнергетики, по производству стройматериалов.

Тяжелые металлы чаще всего рассматриваются не с химической, а с медицинской и экологической сторон, поэтому учитываются его биологическая активность, токсичность и объем использования в хозяйственной деятельности. С одной стороны, тяжелые металлы, такие как железо, медь, цинк, молибден, участвуют в биологических процессах и в определенных количествах являются необходимыми для функционирования растений, животных и человека микроэлементами. С другой стороны, тяжёлые металлы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на организм человека, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний. Не имеющие полезной роли в биологических процессах металлы, такие как свинец и ртуть, определяются, как токсичные металлы. Локальные концентрации свинца в снежном покрове могут достичь очень больших значений вблизи основных автомагистралей. Промышленные аэрозольные выбросы могут захватываться падающими

снежинками, в результате чего в снежном покрове на обширных территориях существенно возрастают концентрации свинца и цинка – металлов, особо токсичных для флоры и фауны. Некоторые элементы, такие как ванадий или кадмий, обычно имеющие токсичное влияние на живые организмы, могут быть полезны для некоторых видов (Айвазова, Варакин, 2015).

В городской среде основным источником загрязнения является автомобильный транспорт. При использовании в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) дизельного топлива в отработавших газах содержится диоксид серы. Дизельные ДВС выбрасывают в больших количествах сажу, которая в чистом виде нетоксична. Однако частицы сажи несут на своей поверхности частицы токсичных веществ, в том числе канцерогенных. Сажа может длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе, увеличивая тем самым время воздействия токсических веществ на человека.

Количество вредных веществ, поступающих в атмосферу в составе отработанных газов, зависит от общего технического состояния автомобилей, их грузоподъемности, вида эксплуатации и особенно от двигателя – источника наибольшего загрязнения (при нарушении регулировки карбюратора выбросы СО увеличиваются в 4–5 раз).

Применение этилированного бензина, имеющего в своем составе соединения свинца, вызывает загрязнение атмосферного воздуха токсичными его соединениями (Сухоцкая, Топчилко, 2017).

Около 70 % свинца, добавленного к бензину с этиловой жидкостью, попадает в атмосферу с отработанными газами. Из них 30 % оседает на снегу сразу, а 40 % остается в атмосфере и оседает постепенно. Один грузовой автомобиль средней грузоподъемности выделяет 2,5–3 кг свинца в год.

Однако не только двигатель и топливная система автомобиля являются источниками загрязнения атмосферы. Каждый легковой автомобиль до полного износа рисунка протектора шин выбрасывает в окружающую среду в среднем 14,2 кг резиновой пыли, а грузовой автомобиль или автобус – 92,2 кг. В состав

такой резиновой пыли входят вредные вещества, которые распространяются в почве и атмосфере.

Все эти примеси сохраняются в толще снега в течение холодного времени. С наступлением теплого периода, температура воздуха повышается, вода из твердого состояния переходит в жидкое. Токсичные вещества, растворяясь в воде, становятся менее ядовитыми, а те примеси, которые не взаимодействуют с водой, оседают на поверхности почвы. Сюда же можно отнести и резиновую пыль от автомобильных шин, которая не вступает в реакцию с водой, но является источником соединений серы. С потоками воды данные вещества частично поступают в верхние слои почвы, а часть вымывается стоками и попадает в водоемы и грунтовые воды (Сухоцкая, Топчилко, 2017).

Также стоит отметить, что существенное влияние на загрязнение снежного покрова оказывает использование антигололédных реагентов в зимний период времени. Главное свойство данных реагентов — это понизить точку плавления снега. У всех антигололедных веществ неотъемлемой частью должен быть сертификат или паспорт безопасности, который подтверждает, что данный реагент не несёт вреда экологии окружающей среды и здоровью человека.

### 1.3. ХАРАКТЕРИСТИКА Г. ТЮМЕНЬ КАК ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Город Тюмень, имеющий более чем 400-летнюю историю, располагается на реке Тура, в юго-западной части Западно-Сибирской низменности.

По данным на 2021 г. численность г. Тюмень составляет 816 700 чел. И эта цифра далеко не предел. Город признан одним из самых быстрорастущих в России (Боев, Лежнина, 2012).

Город Тюмень является крупным транспортным узлом. Через город проходит Транссибирская железнодорожная магистраль «Москва –

Владивосток», в настоящее время – единственная трансконтинентальная железная дорога, полностью проходящая по территории РФ. К ней примыкает железнодорожная линия «Тюмень – Новый Уренгой», обслуживающая перевозки северных округов. Основная особенность Тюменского транспортного узла состоит в том, что он является единственной точкой подключения к общероссийской транспортной сети основных транспортных коммуникаций Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и Ямало-Ненецкого автономного округа.

К числу основных автомобильных дорог относятся федеральные автодороги на Екатеринбург, Омск, Сургут и Курган. По ним же осуществляется связь города Тюмени почти со всеми районами области. Город имеет два аэропорта.

К климатическим особенностям города относят очень непредсказуемую смену погоды. Резко континентальный климат обусловлен географическим расположением города на Западно-Сибирской равнине в подтаёжной зоне. Из-за такого местонахождения на погоду в городе влияют холодные атмосферные фронты с Северного Ледовитого океана и горячие ветры с казахских степей.

Среднемесячная температура самого холодного месяца января от  $-18^{\circ}$  до  $-20^{\circ}$ . Средние июльские температуры составляют около  $+18^{\circ}$ . Годовое количество осадков 400-600 мм. Распределение снежного покрова по поверхности достаточно равномерное. Общие запасы воды в снежном покрове в среднем достигают 90-120мм (Гонтарь, Жиров, Салтан, 2015).

В г. Тюмень на данный момент времени действуют более 15 тысяч предприятий и организаций промышленности, энергетики, машиностроения, металлообработки и многие другие.

Город Тюмень можно отнести к числу крупных урбанизированных центров. Промышленные узлы размещены преимущественно вдоль границ селитебной территории. Предприятия города территориально группируют в девять промышленных узлов: Бабарынка, Затюменский, Центральный, Южный,

Юго-восточный, Прибрежный, Энтузиастов, Тарманский и Северный (Рисунок 1).

Наблюдается трансграничный перенос загрязнителей из уральского промышленного комплекса, как воздушный перенос, так и с подземными и поверхностными водами р. Тура.

Стоит отметить, что местонахождение промышленных узлов распределено по всей части города. Исходя из розы ветров мы можем сделать вывод, что городская территория постоянно оказывается под влиянием загрязнителей от антропогенных факторов.

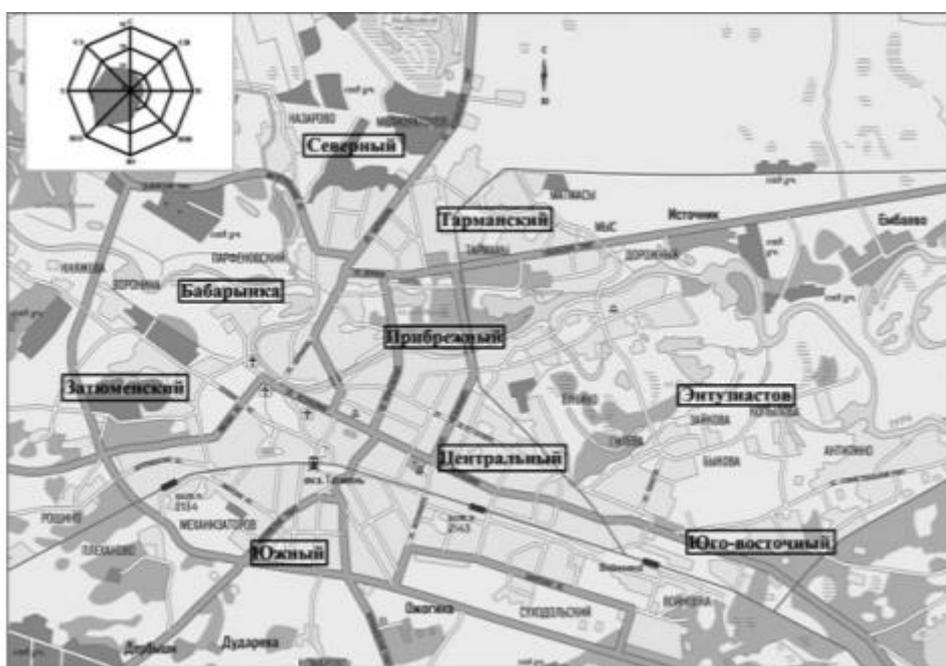


Рис.1. Схема размещения промышленных узлов г. Тюмени  
(Гарманова, Ларина, 2015)

Особое место в комплексе геоэкологических проблем Тюмени занимает загрязнение снежного покрова, которому могут способствовать:

- ❖ Трансграничный перенос загрязняющих веществ кислотной природы;
- ❖ Выбросы городских теплоэлектростанций, работающих на газе;
- ❖ Высокие темпы роста автомобильного парка.

Трансграничный региональный перенос кислотной природы связан с положением Тюмени относительно крупных промышленных центров

Свердловской области (г. Екатеринбург, Нижний Тагил, Каменск-Уральский и др.). От стационарных промышленных источников области в атмосферный воздух ежегодно поступает около 1500 тыс. т загрязняющих веществ, что составляет более 7% (2-ое место) по Российской Федерации.

Основными источниками загрязнения атмосферы являются транспорт и промышленные предприятия.

В Тюменском районе насчитывается большое количество промышленных предприятий. Хотим выделить особую группу экологически опасных предприятий — это ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, аэропорт, ОАО «Российские железные дороги» и др.

#### 1.4. ХАРАКТЕРИСТИКА Г. ТОБОЛЬСК КАК ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Тобольск— город в Тюменской области России. Административный центр городского округа город Тобольск и Тобольского района. Расположен на севере Тюменской области, в месте впадения Тобола в Иртыш. По данным на 2021 г. численность г. Тобольск составляет 102 279 чел.

Климат характеризуется следующими особенностями: суровая холодная зима с длительными морозами и устойчивым снежным покровом, короткие весна и осень, непродолжительный безморозный период (Алимова, Попова, Токарева, 2017).

Климат территории континентальный, в летнее время формирующийся главным образом под воздействием циклонов, перемещающихся с запада. Однако внедрение арктического воздуха вызывает похолодание и заморозки в начале и конце летнего периода. В зимнее время континентальность климата усиливают антициклоны Центральной Азии, обуславливая относительную суровость зимнего периода.

По всему району в течение 5 месяцев, начиная с ноября и по март, средние месячные температуры воздуха остаются отрицательными, а с апреля по октябрь – положительными.

Среднесуточная температура самого холодного периода с ноября по март  $-22^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура самого жаркого периода – июля  $+23,6^{\circ}\text{C}$ .

На территории района наибольшее количество осадков - твердые, наименьшее количество - смешанные осадки. Наиболее продолжительные по времени (с апреля по октябрь) являются жидкие осадки- 470-500 мм. В зимний период регистрируется по 15-24 мм осадков в месяц. Большая часть осадков, таким образом, приходится на летние месяцы года (июнь-август) -58-72 мм.

Город Тобольск считается основным узлом южной части севера Тюменской области, второй по численности город этого региона, административно-экономический центр для трёх районов - Тобольского, Вагайского и Уватского. С началом освоения нефтяных и газовых месторождений этой территории Тобольск оказался одним из промежуточных транспортных центров на связывающих Тюмень и города Приобья железнодорожной и автодорожной магистралях. Также в районе Тобольска по направлению к Европейской России проходит ряд магистральных нефте- и газопроводов. Тобольск является крупнейшим промышленным центром страны в области переработки сжиженных углеводородных газов, а также производства полимеров и мономеров (Девятова, Казьмин и др., 2010).

Территория промышленной зоны города образована предприятиями нефтехимии и электроэнергетики, которая находится в восточном направлении на расстоянии 8 км от черты городской жилой застройки. Сырьем для всех предприятий является природный газ. А также в городе зарегистрирована крупнейшая газо- и нефтехимическая компания России «Сибур Холдинг». В связи с этим геохимическая оценка территории промзоны представляет значительный интерес в плане текущих и последующих мониторинговых наблюдений.

## 1.5. АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СНЕГОТАЛЫХ ВОД

Нами было проанализировано большое количество литературных источников на тему исследования анализа загрязнения снеготалых вод на территории городов Тюмени и Тобольска. Приводим в пример 7 из них:

- Статья Соромотина А.В. и Факащук Н.Ю. «Оценка состояния снежного покрова и почв Тобольской промзоны» посвящена проблеме загрязнения окружающей природной среды промышленными предприятиями г. Тобольска. Проведено геохимическое исследование снежного покрова и почвы в промышленной зоне города и ее окрестностях. Определены концентрации нефтепродуктов, сульфат-ионов, взвешенных частиц и рН. По сравнению с фоновым уровнем, в снежном покрове городской территории обнаружены единичные превышения взвешенных частиц и нефтепродуктов. Не отмечено прямой связи между локализацией загрязненных участков и преимущественными направлениями распространения выбросов от промышленных источников. Установлено, что промышленная зона г. Тобольска и ее окрестности не испытывают значительного влияния со стороны промышленных предприятий.

Основными загрязнителями снежного покрова являются нефтепродукты и взвешенные частицы, концентрации которых могут значительно превышать фоновые значения в отдельных точках. Распределение повышенных концентраций загрязняющих веществ по территории носит случайный характер, что говорит об отсутствии выраженной связи распространения загрязнений с выбросами предприятий промзоны города с розой ветров. Вероятно, единичные превышения обусловлены не только деятельностью промышленных предприятий, но и автотранспорта, печного отопления жилых строений. Загрязнение снежного покрова и почв территории, прилегающей к промышленной зоне г. Тобольска, не представляет опасности для функционирования местных экосистем (Соромотин, Факащук, 2017).

- В статье Боева, В.А., Лежниной А.А. «Тяжелые металлы в снежном покрове Тюменского района Тюменской области» представлена характеристика многолетних трендов распределения тяжелых металлов в снежном покрове Тюменского района.

Следует отметить, что город Тюмень, несомненно, оказывает значительное влияние на загрязнение снежного покрова исследуемого района. По данным исследований четко прослеживается тенденция уменьшения абсолютных и предельно-допустимых концентраций тяжелых металлов в снежном покрове по мере удаления от города.

Таким образом, анализ пространственного распределения тяжелых металлов в снежном покрове Тюменского района позволяет выявить общую закономерность — тенденция их накопления в зонах максимальной транспортной нагрузки на фоне общего загрязнения исследуемого района воздушными массами, приходящими со стороны Свердловской области (Боев, Лежнина, 2012).

- В статье Гайнутдиновой В.В., Кравчук А.Ю., Шигабаевой Е.Н. «Мониторинг аэрозольного загрязнения и распределения тяжелых металлов в снежном покрове города Тюмень» проведено исследование проб снежного покрова в различных районах г. Тюмени на содержание взвешенных веществ и тяжелых металлов – свинца и хрома. Установлено, что все показатели варьируют в значительной степени, достигая наибольших значений в зонах максимальной автотранспортной нагрузки и вблизи железнодорожной магистрали. Загрязнение пылью в зависимости от точек отбора значительно отличается. В основном загрязнение снежного покрова колеблется в пределах от 0,42 до 94,2 г/м<sup>2</sup>. В ходе данного исследования было выяснено, что более всего загрязнена территория, расположенная возле железнодорожного вокзала. Далее по загрязнению идут крупные заводы города Тюмень: Антипинский НПЗ, Металлургический завод «Электосталь Тюмень», территории вблизи крупных транспортных развязок и мостов, таких как мост Мельникайте, Челюскинцев, Алебашевский, Монтажников, а также вблизи аэропорта,

оживленных центральных дорог Ленина, Республики, автовокзала. По результатам исследования, наименее всего загрязнены отдаленные населенные пункты, такие как село Княжево, микрорайон Березняковский, поселок Утешево (Гайнутдинова, Кравчук, Шигабаева, 2018).

- Статья Т.В. Гармановой, Н.С. Лариной «Мониторинг загрязнения снежного покрова пылеаэрозолями в городе Тюмень» посвящена оценке, характеристике и динамике изменения пылевого загрязнения атмосферы города Тюмени в зимний период на основе исследования снежного покрова.

Изучение твердой и жидкой фаз снегового покрова урбанизированных территорий позволяет установить источники пылевого и ионного загрязнения атмосферы, оценить ореолы их рассеяния на территории города и факторы их определяющие. На исследуемой территории наблюдается некоторое снижение абсолютных концентраций пылеаэрозолей в снежном покрове, при этом коэффициенты концентрирования возросли более чем на порядок. Такое несоответствие свидетельствует о существенном различии условий формирования осадков (малоснежная зима 2011 г. и выпадение осадков в короткие промежутки времени). Все промышленные зоны г. Тюмень относятся к территориям с высокой степенью загрязнения пылеаэрозолями и тяжелыми металлами. Ореолы, фиксирующие наиболее высокий уровень техногенной нагрузки, только в некоторых районах ориентированы в направлении господствующих ветров. Определяющим фактором на большей части города является архитектурно-планировочная структура. Значительный вклад в загрязнение снежного покрова и атмосферы вносит расположение автомагистралей (Гарманова, Ларина, 2012).

- По результатам исследования статьи Лариной Н.С., Курановой М.Н., Палецких Н.С «Химико-экологический мониторинг снежного покрова города Тюмени» исследуемые районы относятся к районам с высокой степенью загрязнения, и лишь район Земельного комитета, который значительно удален от дорог, относится к средней степени загрязнения. Также характеристикой

загрязнения снега может служить коэффициент превышения ПДК тяжелых металлов, которые при снеготаянии могут попасть в другие природные среды.

Максимальные значения данного показателя для цинка, меди и свинца отмечены для проб, отобранных в районах Аккумуляторного завода, Гилевской роши, роша Оловянного, Центральной площади и сквера ЭГФ. В 2006 году в снеге содержание свинца значительно ниже, чем его содержание в 1998, 2004 и 2005 года. Цинк обнаружен лишь в пылевой компоненте снега 2006 года и в 2 – 3 раза больше, чем в другие годы. Концентрация меди в снежном покрове 2006 года превышает значение прошлых лет в несколько раз и большая ее часть находится в пылевой компоненте (Куранова, Ларина, Палецких, 2006).

- По результатам исследования Фёдоровой О.А. Четыркиной А. Д. «Влияние противогололедных реагентов на окружающую среду (на примере г. Тюмень)» было выявлено, что использование химических реагентов с высоким содержанием солей для борьбы с гололёдными явлениями, наряду с положительным эффектом, сопровождается негативными экологическими последствиями. Во-первых, ведёт к засолению и подщелачиванию талых снеговых и почвенных вод, усиливая тем самым аккумуляцию элементов тяжёлых металлов (свинца, кадмия, цинка и др.) в почвах и городской пыли до экологически опасного уровня. Во-вторых, содержание в противогололедных реагентах микропримесей специфического химического состава, рассеиваемых при хозяйственном использовании реагентов, ухудшает эколого-геохимическое состояние экосистемы. Наибольшее содержание катионов в отобранных пробах было выявлено вблизи автодорог, парков и промышленности (Фёдорова, Четыркина, 2018).

Значение рН во всех исследуемых пробах выше нормы, что говорит о наличии минеральных загрязнений. Содержание исследуемых ионов в снежном покрове на территории города превышает фоновые значения.

Вывод: Снег - форма атмосферных осадков, состоящая из кристаллов льда (снежинок).

Проведение геоэкологической оценки состояния снежного покрова позволяет определить его качественное состояние под воздействием антропогенных факторов, проследить пространственное распределение загрязняющих веществ по исследуемой территории и получить достоверную картину зон воздействия конкретных промышленных предприятий.

Снежный покров, обладая свойством накопления загрязняющих веществ, которые адсорбируются на поверхности кристаллов в процессе их выпадения, используется в качестве планшета-индикатора загрязнения атмосферы. Аккумулируемые в снежном покрове пылеаэрозоли сохраняются до снеготаяния и, таким образом, несут в себе значительную сезонную геохимическую информацию.

Город Тюмень является крупным транспортным узлом. Через город проходит Транссибирская железнодорожная магистраль. Город Тюмень можно отнести к числу крупных урбанизированных центров. Промышленные узлы размещены преимущественно вдоль границ селитебной территории. Основными источниками загрязнения атмосферы являются транспорт и промышленные предприятия.

Город Тобольск считается основным узлом южной части севера Тюменской области, второй по численности город этого региона, административно-экономический центр для трёх районов - Тобольского, Вагайского и Уватского. С началом освоения нефтяных и газовых месторождений этой территории Тобольск оказался одним из промежуточных транспортных центров на связывающих Тюмень и города Приобья железнодорожной и автодорожной магистралях. Территория промышленной зоны города образована предприятиями нефтехимии и электроэнергетики. А также в городе зарегистрирована крупнейшая газо- и нефтехимическая компания России «Сибур Холдинг» (Девятова, Казьмин, 2010).

Нами было проанализировано большое количество литературных источников на тему исследования анализа загрязнения снеготалых вод на территории городов Тюмени и Тобольска. Также изучалась литература по теме

геохимических исследований снежного покрова. Помимо представленных источников нами было отобрано большое количество статей по исследуемой теме, которые также были проанализированы для получения более подробной информации, которая используется в тексте научного исследования. В большинстве работ основным источником загрязнения снежного покрова является антропогенная нагрузка от автотранспорта.

## ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Изучение химических свойств снеготалых вод проводится в рамках работ по гранту РФФИ №19-05-50062 «Эколого-геохимическая оценка выпадений снеговой и дорожной пыли в северных районах Западной Сибири». Отбор проб снега был проведен в городах Тюмень, Тобольск и на прилегающих фоновых участках. Так как в исследуемых нами городах одним из основных источников экологического загрязнения является автотранспорт, то отбор проб был произведен в основном вдоль транспортных дорог для дальнейшей оценки выпадений снеговой и дорожной пыли в снежном покрове.

Для физико-химического метода исследования снеготалых вод нами проанализирована 61 проба снежного покрова на территории г. Тюмень (из которых 11 фоновых) и 31 проба снежного покрова на территории г. Тобольск (из которых 7 фоновых) по показателям pH, электропроводности и общей минерализации (Рисунок 2, Рисунок 3). Работы проводились в химической лаборатории НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов ТюмГУ.



Рис. 2. Пробы снежного покрова на территории г. Тюмень  
(по данным авторов)



Рис. 3. Пробы снежного покрова на территории г. Тобольск  
(по данным авторов)



Рис.4. Карта-схема контрольных точек опробования г. Тюмень  
(по данным авторов)

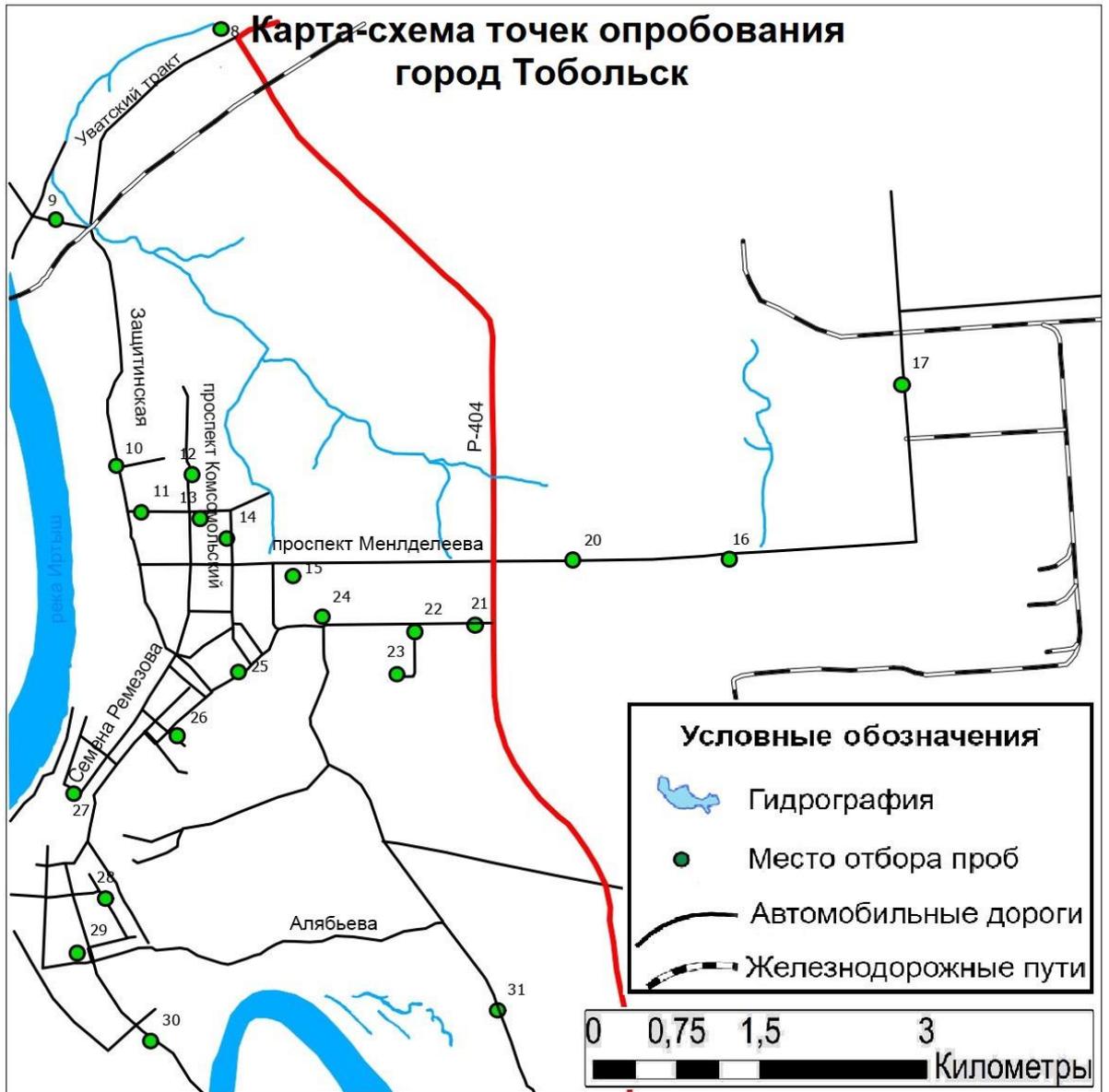


Рис.5. Карта-схема контрольных точек опробования г. Тобольск

(по данным авторов)

## pH

Активная реакция воды, т. е. степень ее кислотности или щелочности, характеризуется количественно концентрацией водородных или гидроксильных ионов.

Таблица 2

Градация вод по кислотности  
(Амикишиева, Рапута, Ярославцева, 2018)

Группы вод	Показатели pH
Сильнокислые	pH < 3
Кислые	pH = 3,0-5,0
Слабокислые	pH = 5,0-6,5
Нейтральные	pH = 6,5-7,5
Слабощелочные	pH = 7,5-8,5
Щелочные	pH = 8,5-9,5
Сильнощелочные	pH > 9,5

Величина pH является важной характеристикой оценки качества воды, она же служит вспомогательной величиной при различных аналитических расчетах. У большинства поверхностных вод pH колеблется в пределах от 6,5 до 8,5; подземные воды иногда имеют повышенное значение pH; кислую реакцию среды имеют воды сульфидных и колчеданных месторождений, воды болот. Обычно pH природных вод является величиной постоянной, что обусловлено наличием буферной системы, состоящей из свободной углекислоты и гидрокарбонатов, поэтому заметные изменения pH могут быть показателем загрязнения воды бытовыми или промышленными стоками. Дистиллированная вода вследствие растворения диоксида углерода из воздуха может иметь pH до 5,7. В атмосферных осадках концентрация ионов водорода (pH) обычно колеблется в интервале 4,6-6,1 ед.pH (Артамонова, Ермолов и др., 2005).

Знание pH необходимо для выбора правильного режима обработки воды, определения ее коррозионного действия и выбора способа обеззараживания.

сохранение рН близким к нейтральному необходимо для нормального протекания некоторых процессов ее очистки и для использования в быту и промышленности.

Электрометрический метод определения рН основан на измерении электродвижущей силы (ЭДС) элемента, в котором один из электродов обратим относительно водорода, а другой является электродом сравнения. В зависимости от величины рН и характера исследуемого раствора применяют тот или иной измерительный электрод. К самым надежным и точным измерительным электродам относится стеклянный, который применяется в средах с рН от 2 до 11 при погружении стеклянного электрода в раствор между его поверхностью и раствором происходит обмен ионами и возникает разность потенциалов, величина которой зависит от концентрации ионов водорода в растворе и температуры. Для измерения этой разности потенциалов создают электрическую цепь. значение рН регистрируется шкалой милливольтметра, градуированного в единицах рН. Электрометрический метод предназначен для наиболее точного определения рН. Результат определения рН этим методом зависит от температуры пробы, влияние которой компенсируется специальным термокомпенсатором, вмонтированным в прибор (Белошейкина, Таловская, Язиков, 2017).

Приборы, посуда

- ❖ Лабораторный ионметр (HI83141)
- ❖ Лабораторный ионметр (HydroMaster НМ-500)
- ❖ стакан химический на 100 мл
- ❖ Фильтровальная бумага
- ❖ Дистиллированная вода

Определение рН производилось с помощью лабораторных ионметров (Рисунок 6).



Рис. 6. Лабораторный иономер HI83141 и лабораторный иономер HydroMaster HM-500  
(по данным авторов)

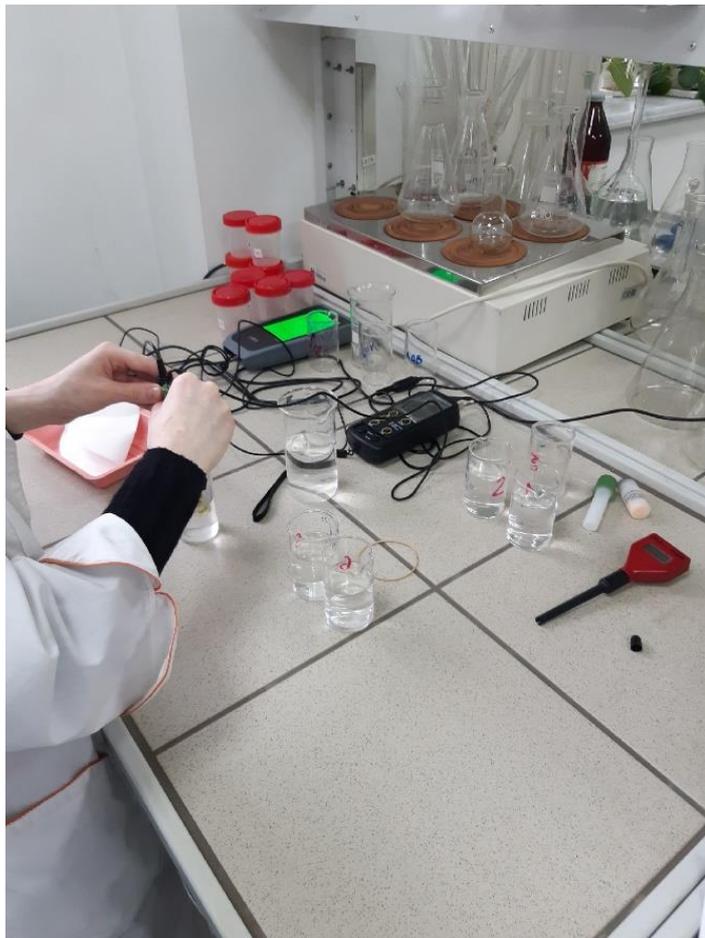


Рис. 7. Работа с лабораторным иономером HI83141 и лабораторным иономером HydroMaster HM-500 (по данным авторов)



Рис. 8. Работа с лабораторным ионометром HI83141 и лабораторным ионометром HydroMaster HM-500 (по данным авторов)

После окончания измерения заменяют стакан с исследуемой водой стаканом с дистиллированной водой.

Электроды и термометр перед и после каждого погружения в используемый раствор необходимо промывать дистиллированной водой и удалять ее остатки фильтровальной бумагой. Между определениями и по окончании работы с прибором электроды должны оставаться погруженными в стакан с дистиллированной водой.

#### Электропроводность

Электропроводность (ЕС). Общее солесодержание определяет осмотическое давление, но эту величину трудно измерить практически. Поэтому удобнее для определения общего содержания растворенных солей использовать свойство водных растворов проводить электрический ток. Чем больше в воде диссоциированных молекул, тем выше ее электропроводность.

Как правило, чем выше жесткость воды, тем больше ее удельная электропроводность. Единицей измерения служат сименс (См) или микросименс (мкСм). Чаще всего ее выражают в виде удельной электропроводности (отнесенной к единице длины проводника) в мкСм/см (Болгова, Мухортов, 2016).

Минеральную часть воды составляют ионы ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ). Именно эти главные ионы и обуславливают в основном электропроводность природных вод. Присутствие других ионов не сильно влияет на электропроводность, если последние, например,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  и др. не содержатся в воде в значительных количествах, например, ниже выпусков производственных или хозяйственно-бытовых сточных вод. По значениям электропроводности природной воды можно приблизительно судить о минерализации воды с помощью предварительно установленных зависимостей. Так, для воды большинства чистых рек удельная электропроводность варьирует от 30 до 1500 мкСм/см (микросименс на сантиметр). Минерализация подземных вод и соленых озер изменяется от 40-50 мг/дм<sup>3</sup> до 650 г/дм<sup>3</sup> (плотность воды в этом случае уже значительно отличается от единицы). Удельная электропроводность атмосферных осадков (с минерализацией от 3 до 60 мг/дм<sup>3</sup>) составляет 20-120 мкСм/см.

Электропроводность воды зависит не только от концентрации растворенных минеральных солей, но от различной удельной электропроводности растворов различных солей, а также от температуры. Несмотря на это, удельная электропроводность – быстро определяемый приблизительный показатель суммарной концентрации электролитов, удобный суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия, который используется в программах наблюдений за состоянием водной среды.

Определение электропроводности производилось с помощью кондуктометра (Рисунок 6).

### Общая минерализация

Минерализация представляет собой суммарный количественный показатель содержания растворенных в воде веществ (TDS – total dissolved solids). Этот параметр также называют содержанием растворимых твердых веществ или общим солесодержанием, так как растворенные в воде вещества находятся именно в виде солей. К числу наиболее распространенных относятся неорганические соли (в основном бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия) и небольшое количество органических веществ, растворимых в воде. Уровень солесодержания в воде обусловлен качеством воды в природных источниках (которые существенно варьируются в разных геологических регионах вследствие различной растворимости минералов). Кроме природных факторов, на общую минерализацию воды большое влияние оказывают промышленные сточные воды, городские ливневые стоки (особенно когда соль используется для борьбы с обледенением дорог) и т.п.

Минерализацию обычно характеризуют двумя определяемыми показателями: сухим остатком (мг/дм<sup>3</sup>) и жесткостью (моль-экв. /дм<sup>3</sup>), а также приблизительно по электропроводности. Сухой остаток характеризует суммарное содержание в воде растворенных неорганических веществ. Он определяется весовым методом после выпаривания пробы воды в фарфоровой чашке на водяной бане и высушивания чашки при 105°C. В процессе обработки из нее удаляются летучие компоненты и вещества, разлагающиеся с образованием летучих компонентов.

Таблица 3

#### Характеристика вод по минерализации (Булыгина, Коршунова, Разуваев, 2017)

Наименование воды	Общая минерализация г/дм <sup>3</sup>
Ультрапресная	До 0,1
Пресная	Более 0,1 до 1,0
Слабопресная	Более 1,0 до 3,0
Солёная	Более 3,0 до 10,0
Сильносолёная	Более 10,0 до 50,0
Рассол	Более 50,0 до 300,0
Ультрарассол	Более 300

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды суммарная минерализация не должна превышать  $1000 \text{ мг/дм}^3$ . По согласованию с органами санэпиднадзора для водопровода, подающего воду без соответствующей обработки (например, из артезианских скважин), допускается минерализация до  $1500 \text{ мг/дм}^3$ . Такие нормируемые величины минерализации соответствуют удельной электропроводности в  $2 \text{ мСм/см}$  и  $3 \text{ мСм/см}$ , соответственно, в случае как хлоридной (в пересчете на  $\text{NaCl}$ ), так и карбонатной (в пересчете на  $\text{CaCO}_3$ ) минерализации воды. Определение общей минерализации производилось с помощью кондуктометра (коэффициент пересчёта =  $0,07$ ) (Рисунок 9-10).



Рис. 9. COM 100 Прибор для измерения уровня общей минерализации (солесодержания), электропроводности и температуры воды (по данным авторов)

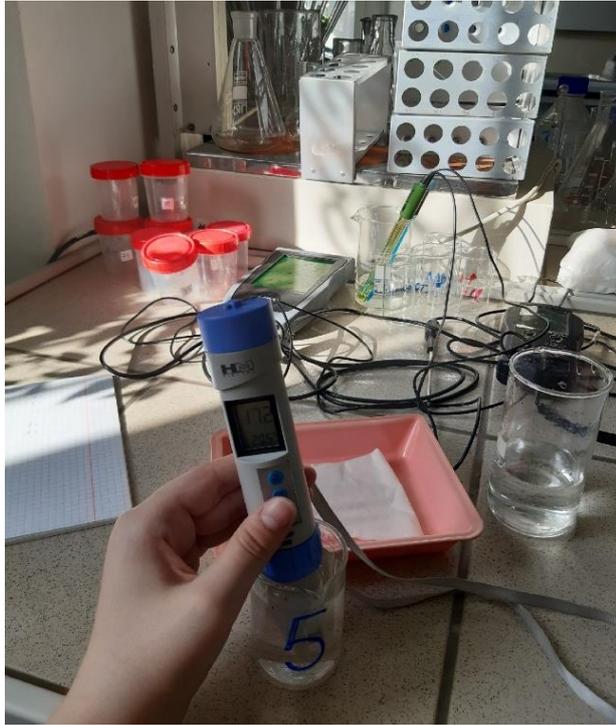


Рис. 10. Работа с прибором COM 100  
(по данным авторов)

Измерительную ячейку (датчик) ополаскивают дистиллированной водой, Отобранную воду комнатной температуры наливают в стакан и опускают в нее электрод кондуктометра. Ячейка электрода должна быть полностью погружена в воду. Воду перемешивают электродом и снимают показания прибора в режиме «удельная электропроводность» в мкСм/см или в пересчете на хлорид натрия в мг/дм<sup>3</sup> (Воронов, Голохваст и др., 2015).

## 2.2. МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Для дальнейшего анализа нами была проведена пробоподготовка. Пробы прошли фильтрацию через беззольный бумажный фильтр (Рисунок 11).



Рис.11. Фильтрация талой воды через беззольный бумажный фильтр  
(по данным авторов)



Рис. 12. Фильтрация талой воды через беззольный бумажный фильтр  
(по данным авторов)

Затем, выпаривали пробы снежного покрова до образования сухого остатка для микроскопического анализа на электронном микроскопе ТМ 3000. (Рисунок 13).



Рис. 13. Выпаривание воды для микроскопического анализа  
(по данным авторов)

Далее пробы были переданы для дальнейшего микроскопического анализа в лабораторию.

Принцип действия растрового электронного микроскопа основывается на анализе вторичных или отраженных электронов, возникающих при взаимодействии электронного зонда с веществом. При этом в основу формирования изображения поверхности изучаемого объекта положен способ телевизионной разведки посредством сканирования первичного пучка электронов по поверхности образца. Изображение исследуемого объекта получается на экране и фиксируется при съемке на фотопленку или в памяти ЭВМ (Курчатова, Рогов, 2020).

Для анализа морфологии или состава микрочастиц нами была проведена пробоподготовка. Пробы массой 30-50 мл прошли фильтрацию через беззольный бумажный фильтр. Затем, выпаривали пробы снеготалых вод в водяной бане до образования сухого остатка. Пробы были помещены в

стеклянные кюветы и переданы для дальнейшего микроскопического анализа на электронном микроскопе ТМ 3000 (Рисунок 14) (Курчатова, Рогов, 2020).

Система регистрации и управления микроскопа включает в себя несколько устройств, ответственных за формирование изображения. Это система сканирования, детектор отраженных или вторичных электронов, усилители и видеоконтрольное устройство. Особенностью РЭМ (растровая электронная микроскопия) является возможность проведения сканирования (передвижения электронного зонда) по поверхности образца. При этом важно, чтобы существовало однозначное соответствие «от точки к точке» между поверхностью образца и изображением на экране прибора. Это достигается синхронизацией передвижения электронного зонда по заданному участку образца и развертки электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Сформированное на экране изображение характеризуется несколькими главными параметрами: способом и скоростью сканирования, увеличением, разрешением и глубиной фокуса. Площадь экрана – величина постоянная, а площадь на образце, по которой сканирует пучок, и информация, с которой передается на экран, меняется в зависимости от увеличения. С ростом увеличения уменьшается площадь сканирования и, одновременно, меняется разрешение прибора и глубина фокуса, так эти величины взаимосвязаны (Курчатова, Рогов, 2020).

Одним из преимуществ РЭМ является простое приготовление образцов. Размер образца при наблюдении его в РЭМ не имеет значения для получения изображения, однако, как правило, оптимальный размер образцов составляет 30 мм в диаметре и 10 мм в высоту.

В РЭМ можно исследовать:

- ❖ отдельные зерна и кристаллы минералов,
- ❖ порошкообразные вещества,
- ❖ массивные образцы минералов и горных пород с произвольной геометрией (Курчатова, Рогов, 2020).

Подбор объектов для морфологических исследований обычно не представляет затруднений. Для таких исследований подходят массивные моно-

и полиминеральные образцы (минералы, горные породы, палеонтологические объекты) любой конфигурации, отдельные минеральные зерна и кристаллы, их осколки и обломки, порошки тонкодисперсных минералов, прозрачные шлифы без покровного стекла и полированные аншлифы.

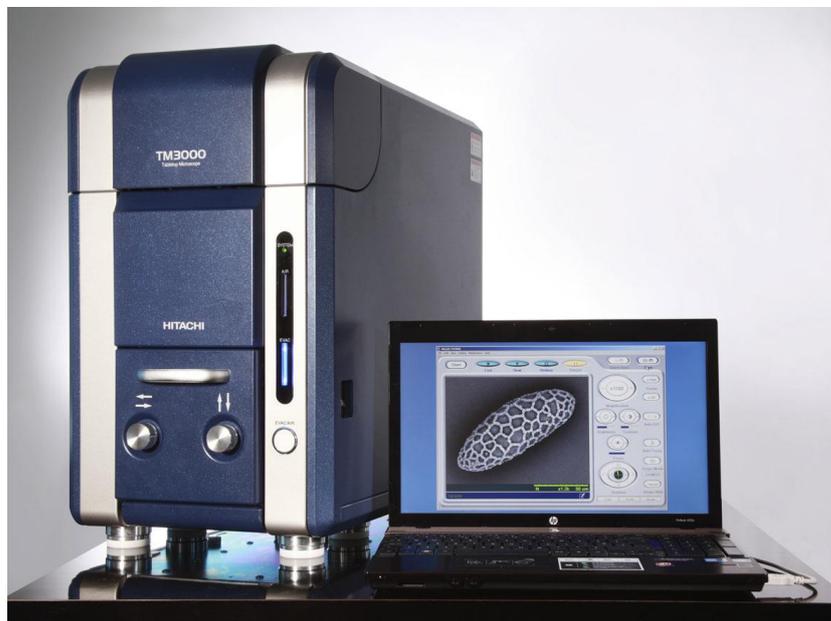


Рис. 14. Электронный микроскоп ТМ 3000  
(Курчатова, Рогов, 2020)

Вывод: Изучение химических свойств снеготалых вод проводится в рамках работ по гранту РФФИ №19-05-50062 «Эколого-геохимическая оценка выпадений снеговой и дорожной пыли в северных районах Западной Сибири». Отбор проб снега был проведен в городах Тюмень, Тобольск и на прилегающих фоновых участках.

