


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, доцент
 А.В. Синдирева
5.08. 2023 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
магистерская диссертация

**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ
СРЕДЫ ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ НАЗЕМНЫМИ МЕТОДАМИ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НАДЫМ)**

05.04.06 Экология и природопользование
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнила работу
студентка 2 курса
очной формы обучения



Клевакина Владислава
Александровна

Научный руководитель
д.б.н., профессор, доцент



Соромотин Андрей Владимирович

Научный консультант
к.с.-х.н., доцент



Журавлёва Наталья Николаевна

Рецензент
к.б.н., доцент кафедры
техносферной безопасности,
ФГБОУ ВО "ТИУ"



Оздобихина Анастасия Олеговна

Тюмень
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ТВЁРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ НАЗЕМНЫМИ МЕТОДАМИ.....	9
1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	9
1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ТВЁРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ НАЗЕМНЫМИ МЕТОДАМИ.....	17
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И ОБЕКТЫ ИИСЛЕДОВАНИЯ	32
2.1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	32
2.2. МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
2.3. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СТАНЦИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТВЁРДЫХ ЧАСТИЦ.....	39
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЁННЫХ ЗАМЕРОВ.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Атмосферное загрязнение является одной из основных проблем современных городских сред, и его негативное воздействие на здоровье населения и окружающую среду хорошо известно. Одним из важных аспектов загрязнения атмосферы является наличие твердых частиц, таких как пыль, в воздухе.

Поэтому продвижение зеленой инфраструктуры (ЗИ) считается беспроигрышным решением проблемы загрязнения воздуха. Она уменьшает приземные концентрации, не накладывая ограничений на движение транспорта и другие источники загрязнения [Корытный, Потапова, с. 374; Ларионов, Рябышенков, с. 382; Медведев, Алдашева, с. 335].

Город Надым, расположенный на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, не является исключением. Быстрые темпы роста населения, интенсивное развитие инфраструктуры, промышленности и транспорта делают его подверженным высокому уровню атмосферного загрязнения. Пылевое загрязнение атмосферы может иметь серьезные последствия для здоровья населения и экосистемы, поэтому важно проводить научные исследования и оценивать его уровень.

Целью данной научно-исследовательской работы является оценка загрязнения атмосферного воздуха городской среды твердыми частицами в городе Надыме. Для достижения этой цели будут проведены замеры концентрации пыли в различных точках города с использованием прибора СЕМ DT-9850M. Кроме того, будут измерены метеорологические параметры с помощью прибора Метеоскоп-М, чтобы учесть их влияние на уровень загрязнения.

На основе полученных данных будет произведена обработка и анализ информации, включающая статистический анализ, пространственный анализ и корреляционный анализ. Результаты исследования позволят оценить уровень загрязнения пылью в городе, определить основные источники

загрязнения и разработать рекомендации для снижения уровня загрязнения и охраны окружающей среды.

Это исследование имеет важное значение для разработки эффективных мер по защите окружающей среды и здоровья населения города Надыма. Результаты работы могут быть использованы местными властями и заинтересованными сторонами для разработки и реализации стратегий по снижению загрязнения атмосферы и улучшению качества воздуха в городе.

Анализ загрязнения атмосферного воздуха городской среды твердыми частицами является сложной задачей, требующей систематического подхода и использования наземных методов исследования. В данном исследовании используется прибор СЕМ DT-9850М для замеров концентрации пыли различного размера. Этот прибор предоставляет быстрые и точные показания содержания твердых частиц в окружающей среде и позволяет хранить данные замеров на карту памяти для последующего анализа.

Для более полного понимания влияния пылевого загрязнения на окружающую среду и здоровье населения, также проводятся измерения метеорологических параметров с помощью прибора Метеоскоп-М. Эти измерения включают температуру воздуха, влажность, скорость потока воздуха и давление. Учет метеорологических условий позволяет определить их влияние на распространение и концентрацию пыли в городской среде.

Оценка загрязнения атмосферы городской среды твердыми частицами включает анализ полученных данных и определение основных факторов и источников, вносящих наибольший вклад в пылевое загрязнение. Различные секторы, такие как транспорт, промышленность и строительство, могут иметь различную степень влияния на общую концентрацию пыли в городе. Анализ данных позволит выделить основные источники загрязнения и определить необходимые меры для снижения уровня загрязнения и улучшения качества воздуха.

Оценка рисков, связанных с высоким уровнем пыли в атмосфере, является важной частью исследования. Определение основных групп

населения, которые могут быть особенно уязвимыми перед воздействием пылевого загрязнения, поможет разработать целевые меры и рекомендации для защиты и улучшения общественного здоровья. Люди с респираторными заболеваниями, дети, пожилые люди и другие уязвимые группы населения могут испытывать большее воздействие загрязненного воздуха, поэтому необходимо предпринять соответствующие меры для их защиты.

Полученные результаты исследования позволят оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха городской среды твердыми частицами в городе Надыме и определить его соответствие нормам и стандартам безопасности.

Это поможет выявить проблемные участки и источники загрязнения, а также оценить эффективность существующих мер по снижению загрязнения. На основе этих результатов могут быть разработаны рекомендации и стратегии для улучшения качества воздуха и снижения воздействия загрязненного воздуха на здоровье населения.

Цель исследования: определить загрязнение атмосферного воздуха городской среды твердыми частицами наземными методами на примере города Надым.

Объект исследования - атмосферный воздух городской среды.

Предмет исследования - твердые частицы атмосферного воздуха городской среды.

Исходя из цели исследования, нами были поставлены следующие задачи:

1. Анализ основных подходов к изучению определения атмосферного воздуха городской среды твердыми частицами наземными методами.
2. Изучение особенностей атмосферного воздуха городской среды.
3. Проведение исследования по оценке загрязнения атмосферного воздуха городской среды твердыми частицами наземными методами на примере города Надым.

4. Разработка рекомендаций по озеленению города Надым, для улучшения экологической обстановки.

Выбор методов исследования обусловлен возможностью адекватного и полного решения задач на каждом этапе научно-исследовательской работы.

Теоретико-методологической основой написания работы послужили:

- научные статьи,
- монографии,
- учебные издания.

Использованы положения стандартов в области оценки загрязнения атмосферного воздуха городской среды.

Новизна исследования:

1. Анализ атмосферного воздуха городской среды с учетом твёрдых частиц позволяет получить новые данные и понимание об уровне загрязнения и его влиянии на окружающую среду и здоровье людей.
2. Рассмотрение особенностей загрязнения воздуха в конкретном городе (например, г. Надым) позволяет учитывать местные факторы, такие как климатические условия, особенности инфраструктуры и источники загрязнения, что вносит новые аспекты в изучение проблемы.

Теоретическая значимость исследования:

1. Изучение загрязнения атмосферного воздуха городской среды расширяет нашу теоретическую базу и понимание процессов, связанных с качеством воздуха в городах.
2. Анализ воздействия твёрдых частиц на здоровье людей позволяет расширить наши знания о возможных рисках и опасностях, а также разработать соответствующие стратегии для их предотвращения.

Практическая значимость исследования:

1. Результаты исследования могут использоваться городскими властями и организациями для разработки и внедрения мер по улучшению качества воздуха и снижению уровня загрязнения в городской среде.

2. Определение основных источников твёрдых частиц в городской среде позволяет принимать целенаправленные меры по их сокращению или контролю, такие как улучшение технологий, внедрение фильтров и систем очистки воздуха.
3. Разработка рекомендаций по озеленению и улучшению экологической обстановки способствует созданию более здоровой и приятной городской среды для жителей.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и библиографического списка.

Защищаемые положения исследования:

1. Атмосферный воздух городской среды подвержен загрязнению твёрдыми частицами, что представляет серьезную проблему для окружающей среды и здоровья людей.
2. Изучение особенностей загрязнения воздуха в конкретном городе (г. Надым) позволяет учитывать местные факторы, которые могут значительно влиять на уровень загрязнения и его последствия.
3. Сравнительный анализ данных о средней температуре и скорости ветра на протяжении нескольких лет позволяет выявить тенденции и изменения в климатических условиях, которые могут иметь влияние на распространение и перенос твёрдых частиц в атмосфере городской среды.
4. Озеленение городской среды является эффективным способом снижения уровня загрязнения воздуха и улучшения экологической обстановки. Выбор определенных видов растительности и их расположение должны основываться на характеристиках городской среды, включая климатические условия, типы загрязнителей и наличие доступного пространства.
5. Исследование имеет как теоретическую, так и практическую значимость, внося новые данные и понимание в область изучения качества атмосферного воздуха в городской среде, а также предлагая

рекомендации и стратегии для снижения загрязнения и улучшения экологической обстановки.

Эти защищаемые положения поддерживаются проведенным анализом, рассмотрением актуальных данных и литературных источников, а также соответствуют целям исследования.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ТВЁРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ НАЗЕМНЫМИ МЕТОДАМИ

1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Загрязнение атмосферы твердыми частицами (ТЧ) является актуальной проблемой в большинстве промышленных городов [Андреева, Соломин, Васильева, с. 190; Астафьева, Авраменко, Питрюк, с. 354]. К источникам загрязнения воздуха в городах относятся выбросы муниципального, промышленного и транспортного секторов.

Многочисленные эпидемиологические исследования показали, что воздействие загрязненного воздуха, содержащего мелкие частицы пыли с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм, может представлять опасность для здоровья человека.

Таким образом, продолжающийся рост интенсивности движения автотранспорта на дорогах тесно связан с усилением воздействия на человека неблагоприятного воздействия пылевых аэрозолей, в том числе его углеродной фракции [Боголюбов, Позднякова, с. 429].

Этот факт объясняет, почему заболеваемость от пылевого загрязнения не снизилась и даже не увеличилась, несмотря на значительное сокращение выбросов пыли от промышленных источников за последнюю четверть века [Вартапетов, с. 170].

К глобальным экологическим угрозам, несомненно, относятся пылевые загрязнители. Воздушные условия, способствующие загрязнению больших территорий из-за трансграничной протяженности, представляют угрозу для здоровья пострадавшего населения, что придает значимость проведенным исследованиям [Гурова, Назаренко, с. 188].

Твердые частицы в воздухе представляют собой сложную смесь твердой, жидкой и газообразной фаз, которые могут оставаться в атмосфере в диспергированном состоянии в течение длительного времени из-за их высокой дисперсности.

В рамках оценки риска для здоровья соответствующий параметр для ТЧ обычно классифицируется в соответствии с аэродинамическим диаметром частиц. По данным мониторинга качества атмосферного воздуха в городах в Российской Федерации и Европе существует два основных вида пыли.

Это PM10 (крупнодисперсные частицы), обозначающие крупные частицы пыли с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм, и PM2,5 (ультрадисперсные частицы), что означает, мелкие частицы пыли с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм.

В городах к источникам пыли газообразных загрязнителей воздуха относятся антропогенные выбросы жилищно-коммунального хозяйства, промышленности и транспорта.

Как показывают многочисленные исследования, повышение концентрации в воздухе мелкодисперсной пыли с аэродинамическим диаметром частиц до 2 мкм опасно для здоровья горожан [Данилов-Данильян, Малашенков, с. 363; Еремченко, 2017, с. 236].

Для предотвращения повышения уровня загрязнения атмосферного воздуха при неблагоприятных погодных условиях для рассеивания вредных веществ необходимо использование математического аппарата для моделирования и прогнозирования этих условий.

Прогнозы неблагоприятных погодных условий могут охватывать город в целом, группы источников и отдельные источники.

Мелкодисперсные аэрозоли, состоящие из частиц диаметром менее 2,5 мкм, появляются в атмосфере как продукт окисления топлива. Эти смеси образуют смог и содержат диоксид серы (SO₂), оксиды азота (NO_x), аммиак (NH₃), летучие органические соединения (ЛОС) и воду [Еремченко, 2018, с. 236].

Эта фракция содержит самую большую группу химических веществ, известных как канцерогенные, мутагенные и цитотоксические, в том числе полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и другие.

Со второй половины прошлого века экологические эпидемиологические исследования выявили значительное влияние качества воздуха на здоровье населения. Последствия для здоровья касаются в основном всех респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с увеличением заболеваемости и сокращением продолжительности жизни [Жиров, с. 311; Жуйкова, Безель, с. 362].

Исследования, проведенные зимой 2013–2014 гг. в различных странах Европы, выявили повышенные концентрации частиц PM10 в густонаселенных городских районах [Залунин, с. 206].

В Российской Федерации уровень загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами регулируется Постановлением Правительства Российской Федерации от 8 июля 2015 г. № 1316-р «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых принимаются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (с изменениями и дополнениями)» [Жуйкова, Безель, с. 362; Залунин, с. 206; Колесников, с. 469].

Наиболее индустриализированной и урбанизированной зоной в Европе является Силезия и агломерация Верхней Силезии в Польше, выбрасывающие в атмосферу 21,4 % пылевых и 20 % газовых загрязнителей [Колесников, с. 469; Корытный, Потапова, с. 374].

Нарушение экологического баланса в этом районе привело к тому, что на протяжении многих лет наблюдается высокий уровень взвешенной пыли. В 2010 г. среднегодовые концентрации PM10 и PM2,5 были одними из самых высоких в любой агломерации Польши, составляя 50,5 мкг/м³ и 42,5 мкг/м³ соответственно [Ларионов, Рябышенков, с. 382].

С 2008 г. вступила в силу Директива 2008/50/ЕС Европейского парламента и Совета от 21 мая 2008 г. о качестве атмосферного воздуха и более

чистом воздухе для Европы (Директива «КАФЕ») [Медведев, Алдашева, с. 335], являющаяся важным законодательным актом в Европе. В 2004 г. испытания в тоннелях позволили сделать вывод, что основная часть пыли, собранной в этой зоне, приходится на уголь.

Следовательно, очевидно, что выбросы транспортных средств обычно увеличивают концентрацию углерода в воздухе, особенно элементарного углерода. Это явление уже хорошо изучено и задокументировано для различных фракций пыли в других регионах мира [Павлова, с. 190; Притужалова, с. 244].

Прогнозы загрязнения атмосферного воздуха городов следует составлять для каждого сезона года и каждой половины суток отдельно. При скользящем графике отбора проб воздуха пробы отбирают в 7, 10 и 13 ч в первой половине суток и в 15, 18 и 21 ч во второй половине суток. При тройном отборе пробы берутся в 7:00 и 13:00 в первой половине дня и в 15:00 и 19:00 во второй половине дня.

На первую половину суток прогнозы погоды принимаются за 6 ч, а данные радиозондов за 3 ч. Для второй половины дня параметры погоды считаются предикторами на 15-часовой период.

Оперативный прогноз загрязнения атмосферного воздуха предназначен для снижения выбросов вредных веществ в атмосферный воздух в краткосрочной перспективе при неблагоприятных погодных условиях [Ризниченко, 2019, с. 181; Ризниченко, Рубин, 2018, с. 185].

При необходимости могут быть составлены два вида прогнозов загрязнения атмосферного воздуха в городе: предварительные (на сутки вперед) и точные (на 6–8 ч вперед, в том числе утренние на текущие сутки, дневные, вечерние и ночные).

Различия в уровнях загрязнения ТЧ от природных и антропогенных источников меньшего масштаба и с разными параметрами выявляются и квалифицируются для лучшего понимания характера их распространения и

воздействия на окружающую среду и здоровье человека [Urban air quality..., pp. 193–214].

Атмосферный воздух городской среды характеризуется рядом особенностей, связанных с городской застройкой, промышленной деятельностью, транспортными средствами и другими факторами. Вот некоторые характеристики атмосферного воздуха в городской среде:

1. Загрязнение воздуха: Города обычно имеют высокий уровень загрязнения воздуха из-за выбросов от промышленных предприятий, эмиссий от автомобилей и других источников. В результате повышенного содержания твердых частиц, тяжелых металлов, оксидов азота, углеводородов и других вредных веществ может возникать смог, который негативно влияет на качество воздуха и здоровье людей.
2. Высокий уровень шума: Городская среда характеризуется интенсивным движением транспорта, строительной деятельностью, коммерческими предприятиями и другими источниками шума. Шум может создавать дискомфорт и негативно влиять на психическое и физическое здоровье людей.
3. Изменение климата: Города часто имеют свой микроклимат, отличающийся от природного окружения. Застройка, асфальт, бетон и другие искусственные поверхности поглощают и сохраняют тепло, в результате чего города могут быть заметно теплее сельской местности (эффект "теплого острова"). Это может приводить к повышенной потребности в кондиционировании помещений и ухудшению качества воздуха в результате уменьшения циркуляции воздуха.
4. Недостаток зеленых насаждений: В городских условиях часто отсутствуют большие зеленые зоны и парки, что приводит к недостатку растительности. Растения играют важную роль в очищении воздуха от загрязняющих веществ и выработке кислорода. Отсутствие достаточного количества растений может ухудшать качество воздуха в городе [An empirical-mathematical modelling..., pp. 762–771].

5. **Интенсивный транспорт:** Города обычно имеют высокий уровень транспортной активности, включая автомобили, автобусы, грузовики и мотоциклы. Выбросы от двигателей внутреннего сгорания вносят значительный вклад в загрязнение воздуха, особенно оксидами азота и твердыми частицами. Транспорт также способствует шуму и создает пробки, что влияет на качество воздуха и ухудшает условия жизни в городах.
6. **Повышенная плотность населения:** Городская среда характеризуется высокой плотностью населения, что приводит к более интенсивному использованию энергии и ресурсов. Большое количество людей и их деятельность, включая энергопотребление, производство отходов и выбросы, оказывают влияние на состояние атмосферы в городах.
7. **Риск утечек химических веществ:** В городской среде часто находятся промышленные предприятия и хранилища химических веществ, что увеличивает риск утечек и аварий. Такие ситуации могут приводить к выбросам опасных веществ в атмосферу, создавая угрозу для здоровья людей и окружающей среды.
8. **Потребление энергии:** Города потребляют большое количество энергии для обеспечения освещения, отопления, кондиционирования воздуха и других потребностей. Процессы генерации энергии могут приводить к выбросам парниковых газов, таких как углекислый газ, что влияет на климат и качество воздуха [Exposure to PM10, NO₂..., pp. 2781–2789].
9. **Принятие мер для снижения загрязнения:** В свете проблемы загрязнения воздуха в городской среде многие города внедряют меры для снижения выбросов и улучшения качества воздуха. Это включает использование более эффективных транспортных средств, внедрение программ общественного транспорта, принятие строгих норм и стандартов для промышленных выбросов и поощрение использования возобновляемых источников энергии.

10. Развитие зеленых зон: Создание и сохранение зеленых насаждений в городской среде помогает улучшить качество воздуха. Растения поглощают углекислый газ и другие вредные вещества, производят кислород и способствуют охлаждению окружающей среды. Парки, скверы, вертикальные сады и растительные покрытия на зданиях способствуют созданию более здоровой и приятной городской среды.
11. Улучшение энергоэффективности: Внедрение энергоэффективных технологий и практик помогает сократить энергопотребление и снизить выбросы парниковых газов. Это включает использование энергосберегающих систем освещения, отопления и кондиционирования воздуха, применение улучшенных строительных материалов и повышение осведомленности об энергосбережении среди горожан.
12. Развитие устойчивого транспорта: Продвижение устойчивых форм транспорта, таких как велосипеды, электрические транспортные средства и общественный транспорт, способствует сокращению выбросов и снижению пробок. Это может быть достигнуто за счет развития инфраструктуры для велосипедистов, строительства пригородных железных дорог и улучшения системы общественного транспорта [Вартапетов, с. 170].

Взаимосвязь между метеоусловиями и увеличением концентрации пыли в атмосфере городской среды является важным аспектом исследования загрязнения воздуха.

Метеоусловия, такие как температура, давление, влажность и скорость ветра, оказывают прямое влияние на поведение пылевых частиц и их перемещение в атмосфере. Вот некоторые из основных взаимосвязей между метеоусловиями и концентрацией пыли:

1. Температура: Высокая температура может способствовать увеличению концентрации пыли в воздухе. Повышенная температура может привести к увеличению испарения влаги с поверхности почвы и

растительности, что делает частицы легче. Кроме того, высокая температура может способствовать образованию термических турбулентностей, которые поднимают пылевые частицы в воздух.

2. Давление: Изменения в атмосферном давлении также могут влиять на концентрацию пыли. Пониженное давление может способствовать подъему пылевых частиц в атмосфере, так как снижается воздействие гравитации на частицы. Высокое давление, напротив, может способствовать более устойчивым условиям и удержанию пылевых частиц ближе к поверхности [Ризниченко, 2019, с. 181].
3. Влажность: Влажность воздуха также играет роль в распространении пыли. Повышенная влажность может способствовать скапливанию пылевых частиц и уменьшению их подвижности в воздухе. С другой стороны, низкая влажность может способствовать высыханию почвы и растений, что может увеличить количество пылевых частиц в атмосфере.
4. Скорость ветра: Скорость и направление ветра играют важную роль в транспортировке пылевых частиц. Повышенная скорость ветра может способствовать перемещению пыли на большие расстояния и её рассеиванию в атмосфере. Более сильный ветер может поднять и перенести пылевые частицы с одного места на другое, в том числе из промышленных зон или строительных площадок в жилые районы. Однако, при очень высокой скорости ветра, возможно снижение концентрации пыли, так как она будет более эффективно рассеиваться и перемещаться в атмосфере.

Взаимосвязь между метеоусловиями и увеличением концентрации пыли является динамичной и сложной. Она может различаться в зависимости от конкретных условий и региональных особенностей.

Поэтому, при анализе данных исследования, важно учитывать все факторы метеоусловий, чтобы лучше понять и объяснить наблюдаемые изменения в концентрации пыли в городской среде.

Изменение атмосферного воздуха в городской среде - сложная и многогранная проблема, требующая совокупных усилий государства, муниципалитетов, предприятий и жителей городов

В целом, атмосферный воздух в городской среде отличается от сельской местности из-за более интенсивной промышленной и транспортной деятельности, высокой плотности населения и ограниченного доступа к зеленым зонам. Эти факторы приводят к повышенному уровню загрязнения воздуха, шуму и изменению климата, требуя принятия мер.

1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ТВЁРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ НАЗЕМНЫМИ МЕТОДАМИ

Твёрдые частицы являются одним из основных загрязнителей воздуха в городской среде. Они включают в себя различные частицы, такие как пыль, дым, сажу, аэрозоли и другие твёрдые вещества, которые могут быть как природного, так и антропогенного происхождения. Вот некоторые особенности твёрдых частиц в городской атмосфере:

1. Источники выбросов: Твёрдые частицы в городской среде образуются в результате различных процессов и деятельности человека. Основными источниками выбросов твёрдых частиц являются автомобильные выбросы, промышленные и коммерческие предприятия, строительство, сжигание отходов и др.
2. Размер и состав частиц: Твёрдые частицы могут иметь различный размер, от мельчайших наночастиц до крупных пылевых частиц. Размер частиц имеет важное значение для их транспортировки в воздухе и проникновения в дыхательные пути человека. Кроме того, состав частиц также может варьироваться, включая углеродные соединения, металлы, минералы, органические вещества и другие вредные компоненты.
3. Воздействие на здоровье: Высокие концентрации твёрдых частиц в воздухе городской среды могут оказывать негативное воздействие на

здоровье людей. Вдыхание таких частиц может вызывать различные проблемы, включая респираторные заболевания, аллергические реакции, раздражение глаз и дыхательных путей, а также усиливать симптомы астмы и других хронических заболеваний [Seasonal variability of PM2.5..., pp. 202–213].

4. Распространение и удержание: Твёрдые частицы имеют различное время жизни в атмосфере и могут быть перенесены на большие расстояния в зависимости от их размера и погодных условий. Некоторые частицы оседают близко к источнику выбросов, в то время как другие могут продолжать висеть в воздухе на протяжении длительного времени и быть перенесенными на большие расстояния. Некоторые частицы могут также образовывать аэрозольные туманы и смог, создавая видимость и проблемы с качеством воздуха.
5. Меры борьбы и снижения загрязнения: Для борьбы с загрязнением воздуха твёрдыми частицами в городской среде принимаются различные меры. Это включает установление строгих норм и стандартов выбросов для промышленных предприятий и автотранспорта, применение современных методов очистки и фильтрации выбросов, разработку устойчивого транспорта и альтернативных источников энергии, а также проведение озеленения и создание зон с низкими выбросами.
6. Необходимость мониторинга: Для эффективного контроля и улучшения качества воздуха в городской среде важно осуществлять систематический мониторинг концентрации твёрдых частиц. Это позволяет оценивать уровень загрязнения, определять источники выбросов, принимать необходимые меры для улучшения ситуации и оценивать эффективность принятых мер.