Для физико-химического метода исследования снеготалых вод нами проанализирована 61 проба снежного покрова на территории г. Тюмень (из которых 11 фоновых) и 31 проба снежного покрова на территории г. Тобольск (из которых 7 фоновых) по показателям рН, электропроводности и общей минерализации. Работы проводились в химической лаборатории НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов ТюмГУ.

Для микроскопического анализа нами была проведена пробоподготовка. Пробы прошли фильтрацию через беззольный бумажный фильтр, затем,

выпаривали пробы снежного покрова до образования сухого остатка для микроскопического анализа на электронном микроскопе ТМ 3000. Далее пробы были переданы для дальнейшего электронно-зондового анализа в лабораторию.

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Статистические показатели физико-химических параметров снеготалых вод г. Тюмень представлены в таблице 4.

Таблица 4

Физико-химические параметры проб снега (г. Тюмень) (по данным авторов)

Показатель	г.Тюмень					
	Город, n=50			Фоновая территория, n=11		
	рН	Электропроводность (MS/см)	Минерализация (ppm)	рН	Электропроводность (MS/см)	Минерализация (ppm)
М	6,32	102,5	68,1	4,67	15,1	9,5
SD	0,38	113,8	78,9	0,45	5,6	3,5
Min	5,9	18,9	11,9	4,2	10,3	6,4
Max	8,1	813	564	5,5	29,4	18,3

Величина рН снеготалых вод на территории Тюмени изменяется от 5,9 до 8,1 единиц. На фоновых участках значения варьируют в пределах 4,2-5,5 единиц. На фоновом участке преобладают пробы с кислой реакцией снеготалых вод (рН=3-5ед.), реже встречаются слабокислые пробы. В пределах города подавляющее большинство проб имеют слабокислую реакцию (рН = 5,0-6,5ед.), также отмечены пробы с нейтральной и слабощелочной реакцией (Рисунок 15). Таким образом, в Тюмени наблюдается подщелачивание снеготалых вод. В среднем на территории города рост величины рН составил 1,65 единиц. Многочисленные исследования свидетельствуют о подщелачивании снеготалых вод на урбанизированных территориях, одной из главных причин которого является оседание карбонатной строительной пыли. Этот процесс наблюдается и в Тюмени.

Электропроводность снеготалых вод на территории Тюмени составила в среднем 102.5 MS/см, что приблизительно в 6,8 раз больше, чем на фоновых участках. Электропроводность обуславливается совокупным присутствием в

растворе анионов и катионов неорганического и органического происхождения. В тех пробах, где содержится значительное количество водорастворимых солей, электропроводность наибольшая. Таким образом, повышение электропроводности показывает рост содержания в снеготалых водах на территории Тюмени водорастворимых солей. Это подтверждает показатель минерализации. Величина минерализации на территории Тюмени увеличилась в среднем в 7,2 раза. В условиях города среднее значение минерализации составило 51,4 мг/л. Максимальное значение (563 мг/л) было отмечено в пробе, отобранной возле ул. Широтной и связано с попаданием противогололедных реагентов.

Как правило, в городах наблюдается значительное увеличение минерализации снеготалых вод. К примеру, в Москве минерализация талой воды в 4 раза выше фонового значения (в среднем 23 мг/л) и увеличивается вдоль автомагистралей и в жилой зоне высокой этажности в 6-9 раз.

Статистические показатели физико-химических параметров снеготалых вод г. Тобольск представлены в таблице 5.

Таблица 5

Физико-химические параметры проб снега (г. Тобольск) (по данным авторов)

Показатель	г.Тобольск					
	Город, n=24			Фоновая территория, n=7		
	pH	Электропроводность (MS/см)	Минерализация (ppm)	pH	Электропроводность (MS/см)	Минерализация (ppm)
<i>M</i>	6,02	67,7	51,4	5,14	17,2	11,1
<i>SD</i>	0,41	154,8	111,5	0,44	4,85	3,16
<i>Min</i>	5,0	2,7	5,1	4,6	12,2	7,7
<i>Max</i>	6,6	781	563	5,8	27,2	17,5

В Тобольске различия по величине pH между городом и фоновыми участками выражены слабее. В пределах городской застройки величина pH варьировала от 5,0 до 6,6 ед., на фоновом участке – от 4,6 до 5,8 ед. Разница между фоновыми участками урбанизированной территорией составила в

среднем 0,9 ед. Электропроводность в условиях города возрастает в 3,9 раза, минерализация – в 4,6 раза.

Таблица 6

Классификация рН проб снеготалых вод по г. Тюмень  
(по данным авторов)

Группы вод	Показатели рН	Тюмень	Фон Тюмень	Тобольск	Фон Тобольск
Сильнокислые	рН <3	0	0	0	0
Кислые	рН = 3,0-5,0	0	8	1	3
Слабокислые	рН = 5,0-6,5	44	3	20	4
Нейтральные	рН = 6,5-7,5	5	0	3	0
Слабощелочные	рН = 7,5-8,5	1	0	0	0
Щелочные	рН = 8,5-9,5	0	0	0	0
Сильнощелочные	рН > 9,5	0	0	0	0

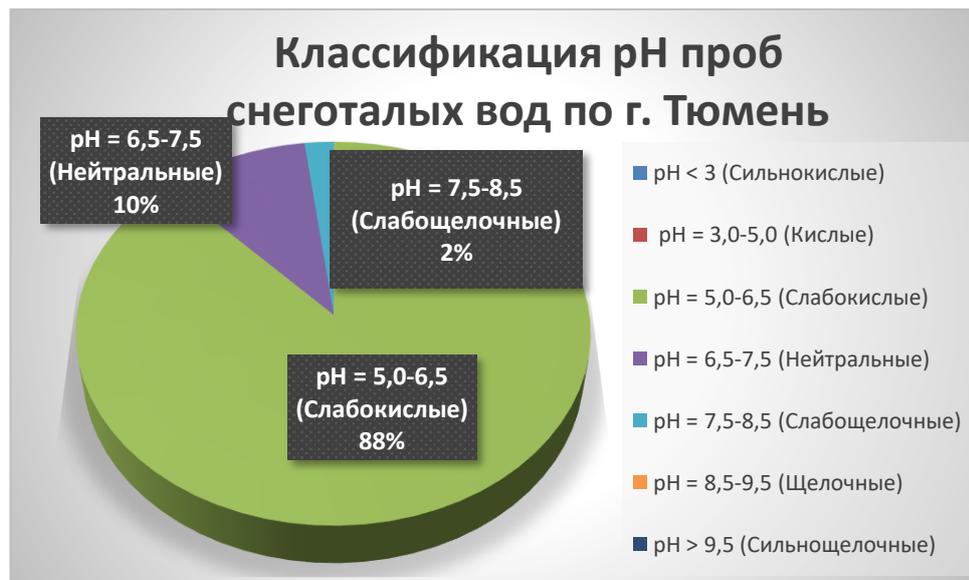


Рис.15. Классификация рН проб снеготалых вод по г. Тюмень  
(по данным авторов)



Рис.16. Классификация pH фоновых проб снеготалых вод, Тюменский район  
(по данным авторов)

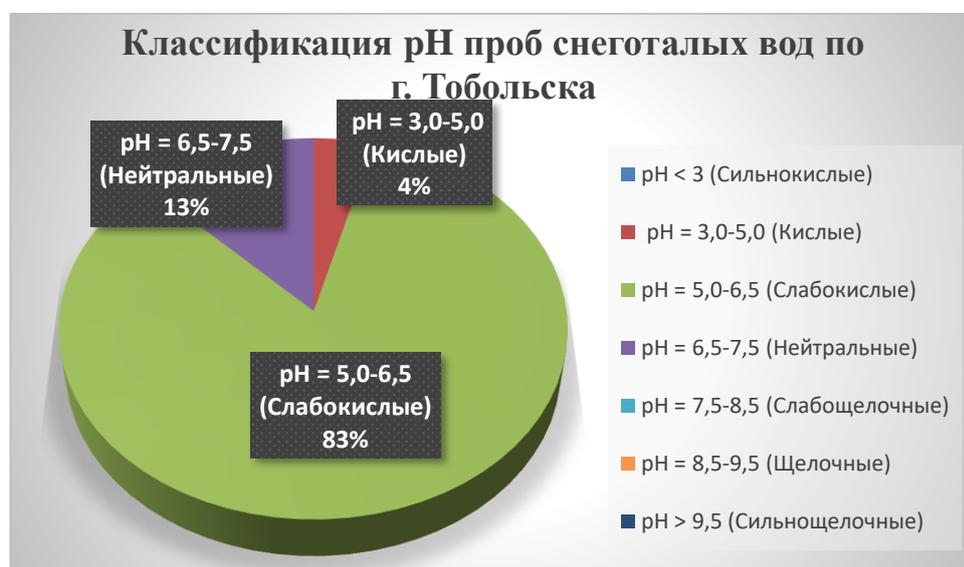


Рис.17. Классификация pH проб снеготалых вод по г. Тобольск  
(по данным авторов)



Рис.18. Классификация pH фоновых проб снеготалых во, Тобольский р-н  
(по данным авторов)

Исходя из результатов, представленных на диаграммах (Рисунок 15-18), можно сделать вывод о том, что в пробах снеготалых вод города Тюмень и Тобольск преобладают слабокислые воды; среди фоновых проб в городе Тюмень преобладают кислые воды, а среди фоновых проб города Тобольск преобладают слабокислые. А также проанализировав таблицу 7 (Рисунок 19-20), можно сказать, что минерализация по классификации Баранова И.В. на урбанизированных и фоновых участках является ультрапресной. В таких пробах снеготалых вод как 3с; 31с; 17с высокое значение электропроводности, это говорит нам о присутствии в этих пробах растворенных минеральных солей [Pollution status and human..., 2020].

Таблица 7

Классификация снеготалых вод по г.Тюмень по величине минерализации  
(по данными авторов)

Наименование воды	TDS, мг/дм <sup>3</sup>	Тюмень	Фон Тюмень	Тобольск	Фон Тобольск
Ультрапресная	<100	45	11	23	7
Маломинерализованные	100-200	3	0	0	0
Среднеминерализованные	200-500	1	0	0	0
С повышенной минерализацией	500-1000	1	0	1	0



Рис.19. Классификация минерализации проб снеготалых вод по г. Тюмень (по данным авторов)



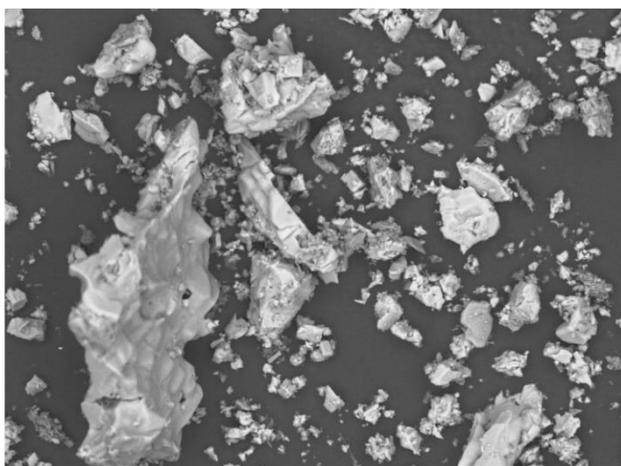
Рис.20. Классификация минерализации проб снеготалых вод по г. Тобольск (по данным авторов)

### 3.2. ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫЙ МИКРОАНАЛИЗ

Чтобы определить морфологические и химические особенности микропримесей в снеге, нами был проведен микроанализ проб упаренной снеготалой воды. Выполненные с использованием электронного микроскопа ТМ 3000 микрофотографии объектов, спектры и элементный состав образцов представлены в Приложении 3.

Как показали результаты микроанализа, в сухом осадке талых вод преобладают кристаллы поваренной соли ( $\text{NaCl}$ ). В элементном анализе этих образцов чаще всего преобладает хлор. В пробе с максимальной минерализацией содержание  $\text{Cl}$  достигает 92 весовых процента. В меньшей степени из минералов присутствует гипс ( $\text{CaSO}_4$ ). Меньшее количество отмечено для магния, калия, железа, входящих в состав глинистых минералов. Примеры микрофото сухого остатка снега представлены на рис. 21-26. Для пояснения подпись на микрофотографии содержит информацию (слева направо):

TM3000\_5238 - название микроскопа и порядковый номер снимка; дата; время съемки; А — режим съемки; увеличение; масштаб в мкм ( $\mu\text{m}$ ).



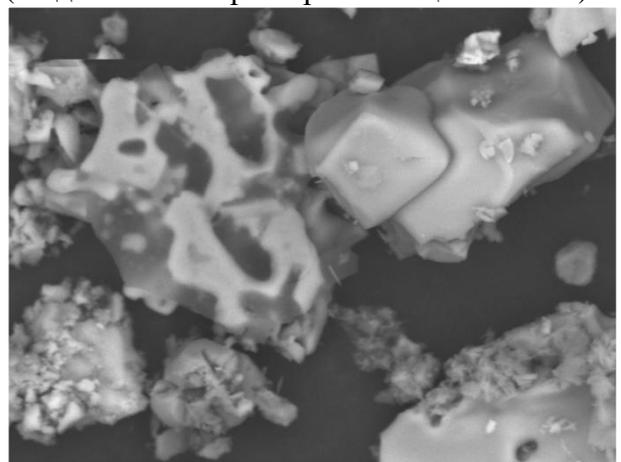
TM3000\_5238 2020.03.09 14:42 A D9.1 x1.0k 100  $\mu\text{m}$   
3с

Рис. 21. Микрофото сухого остатка 5238  
(по данным авторов при помощи TM3000)



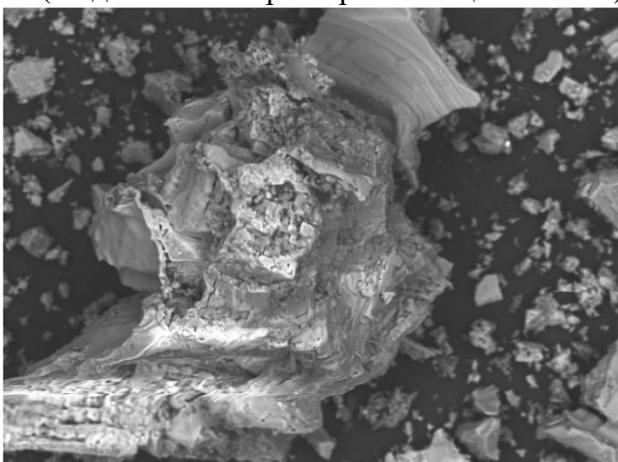
TM3000\_5239 2020.03.09 14:49 A D9.0 x3.0k 30  $\mu\text{m}$   
3с

Рис. 22. Микрофото сухого остатка 5239  
(по данным авторов при помощи TM3000)



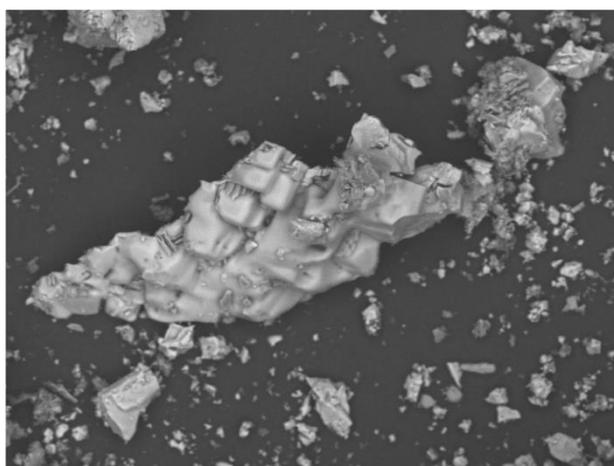
TM3000\_5240 2020.03.09 14:55 A D9.1 x4.0k 20  $\mu\text{m}$   
3с

Рис. 23. Микрофото сухого остатка 5240  
(по данным авторов при помощи TM3000)



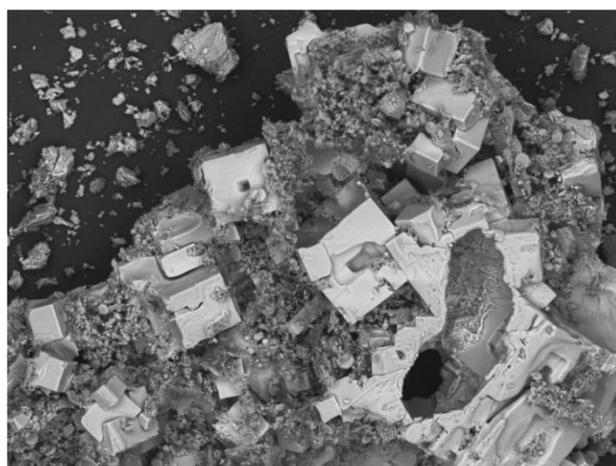
TM3000\_5241 2020.03.09 14:57 A D8.9 x1.0k 100  $\mu\text{m}$   
3с

Рис. 24. Микрофото сухого остатка 5241  
(по данным авторов при помощи TM3000)



TM3000\_5242 2020.03.09 15:22 A D9.0 x1.0k 100 um  
3c

Рис.25. Микрофото сухого остатка 5242  
(по данным авторов при помощи TM3000)



TM3000\_5243 2020.03.09 15:24 A D9.0 x600 100 um  
3c

Рис.26. Микрофото сухого остатка 5243  
(по данным авторов при помощи TM3000)

### 3.3. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами была проведена статистическая обработка результатов, полученных в ходе физико-химического метода с помощью программы «Статистика». Статистический анализ проводился для двух независимых выборок, а именно между контрольными и фоновыми значениями проб снежного покрова.

Был высчитан  $t$  критерий Стьюдента. Форма распределения Стьюдента зависит от числа степеней свободы- при изменении данного показателя преобразуется форма распределения.

Далее представлены результаты расчета  $t$  критерия Стьюдента по показателям рН, электропроводности и общей минерализации в пробах снежного покрова г. Тобольск.

рН в пробах снежного покрова города Тобольска		
	1 Фон	2 Контроль
Ф1/1	5,6	6,6
Ф2/2	5,1	6,3
Ф3/3	5,8	6,2
Ф4/4	4,7	6
Ф5/5	5	6,1
Ф6/6	4,6	5,8
Ф7/7	5,2	6,1

Рис. 27. Значения рН в исследуемых пробах снежного покрова г. Тобольска  
(по данным авторов)

Basic Statistics and Tables: Spreadsh... ? X

Quick

- Descriptive statistics
- Correlation matrices
- t-test, independent, by groups
- t-test, independent, by variables**
- t-test, dependent samples
- t-test, single sample
- Breakdown & one-way ANOVA
- Breakdown: non-factorial tables
- Frequency tables
- Tables and banners
- Multiple response tables
- Difference tests: r, %, means
- Probability calculator

OK Cancel Options Open Data

Рис. 28. Выбор статистического метода анализа по независимым вариантам  
(по данным авторов)

T-test for Independent Samples (Spreadsheet1 in Workbook1)		Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N
Group 1 vs. Group 2		Group 1	Group 2				Group 1	Group 2
Контроль vs.	Фон	6,157143	5,142857	5,306789	12	0,000186	7	7

Рис. 29. t-критерий Стьюдента (рН)

(по данным авторов)

Критическое значение, соответствующее вероятности 0,001 t-распределение с числом степеней свободы равным 20, находится на пересечении столбца критического значения (0,001) и строки числа степеней свободы (20):  $t = 5,307$ .

Исходя из этого делаем вывод, что между контрольными и фоновыми значениями рН в пробах снега г. Тобольска отмечено достоверное различие по Т-критерию Стьюдента.