Изучение особенностей твёрдых частиц в атмосфере городской среды позволяет понять масштаб проблемы загрязнения воздуха и разработать эффективные стратегии для её решения. Это важный шаг в создании здоровой

и экологически чистой городской среды, способствующей благополучию и здоровью жителей.

Согласно Imhoff et al., интенсивные изменения в населенных пунктах, использовании энергии, потреблении природных ресурсов, транспорте, промышленности и моделях роста населения проявляются в городских островах тепла (UHI) и городских островах загрязнения (UPI) (2010).

Городской остров тепла – это изменение теплового баланса в городских пространствах по сравнению с близлежащими сельскими территориями за счет изменения теплоотдачи и величины движения между поверхностью Земли и атмосферой по запасу тепла, разделение между явными и скрытыми тепловыми потоками (Коэффициент Боуэна), сопротивление трению и баланс между естественными и антропогенными выбросами [Assessment of air pollution..., pp. 139–147].

Термин «остров городского загрязнения» был недавно введен для обозначения начала временных и пространственных изменений концентрации загрязняющих веществ, связанных с наличием типичных городских особенностей и видов деятельности.

Различия между пригородными, городскими районами и сельскими районами определяют интенсивность городского загрязнения по аналогии с интенсивностью городского острова тепла. UHI и загрязнение воздуха далеко не являются независимыми явлениями, поскольку там, где существуют городские острова тепла, городские острова загрязнения, скорее всего, сосуществуют.

Высокие температуры ускоряют специфические химические циклы атмосферы, большинство из которых приводит к увеличению образования приземного (тропосферного) озона, увеличению выбросов биогенных углеводородов.

Более того, условно, это приводит к выделению тепла выхлопных газов в городской воздух, тем самым подпитывая усиление UHI по все возрастающей спирали.

Турбулентное перемешивание стимулируется более теплым воздухом, способствуя распространению первичных загрязнителей в более высокие слои атмосферы [Onat, Şahin, Bayat, pp. 1400–1409].

Быстрые темпы индустриализации, постоянный рост населения, резкое увеличение количества автотранспорта и плотности движения, уменьшение зеленых насаждений, наличие промышленных предприятий в Надыме приводят к значительному загрязнению окружающей среды [Spatio-temporal patterns..., p. 113659].

Урбанизация вызывает существенные изменения атмосферного воздуха, увеличение концентрации загрязняющих веществ и мелкодисперсных частиц пыли, что представляет серьезную угрозу для здоровья населения.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) относит мелкодисперсные частицы размером не менее 10 мкм к приоритетным загрязняющим веществам, поступающим в атмосферный воздух, по степени воздействия на здоровье населения. PM_{2,5} особенно опасен [Indoor and outdoor air..., pp. 229–237].

Аэрозоли PM_{2,5} могут напрямую проникать в легкие человека через дыхательные пути, оказывая тем самым воздействие на их здоровье.

Согласно докладу ВОЗ, более 90% населения мира ежедневно вдыхает большое количество загрязняющих веществ, что ежегодно приводит к примерно семи миллионам смертей. Поэтому требуется оценка концентрации PM_{2,5}, и это становится существенной проблемой для здоровья человека.

Взвешенные в воздухе мелкие частицы пыли относятся к твердым или жидким элементам, взвешенным в воздухе.

Кроме того, они весьма неоднородны как в пространстве, так и во времени и часто наблюдаются в виде дыма, пыли, дымки. PM_{2,5} и PM₁₀ определяются как частицы диаметром 2,5 мкм или менее и 10 мкм или менее, и, соответственно, это стандартные концентрации, используемые Агентством по охране окружающей среды США (EPA).

Аэрозоль определяется как общее количество взвешенных в воздухе частиц с характерным радиусом частиц от 0,05 до 15 мкм [Sabadash, Gumnitsky, Lyuta, pp. 42–46]. Рассеивание и поглощение света аэрозольными частицами приводит к плохой видимости [Mathematical modeling of product..., p. e12874].

Спутниковое дистанционное зондирование аэрозолей позволяет получать данные об оптической толщине аэрозоля (АОТ) как количественном измерении содержания твердых частиц в атмосферном столбе [Clean air in Europe..., pp. 7–10].

Наиболее сложной задачей является получение информации о фракциях мелких частиц по данным дистанционных измерений.

Это преобразование оптических параметров аэрозоля в массовую концентрацию PM_{2,5}.

Более ранние исследования предполагали, что существуют загадочные отношения между оптической толщиной аэрозоля (АОТ) и PM_{2,5}. Для представления их корреляции обычно использовалась линейная регрессия AOD – PM_{2,5}.

Между тем, другие исследования доказали наличие существенной нелинейной зависимости между АОТ и PM_{2,5} из-за разнообразия оптических свойств аэрозоля с вариациями гранулометрического состава и формы. Для описания AOD – PM_{2,5} было разработано множество статистических выражений.

Источниками поступления взвешенных частиц в атмосферный воздух г. Надым являются выбросы промышленных предприятий, выбросы автотранспорта (преимущественно дизельного), строительных работ, мелкодисперсная пыль с мощеных участков территорий, грунтовых участков без покрытия [Sabadash, Gumnitsky, Lyuta, pp. 42–46].

Исследования основаны на статистическом анализе данных метеорологических измерений и наблюдаемого загрязнения воздуха на наземных станциях.

На основе этих измерений и пространственного распределения мелкодисперсной пыли были оценены загрязнители воздуха с использованием методов дисперсии и интерполяции. Точность процесса зависит от количества и расположения станций мониторинга. Чем больше число измерительных станций, тем точнее результаты [Maciejewska, pp. 659–672].

Однако строительство станций мониторинга воздуха экономически затратно, поэтому нецелесообразно. Кроме того, городские территории с характерной, ярко выраженной неравномерностью рельефа городской застройки, из-за разной высоты зданий.

Как хорошо известно, аэрозоли или твердые частицы, бывают твердыми или жидкими, крупнее молекулы, но достаточно малы, чтобы оставаться во взвешенном состоянии в атмосфере [Андреева, Соломин, Васильева, с. 190].

Происхождение ТЧ связано с естественными или антропогенными источниками, которые считаются последними загрязняющими веществами. Состав незагрязненного воздуха: азот 78% по объему, кислород 20,95%, аргон 0,93% и углекислый газ 0,032%.

Эти четыре компонента на 99,99% делают воздух чистым и сухим. Еще одним важным компонентом чистого воздуха является вода, которая содержится в различных количествах [Road dust trace elements..., p. 127799].

В зависимости от температуры и скорости испарения из доступных источников воды она колеблется от 1 до 3%.

Второстепенные компоненты многочисленны, и некоторые из них происходят из различных природных процессов. H_2S , SO_2 и CO выбрасываются в атмосферу в результате вулканической деятельности. При гниении растений и животных в условиях отсутствия кислорода образуются CH_4 , NH_3 и H_2S .

Оксиды азота (NO_2 , NO) образуются в результате электрических разрядов во время гроз, а тонны CO образуются при лесных пожарах [Астафьева, Авраменко, Питрюк, с. 354].

Размер ТЧ имеет значение, и он находится в диапазоне от 0,001 до 100 мкм в диаметре, а форма аэрозолей варьируется от сферической до совершенно неправильной, например, дым и пыль, которые представляют собой твердые ТЧ, находятся в диапазоне от 0,0001–1 мкм до 1–10 000 мкм соответственно. Туман и брызги, примерно между 0,01–1000 мкм и 10–10 000 мкм соответственно [Боголюбов, Позднякова, с. 429].

Имеются четкие, доступные и устойчивые доказательства риска для здоровья человека и экосистем в результате высоких концентраций ТЧ [Вартапетов, с. 170]. Атмосферные частицы содержат неорганические ионы, соединения металлов, элементарный углерод, органические соединения и соединения земной коры [Родионов, Клушин, Систер, с. 283].

Первичные частицы испускаются непосредственно из источников; тогда как вторичные частицы образуются из газов в результате химических реакций в атмосфере с участием атмосферного кислорода (O_2) и паров воды (H_2O); реактивные частицы, такие как озон (O_3); радикалы, такие как гидроксильный (COH) и нитратный (CNO_3) радикалы; и загрязняющие вещества, такие как диоксид серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), а также органические газы из природных и антропогенных источников [Гурова, Назаренко, с. 188].

В основном оцениваются два типа ТЧ: мелкие частицы диаметром менее 2,5 мкм ($PM_{2,5}$) и крупные частицы диаметром менее 10 мкм (PM_{10}). Оба могут вызывать проблемы со здоровьем, начиная от респираторных заболеваний, хронических заболеваний, рака легких, пневмонии с попаданием в кровотоки и попаданием в сердечно-сосудистую систему, являясь причиной неврологических расстройств и сердечно-сосудистых заболеваний.

Есть даже доказательства того, что длительное воздействие может повлиять на иммунную систему, сделав ее восприимчивой к любому типу респираторных заболеваний, включая COVID-19 [Данилов-Данильян, Малашенков, с. 363].

Хорошее качество воздуха в мегаполисах должно быть приоритетным вопросом, который необходимо рассматривать и регулярно оценивать в целях

реализации экологических стратегий, совершенствования законодательства и предотвращения проблем со здоровьем и изменением климата.

В последнем глобальном руководстве ВОЗ по качеству воздуха (2021 г.) [Еремченко, 2017, с. 236] рекомендуются целевые значения 15 мкг/м³ и 45 мкг/м³ для PM_{2,5} и PM₁₀ соответственно; ежегодно и в течение 24 часов, что является более строгими значениями, чем предыдущие (2005 г.), PM_{2,5} (25 мкг/м³) и PM₁₀ (50 мкг/м³) [Еремченко, 2018, с. 236].

Однако развивающиеся страны имеют более высокие целевые значения. Стандарт качества воздуха (ЕСА, его испанская аббревиатура) в Перу составляет 50 мкг/м³ и 100 мкг/м³ для PM_{2,5} и PM₁₀ соответственно [Еремченко, Биология: учение о биосфере, 2018, с. 236].

ВОЗ подчеркнула, что более 7 миллионов преждевременных смертей связаны с воздействием загрязнения воздуха и могут стать проблемой общественного здравоохранения во многих странах [Данилов-Данильян, Малашенков, с. 363], при этом развивающиеся страны являются наиболее уязвимыми.

Загрязнение воздуха твердыми частицами широко исследуется во многих странах, таких как Китай и США, в некоторых странах Европы и в гораздо меньшей степени в Латинской Америке (база данных Scopus, количество публикаций) из-за их воздействия на качество воздуха, здоровье человека и изменение климата [Жуйкова, Безель, с. 362; Залунин, с. 206; Колесников, с. 469; Корытный, Потапова, с. 374; Ларионов, Рябышенков, с. 382; Медведев, Алдашева, с. 335; Павлова, с. 190].

Исследования включают определение химического состава ТЧ после отбора проб с использованием пробоотборников большого объема и кварцевых фильтров, пробоотборников малого объема и тефлоновых фильтров, чтобы приступить к анализу ряда видов для окончательного определения источников и их вклада в атмосферу и воздействия на качество воздуха.

Для определения концентрации твёрдых частиц в атмосферном воздухе городской среды существует несколько наземных методов. Вот некоторые из них:

1. Метод гравиметрии: Этот метод основан на взвешивании собранных на фильтре частиц. Воздух проходит через фильтр, который улавливает твёрдые частицы. После определенного времени фильтр извлекается и взвешивается на точных весах. Разница в массе фильтра до и после сбора частиц позволяет определить концентрацию твёрдых частиц в воздухе.
2. Метод оптической дифракции: Этот метод использует принцип дифракции света на твёрдых частицах. При прохождении света через воздушный образец с частицами происходит изменение интенсивности и направления светового пучка. Путем анализа этих изменений можно определить концентрацию твёрдых частиц.
3. Метод лазерного рассеяния: Этот метод основан на измерении рассеянного света при взаимодействии с твёрдыми частицами. Лазерное излучение направляется через воздух и рассеивается на частицах. Детекторы регистрируют рассеянный свет, и по его параметрам можно определить концентрацию твёрдых частиц.
4. Метод бета-счётчика: Для измерения концентрации радиоактивных твёрдых частиц, таких как радон и его продукты распада, используется метод бета-счётчика. Этот метод основан на регистрации бета-частиц, испускаемых радиоактивными частицами. Счетчик фиксирует количество бета-частиц, и на основе этого определяется концентрация радиоактивных твёрдых частиц в воздухе [Гурова, Назаренко, с. 188].
5. Метод газовой хроматографии: Этот метод используется для определения концентрации органических твёрдых частиц, таких как поллютанты и токсичные вещества. Воздушный образец пропускается через газовый хроматограф, где компоненты образца разделяются и идентифицируются. Измеряется концентрация каждого компонента, что

позволяет определить концентрацию органических твёрдых частиц в воздухе.

6. Метод аэрозольной спектроскопии: Этот метод основан на анализе оптических свойств аэрозолей, включая твёрдые частицы, в воздухе. Используя спектроскопические техники, такие как спектрофотометрия или флуоресцентная спектроскопия, можно измерять поглощение или испускание света аэрозолями. Эти измерения могут быть использованы для определения концентрации твёрдых частиц в воздухе.
7. Метод электрической аэрозольной спектроскопии: Этот метод измеряет электрический заряд и размер твёрдых частиц в воздухе. Используя электрическое поле, аэрозольные частицы проходят через детекторы, которые регистрируют заряд и распределение размеров частиц. На основе этих данных можно определить концентрацию твёрдых частиц в атмосферном воздухе [Water soluble inorganic..., pp. 112–125].
8. Метод импактора: Этот метод используется для сбора и классификации частиц по их размерам. Воздух проходит через устройство импактора, в котором используются различные ступени с изменяющимся размером отверстий. Частицы с разными размерами откладываются на разных ступенях. После этого частицы могут быть извлечены и проанализированы, что позволяет определить концентрацию твёрдых частиц в зависимости от их размеров.

Все эти методы требуют специального оборудования и процедур, и их применение может быть выполнено квалифицированными специалистами для оценки качества атмосферного воздуха в городской среде.

Указанные методы являются основными наземными методами для определения концентрации твёрдых частиц в атмосферном воздухе городской среды.

Они позволяют оценить качество воздуха и уровень загрязнения твёрдыми частицами в городской среде.

При использовании этих методов необходимо учитывать особенности каждого метода, его точность, чувствительность и возможные ограничения [Treated livestock wastewater..., pp. 2766–2771].

Важно отметить, что для достоверной оценки качества воздуха в городской среде рекомендуется комбинировать несколько методов и проводить наблюдения в различных точках города. Также важно учитывать метеорологические условия, так как они могут влиять на распространение твёрдых частиц в атмосфере.

Использование этих наземных методов позволяет собирать данные о концентрации твёрдых частиц, что в свою очередь помогает оценить воздействие загрязнения на здоровье людей, окружающую среду и климат. Эти данные также могут быть использованы для принятия мер по снижению загрязнения и улучшению качества воздуха в городской среде [Жуйкова, Безель, с. 362].

Для оценки загрязнения атмосферного воздуха городской среды твердыми частицами, такими как пыль, могут применяться наземные методы измерения. Ниже приведена методика, которая была использована при оценке загрязнения атмосферы в городе Надыме:

1. Определение выборочных точек: Выбор нескольких представительных точек в различных частях города Надыма, которые могут быть подвержены пылевому загрязнению. Важно учитывать разнообразные источники загрязнения, такие как дорожное движение, промышленные предприятия, строительные участки и другие факторы.
2. Установка приборов для измерения: Установка приборов для измерения концентрации твердых частиц пыли в воздухе в выбранных точках. В данном случае, для проведения измерений в городе Надыме был использован прибор для экологического контроля СЕМ ДТ-9850М.
3. Замеры концентрации пыли: Производство замеров концентрации пыли в воздухе с помощью прибора СЕМ ДТ-9850М. Он позволяет измерять концентрацию взвешенных твердых частиц различных размеров,

включая указанные значения PM_{0,3}, PM_{2,5} и PM₁₀. Проведение измерений на протяжении определенного временного интервала для получения более репрезентативных данных.

4. Анализ результатов: Анализ полученные данных о концентрации пыли в воздухе в различных точках города Надыма. Сравнение результатов с допустимыми нормами и стандартами, установленными для качества воздуха, чтобы определить уровень загрязнения.
5. Интерпретация и выводы: Анализ данных о концентрации пыли и построение выводов относительно уровня загрязнения атмосферы городской среды в городе Надыме. Предоставить оценку о том, какие факторы могут вносить наибольший вклад в пылевое загрязнение, и определить основные источники пыли в городе.
6. Связь с метеорологическими данными: Важно учитывать метеорологические параметры, такие как температура, влажность воздуха, скорость потока воздуха и давление воздуха, которые могут оказывать влияние на распространение и удержание твердых частиц в атмосфере. Использовать данные, полученные с помощью прибора Метеоскоп-М, чтобы изучить взаимосвязь между метеорологическими условиями и уровнем пылевого загрязнения. Выявление паттернов и зависимостей между этими параметрами поможет лучше понять динамику распространения пыли в городской среде [Health benefits..., pp. 1389–1401].
7. Оценка влияния на окружающую среду и здоровье: Используя полученные данные о концентрации пыли и метеорологические параметры, провести оценку влияния пылевого загрязнения на окружающую среду и здоровье людей в городе Надыме. Произвести анализ потенциальных рисков и последствий для окружающей среды, включая воздействие на качество воздуха, растительный покров и водные ресурсы. Также нужно учесть возможное воздействие на здоровье людей, особенно на дыхательную систему.

8. Разработка мер по снижению загрязнения: На основе полученных результатов предложить рекомендации и меры для снижения уровня пылевого загрязнения атмосферы в городе Надыме. Это могут быть меры в области транспорта, промышленности, строительства и других сферах, направленные на улучшение экологической ситуации и защиту здоровья населения. Важно также учитывать местные особенности и специфику города Надыма при разработке этих мер.

Все эти шаги и методы помогут провести оценку пылевого загрязнения атмосферы городской среды в городе Надыме.

Полученные результаты и выводы могут послужить основой для принятия мер по улучшению качества воздуха и охране окружающей среды.

Второй этап: Методы обработки данных.

После сбора данных, полученных с помощью приборов для измерения пыли (СЕМ DT-9850M) и метеорологических параметров (Метеоскоп-М), необходимо обработать эти данные для получения более полной картины загрязнения атмосферы городской среды твердыми частицами в городе Надым [Clean air in Europe..., pp. 7–10].

1. Калибровка и корректировка данных: Перед анализом данных необходимо провести калибровку приборов для устранения возможных погрешностей и корректировку полученных значений. Это может включать проверку и настройку точности измерений прибора, учет возможных влияний фонового уровня загрязнения и метеорологических факторов.
2. Статистический анализ данных: Провести статистический анализ данных для определения среднего уровня концентрации пыли, стандартного отклонения и других показателей в каждой из выбранных точек. Сравнить результаты с установленными нормами и стандартами качества воздуха, чтобы определить степень загрязнения атмосферы.
3. Корреляционный анализ: Провести корреляционный анализ между концентрацией пыли и метеорологическими параметрами

(температурой, влажностью воздуха, скоростью потока воздуха и давлением воздуха). Исследовать взаимосвязь между этими факторами, чтобы понять, какие метеорологические условия способствуют увеличению или снижению уровня пыли в городской среде.

4. Анализ результатов и интерпретация: Исследовать полученные результаты и сделать выводы относительно уровня загрязнения атмосферы городской среды твердыми частицами в городе Надыме. Оценить, какие факторы и источники вносят наибольший вклад в пылевое загрязнение. Рассмотреть влияние различных секторов, таких как транспорт, промышленность и строительство, на общую концентрацию пыли в городе [Seasonal variability..., p. 138911].
6. Оценка рисков и рекомендации: Оценить потенциальные риски для здоровья населения и окружающей среды, связанные с высоким уровнем пыли в атмосфере. Определить основные группы населения, которые могут быть особенно уязвимыми перед воздействием пылевого загрязнения. На основе полученных результатов разработать рекомендации и меры для снижения уровня загрязнения атмосферы, включая контроль и снижение выбросов от источников загрязнения, улучшение технологий и использование альтернативных источников энергии.
7. Мониторинг и долгосрочное планирование: Разработать программу мониторинга качества воздуха для дальнейшего наблюдения и отслеживания уровня загрязнения пылью в городе Надыме. Установить систему периодического измерения и анализа, чтобы оценивать эффективность принятых мер и контролировать изменения в качестве воздуха со временем. Использовать полученные данные для долгосрочного планирования и принятия решений в области охраны окружающей среды и здоровья населения [Lesiak, Brzeżański, pp. 97–100].

Все эти этапы помогут оценить загрязнение атмосферного воздуха городской среды твердыми частицами в городе Надыме, определить основные источники загрязнения и разработать меры для улучшения качества воздуха и охраны окружающей среды. Это позволит создать более здоровую и экологически устойчивую городскую среду для жителей Надыма.

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И ОБЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе научно-исследовательской работы, по определению пылевого загрязнения атмосферы в городе Надыме, были произведены замеры на определение количества частиц пыли следующих размеров: PM_{0,3}, PM_{2,5} и PM₁₀.

Замеры пыли были произведены на прибор для экологического контроля СЕМ DT-9850M. Помимо этого, также проводились измерения с помощью прибора Метеоскоп-М для определения метеорологических параметров, таких как температура, влажность воздуха, скорость потока воздуха, давление воздуха.

Пылемер оснащен 2,8-дюймовым, цветным TFT ЖК-экраном и картой памяти MicroSD для хранения данных замеров с возможностью последующего просмотра на персональном компьютере.

Прибор обеспечивает получение быстрых и точных показаний содержания взвешенных твердых частиц в окружающей среде, измеряет температуру воздуха и относительную влажность.

Прибор представляет собой экологическую мини лабораторию, которая выполняет весь комплекс указанных измерений. Он удобен для принятия эффективных мер по защите окружающей среды и ресурсосбережению.

Метеоскоп-М — это универсальный измеритель параметров микроклимата для проведения комплексного экологического мониторинга среды в жилых и производственных помещениях, на открытых территориях.

Прибор предназначен для проведения измерений параметров микроклимата в режиме однократных или периодических замеров при проведении контроля санитарно-гигиенических требований на рабочих местах, в жилых и общественных зданиях, а также на открытых территориях.

В ходе исследования с использованием приборов СЕМ DT-9850М и Метеоскоп-М были собраны данные о пылевом загрязнении атмосферы и метеорологических параметрах в городе Надыме. Эти данные имеют важное значение для оценки качества воздуха и его влияния на окружающую среду и здоровье людей.

Прибор СЕМ DT-9850М позволяет измерять содержание взвешенных твердых частиц в окружающей среде, таких как пыль. Он обладает TFT ЖК-экраном и возможностью сохранять данные на карту памяти MicroSD. Этот прибор предоставляет точные и быстрые показания пылевого загрязнения в воздухе, что позволяет оценить уровень концентрации частиц пыли размерами PM_{0,3}, PM_{2,5} и PM₁₀.

Прибор Метеоскоп-М, в свою очередь, предназначен для измерения параметров микроклимата, включая температуру воздуха, относительную влажность, скорость потока воздуха и давление воздуха. Это позволяет получить данные о метеорологических условиях в городе Надыме, которые могут влиять на распространение пыли и ее концентрацию в воздухе.

Исследование с использованием этих приборов позволяет получить комплексную информацию о пылевом загрязнении атмосферы и метеорологических условиях в городской среде.

Это может помочь оценить степень загрязнения воздуха, идентифицировать источники загрязнения и принять соответствующие меры для снижения уровня пылевого загрязнения и защиты окружающей среды.

Собранные данные могут быть сохранены на карту памяти и использованы для последующего анализа на персональном компьютере. Это обеспечивает возможность более детального изучения результатов и проведения дополнительных расчетов или статистического анализа данных.

Таким образом, использование приборов СЕМ DT-9850М и Метеоскоп-М в исследовательской работе позволяет получить информацию о пылевом загрязнении атмосферы и метеорологических параметрах, что является важным для оценки качества воздуха в городской среде. Полученные данные

позволяют определить уровень концентрации твердых частиц пыли различных размеров и связать их с метеорологическими условиями, такими как температура, влажность, скорость потока воздуха и давление.