Электропроводность в пробах снежного покрова города Тобольска		
	1 Фон	2 Контроль
Ф1/1	16	65,6
Ф2/2	13,5	56,8
Ф3/3	18	42,2
Ф4/4	27,2	47,6
Ф5/5	17,2	45
Ф6/6	12,2	15,4
Ф7/7	16,4	34,3

Рис. 30. Значения электропроводности в исследуемых пробах снежного покрова г. Тобольска

(по данным авторов)

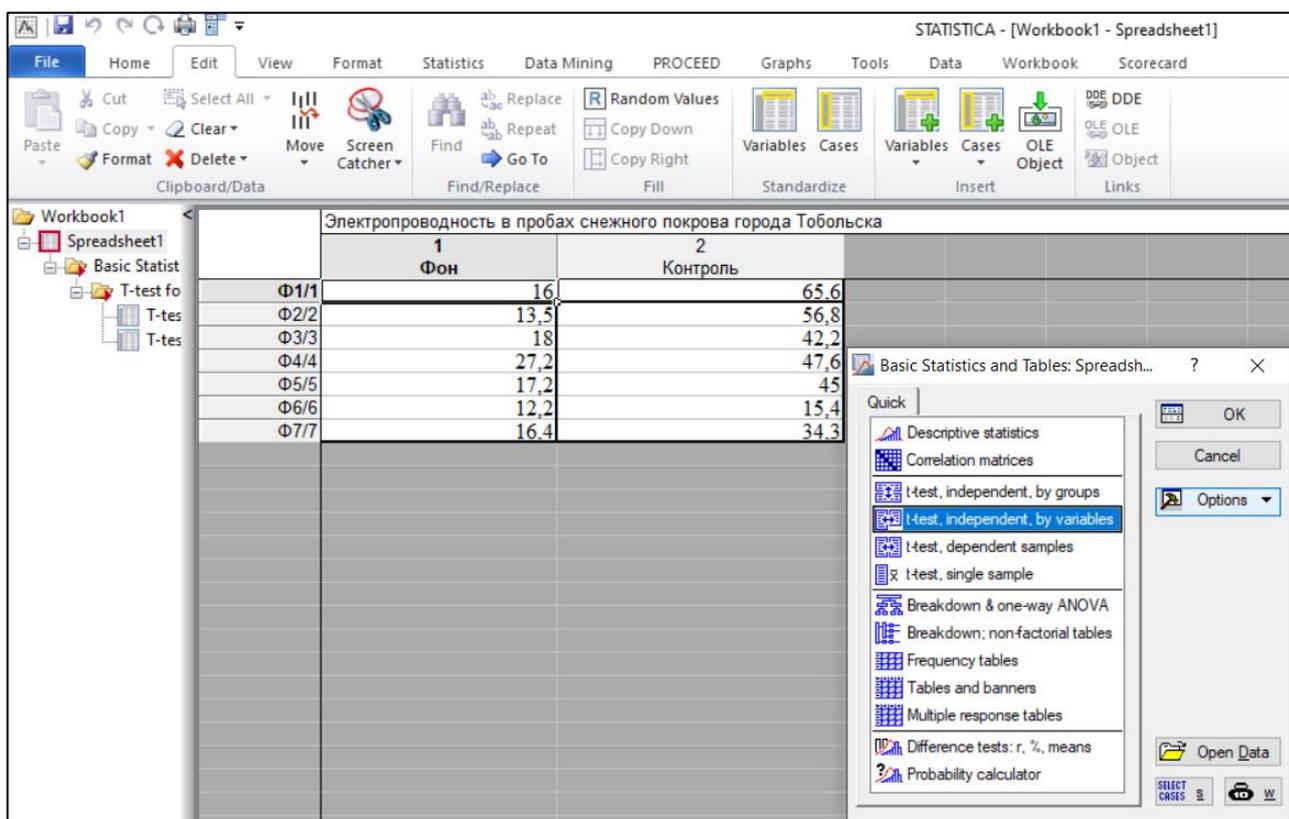


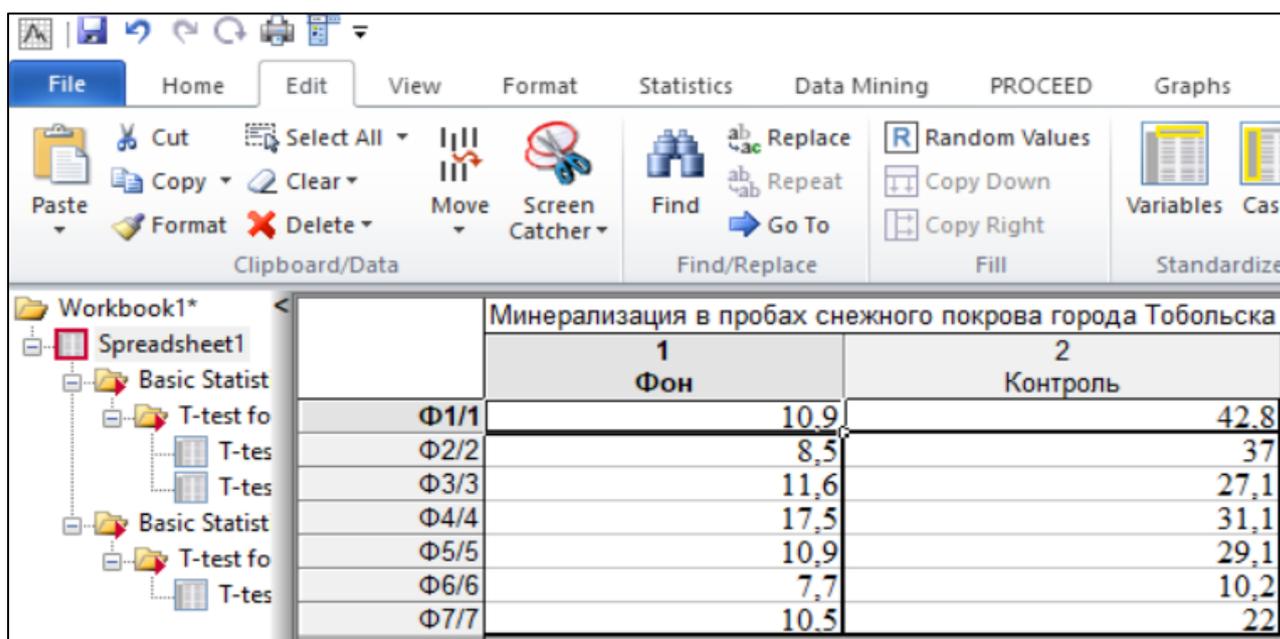
Рис. 31. Выбор статистического метода анализа по независимым вариантам  
(по данным авторов)

Group 1 vs. Group 2		Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2
Контроль vs.	Фон	43,84286	17,21429	4,184417	12	0,001267	7	7

Рис. 32. t-критерий Стьюдента (Электропроводность)  
(по данным авторов)

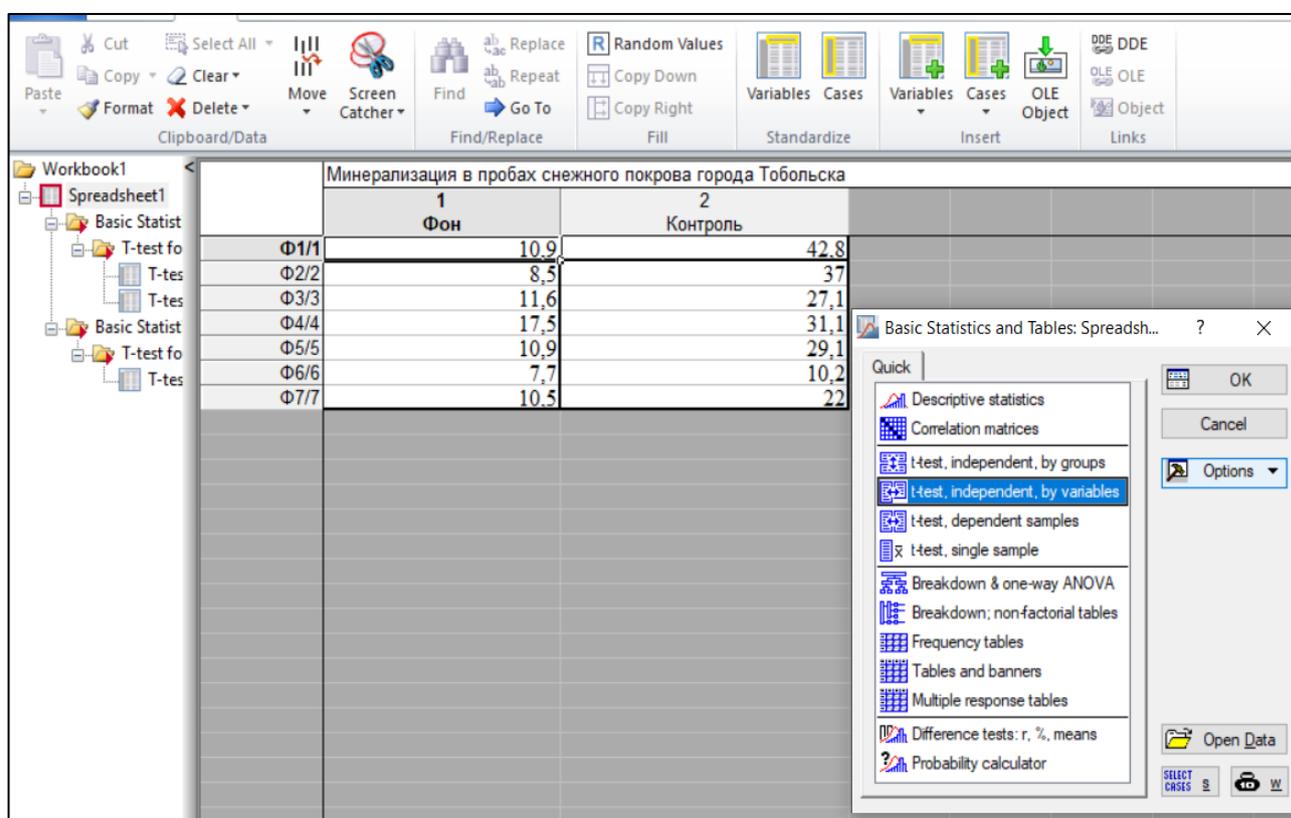
Критическое значение, соответствующее вероятности 0,01 t-распределение с числом степеней свободы равным 20, находится на пересечении столбца критического значения (0,01) и строки числа степеней свободы (20):  $t = 4,184$ .

Исходя из этого делаем вывод, что между контрольными и фоновыми значениями электропроводности в пробах снега г. Тобольска отмечено достоверное различие по Т-критерию Стьюдента.



Минерализация в пробах снежного покрова города Тобольска		
	1 Фон	2 Контроль
Φ1/1	10,9	42,8
Φ2/2	8,5	37
Φ3/3	11,6	27,1
Φ4/4	17,5	31,1
Φ5/5	10,9	29,1
Φ6/6	7,7	10,2
Φ7/7	10,5	22

Рис. 33. Значения минерализации в исследуемых пробах снежного покрова г. Тобольска  
(по данным авторов)



Basic Statistics and Tables: Spreadsh... ? X

Quick

- Descriptive statistics
- Correlation matrices
- T-test, independent, by groups
- T-test, independent, by variables**
- T-test, dependent samples
- T-test, single sample
- Breakdown & one-way ANOVA
- Breakdown: non-factorial tables
- Frequency tables
- Tables and banners
- Multiple response tables
- Difference tests: r, %, means
- Probability calculator

OK Cancel Options

Open Data

SELECT CASES

Рис. 34. Выбор статистического метода анализа по независимым вариантам  
(по данным авторов)

T-test for Independent Samples (Spreadsheet1 in Workbook1)							
Note: Variables were treated as independent samples							
	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N
Group 1 vs. Group 2	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2
Контроль vs. Фон	28,47143	11,08571	4,190552	12	0,001253	7	7

Рис. 35. t-критерий Стьюдента (Минерализация)

(по данным авторов)

Критическое значение, соответствующее вероятности 0,01 t-распределение с числом степеней свободы равным 20, находится на пересечении столбца критического значения (0,01) и строки числа степеней свободы (20):  $t = 4,191$ .

Исходя из этого делаем вывод, что между контрольными и фоновыми значениями минерализации в пробах снега г. Тобольска отмечено достоверное различие по T-критерию Стьюдента.

Далее представлены результаты расчета t критерия Стьюдента по показателям рН, электропроводности и общей минерализации в пробах снежного покрова г. Тюмень.

рН в пробах снежного покрова города Тюмени			
	1	2	
	Фон	Контроль	
Ф1/1с	4,4	6,1	
Ф2/2с	4,7	5,9	
Ф3/3с	4,3	8,1	
Ф4/4с	5,5	6,5	
Ф5/5с	4,5	6,3	
Ф6/6с	4,6	6	
Ф7/7с	5,3	7,2	
Ф8/8с	4,4	6,5	
Ф9/9с	4,2	6	
Ф10/10с	5,2	6,1	
Ф11/11с	4,3	6,7	

Рис. 36. Значения рН в исследуемых пробах снежного покрова г. Тюмени

(по данным авторов)

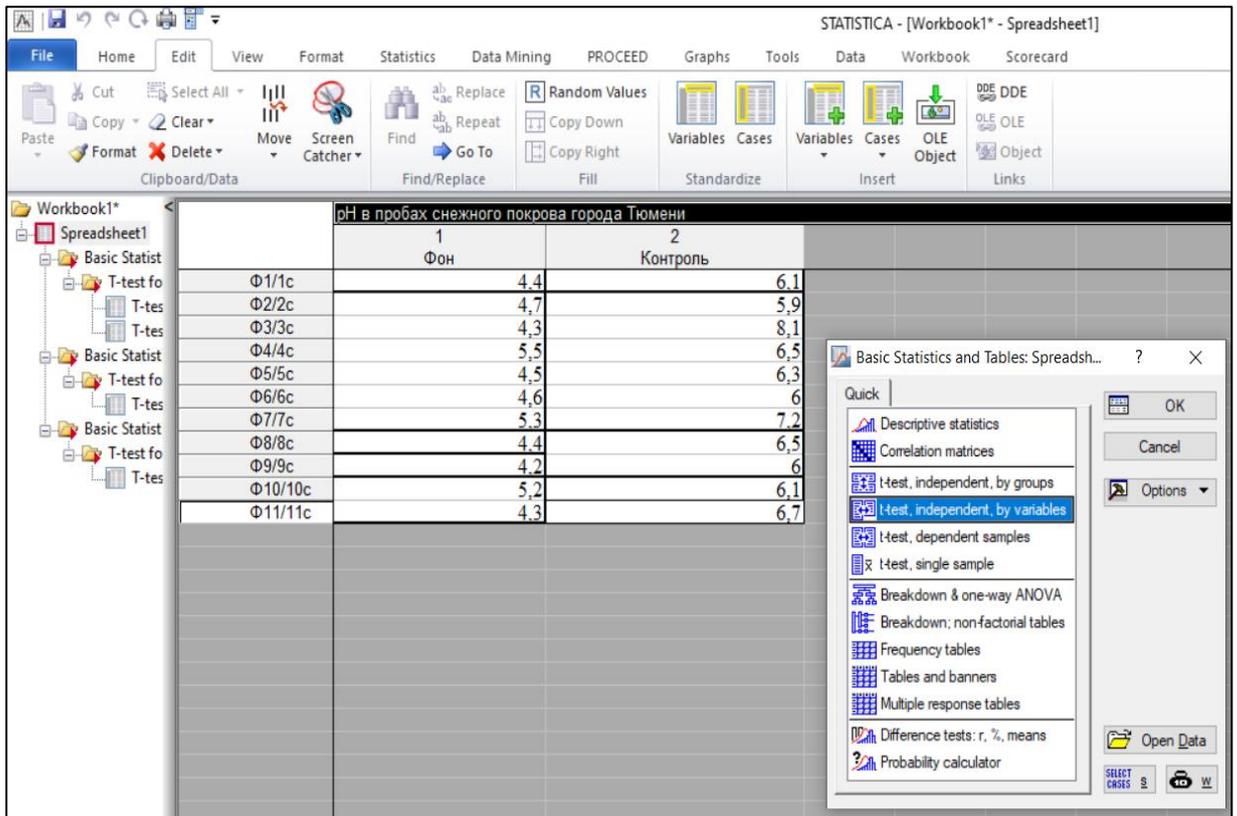


Рис. 37. Выбор статистического метода анализа по независимым вариантам  
(по данным авторов)

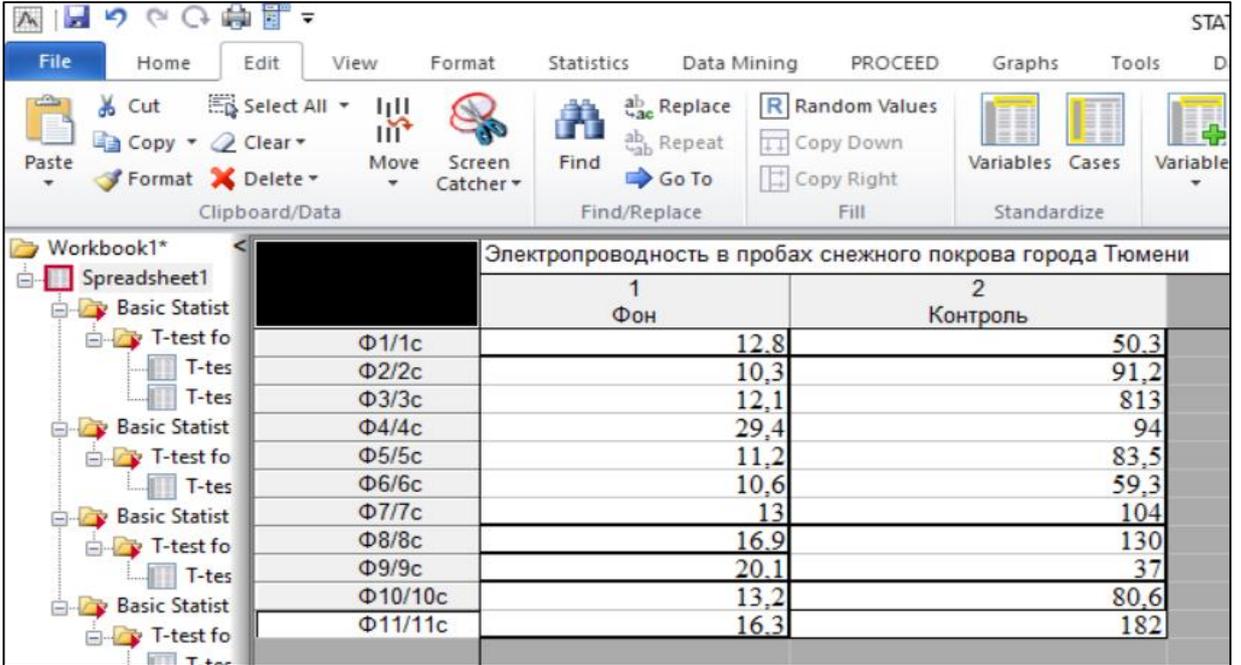
Group 1 vs. Group 2		Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2
Контроль vs.	Фон	6.490909	4.672727	7.566860	20	0.000000	11	11

Рис. 38. t-критерий Стьюдента (рН)  
(по данным авторов)

Критическое значение, соответствующее вероятности 0,001 t-распределение с числом степеней свободы равным 12, находится на пересечении столбца критического значения (0,001) и строки числа степеней свободы (12):  $t = 7,566$ .

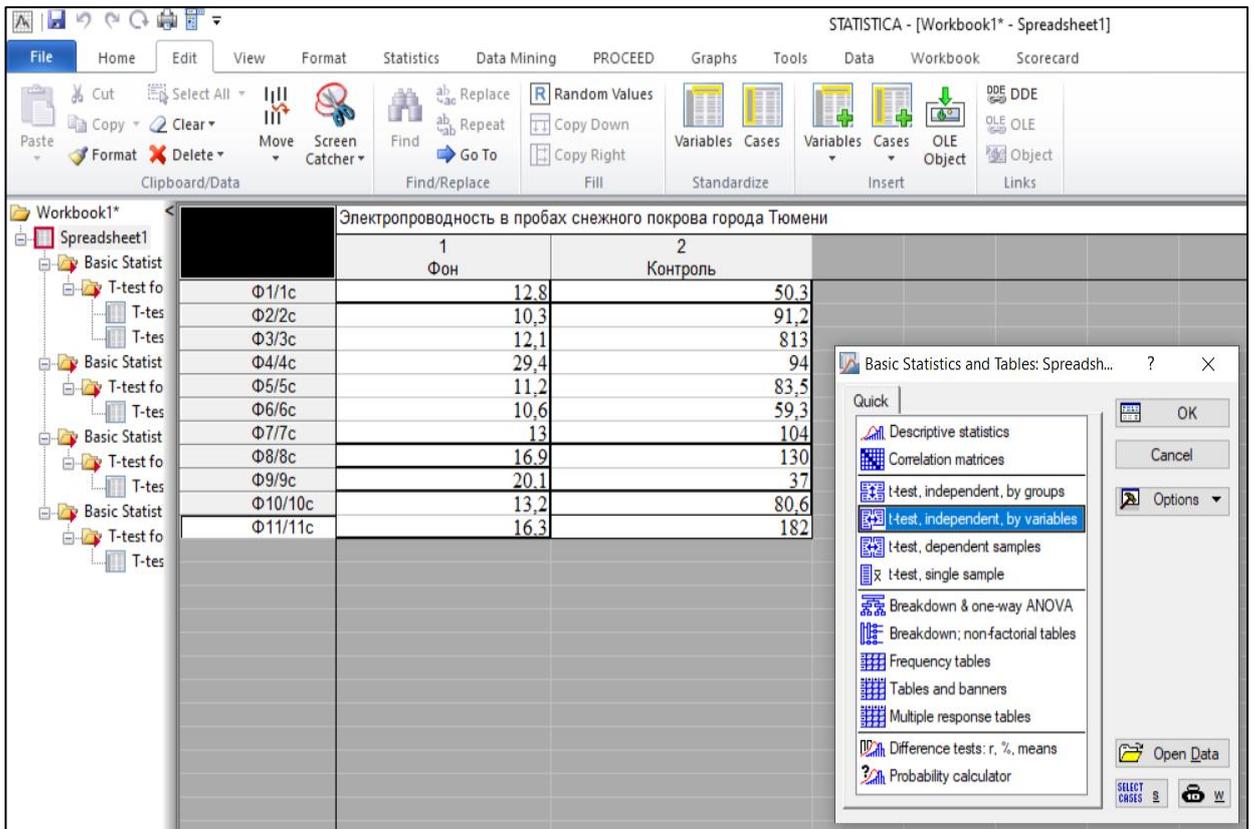
Исходя из этого делаем вывод, что между контрольными и фоновыми значениями минерализации в пробах снега г. Тюмень отмечено достоверное

различие по T-критерию Стьюдента. Обратим внимание на тот же уровень значимости, как и в пробах из г. Тобольска, но различия более ярко выражены.