Анализ результатов измерений позволяет выявить причины пылевого загрязнения в городской среде, такие как промышленные предприятия, дорожное движение, строительство и другие источники. Эта информация может быть использована для разработки и внедрения мер по снижению пылевого загрязнения и повышению качества воздуха в городе Надыме.

Данные о метеорологических параметрах также важны для понимания влияния климатических условий на распространение пыли в атмосфере. Например, высокая влажность или низкая скорость потока воздуха могут способствовать удержанию твердых частиц в воздухе и увеличению их концентрации. Эта информация может помочь в определении оптимальных условий для контроля и снижения пылевого загрязнения.

Использование приборов СЕМ DT-9850М и Метеоскоп-М позволяет проводить мониторинг пылевого загрязнения и метеорологических параметров на постоянной основе, что обеспечивает непрерывный контроль за состоянием атмосферы в городской среде. Это позволяет отслеживать динамику изменения загрязнения и эффективность принимаемых мер для его снижения.

Таким образом, проведение исследования с использованием указанных приборов предоставляет важную информацию о пылевом загрязнении и метеорологических условиях в городской среде, что является основой для разработки и реализации стратегий по улучшению качества воздуха и охране окружающей среды.

2.2. МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Город Надым находится на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Ямало-Ненецкий автономный округ расположен в Уральском федеральном округе Российской Федерации.

Он охватывает северную часть Западной Сибири и граничит с Ханты-Мансийским автономным округом на юге, а также с Красноярским краем на востоке.

Город Надым расположен на левом берегу реки Надым и является одним из крупнейших населенных пунктов в этом регионе. Он славится своими природными красотами и богатыми природными ресурсами, такими как нефть и газ. Благодаря этим ресурсам, Надым является важным центром нефтегазовой промышленности.

Исследование, которое описывается в работе, проводилось именно в городе Надыме на территории Ямало-Ненецкого автономного округа.

Это место представляет интерес с точки зрения изучения пылевого загрязнения атмосферы в городской среде и его связи с метеорологическими условиями, учитывая промышленную деятельность и особенности данного региона.

Исследование проводилось в городе Надыме, который является предметом изучения в контексте пылевого загрязнения атмосферы. Расположенный в Ямало-Ненецком автономном округе, Надым имеет определенные особенности, которые могут влиять на состояние атмосферы и уровень пылевого загрязнения.

Город Надым является важным центром нефтегазовой промышленности, и его экономика тесно связана с добычей и производством этих ресурсов.

Это может приводить к выбросу различных частиц пыли, особенно во время строительства и эксплуатации нефтегазовых объектов. Измерения, проведенные в городе Надыме, позволяют оценить уровень концентрации

твердых частиц пыли в воздухе и их влияние на окружающую среду, и здоровье населения.

Кроме того, метеорологические условия также играют важную роль в распространении пылевого загрязнения.

Надым расположен в северных широтах и имеет характерные климатические особенности, включая холодные зимы, значительные колебания температуры и высокую влажность.

Эти факторы могут влиять на перемещение частиц пыли в атмосфере и их удержание в окружающей среде.

Этот город характеризуется наличием «острова тепла» - метеорологическим явлением, заключающимся в повышении температуры городского пространства относительно окружающих его сельских областей. Вокруг города расположены открытые песчаные раздувы, из которых ветром в город заносится большое количество крупнодисперсной и мелкодисперсной пыли.

Особенно хотелось бы отметить, что к северу от города находится песчаная выработка, от которой и поступает большая часть пылевых частиц, переносимая ветром на большие расстояния.

Для проведения замеров в городе Надым были выбраны три функциональные зоны: промышленная зона, парковая зона и жилая зона.

В каждой зоне находится три точки, где были проведены замеры пыли и параметров микроклимата.

Точки находятся на равном удалении друг от друга, в зависимости от площади самой зоны (рис. 1).

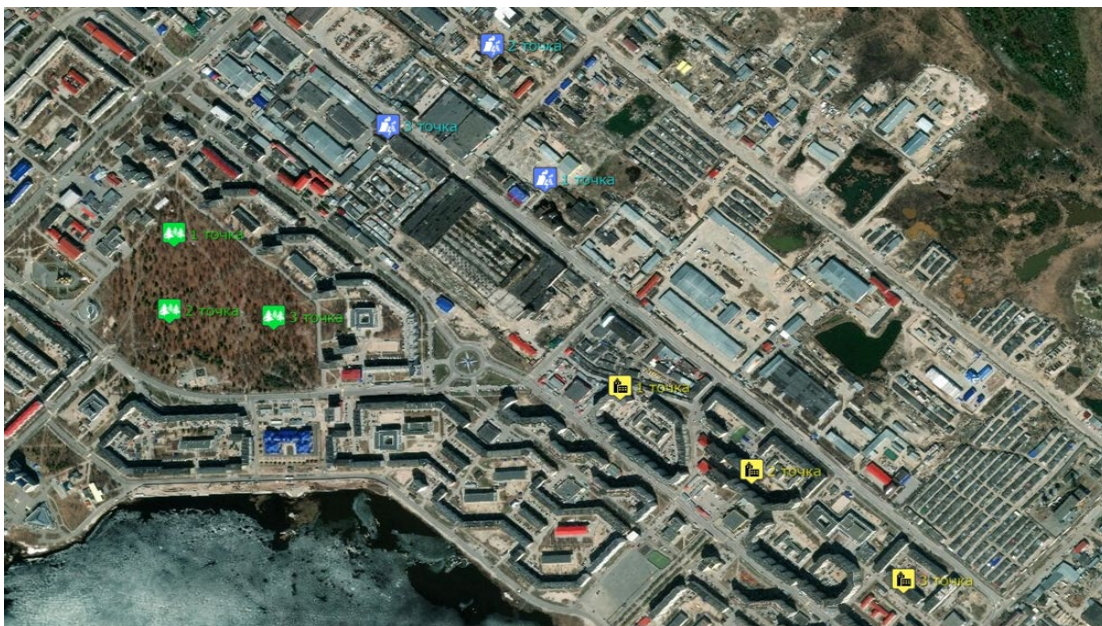


Рис. 1. Фрагмент космоснимка с расположением точек проведения замеров в городе Надым [<http://www.sasgis.org/sasplaneta/>]

В каждой точке было проведено по 5 замеров пылемером и 3 замера метеоскопом-М, для получения в дальнейшем усреднённых значений. Итого на одну точку приходилось 8 замеров, на одну зону 24 замера, а всего по городу 72 замера.

Маршрут начинался с промышленной зоны (кроме первого дня замеров, где маршрут начинался с парковой зоны), далее шла парковая зона и замыкала проведение замеров жилая зона. Замеры проходили два раза в день с промежутком в четыре часа.

Помимо основного маршрута, на пути которого проходили измерения, дополнительно были замерены показатели пыли и метеорологических характеристик ещё в двух локациях в ходе смежных исследований растительного покрова. Одна из локаций, это Кедровая роща, расположенная на северной окраине города. Там было также выбрано три точки, расположенные более-менее равноудалённо друг от друга (рис. 2). Вторая локация – профилакторий, находящийся в 25 км к юго-востоку от города. Там замеры были проведены всего в двух точках (рис. 3), но этого хватило, чтобы

отметить аномально высокие значения мелких и средних пылевых частиц, по сравнению с городскими показателями.

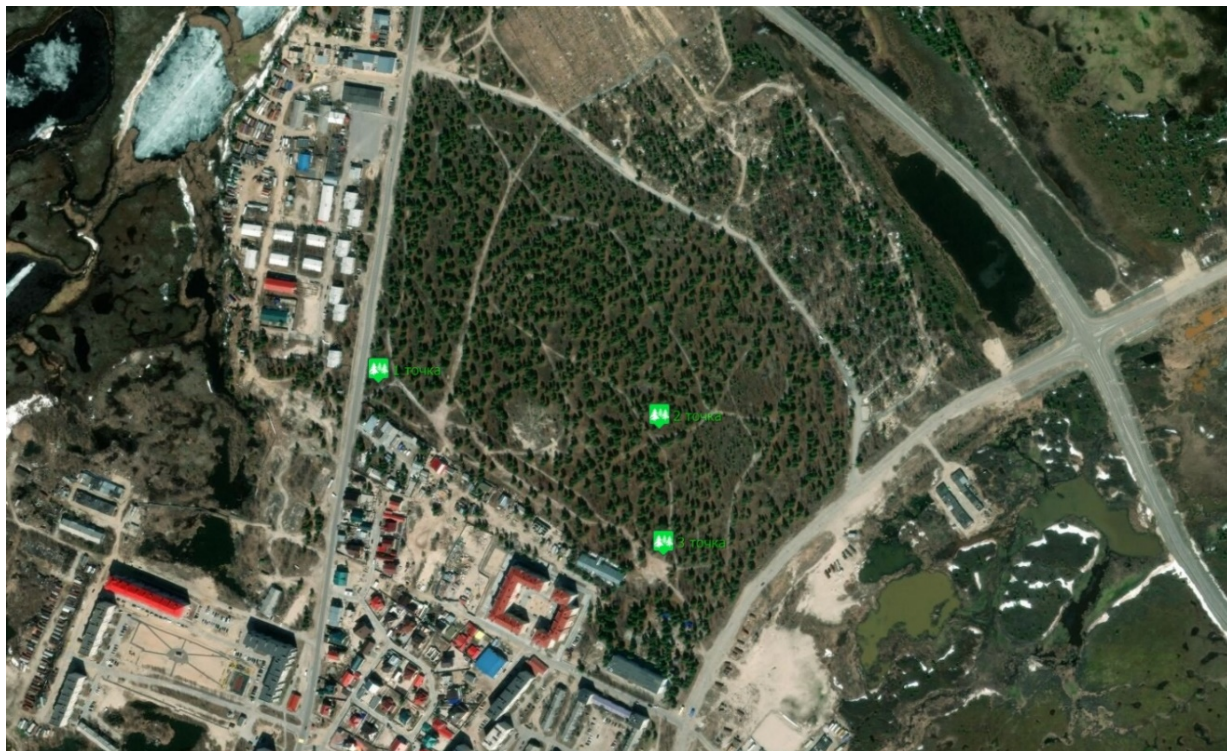


Рис. 2. Фрагмент космоснимка с расположением точек проведения замеров в Кедровой роще [<http://www.sasgis.org/sasplaneta/>]



Рис. 3. Фрагмент космоснимка с расположением точек проведения замеров в профилактории [<http://www.sasgis.org/sasplaneta/>]

Исследования в городе Надыме имеют важное практическое значение для оценки состояния окружающей среды и принятия соответствующих мер по снижению пылевого загрязнения. Полученные результаты могут служить основой для разработки и реализации экологических программ и стратегий, направленных на улучшение качества воздуха и снижение воздействия промышленных и других источников загрязнения.

Таким образом, проведение исследования в городе Надыме предоставляет уникальную возможность изучить влияние пылевого загрязнения атмосферы в условиях нефтегазовой промышленности и специфического климата данного региона.

2.3. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СТАНЦИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТВЁРДЫХ ЧАСТИЦ

Функционирование современных городов, особенно самых населённых, сложно представить без автотранспорта, промышленности, энергетики – источников загрязняющих веществ в атмосфере. К таким веществам относятся и различные аэрозоли – взвешенные в воздухе частицы. Большие концентрации антропогенных аэрозолей могут приводить к последствиям от слабой дымки до смога, от аллергии до онкологических заболеваний. В мире наблюдаются превалирование городского населения над сельским и бурный рост городов в развивающихся странах. Это обуславливает необходимость совершенствования прогноза качества воздуха для здравоохранения и экономики, а также разработки исследовательских инструментов.

В метеорологии атмосферный аэрозоль - это взвешенные в воздухе твёрдые и жидкие частицы. Размер частиц аэрозоля варьируется в пределах от 10^{-4} до 102 мкм. Их опасность заключается в проникающей способности. Чем меньше размер и растворимость аэрозоля, тем глубже внутрь дыхательной системы он может проникнуть. Частицы, не поглощённые организмом и оставшиеся в лёгких, вызывают различные формы респираторных

заболеваний и увеличивают шанс развития рака лёгких, к таким относится, в частности, чёрный углерод, один из самых распространённых видов городского аэрозоля. Будучи центрами концентрации транспорта и промышленности, города ответственны за наибольшую часть выбросов в атмосферу антропогенного аэрозоля. Традиционно рассматривалось загрязнение атмосферы на масштабах от региона до района города, но в условиях современных требований к качеству воздуха острой становится проблема аэрозольного загрязнения на микромасштабе.