	1 Фон	2 Контроль
Φ1/1c	12,8	50,3
Φ2/2c	10,3	91,2
Φ3/3c	12,1	813
Φ4/4c	29,4	94
Φ5/5c	11,2	83,5
Φ6/6c	10,6	59,3
Φ7/7c	13	104
Φ8/8c	16,9	130
Φ9/9c	20,1	37
Φ10/10c	13,2	80,6
Φ11/11c	16,3	182

Рис. 39. Значения электропроводности в исследуемых пробах снежного покрова г. Тюмени  
(по данным авторов)



STATISTICA - [Workbook1\* - Spreadsheet1]

Basic Statistics and Tables: Spreadsh... ? x

Quick

- Descriptive statistics
- Correlation matrices
- t-test, independent, by groups
- t-test, independent, by variables**
- t-test, dependent samples
- t-test, single sample
- Breakdown & one-way ANOVA
- Breakdown; non-factorial tables
- Frequency tables
- Tables and banners
- Multiple response tables
- Difference tests: r, %, means
- Probability calculator

OK Cancel Options

Open Data

	1 Фон	2 Контроль
Φ1/1c	12,8	50,3
Φ2/2c	10,3	91,2
Φ3/3c	12,1	813
Φ4/4c	29,4	94
Φ5/5c	11,2	83,5
Φ6/6c	10,6	59,3
Φ7/7c	13	104
Φ8/8c	16,9	130
Φ9/9c	20,1	37
Φ10/10c	13,2	80,6
Φ11/11c	16,3	182

Рис. 40. Выбор статистического метода анализа по независимым вариантам  
(по данным авторов)

Group 1 vs. Group 2		Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N
		Group 1	Group 2				Group 1	Group 2
Контроль vs.	Фон	156.8091	15.08182	2,124188	20	0,046316	11	11

Рис. 41. t-критерий Стьюдента (Электропроводность)

(по данным авторов)

Критическое значение, соответствующее вероятности 0,05 t-распределение с числом степеней свободы равным 12, находится на пересечении столбца критического значения (0,05) и строки числа степеней свободы (12):  $t = 2,124$ .

Исходя из этого делаем вывод, что между контрольными и фоновыми значениями электропроводности в пробах снега г. Тюмень отмечено достоверное различие по T-критерию Стьюдента.

Уровень значимости отличен от такового, полученного на основе результатов статистического анализа данных по снегу из Тобольска. В тюменских пробах снега достоверные отличия по показателю «Электропроводность» выражены менее ярко.

	1 Фон	2 Контроль
Ф1/1с	8,1	34,5
Ф2/2с	6,4	60,7
Ф3/3с	7,6	56,4
Ф4/4с	18,3	62,7
Ф5/5с	7,1	56,6
Ф6/6с	6,6	40,6
Ф7/7с	8,4	67,9
Ф8/8с	10,8	85,3
Ф9/9с	12,8	23,5
Ф10/10с	8,5	52,6
Ф11/11с	10,3	120

Рис. 42. Значения минерализации в исследуемых пробах снежного покрова г. Тюмени

(по данным авторов)

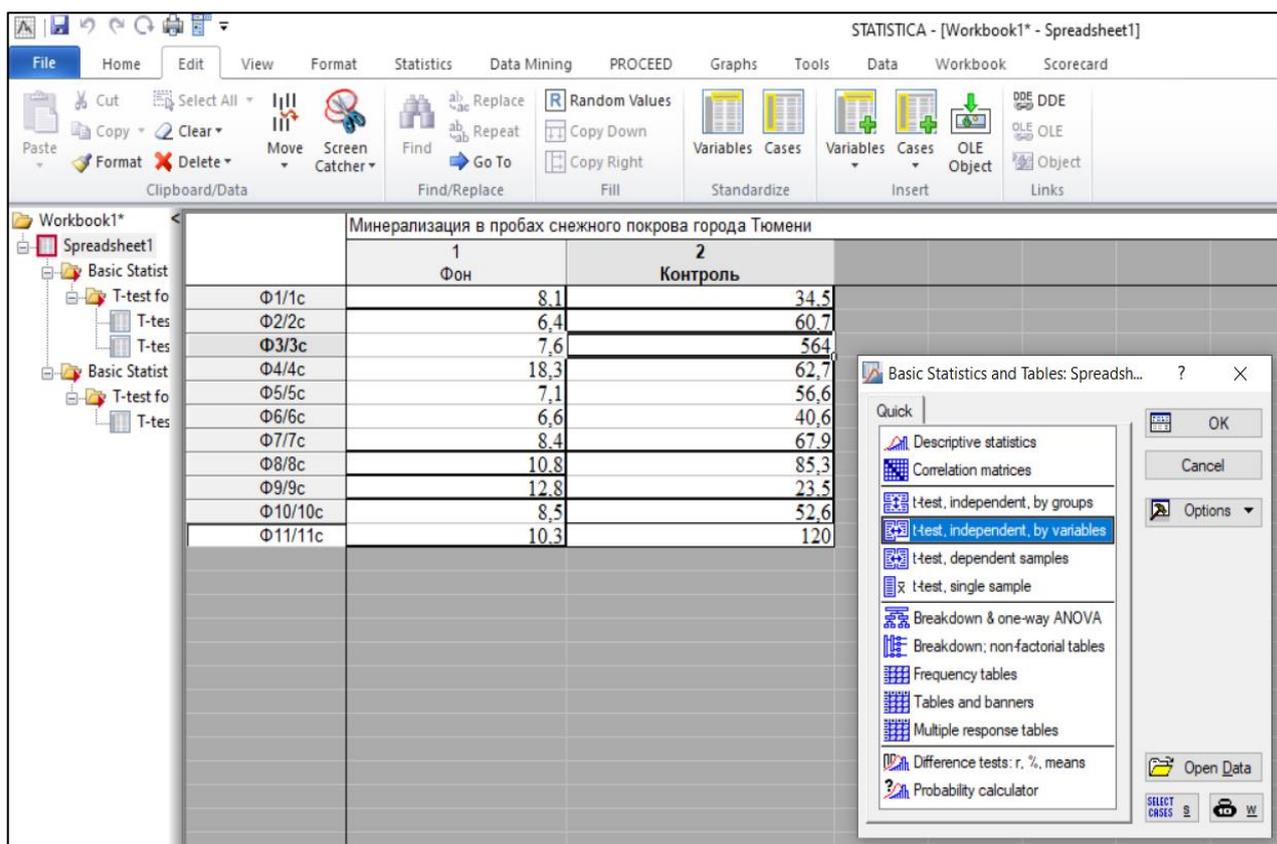


Рис. 43. Выбор статистического метода анализа по независимым вариантам  
(по данным авторов)

		T-test for Independent Samples (Spreadsheet1 in Workbook1)						
		Note: Variables were treated as independent samples						
Group 1 vs. Group 2		Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N
		Group 1	Group 2				Group 1	Group 2
Контроль vs. Фон		106,2182	9,536364	2,081241	20	0,050473	11	11

Рис. 44. t-критерий Стьюдента (Минерализация)  
(по данным автора)

Критическое значение, соответствующее вероятности 0,01 t-распределение с числом степеней свободы равным 12, находится на пересечении столбца критического значения (0,01) и строки числа степеней свободы (12):  $t = 2,081$ .

Исходя из этого делаем вывод, что между контрольными и фоновыми значениями минерализации в пробах снега г. Тюмень отмечено достоверное различие по T-критерию Стьюдента.

Отсутствие достоверного различия по T-критерию Стьюдента (2,081) между контрольными и фоновыми значениями минерализации в пробах снега г. Тюмени. Несмотря на высокую среднюю разницу между фоновыми и контрольными значениями, из-за большого разброса значений среди контрольных проб снега по анализируемому показателю и относительно малой выборке нулевая гипотеза не опровергнута, а следовательно, нельзя говорить о достоверном различии между фоном и контролем.

### 3.4. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для физико-химического метода исследования снеготалых вод нами проанализирована 61 проба снежного покрова на территории г. Тюмень (из которых 11 фоновых) и 31 проба снежного покрова на территории г. Тобольск (из которых 7 фоновых) по показателям рН, электропроводности и общей минерализации. Работы проводились в химической лаборатории НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов ТюмГУ.

В пробах, отобранных в г. Тюмень и г. Тобольск, было определено содержание металлов в растворимой и нерастворимой формах, значения рН, электропроводность и минерализация. Целью исследования был анализ химического состава снежного покрова на территории юга Тюменской области (на примере г. Тюмень и г. Тобольск). Все результаты подробно представлены в главе 3 и приложениях 1-3.

Был проведен сравнительный анализ, полученных данных по фоновым и городским пробам снеготалых вод в г. Тюмень и г. Тобольск.

Величина рН снеготалых вод на территории Тюмени изменяется от 5,9 до 8,1 единиц. На фоновых участках значения варьируют в пределах 4,2-5,5

единиц. На фоновом участке преобладают пробы с кислой реакцией снеготалых вод ( $\text{pH}=3-5$  ед.), реже встречаются слабокислые пробы. В пределах города подавляющее большинство проб имеют слабокислую реакцию ( $\text{pH} = 5,0-6,5$  ед.), также отмечены пробы с нейтральной и слабощелочной реакцией. Среднее значение  $\text{pH}$  на территории города составляет 6,3 ед., а на фоновых участках равняется 4,7 ед. Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что  $\text{pH}$  на территории города примерно в 1,4 раза больше, чем на фоновых участках.

Электропроводность обуславливается совокупным присутствием в растворе анионов и катионов неорганического и органического происхождения. В тех пробах, где содержится значительное количество водорастворимых солей, электропроводность наибольшая. Таким образом, повышение электропроводности показывает рост содержания в снеготалых водах на территории водорастворимых солей.

Средняя электропроводность снеготалых вод на фоновых территориях имеет значение 15,1 ppm, а на территории города Тюмени электропроводность составила в среднем 102.5 MS/см, что приблизительно в 6,8 раз больше, чем на фоновых участках. Максимальное значение (813 ppm) было отмечено в пробе, отобранной возле ул. Широтной.

Можно утверждать, что степень минерализации снеговых вод характеризует интенсивность техногенного воздействия на городскую среду, а их химический состав указывает на источники поступления поллютантов. В условиях города среднее значение минерализации составило 68, 1 мг/л. Максимальное значение (563 мг/л) было отмечено в пробе, отобранной возле ул. Широтной, в которой также наблюдается наибольшее значение электропроводности и  $\text{pH}$ , что связано с попаданием противогололедных реагентов. На фоновых же участках среднее значение составило 9,5 мг/л. Минерализация на территории города больше в 7,1 раза, чем на фоновой.

Сразу же стоит отметить, что микроскопический анализ проводился по пробе с самыми высокими значениями по всем показателям, о которой уже

упоминалось выше. По результатам, полученным в ходе микроскопического анализа в данной пробе, преобладают кристаллы поваренной соли (NaCl), что связано с использованием противогололедных реагентов, в меньшей степени присутствует гипс ( $\text{CaSO}_4$ ), поступающий из строительной пыли, и просто глинистые частицы почвенно-эрозионного происхождения. Что показывает нам неслучайность значений, выявленных по результатам физико-химического метода.

Также, для более достоверной информации нами была проведена статистическая обработка данных. По результатам которой можно сказать, что между контрольными и фоновыми значениями pH и электропроводности в пробах снега г. Тюмень отмечено достоверное различие по T-критерию Стьюдента, а при этом по значению минерализации нулевая гипотеза не опровергнута, а следовательно, нельзя говорить о достоверном различии между фоном и контролем. Что, опять же подтверждает присутствие загрязняющих веществ в снежном покрове. Так как пробы на территории города в основном специально были отобраны вдоль автомобильных дорог, можем сделать вывод о том, что вышеперечисленные результаты доказывают большую антропогенную нагрузку на экологическую обстановку города именно от автомобильного транспорта.

В Тобольске различия по величине pH между городом и фоновыми участками выражены слабее, чем в Тюмени. В пределах городской застройки величина pH варьировала от 5,0 до 6,6 ед., на фоновом участке – от 4,6 до 5,8 ед. Среднее значение pH на территории города составляет 6,0 ед., а на фоновых участках равняется 5,1 ед. Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что pH на территории города примерно в 1,1 раза больше, чем на фоновых участках.

Средняя электропроводность снеготалых вод на фоновых территориях имеет значение 17,2 ppm, а на территории города Тобольска электропроводность составила в среднем 70,6 MS/см, что приблизительно в 4 раза больше, чем на фоновых участках.

В условиях города среднее значение минерализации составило 51,4 мг/л. На фоновых же участках среднее значение составило 11,1 мг/л. Минерализация на территории города больше в 4,6 раза, чем на фоновой.

Также стоит отметить, что по результатам статистической обработки проб снежного покрова в г. Тобольск по всем исследуемым показателям между контрольными и фоновыми значениями отмечено достоверное различие по T-критерию Стьюдента.

Делая общее заключение по вышеперечисленным результатам, можно сказать, что на территории г. Тюмень по всем показателям по сравнению с г. Тобольск значения на порядок больше (рН больше на 0,2 ед., электропроводность больше на 2,8 ppm, минерализация больше на 2,5 мг/л). В быстрорастущем городе, в котором для улучшения комфортной жизни горожан также стремительно увеличивается количество автотранспорта и автомобильных дорог, концентрация загрязняющих веществ в снежном покрове возрастает. А так как мы уже выяснили, что снежный покров — это индикатор загрязнения городской территории в целом, ведь он, обладая свойством накопления загрязняющих веществ, которые адсорбируются на поверхности кристаллов в процессе их выпадения, используется в качестве планшета-индикатора загрязнения атмосферы, также в весенний период времени, при таянии снега, все токсины проникают в почву и в подземные воды, последствием этого может служить попадание загрязнителей дальше на масштабные территории, что уже говорит нам о ухудшении экологической обстановки города на более серьезном уровне.

Вывод по третьей главе: в пробах, отобранных в г. Тюмень и г. Тобольск, было определено содержание металлов в растворимой и нерастворимой формах, значения рН, электропроводность и минерализация. Также проведен микроскопический анализ и статистическая обработка данных.

На территории г. Тюмень по всем показателям по сравнению с г. Тобольск значения на порядок больше (рН больше на 0,2 ед., электропроводность больше на 2,8 ppm, минерализация больше на 2,5 мг/л).

Микроскопический анализ проводился по пробе с самыми высокими значениями по всем показателям, о которой уже упоминалось выше. По результатам, полученным в ходе микроскопического анализа в данной пробе, преобладают кристаллы поваренной соли (NaCl), что связано с использованием противогололедных реагентов.

Между контрольными и фоновыми значениями pH и электропроводности в пробах снега г. Тюмень отмечено достоверное различие по T-критерию Стьюдента, а при этом по значению минерализации нулевая гипотеза не опровергнута, а следовательно, нельзя говорить о достоверном различии между фоном и контролем.

Также стоит отметить, что по результатам статистической обработки проб снежного покрова в г. Тобольск по всем исследуемым показателям между контрольными и фоновыми значениями отмечено достоверное различие по T-критерию Стьюдента.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Снег - форма атмосферных осадков, состоящая из кристаллов льда (снежинок).

Снежный покров- как интегральный показатель загрязненности на территориях, где период с отрицательными температурами воздуха продолжается достаточно длительное время (Бабушкин, Московченко, 2012).

Проведение геоэкологической оценки состояния снежного покрова позволяет определить его качественное состояние под воздействием антропогенных факторов, проследить пространственное распределение загрязняющих веществ по исследуемой территории и получить достоверную информацию.

Нами было проанализировано большое количество литературных источников на тему исследования анализа загрязнения снеготалых вод на территории городов Тюмени и Тобольска. Также изучалась литература по теме геохимических исследований снежного покрова. Помимо представленных источников нами было отобрано большое количество статей по исследуемой теме, которые также были проанализированы для получения более подробной информации, которая используется в тексте научного исследования.

Для физико-химического метода исследования снеготалых вод нами проанализирована 61 проба снежного покрова на территории г. Тюмень (из которых 11 фоновых) и 31 проба снежного покрова на территории г. Тобольск (из которых 7 фоновых) по показателям рН, электропроводности и общей минерализации.

Для микроскопического анализа нами была проведена пробоподготовка. Пробы прошли фильтрацию через беззольный бумажный фильтр, затем, выпаривали пробы снежного покрова до образования сухого остатка для микроскопического анализа на электронном микроскопе ТМ 3000. Далее пробы были переданы для дальнейшего электронно-зондового анализа в лабораторию (Курчатова, Рогов, 2020).

В пробах, отобранных в г. Тюмень и г. Тобольск, было определено содержание металлов в растворимой и нерастворимой формах, значения рН, электропроводность и минерализация. Также проведен микроскопический анализ и статистическая обработка данных.

На территории г. Тюмень по всем показателям по сравнению с г. Тобольск значения на порядок больше (рН больше на 0,2 ед., электропроводность больше на 2,8 ppm, минерализация больше на 2,5 мг/л).

Микроскопический анализ проводился по пробе с самыми высокими значениями по всем показателям, о которой уже упоминалось выше. По результатам, полученным в ходе микроскопического анализа в данной пробе, преобладают кристаллы поваренной соли (NaCl), что связано с использованием противогололедных реагентов.

Между контрольными и фоновыми значениями рН и электропроводности в пробах снега г. Тюмень отмечено достоверное различие по T-критерию Стьюдента, а при этом по значению минерализации нулевая гипотеза не опровергнута, а следовательно, нельзя говорить о достоверном различии между фоном и контролем.

Также стоит отметить, что по результатам статистической обработки данных по снежному покрову в г. Тобольск по всем исследуемым показателям между контрольными и фоновыми значениями отмечено достоверное различие по T-критерию Стьюдента.

Можно сказать, что на территории г. Тюмень по всем показателям по сравнению с г. Тобольск значения на порядок больше (рН больше на 0,2 ед., электропроводность больше на 2,8 ppm, минерализация больше на 2,5 мг/л). В быстрорастущем городе, в котором для улучшения комфортной жизни горожан также стремительно увеличивается количество автотранспорта и автомобильных дорог, концентрация загрязняющих веществ в снежном покрове возрастает. А так как мы уже выяснили, что снежный покров — это индикатор загрязнения городской территории в целом, ведь он , обладая свойством накопления загрязняющих веществ, которые адсорбируются на поверхности

кристаллов в процессе их выпадения, используется в качестве планшета-индикатора загрязнения атмосферы, также в весенний период времени, при таянии снега, все токсины проникают в почву и в подземные воды, последствием этого может служить попадание загрязнителей дальше на масштабные территории, что уже говорит нам об ухудшении экологической обстановки города на более серьезном уровне.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Konstantinova, E., Minkina T., Konstantinov A., Sushkova S., Antonenko E., Kurasova, A., Loiko S. Pollution status and human health risk assessment of potentially toxic elements and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban street dust of Tyumen city, Russia. *Environ. Geochem. Health*, 2020. p. 1–24.
2. Konstantinova E., Minkina T., Sushkova S., Antonenko E., Konstantinov A. Levels, sources, and toxicity assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban topsoils of an intensively developing Western Siberian city. *Environ. Geochem. Health*, 2019. p. 325–341.
3. Айвазова Е.А., Варакин Е.А., Иванченко Н.Л., Соболев Н.А., Чагина Н.Б. Исследование содержания тяжелых металлов в снеговом покрове г. Архангельска и оценка их влияния на здоровье населения // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки, 2016. № 4. С. 57-68.
4. Айвазова Е.А., Варакин Е.А., Иванченко Н.Л., Чагина Н.Б. Анализ снежного покрова придорожных территорий города Архангельска // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки, 2015. № 2. С. 129-141.
5. Акименко Я.В., Коркина С.В., Пурыгин П.П., Руцкий В.М. Исследование выбросов подвижного состава железнодорожного транспорта по интенсивности загрязнения снежного покрова // Вестник Самарского государственного университета, 2003. № 52. С. 127-134.
6. Алексеева Л.И., Каманина И.З., Каплина С.П., Савватеева О.А. Оценка загрязнения территории городского поселения от источников антропогенного воздействия на основе химического анализа снежного покрова на примере Дубны // Современные проблемы науки и образования, 2007. № 5. С. 21.
7. Алимова Г.С., Попова Е.И., Токарева А.Ю. Морфологические и химические характеристики почв Тобольского района Тюменской области // Успехи современного естествознания, 2017. № 11. С. 129-134.

8. Амикишиева Р.А., Рапута В.Ф., Ярославцева Т.В. Анализ загрязнения снежного покрова в окрестностях промышленных предприятий // Труды Международной конференции "Вычислительная математика и математическая геофизика»: посвященная 90-летию со дня рождения академика А. С. Алексеева, Новосибирск, 08–12 октября 2018 года. – Новосибирск: Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, 2018. С. 425-429.
9. Артамонова В.С., Ермолов Ю.В., Сидорова М.Ю., Сысо А.И., Черевко А.С. Загрязнение атмосферы, снегового и почвенного покрова г. Новосибирска // Оптика атмосферы и океана. 2005. т. XVIII. № 8. С. 663-669.
10. Ачкасов А.И., Башаркевич И.Л., Варава К.В., Самаев С.Б. Загрязнение снегового покрова под влиянием противогололёдных реагентов // Разведка и охрана недр, 2006. № 9,10. С. 132-137.
11. Бабкина А.А., Белозубова Н.Ю., Горбунова В.А., Зубкова В.М. Анализ загрязненности снежного покрова в условиях антропогенной нагрузки // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки, 2016. № 4. С. 78-87.
12. Бабушкин А.Г., Московченко Д.В. Особенности формирования химического состава снеговых вод на территории Ханты-Мансийского Автономного Округа // Криосфера Земли, 2012. т. XVI. № 1. С. 71-81.
13. Безносиков В.А., Василевич М.И., Кондратёнок Б.М. Накопление растворимых и малорастворимых форм металлов в снежном покрове таежной зоны европейского северо-востока России // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2015. № 2. С. 111-118.
14. Белошейкина А.В., Таловская А.В., Язиков Е.Г. Оценка загрязнения территории Сорского горно-обогатительного комбината (республика Хакасия) по данным исследования снежного покрова // Двенадцатое Сибирское совещание и школа молодых ученых по климатозэкологическому мониторингу: Тезисы докладов российской конференции, Томск, 17–20 октября 2017 года / Под ред. М.В. Кабанова. – Томск: ООО "Офсет центр", 2017. С. 114-115.

15. Боев, В.А., Лежнина А.А. Тяжелые металлы в снежном покрове Тюменского района Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование, 2012. № 7. С. 41-48.
16. Болгова И.Н., Мухортов Н.Г. Оценка загрязнений воздушной среды г. Воронежа посредством химического анализа снежного покрова // Международный студенческий научный вестник, 2016. № 4,5. С. 730.
17. Большунова Т.С. Распределение некоторых химических элементов в снеготалой воде из районов нефтедобывающего комплекса Томской области // Известия Томского политехнического университета, 2013. т. СССXXII. № 1. С. 147-151.
18. Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Разуваев В.Н. Мониторинг снежного покрова на территории Российской Федерации // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации, 2017. № 366. С. 87-96.
19. Буренина Т.А., Данилова И.В., Зубарева О.Н., Онучин А.А., Трефилова О.В. Загрязнение снежного покрова в зоне воздействия предприятий Норильского промышленного района // Сибирский экологический журнал, 2014. т. XXI. № 26. С. 1025-1037.
20. Власов Д.В., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Терская Е.В. Геохимия снежного покрова в восточном округе Москвы // Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2012. № 4. С. 14-24.
21. Воронов М.П., Голохваст К.С., Дрозд В.А., Карабцов А.А., Романова Т.Ю., Чайка В.В. Оценка микроразмерного загрязнения атмосферы Екатеринбурга по анализу снежного покрова // Бюллетень физиологии и патологии дыхания, 2015. № 57. С. 61-64.
22. Гайнутдинова В.В., Кравчук А.Ю., Шигабаева Е.Н. Мониторинг аэрозольного загрязнения снежного покрова города Тюмень // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: материалы III Международной школы-семинара молодых исследователей, Тюмень, 23–28

- апреля 2018 года / Под редакцией: В.А. Боева, А.И. Сысо, В.Ю. Хорошавина. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2018. С. 343-346.
23. Гайнутдинова В.В., Кравчук А.Ю., Шигабаева Е.Н. Мониторинг аэрозольного загрязнения и распределения тяжелых металлов в снежном покрове города Тюмень // Экологический мониторинг и биоразнообразие: Материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Ишим, 25–26 декабря 2018 года / Отв. ред. А.Ю. Левых. – Ишим: Изд-во ИПИ им. П.П. Ершова (филиала) ТюмГУ, 2018. С. 14.
24. Гарманова Т.В., Ларина Н.С. Мониторинг загрязнения снежного покрова пылеаэрозолями в городе Тюмень // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование, 2012. № 7. С. 55-62.
25. Гонтарь О.Б., Жиров В.К., Салтан Н.В., Святковская Е.А., Шлапак Е.П. Химический состав снега на урбанизированных территориях в условиях Крайнего Севера // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета, 2015. т. XVIII. № 2. С. 328-334.
26. Девятова А.Ю., Казьмин О.Е., Коковкин В.В., Рапута В.Ф., Чирков В.А. Анализ состояния длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Новосибирска // Гео-Сибирь, 2010, т. XX. № 1. С. 171-175.
27. Еськова Е.Н., Кириенко Н.Н. Снежный покров как индикатор загрязнения агроландшафтов автотранспортом // Проблемы современной аграрной науки: материалы международной заочной научной конференции, Красноярск, 15 октября 2016 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет». – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2016. С. 17.
28. Захарченко А.В., Тигеев А.А., Пасько О.А., Колесниченко Л.Г., Московченко Д.В. Региональный и локальный геохимические переносы веществ, депонированные в снеговом покрове // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2020. № 6. С. 41-53.

29. Иванов В.Б., Королик В.С., Мухаметдинова Э.А. Распределение загрязнения тяжёлыми металлами в снежном покрове г. Нижневартовск // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование, 2010. № 3. С. 148-153.
30. Козин В.В., Кузнецова Э.А. Физико-географические факторы пространственно-временной изменчивости снежного покрова нефтегазопромыслового региона // Вестник Нижневартовского государственного университета, 2015. С. 151.
31. Кудрявцев А.А., Московченко Д.В., Пожитков Р.Ю. Геохимия снежного покрова г. Нижневартовска // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование, 2018. т. IV. № 1. С. 6-24.
32. Кузнецова Э.А. Физико-географические факторы пространственно-временной изменчивости снежного покрова нефтегазопромыслового региона // Вестник Нижневартовского государственного университета, 2015. С. 151.
33. Куранова М.Н., Ларина Н.С., Палецких Н.С. Химико-экологический мониторинг снегового покрова города Тюмени // Успехи современного естествознания, 2006. № 11. С. 38-41.
34. Курчатова А.Н., Рогов В.В. Методы электронной микроскопии в геоэкологии. -Тюмень: ТИУ, 2020. С. 112.
35. Ларина Н.С., Куранов М.Н., Палецких Н.С. Химико-экологический мониторинг снегового покрова города Тюмень // Успехи современного естествознания, 2006. № 11. С. 38-41.
36. Летенкова И.В., Литвинов В.Ф., Смержок В.Г. Химический анализ снежного покрова Новгородской области // Вестник Новгородского государственного университета, 2014. № 76. С. 73-76.
37. Машкин Д.В., Гуцин А.А., Извекова Т.В., Боровова Ю.Г. Опыт использования снежного покрова в качестве универсального показателя загрязнения урбанизированных территорий // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология, 2016. т. XVIII. С. 58.

38. Московченко Д.В., Пожитков Р.Ю., Соромотин А.В. Геохимическая характеристика снежного покрова г. Тобольск // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2021. т. СССXXII. № 5. С. 156-169.
39. Мурашко Ю. А., Ширыкова А. А. Характерные особенности загрязнения атмосферы в окрестностях г. Сургута по данным исследования снега // Север России: стратегии и перспективы развития: материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Сургут, 27 мая 2016 года. – Сургут: Сургутский государственный университет, 2016. С. 251-256.
40. Осипова Н.А., Таловская А.В., Язиков Е.Г., Янкович В.П. Оценка индивидуального канцерогенного риска для здоровья населения г. Томска по данным геохимического состава пылеаэрозольных выпадений // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, 2011. № 5. С. 67-74.
41. Полищук А.И., Свистов П.Ф. Атмосферные осадки над городами и регионами России // Природа, 2014. № 3. С 28-36.
42. Примак О.В. Проведение экологического мониторинга снежного покрова в условиях городской среды // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 30 января – 01 2013 года. – Оренбург: ООО ИПК "Университет", 2013. С. 1186-1189.
43. Садиуллина О.В., Шумилова М.А. Снежный покров как универсальный показатель загрязнения городской среды на примере Ижевска // Вестник Удмуртского университета. Серия Физика и химия, 2011. № 2. С. 91-96.
44. Соромотин А.В., Факашук Н.Ю. Оценка состояния снежного покрова и почв Тобольской промзоны // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование, 2017. т. III. № 2. С. 22-33.
45. Сухоцкая С., Топчилко Е.В. Снежный покров как зеркало экологического состояния природы // Мастерство online-международный научно-популярный журнал, 2017. № 4. С. 25-29.

46. Таловская А.В. Геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории г. Томска // Оптика атмосферы и океана, 2010. т. XXIII. № 6. С. 519-524.
47. Таловская А.В., Филимоненко Е.А., Язиков Е.Г. Динамика элементного состава снегового покрова на территории северо-восточной зоны влияния Томск-Северской промышленной агломерации // Оптика атмосферы и океана, 2014. Т. XXVII. № 6. С. 491-496.
48. Таловская А.В., Филимоненко Е.А., Язиков Е.Г. Оценка загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных районов Томской области по данным изучения снегового покрова // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2014. № 5. С. 408-417.
49. Фёдорова О.А. Четыркина А.Д. Влияние противогололедных реагентов на окружающую среду (на примере г. Тюмень) // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: материалы III Международной школы-семинара молодых исследователей, Тюмень, 23–28 апреля 2018 года / Под редакцией: В.А. Боева, А.И. Сысо, В.Ю. Хорошавина. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2018. С. 428-433.
50. Янчук М.С. Анализ геоэкологического состояния снежного покрова юго-западного побережья Байкала (на примере поселков Листвянка и Большое Голоустное) // Устойчивое развитие в Восточной Азии: актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию высшего географического образования и 60-летию фундаментальной географической науки в Бурятии, Улан-Удэ, 17–19 мая 2018 года / Научный редактор Ц.Д. Гончиков. – Улан-Удэ: Бурятский государственный университет, 2018. С. 379-382.

## Результаты определения физико-химических параметров проб снега

(г. Тюмень)

(по данным авторов)

Пробы снежного покрова г. Тюмень					
№	pH	Электропроводность (MS/см)	t°C	Минерализация (ppm)	t°C
1с	6,1	50,3	20,4	34,5	19,9
2с	5,9	91,2	20,2	60,7	20,0
3с	8,1	813	20,6	564	20,5
4с	6,5	94,0	20,2	62,7	20,4
5с	6,3	83,5	20,0	56,6	20,5
6с	6,0	59,3	19,0	40,6	20,5
7с	7,2	104	20,7	67,9	21,2
8с	6,5	130	20,8	85,3	21,2
9с	6,0	37,0	20,9	23,5	21,7
10с	6,1	80,6	20,7	52,6	20,8
11с	6,7	182	20,8	120	20,7
12с	6,1	49,7	20,6	32,1	20,8
13с	6,0	33,4	20,8	21,6	20,5
14с	6,1	49,2	20,8	32,1	20,7
15с	6,4	158	20,7	103	20,8
16с	6,1	62,9	20,8	41,0	20,9
17с	6,1	67,9	20,9	44,0	21,1
18с	6,4	92,3	20,9	60,2	21,1
19с	6,1	76,4	21,0	49,9	21,2
20с	6,3	109,0	21,2	71,5	21,2
21с	6,5	146,0	20,8	96,4	21,0
22с	7,0	87,3	20,9	57,2	20,7
23с	6,2	62,0	20,5	40,3	21,0
24с	6,5	88,3	21,8	57,7	21,6
25с	6,0	49,1	21,0	31,5	21,0

Продолжение таблицы 1

№	pH	Электропроводность (MS/см)	t°C	Минерализация (ppm)	t°C
26с	6,2	100,0	21,0	65,4	21,3
27с	6,3	112,0	20,9	73,2	21,3
28с	6,0	43,6	21,0	28,1	21,2
29с	6,2	129	20,9	85,5	21,0
30с	6,7	137,0	21,0	90,4	21,1
31с	6,8	301	20,9	202	20,8
32с	6,3	142,0	20,8	93,1	21,1
33с	6,4	142	20,9	93,5	21,1
34с	6,0	24,5	21,0	15,8	21,2
35с	6,4	82,7	20,8	55,7	21,2
36с	6,0	38,9	20,9	25,0	21,3
37с	6,0	18,9	20,9	11,9	21,0
38с	6,5	98,3	20,9	64,4	21,0
39с	6,5	148,0	20,9	102	20,9
40с	6,1	40,6	21,0	26,2	21,1
41с	5,9	54,0	20,2	34,9	20,4
42с	5,9	46,9	20,4	30,2	20,5
43с	6,5	143	19,7	95,4	20,1
44с	6,2	60,6	19,9	39,2	20,2
45с	6,5	54,1	20,2	35,0	20,2
46с	6,0	36,3	20,2	23,3	20,3
47с	6,2	73,2	20,1	48,4	20,3
48с	6,5	75,2	20,2	50,0	20,4
49с	6,5	83,9	20,6	54,7	20,7
50с	6,3	84,4	20,4	55,5	20,4
Фоновые пробы снежного покрова в г. Тюмень					
Ф1	4,4	12,8	20,6	8,1	20,2
Ф2	4,7	10,3	20,9	6,4	20,6
Ф3	4,3	12,1	20,6	7,6	20,6
Ф4	5,5	29,4	20,6	18,3	20,6
Ф5	4,5	11,2	20,6	7,1	20,6

## Продолжение таблицы 1

№	pH	Электропроводность (MS/см)	t°C	Минерализация (ppm)	t°C
Ф6	4,6	10,6	20,5	6,6	20,6
Ф7	5,3	13,0	20,2	8,4	20,0
Ф8	4,4	16,9	21,0	10,8	21,3
Ф9	4,2	20,1	21,0	12,8	21,1
Ф10	5,2	13,2	20,9	8,5	21,1
Ф11	4,3	16,3	20,9	10,3	21,1

## Результаты определения физико-химических параметров проб снега

(г. Тобольск)

(по данным авторов)

Фоновые пробы снежного покрова г. Тобольск					
№	pH	Электропроводность (MS/см)	t°C	Минерализация (ppm)	t°C
Ф1	5,6	16,0	21,1	10,9	21,4
Ф2	5,1	13,5	20,7	8,5	21,3
Ф3	5,8	18,0	21,0	11,6	21,4
Ф4	4,7	27,2	20,9	17,5	21,3
Ф5	5,0	17,2	20,5	10,9	21,2
Ф6	4,6	12,2	20,9	7,7	21,4
Ф7	5,2	16,4	21,4	10,5	21,7
Пробы снежного покрова г. Тобольск					
1с	6,6	65,6	21,0	42,8	21,5
2с	6,3	56,8	21,3	37,0	21,7
3с	6,2	42,2	21,7	27,1	22,3
4с	6,0	47,6	22,1	31,1	21,8
5с	6,1	45,0	21,4	29,1	21,6
6с	5,8	15,4	21,4	10,2	21,6
7с	6,1	34,3	21,5	22,0	21,6
8с	6,0	19,2	21,4	12,3	21,7
9с	5,9	18,4	21,7	11,8	21,9
10с	5,8	16,7	21,7	10,7	21,9
11с	6,3	76,1	21,8	49,5	22,0
12с	5,0	21,6	21,8	13,7	22,0
13с	6,6	147	22,1	96,3	22,3
14с	5,9	28,4	21,8	18,3	22,1
15с	5,5	14,7	21,6	9,6	22,0
16с	5,1	2,7	21,6	5,1	21,9
17с	6,6	781	21,6	563	21,9

## Продолжение таблицы 2

№	pH	Электропроводность (MS/см)	t°C	Минерализация (ppm)	t°C
18с	6,2	41,3	21,5	49,8	21,9
19с	6,5	48,2	22,0	26,9	22,3
20с	6,0	23,8	22,1	35,6	22,1
21с	6,0	14,9	21,9	9,5	22,1
22с	6,0	13,5	21,7	88,7	21,8
23с	5,7	13,6	22,2	8,7	22,1
24с	6,2	37,7	22,4	24,3	22,3

## Отчет спектра пробы снежного покрова 3с

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 1

Ширина изображения: 45,2  $\mu\text{m}$

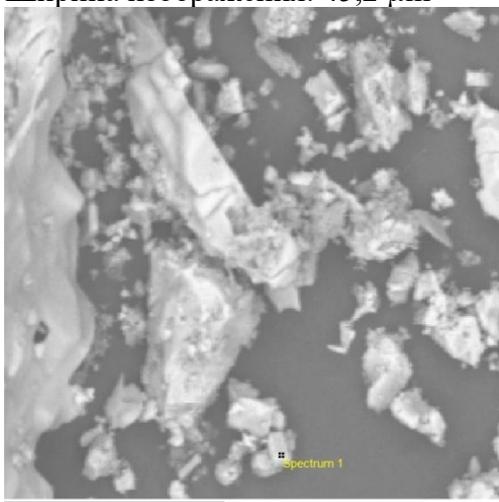


Рис.1. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 53,6      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

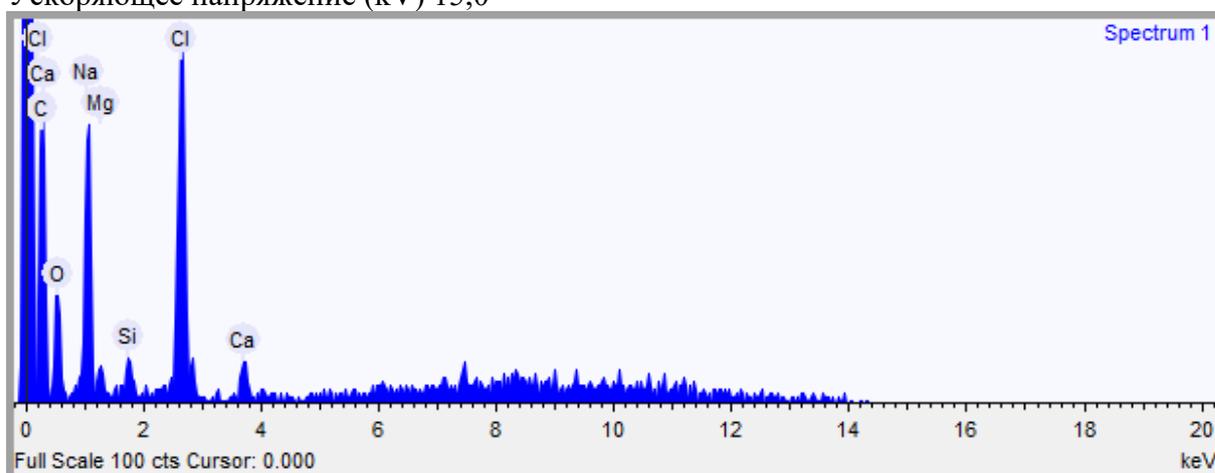


Рис.2. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 3

## Сводные данные

Элемент	Вес %	Вес% $\sigma$	Атомный %
Углерод	7.731	30.566	13.250
Кислород	37.632	12.720	48.422
Натрий	19.468	6.597	17.433
Магний	1.991	0.875	1.686
Кремний	1.592	0.723	1.167
Хлор	27.124	9.125	15.750

### Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 2

Ширина изображения: 45,2  $\mu\text{m}$

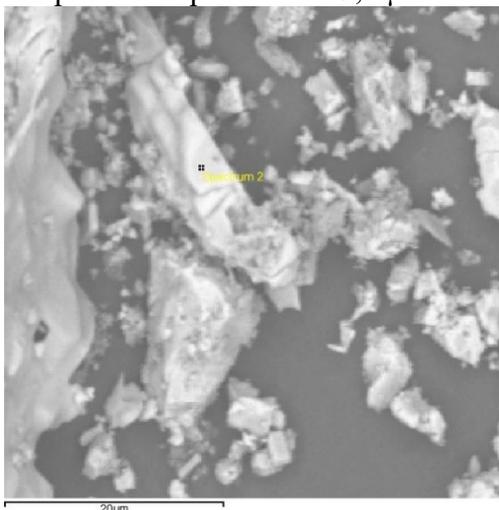


Рис.2. Электронное изображение

### Условия приобретения

Время захвата (s) 9,2      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

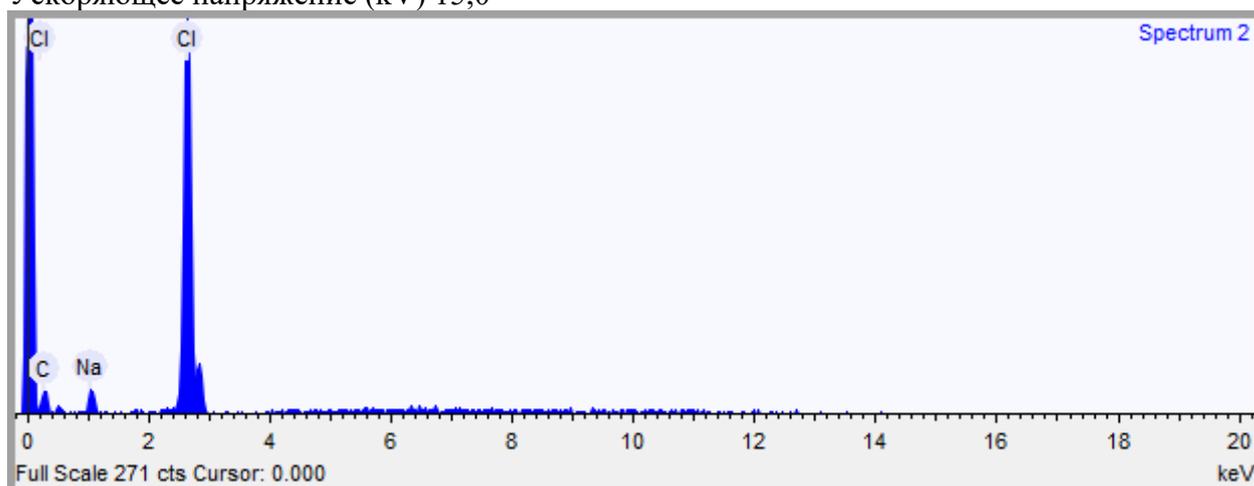


Рис.3. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 4

### Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес% $\sigma$	Атомный %
Углерод	19.893	27.289	41.686
Натрий	3.749	1.390	4.104
Хлор	76.358	26.017	54.209