Сети измерительных комплексов из-за дороговизны приборов развиты в немногих городах и имеют низкую плотность: так, например, на 2023 год в Надыме работает 2 автоматических станции. Одна находится в центральной части города (рис. 4), а другая в зоне аэропорта (за пределами города). В данной работе представлены данные собранные только с автоматической станции, установленной в центре города (рис. 5,6).

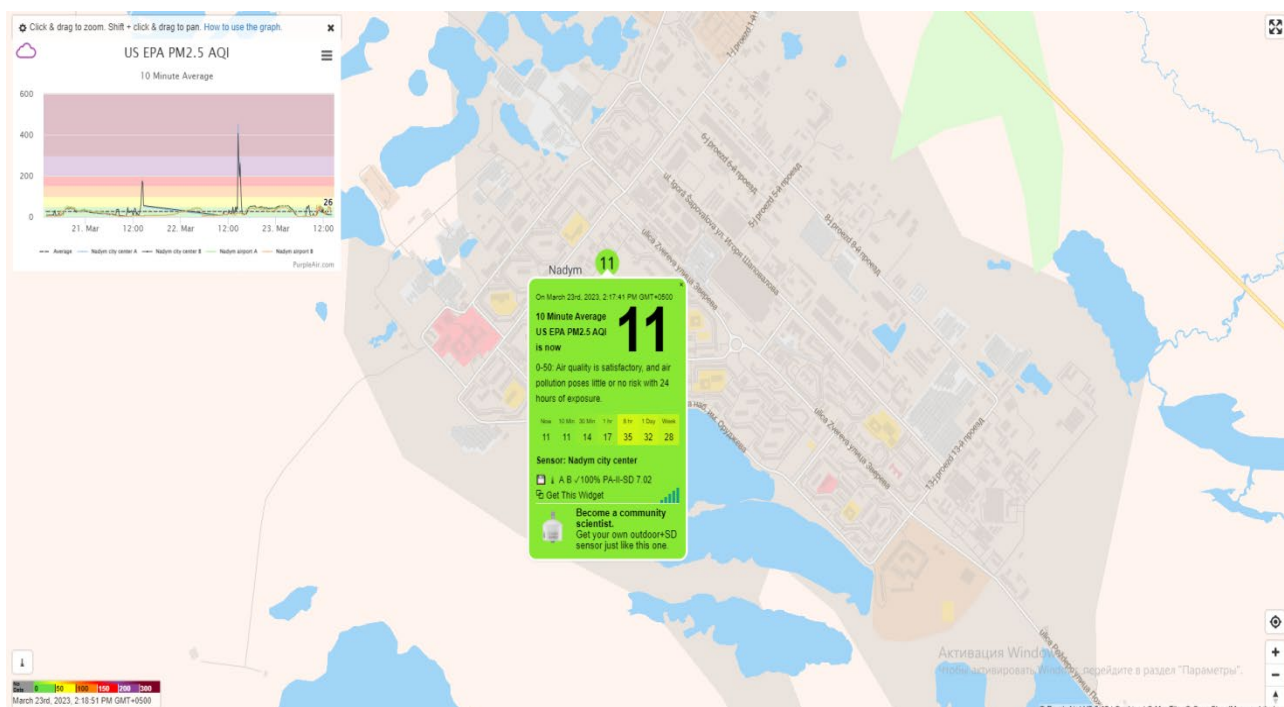


Рис. 4. Местонахождение автоматической станции PurpleAir Classic Air

Quality Monitor в районе парка им. А.П. Козлова

[<https://map.purpleair.com/1/mAQI/a10/p2592000/cC0?select=42591#14.14/65.53245/72.52234>]

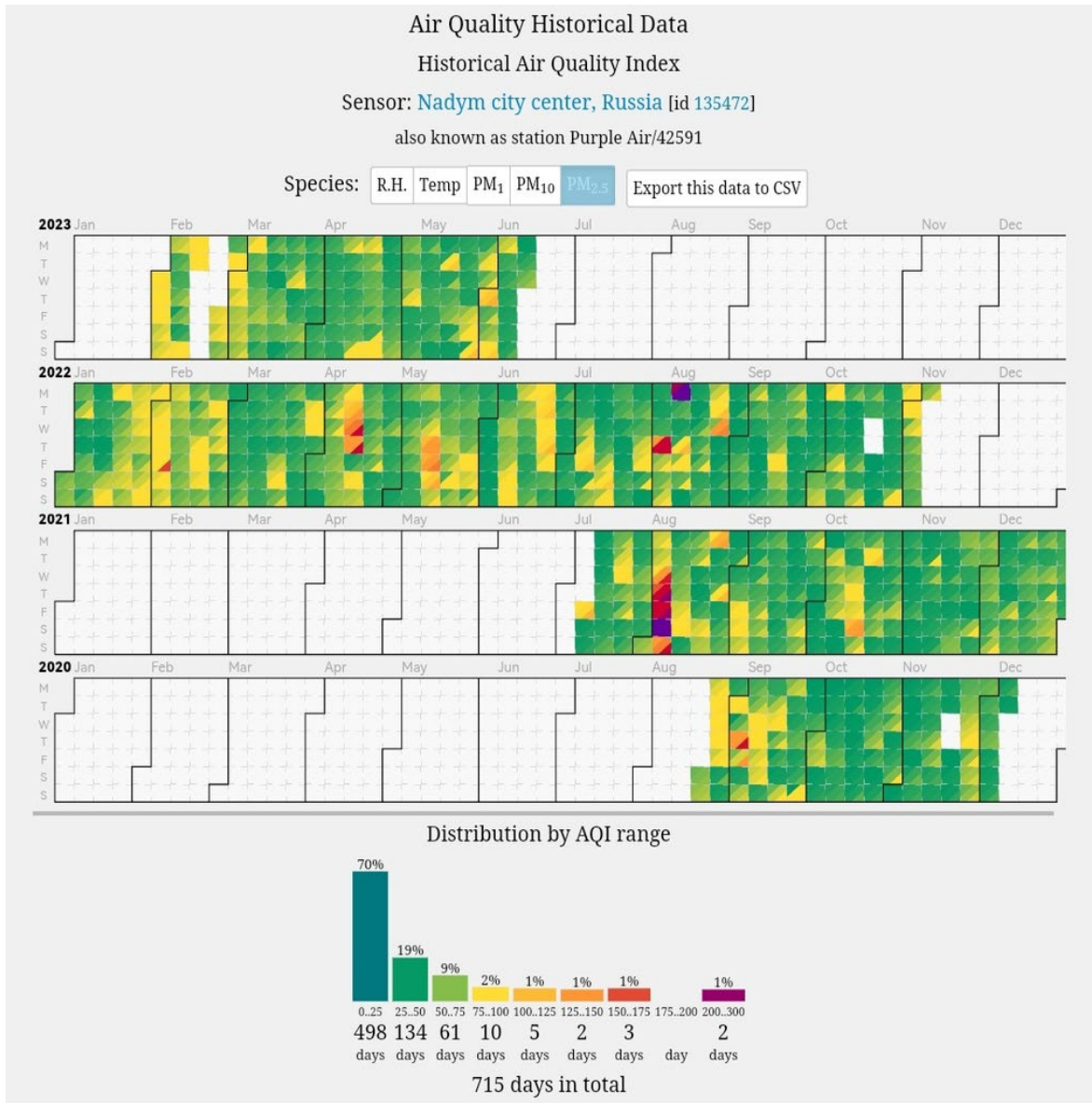


Рис. 5. Данные собранные с автоматической станции PurpleAir Classic Air Quality Monitor за 2020-2023 гг. для частиц PM_{2,5} [<https://aqicn.org/station/russia/nadym-city-center/>]

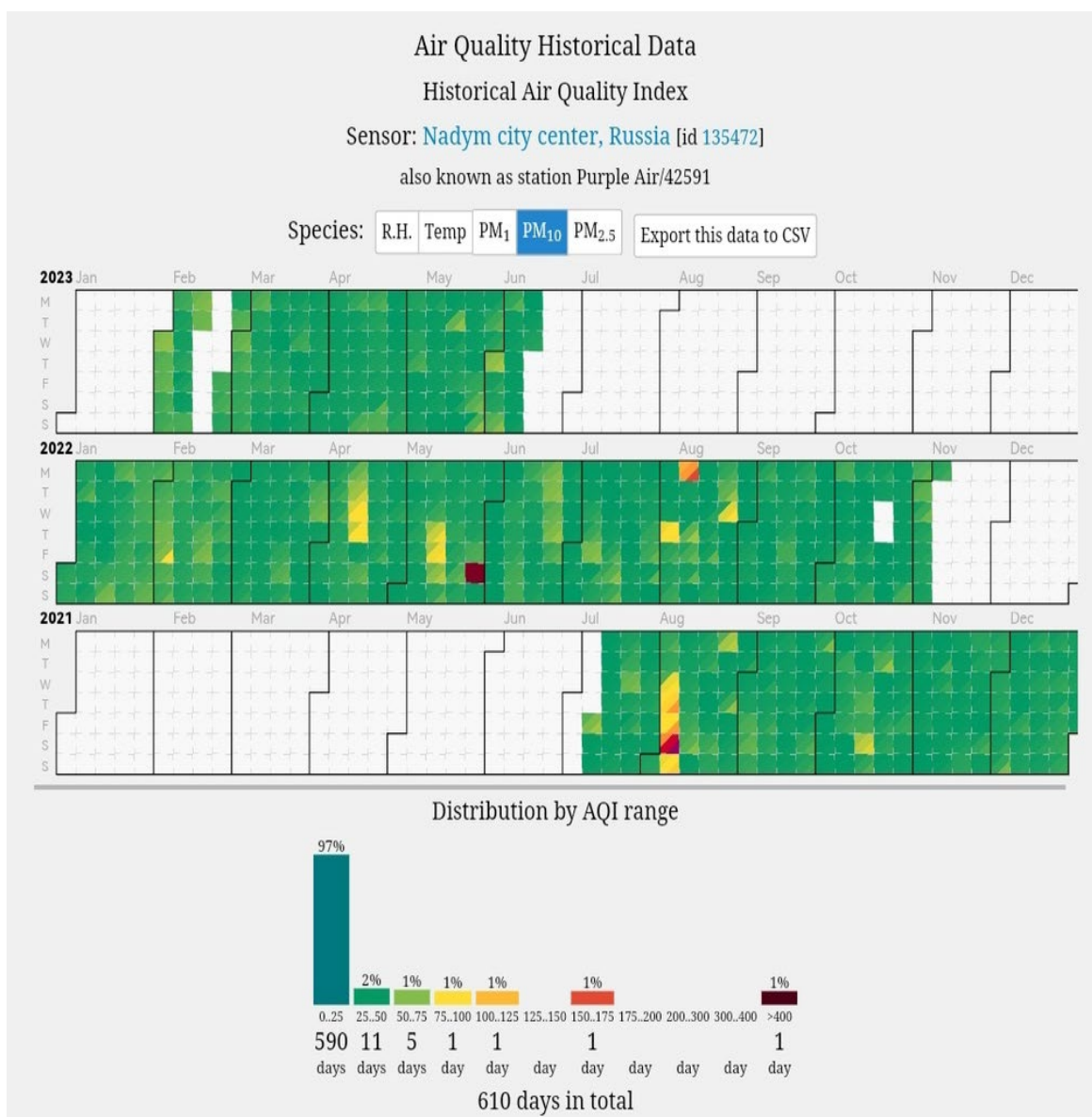


Рис. 6. Данные собранные с автоматической станции PurpleAir Classic Air Quality Monitor за 2020-2023 гг. для частиц PM10
[<https://aqicn.org/station/russia/nadym-city-center/>]

Воздух – один из важнейших ресурсов для поддержания жизни человека, имеющий сложный газовый состав. Но также в нём содержится множество различных взвешенных или влекаемых ветром частиц, влиянием которых на человека и природу нельзя пренебрегать. Такие частицы могут иметь самое разное происхождение, различаться по размеру, форме, химическому составу и другим параметрам. Перенос частиц – процесс перемещения частиц в среде (в воздухе) под воздействием внешних сил. В

первую очередь, определяется характеристиками потока, расположением источников, наличием и размещением препятствий (здания, деревья и др.) и поверхностей осаждения. Частично перенос определяется свойствами каждой отдельной частицы: радиусом и плотностью.