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 3

Ширина изображения: 45,2  $\mu\text{m}$

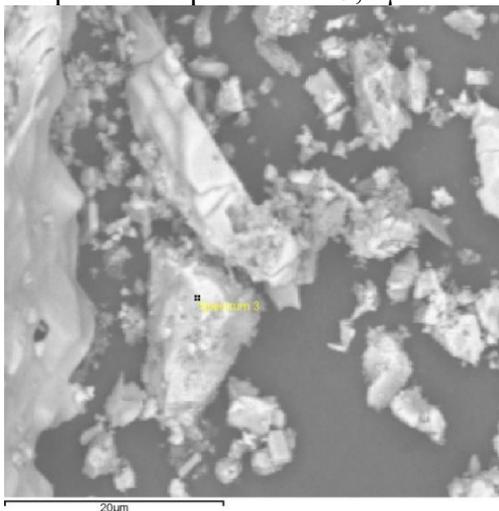


Рис.4. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 6,2      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

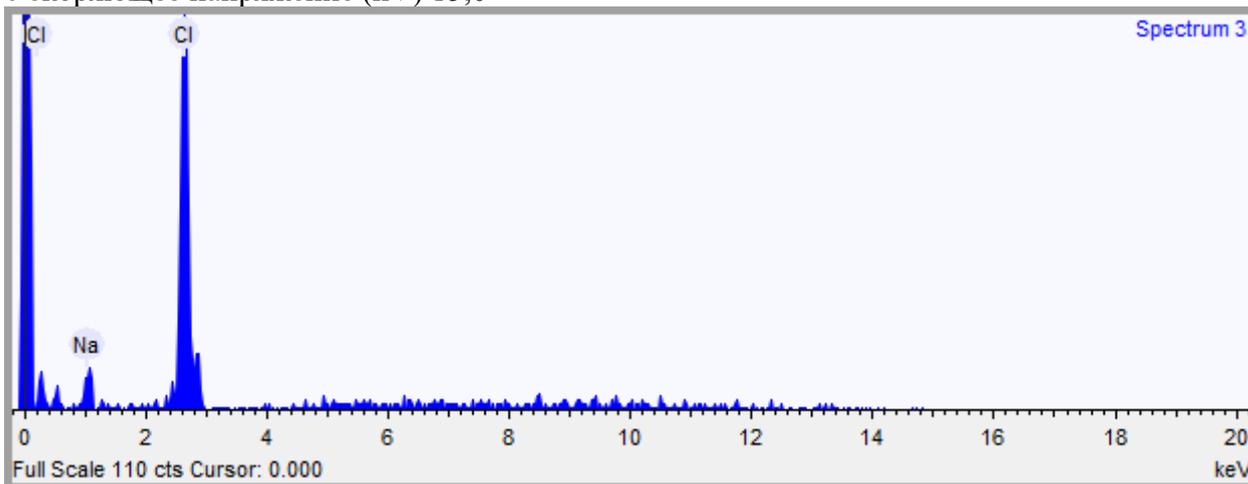


Рис. 5. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 5

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес % $\sigma$	Атомный %
Натрий	7.522	1.384	11.145
Хлор	92.478	1.384	88.855

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 1

Ширина изображения: 90,4  $\mu\text{m}$

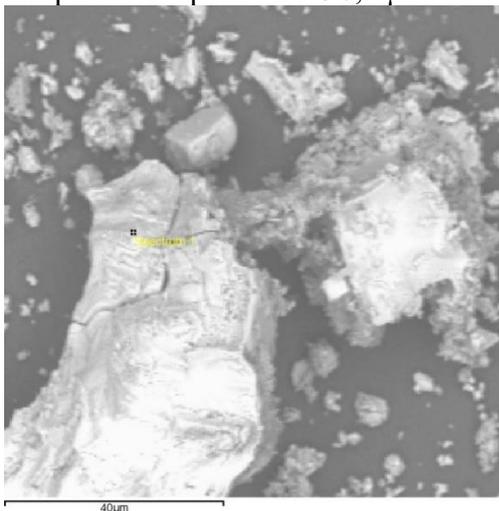


Рис.6. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 2,3      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

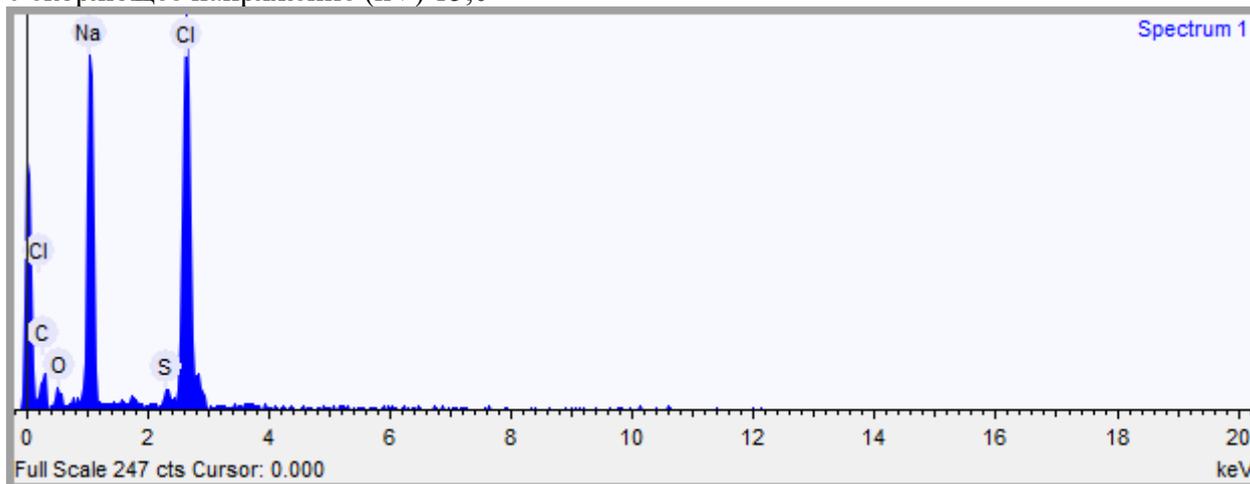


Рис.7. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 6

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес % $\sigma$	Атомный %
Углерод	39.004	5.246	58.385
Кислород	7.992	1.828	8.982
Натрий	20.734	1.912	16.215
Сера	0.980	0.263	0.550
Хлор	31.290	2.815	15.868

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 2

Ширина изображения: 90,4  $\mu\text{m}$

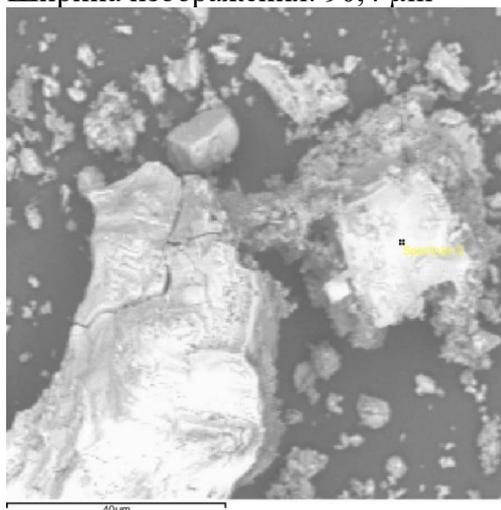


Рис.8. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 10,5      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

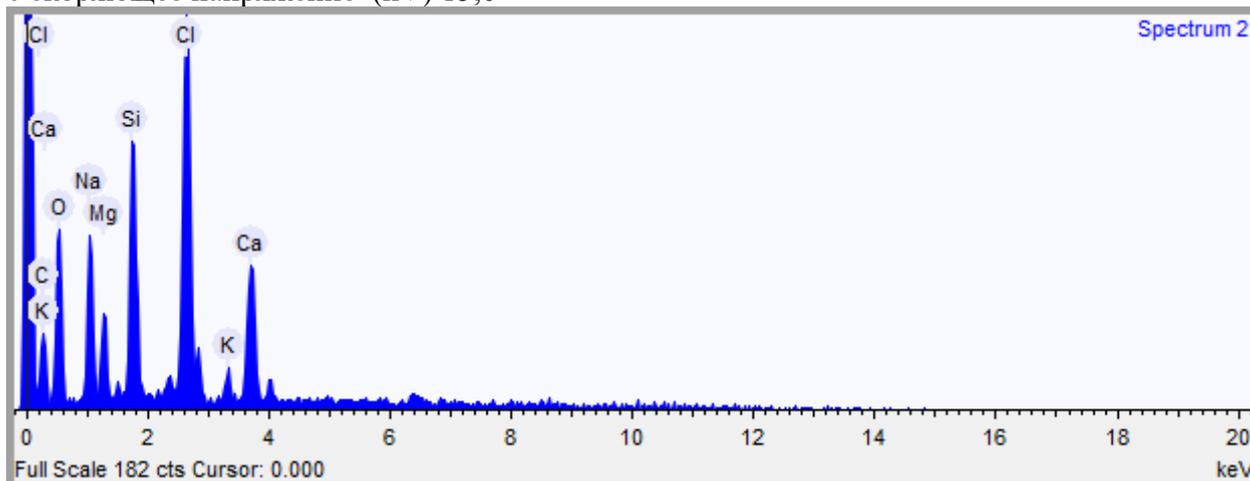


Рис.9. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 7

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес % $\sigma$	Атомный %
Углерод	24.345	10.890	37.041
Кислород	33.873	5.124	38.693
Натрий	5.975	0.972	4.749
Магний	2.535	0.471	1.906
Кремний	7.427	1.141	4.833
Хлор	16.476	2.464	8.493
Калий	1.169	0.305	0.547
Кальций	8.200	1.283	3.739

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 1

Ширина изображения: 30,1  $\mu\text{m}$

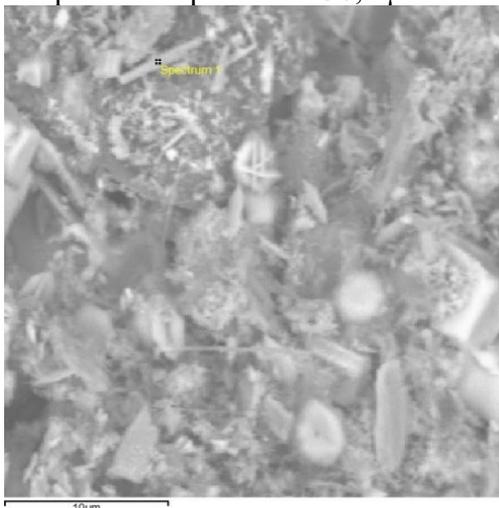


Рис.10. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 19,6      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

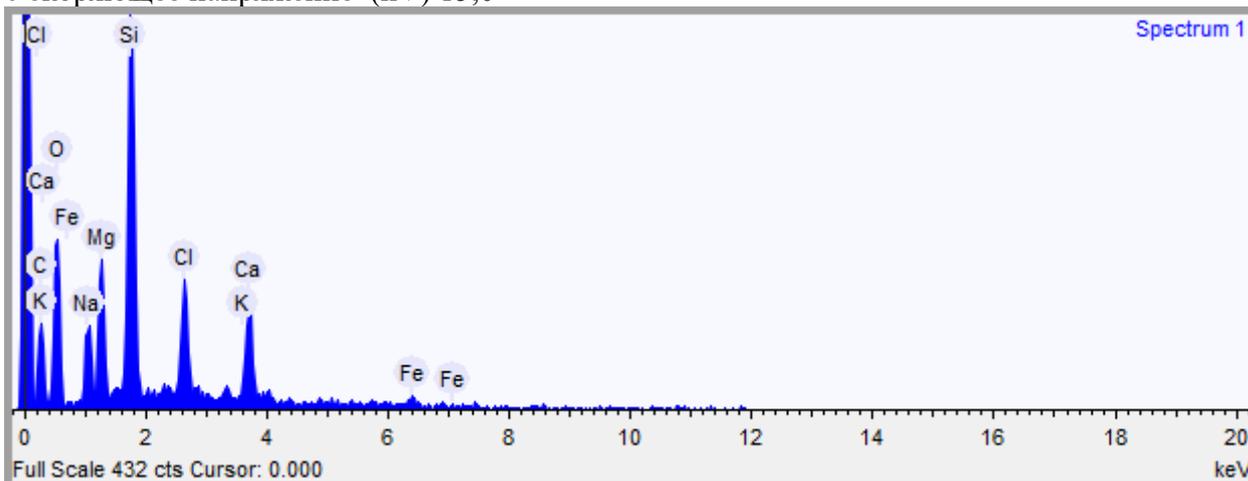


Рис.11. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 8

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес % $\sigma$	Атомный %
Углерод	19.060	9.525	29.599
Кислород	37.319	4.547	43.508
Натрий	4.287	0.602	3.478
Магний	5.816	0.754	4.462
Кремний	16.027	1.947	10.644
Хлор	7.282	0.935	3.831
Калий	0.814	0.243	0.388
Кальций	7.245	0.940	3.372
Железо	2.151	0.561	0.718

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 2

Ширина изображения: 30,1  $\mu\text{m}$

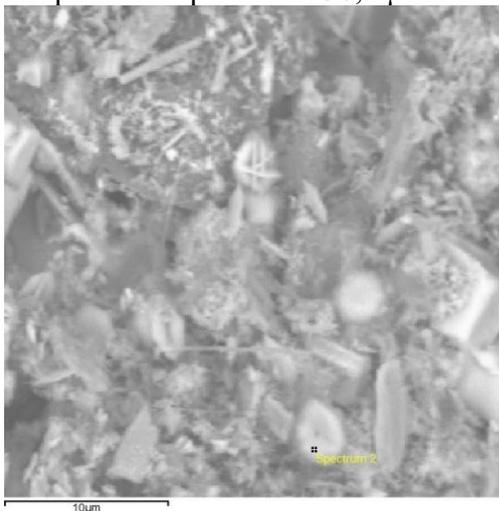


Рис.12. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 11,4      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

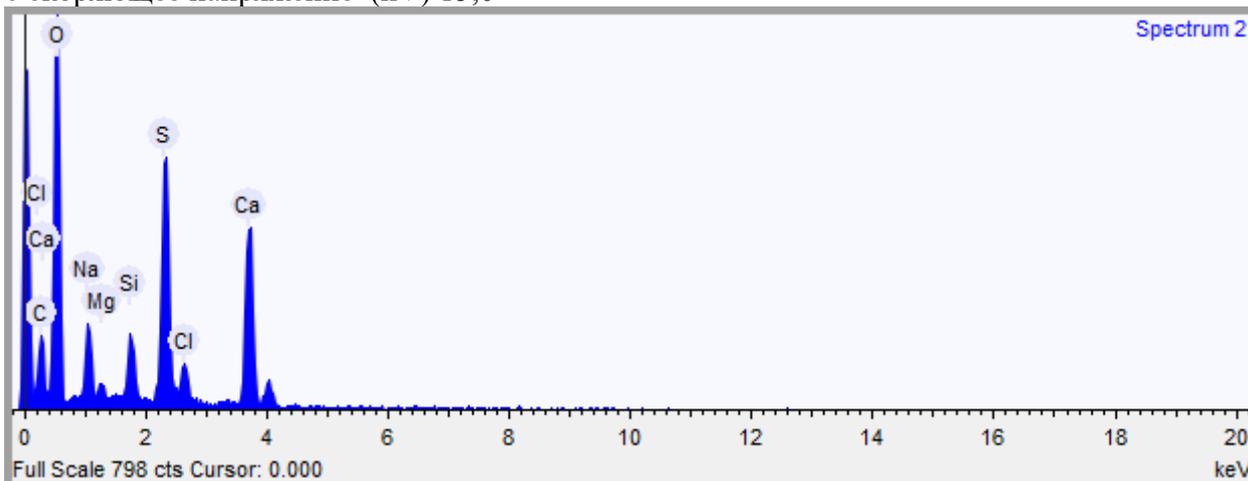


Рис.13. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 9

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес% $\sigma$	Атомный %
Углерод	16.506	1.399	24.008
Кислород	56.328	1.109	61.507
Натрий	3.263	0.209	2.480
Магний	0.529	0.106	0.380
Кремний	1.915	0.121	1.191
Сера	8.907	0.279	4.853
Хлор	1.930	0.138	0.951
Кальций	10.622	0.318	4.630

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 3

Ширина изображения: 30,1  $\mu\text{m}$

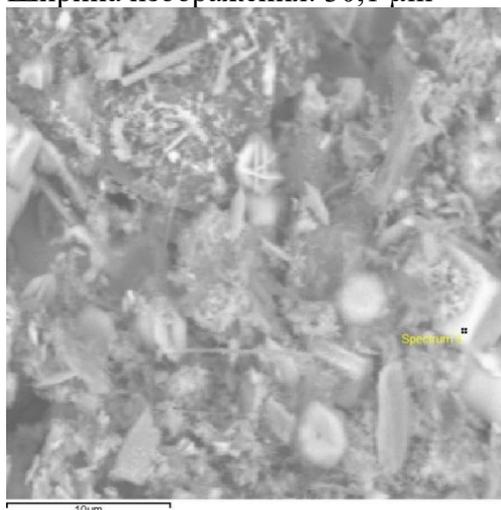


Рис.14. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 4,7      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

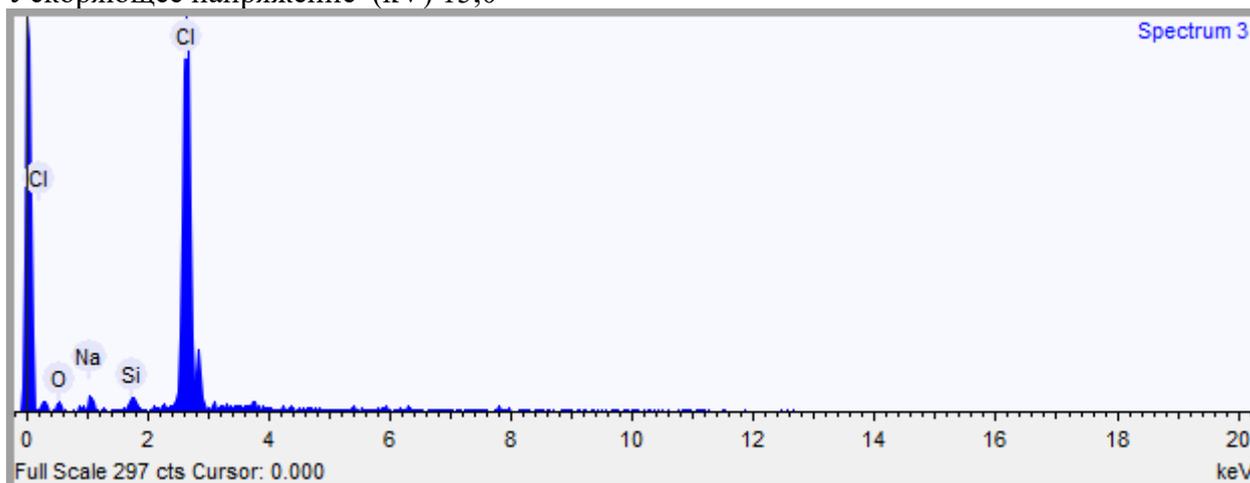


Рис.15. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 10

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес % $\sigma$	Атомный %
Кислород	15.161	2.772	27.978
Натрий	2.380	0.521	3.056
Кремний	1.342	0.383	1.411
Хлор	81.118	2.716	67.555

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 4

Ширина изображения: 30,1  $\mu\text{m}$

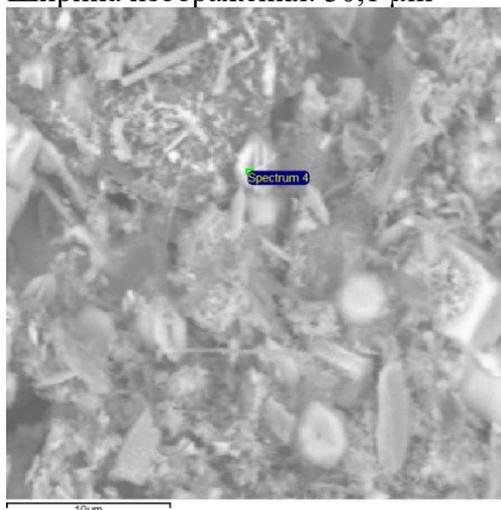


Рис.16. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 4,7      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