В местности, не испытавшей на себе антропогенного влияния, явление переноса частиц редко представляет серьезную опасность для человека или экосистемы. Для природных частиц в качестве распространённых примеров негативных последствий можно назвать аллергию, опустынивание, обеднение почв. Городская среда не может функционировать без транспорта и антропогенных сооружений – источников техногенных выбросов, в том числе различных твёрдых и жидких частиц, попадающих в воздух и зачастую имеющих более сильное относительно природных частиц негативное влияние на здоровье человека, животных и растений. Пространственная неоднородность источников выбросов и сложная геометрия городской застройки сильно усложняют процесс переноса частиц, что может приводить к высоким концентрациям и накоплению частиц на ограниченных территориях. В городской среде присутствуют антропогенные и природные компоненты, поэтому изменяется и перенос природных частиц: пыльцы растений, снега, капель, пыли и других [Андреева, Соломин, Васильева, с. 190]. Для промышленных территорий и свалок характерно сжигание различных веществ и выброс в атмосферу вредных продуктов горения. Также существуют погодные условия, сопровождающиеся высокими скоростями ветра – в таких ситуациях может существенно увеличиваться уровень выброса более редких и тяжелых частиц, например, песка, частиц грунта и дорожной пыли. Для учёта таких случаев необходимо проводить отдельные исследования. Таким образом, непосредственное влияние переноса частиц в городской среде на здоровье человека и состояние окружающей среды обуславливает большую важность задачи моделирования и прогнозирования данного явления.

Для наблюдений за атмосферными аэрозолями в Арктической зоне РФ,

в Надыме, был использован компактный датчик PurpleAir Classic Air Quality Monitor из семейства датчиков с лазерными счетчиками частиц, которые обеспечивают точный и недорогой способ измерения дыма, пыли и других твердых частиц. Конструктивно, датчики PurpleAir используют лазерные счетчики PMS-5003 для измерения твердых частиц в реальном времени, причем каждый лазерный счетчик чередует 5-секундные показания, усредненные за 120 секунд. Каждый лазерный счетчик использует вентилятор, чтобы провести пробу воздуха мимо лазерного луча. Луч этих лазеров класса Ша/3R будет отражать свет от любых присутствующих частиц на пластину обнаружения, как пыль, мерцающая в солнечном луче. Отражение измеряется как импульс пластиной обнаружения, и длина импульса определяет размер частицы, а количество импульсов определяет количество частиц. Эти технологии подсчета частиц используются для расчета массовых концентраций PM_{1,0}, PM_{2,5} и PM₁₀ для стандартных внутренних (CF₁) и наружных частиц (ATM).

Для расчета массовых концентраций необходимо использовать среднюю плотность, потому что не все взвешенные частицы – «particulate matter» – определенного размера сделаны из одного и того же материала. Например, PM_{2,5} от дыма от лесных пожаров будет иметь плотность, отличную от PM_{2,5} от пыли, которая возникла при ветровом воздействии на гравийный карьер. Это означает, что массовая концентрация, сообщаемая датчиком PurpleAir, может варьироваться в зависимости от конкретного состава ТЧ для данной области, что делает показания датчиков «высокими».

Помимо прямых концентраций данные измерений также визуализируются в единицах Air Quality Index (AQI), который рассчитывается для следующих загрязняющих веществ: приземный озон, PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, CO и SO₂. Индекс AQI рассчитывается по стандартизированной формуле, которая зависит от наибольшей концентрации вещества за весь период наблюдений в исследуемой области; диапазона изменения значений концентрации соответствующего вещества и соответствующий ему диапазон

изменения индекса в данном случае PM_{2,5} и крайних точек диапазона для каждого вещества [Андреева, Соломин, Васильева, с. 190].

На количество твёрдых частиц также влияет приземная инверсия, которая характерна для Надыма, как для арктического города. Частые приземные инверсии температуры являются характерной чертой климата Арктики, в частности, российской ее части. Именно в этом регионе, в зимний период, наблюдаются самые благоприятные условия для формирования инверсий: длительный период радиационного выхолаживания поверхности (полярная ночь) и господство зимнего антициклона. Внутри инверсионного слоя практически отсутствует вертикальное перемешивание, что, в сочетании с низкими скоростями ветра в областях повышенного давления, способствует накоплению примесей под инверсионным слоем. Мощными источниками загрязняющих примесей в Арктике являются города, в которых расположены промышленные предприятия и предприятия теплоэнергетики и в которых проживает 80% населения Арктической зоны РФ.

Особенно опасными для жителей городов являются приземные инверсии. Они расположены очень близко к земной поверхности, поэтому примеси концентрируются на так называемом «пешеходном уровне» (1-3 метра) и приводят к различным болезням, таким, например, как ишемической болезни сердца и болезням дыхательных путей.

Инверсии могут быть обнаружены несколькими способами: используются данные баз реанализов (позволяют выделить области повышенных и пониженных значений климатических характеристик температурных инверсий), радиозондирования (позволяют проанализировать вертикальную структуру атмосферы), спутниковые данные (позволяют проводить глобальные исследования, однако имеют ограничения, связанные с получением репрезентативных данных только в условиях безоблачного неба) и данные контактных наблюдений. Однако ни спутниковые данные, ни данные реанализов не подходят для изучения городских инверсий: разрешение слишком велико для их обнаружения. Данные радиозондирования позволяют

изучать лишь приподнятые инверсии, а метеорологических станций в российской Арктике не так уж много. Таким образом, приземные инверсии городов Арктики изучены слабо.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЁННЫХ ЗАМЕРОВ

Замеры были проведены с 23 июля по 27 июля. Причём первый день являлся тестовым днём, для подбора точек и изучения их расположения, поэтому не подразумевал их закрепления.

К тому же 23 июля большую часть дня шёл дождь, и наблюдалось низкое давление, поэтому замеры удалось провести только один раз в каждой зоне. По времени замеры проходили два раза в день: первая половина дня ~ 13:21, вторая половина дня ~ 17:18.

23 числа наблюдались средние значения показателей частиц пыли размера $PM_{0,3}$ (рис. 7), и довольно низкие показатели по размерам частиц $PM_{2,5}$ (рис. 8) и PM_{10} (рис. 9).

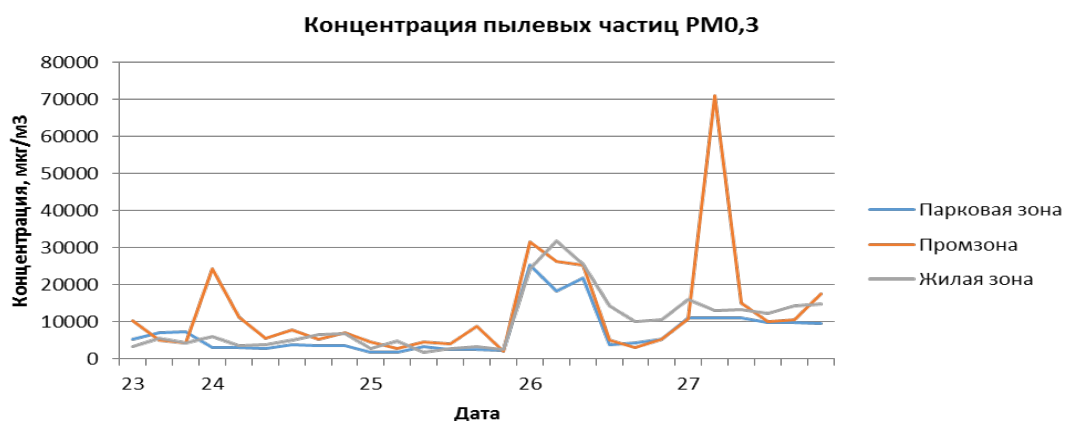


Рис. 7. График концентрации пылевых частиц размера $PM_{0,3}$ [составлено автором]

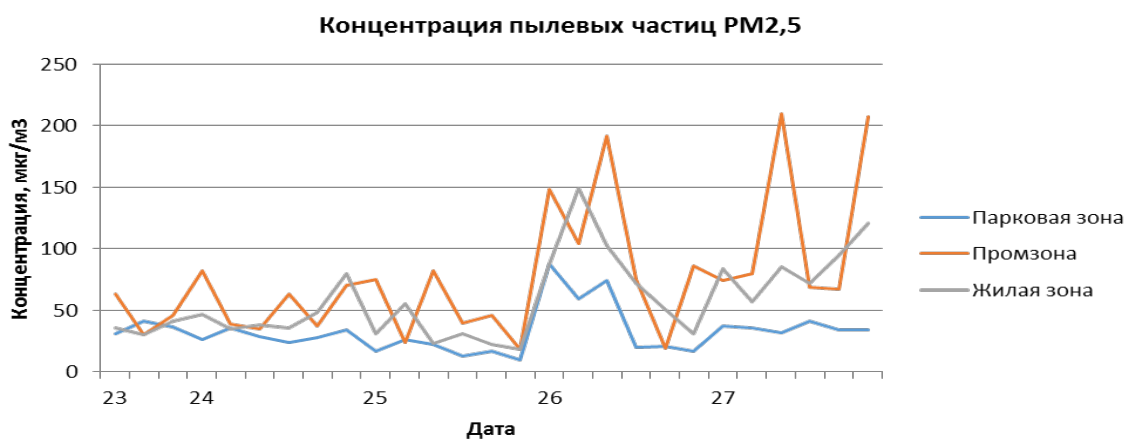


Рис. 8. График концентрации пылевых частиц размера $PM_{2,5}$ [составлено автором]

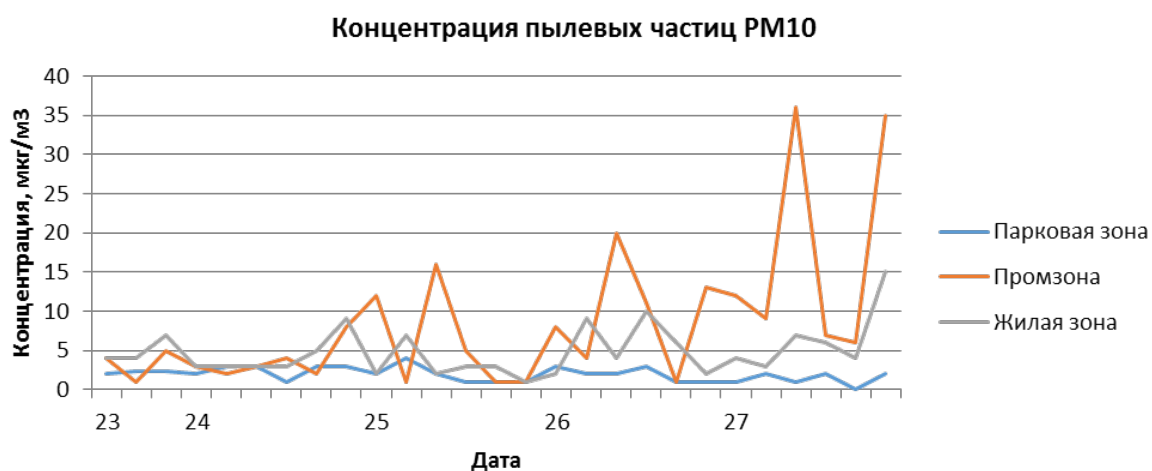


Рис. 9. График концентрации пылевых частиц размера PM10 [составлено автором]

Данные показатели могут быть связаны с неблагоприятными метеорологическими условиями, такими как дождливая погода, пониженное давление и повышенная скорость ветра.

24 числа максимальное количество частиц размера PM0,3 отмечается в первой половине дня. Если посмотреть на данные метеоскопа, то это может быть связано с повышенной температурой во второй половине дня (рис. 10) и скоростью потока воздуха (рис. 11).