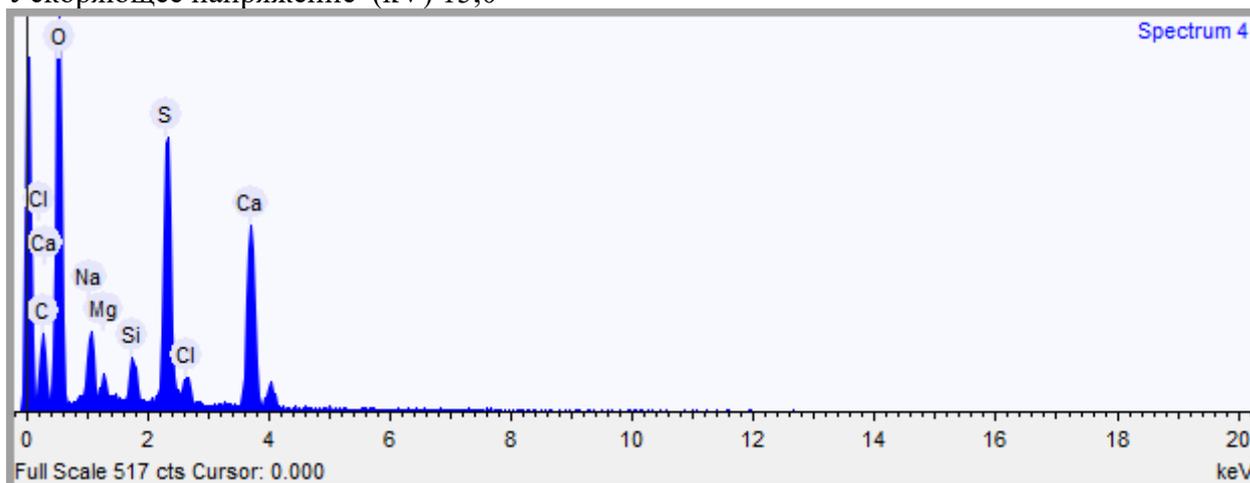


Рис.17. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 11

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес % $\sigma$	Атомный %
Углерод	15.977	1.711	23.243
Кислород	57.193	1.365	62.463
Натрий	3.096	0.261	2.353
Магний	0.778	0.142	0.559
Кремний	1.254	0.131	0.780
Сера	9.773	0.363	5.326
Хлор	1.316	0.158	0.648
Кальций	10.615	0.395	4.628

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 5

Ширина изображения: 30,1  $\mu\text{m}$

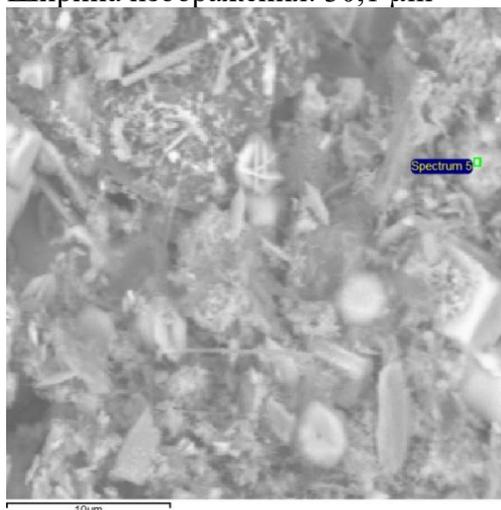


Рис.18. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 9,3      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

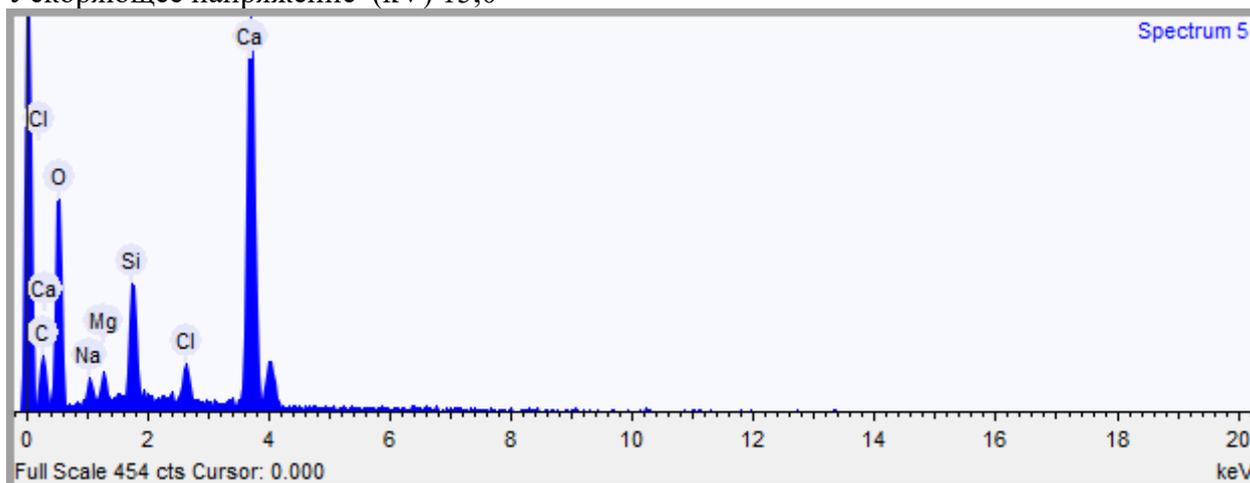


Рис19. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 12

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес% $\sigma$	Атомный %
Углерод	10.281	1.403	16.444
Кислород	53.654	1.337	64.428
Натрий	1.222	0.246	1.021
Магний	1.173	0.186	0.927
Кремний	4.487	0.264	3.069
Хлор	1.957	0.206	1.060
Кальций	27.227	0.837	13.051

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 6

Ширина изображения: 30,1  $\mu\text{m}$

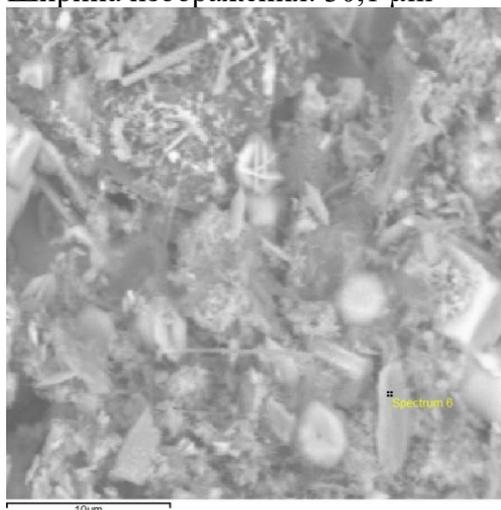


Рис.20. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 9,4      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

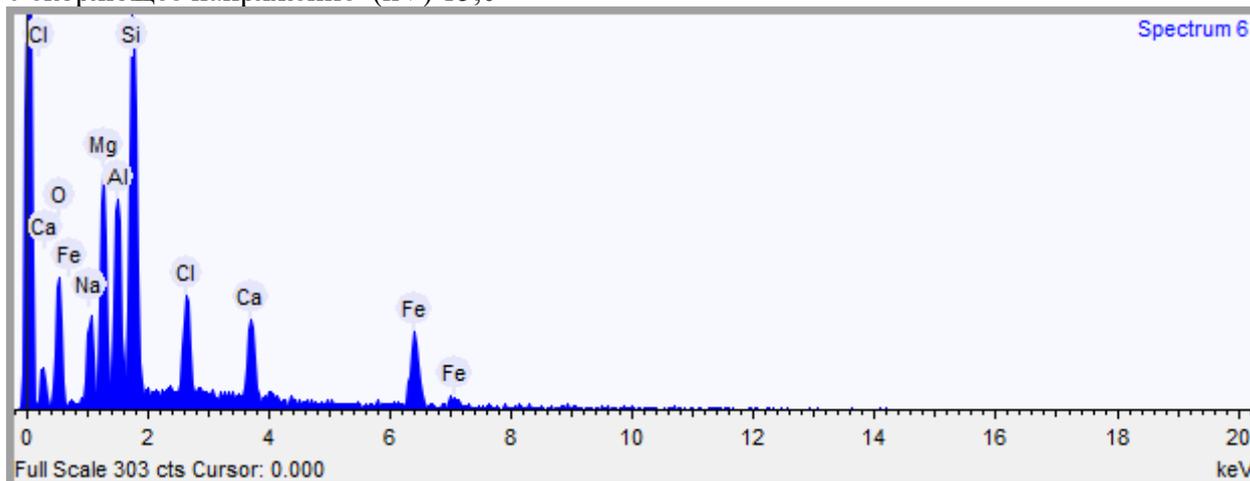


Рис.21. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 13

Сводные результаты

Элемент	Вес%	Вес% $\sigma$	Атомный %
Кислород	25.073	1.177	39.975
Натрий	5.159	0.447	5.724
Магний	10.397	0.522	10.908
Алюминий	9.399	0.503	8.885
Кремний	19.587	0.677	17.789
Хлор	6.867	0.445	4.941
Кальций	5.771	0.422	3.673
Железо	17.747	0.975	8.106

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 1

Ширина изображения: 18,1  $\mu\text{m}$

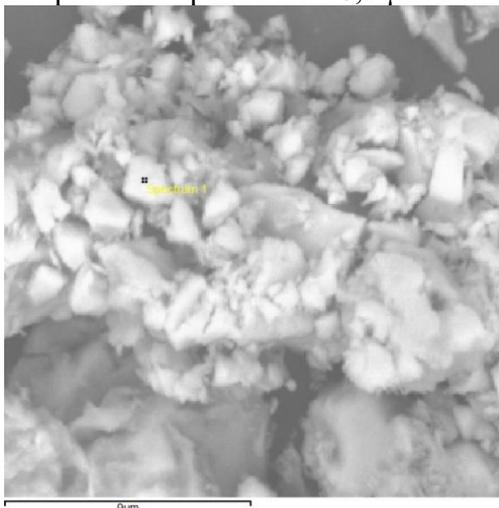


Рис.22. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 2,6      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

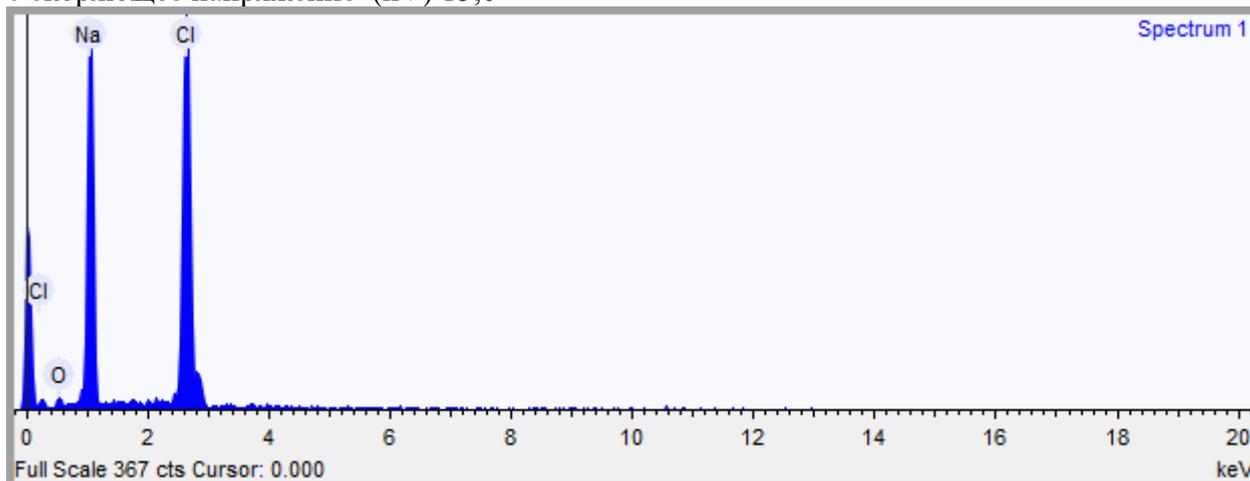


Рис.23. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 14

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес % $\sigma$	Атомный %
Кислород	6.609	1.654	11.413
Натрий	37.404	1.107	44.953
Хлор	55.988	1.338	43.634

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 1

Ширина изображения: 90,4  $\mu\text{m}$

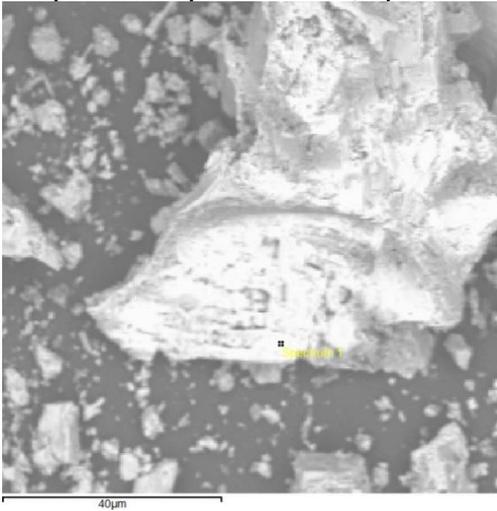


Рис.24. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 4,3      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

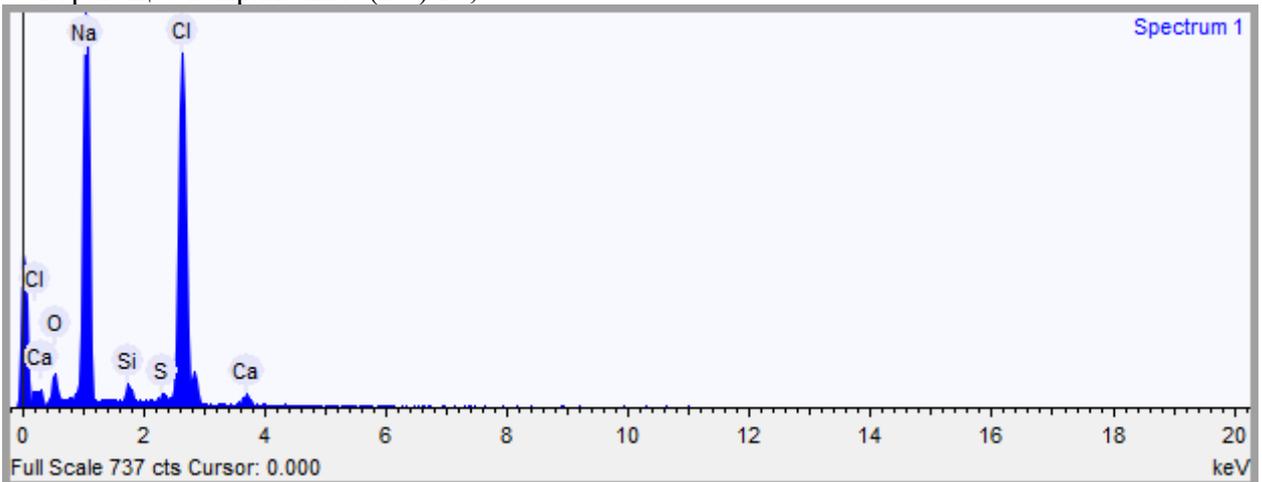


Рис.25. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 15

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес % $\sigma$	Атомный %
Кислород	15.380	1.357	24.559
Натрий	36.481	0.834	40.539
Кремний	1.449	0.229	1.318
Сера	0.867	0.223	0.691
Хлор	44.305	0.942	31.926
Кальций	1.517	0.275	0.967

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 1

Ширина изображения: 45,2  $\mu\text{m}$

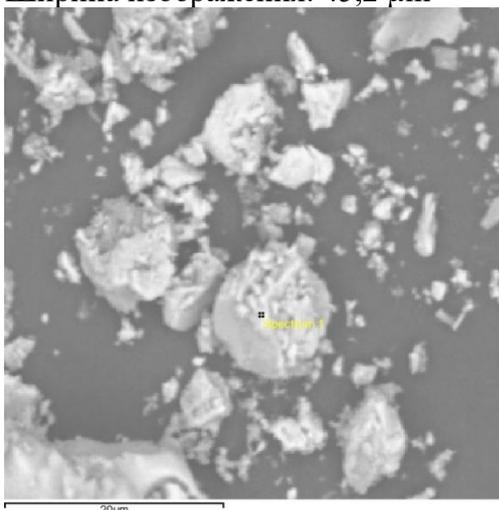


Рис.26. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 2,1      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

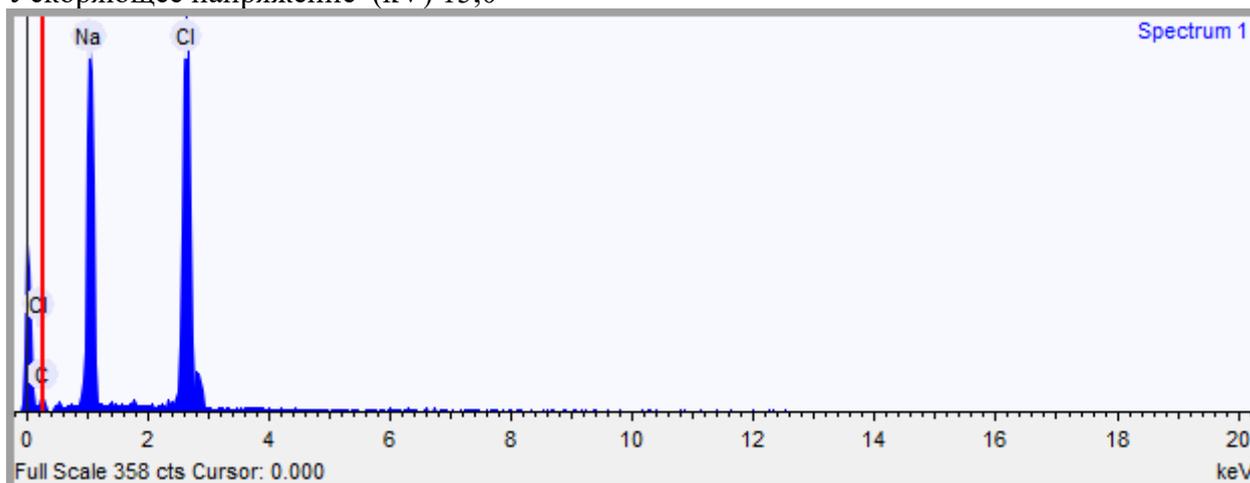


Рис.27. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия Нет

Таблица 16

Сводные результаты

Элемент	Вес%	Вес % $\sigma$	Атомный %
Углерод	25.148	6.099	44.933
Натрий	29.734	2.526	27.756
Хлор	45.118	3.750	27.311

Детали спектра

Проект Новый проект Имя спектра: Спектрум 1

Ширина изображения: 150,6  $\mu\text{m}$

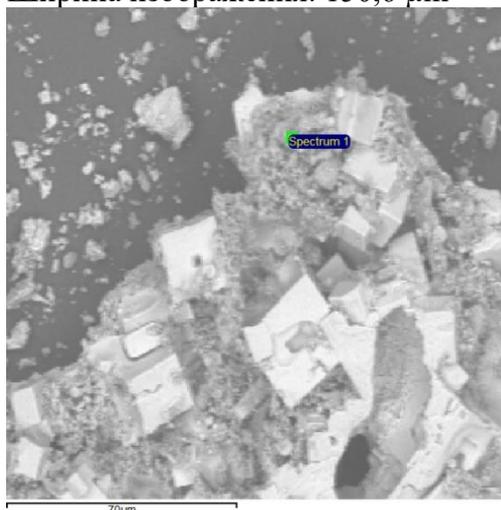


Рис.28. Электронное изображение

Условия приобретения

Время захвата (s) 24,0      Время процесса 5

Ускоряющее напряжение (kV) 15,0

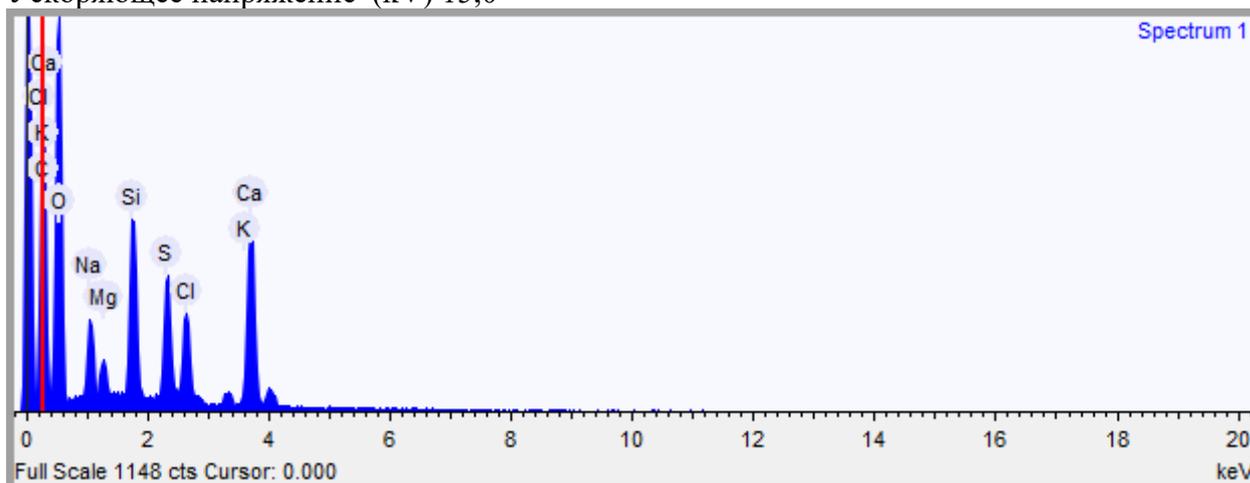


Рис.29. Настройки количественного анализа

Метод количественного определения Все элементы (нормализовано)

Элемент покрытия

Нет

Таблица 17

Сводные результаты

Элемент	Вес %	Вес % $\sigma$	Атомный %
Углерод	32.869	2.326	43.541
Кислород	46.466	1.671	46.209
Натрий	2.440	0.145	1.688
Магний	0.844	0.080	0.552
Кремний	3.879	0.168	2.198
Сера	2.998	0.146	1.488
Хлор	2.882	0.144	1.293
Калий	0.511	0.065	0.208
Кальций	7.111	0.288	2.823