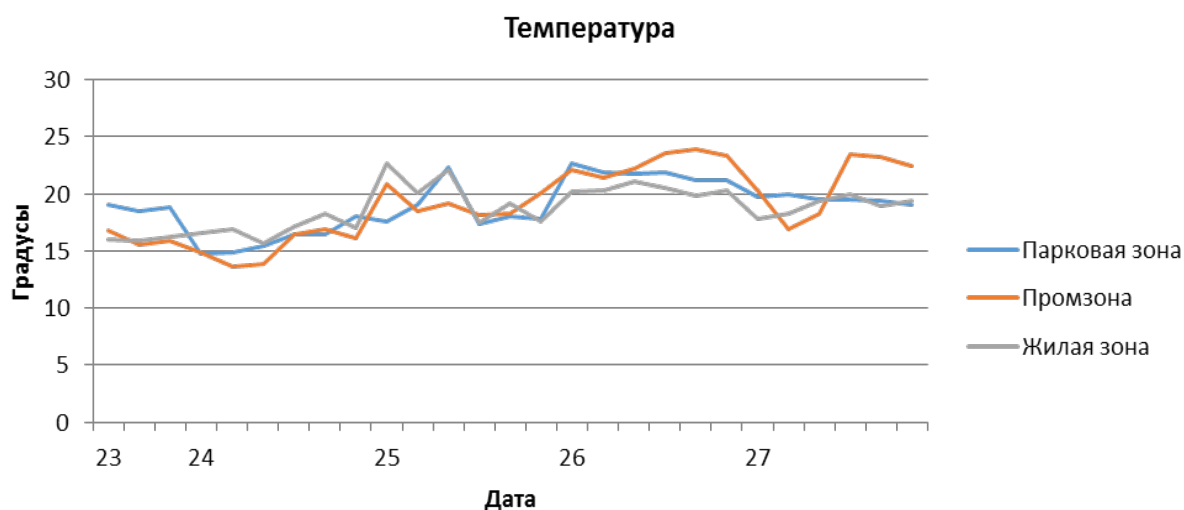


Рис. 10. График показателей температуры [составлено автором]

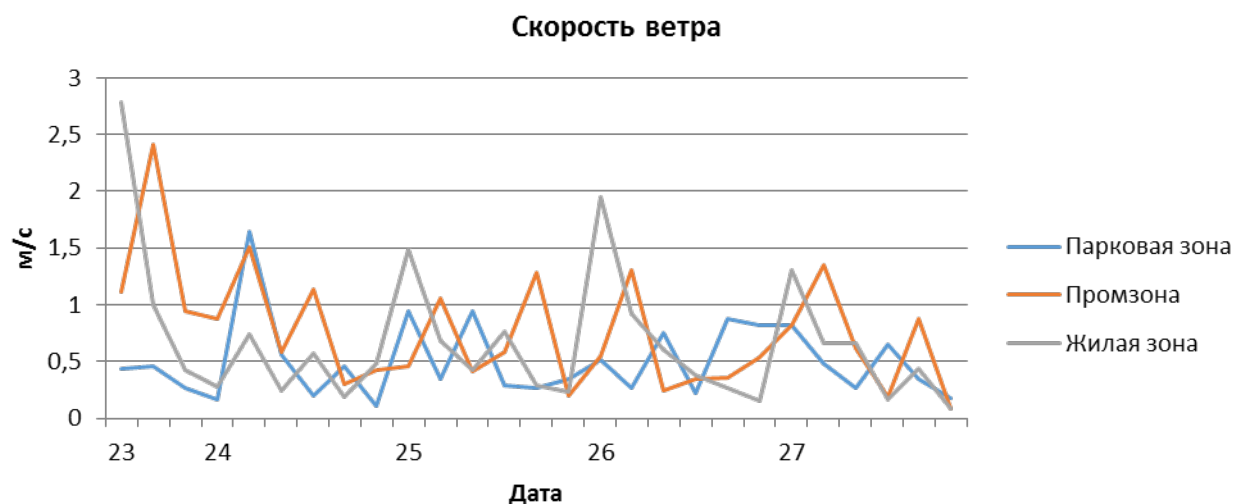


Рис. 11. График показателей скорости ветра [составлено автором]

Значительное количество частиц данного размера наблюдается на открытой местности (относительно остальных двух), то есть в промышленной зоне, при скорости ветра 1,51 м/с и при низком давлении (рис. 12). Такое большое количество мелких пылевых частиц является результатом раздува северо-восточной части местности. Концентрация мелких частиц в парковой зоне и жилой зоне по сравнению с промышленной зоной стала намного меньше, но все еще находится на довольно большом уровне при высокой скорости ветра (1,64 м/с).

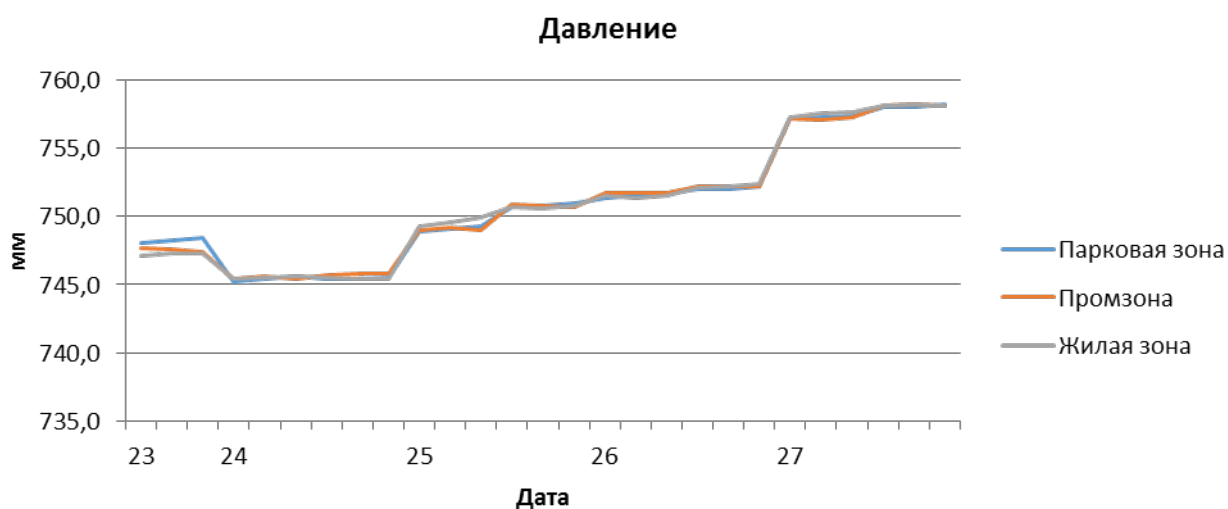


Рис. 12. График показателей давления [составлено автором]

25 числа концентрации частиц размера $PM_{0,3}$, $PM_{2,5}$ и PM_{10} в первую и вторую половину дня оставались в стабильном состоянии. То есть не было ни резкого повышения частиц, ни снижения. При этом по данным видно, что давление во второй половине дня выросло, а температура наоборот, понизилась.

Помимо стандартных замеров, в этот день были сделаны дополнительные фоновые замеры в Кедровой роще. Концентрация частиц в этой зоне оказалась намного ниже, что было довольно ожидаемо, так как это достаточно удалённая парковая зона, с большим количеством растительности.

26 числа наблюдались одни из самых высоких концентраций пылевых частиц за всё время наблюдений. Особенно это заметно в первой половине дня. Это может быть спровоцировано высокой температурой и давлением, а также местами порывистым ветром. Во второй половине дня концентрация частиц снова понизилась.

27 числа, в самый последний день наблюдений, были зафиксированы самые высокие значения концентрации пылевых частиц всех размеров ($PM_{0,3}$, $PM_{2,5}$ и PM_{10}), как около полудня, так и ближе к вечеру. Давление в этот день уже было намного выше, по сравнению с первым днём измерений.

Влажность также наблюдалась довольно повышенная (рис. 13). В этот день нами была осуществлена поездка на профилакторий, находящийся на юго-востоке от города Надыма (25 км). Там также были проведены замеры в двух точках, результатами которых стали крайне высокие показатели концентрации частиц определённого размера - $PM_{0,3}$. Частицы размера $PM_{2,5}$ также преобладали в большом количестве, по сравнению с концентрацией их в городе, а вот крупных частиц размером PM_{10} обнаружено почти не было. Температура, влажность и давление на данном участке были выше, чем в городе.

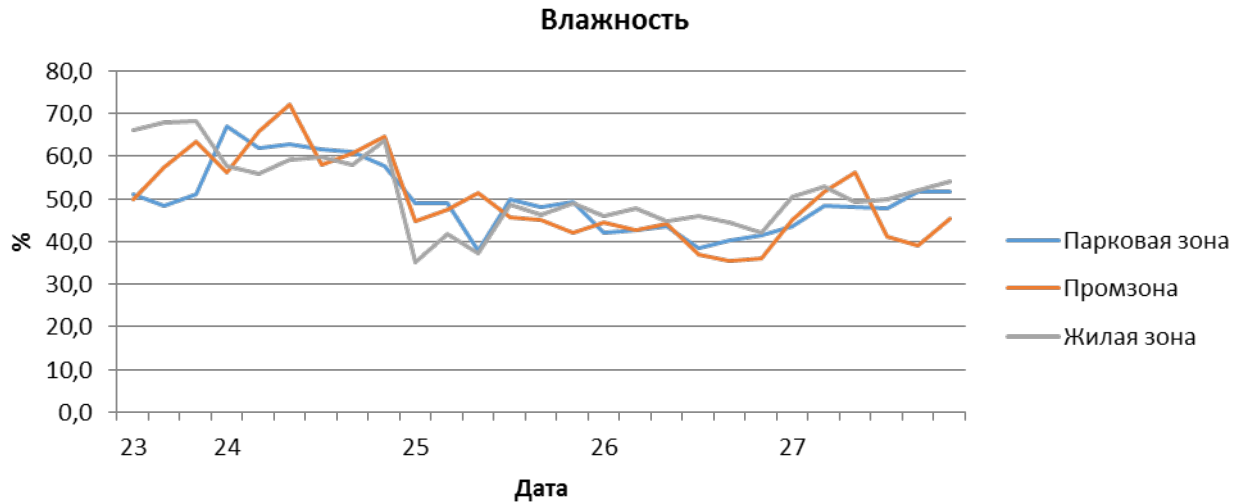


Рис. 13. График показателей влажности [составлено автором]

С 23 июля по 27 июля соответствие местного времени и розы ветров было следующим:

23 июля: 12:02 – ветер северо-западный, 17:18 – ветер западо-северо-западный;

24 июля: 13:21 – ветер северо-западный, 17:43 – ветер северо-западный;

25 июля: 13:22 – ветер западный, 17:18 – ветер западный;

26 июля: 13:22 – ветер юго-юго-западный, 17:52 – ветер западо-юго-западный;

27 июля: 13:40 – ветер северо-северо-западный, 17:51 – ветер северный.

Можно сделать следующие выводы о взаимосвязи между метеоусловиями и увеличением концентрации пыли:

23 июля: В первый день измерений наблюдались средние значения концентрации пылевых частиц размера $PM_{0,3}$, а более крупные частицы ($PM_{2,5}$ и PM_{10}) имели низкие показатели. Это можно объяснить неблагоприятными метеорологическими условиями, такими как дождливая погода, низкое давление и повышенная скорость ветра. Дождь и ветер могут способствовать удалению пыли из атмосферы, что может привести к снижению концентрации.

24 июля: В первой половине дня было отмечено максимальное количество частиц размера $PM_{0,3}$, что может быть связано с повышенной температурой и скоростью ветра.

Промышленная зона, где было замечено большое количество мелких пылевых частиц, находится на открытой местности, что способствует раздуванию пыли при высокой скорости ветра.

25 июля: Концентрации пылевых частиц размеров $PM_{0,3}$, $PM_{2,5}$ и PM_{10} оставались стабильными как в первой, так и во второй половине дня. Несмотря на изменение метеорологических показателей, концентрация пыли не изменилась значительно. Дополнительные фоновые замеры в парковой зоне показали более низкую концентрацию частиц, что объясняется наличием растительности и удаленностью от промышленных зон.

26 июля: В этот день наблюдались одни из самых высоких концентраций пылевых частиц за весь период измерений, особенно в первой половине дня. Это может быть связано с высокой температурой, повышенным давлением и порывистым ветром.

27 июля: В последний день наблюдений были зафиксированы самые высокие значения концентрации пылевых частиц всех размеров ($PM_{0,3}$, $PM_{2,5}$ и PM_{10}), как в первой половине дня, так и ближе к вечеру.

Влажность в этот день была повышенной. Концентрация частиц в профилактории, удаленном от города, также была выше, особенно для частиц размера $PM_{0,3}$ и $PM_{2,5}$, в то время как крупные частицы размером PM_{10} были практически отсутствующими. Температура, влажность и давление на этом участке были выше, чем в городе, что может объяснить более высокую концентрацию пыли.

Таким образом, из представленных данных видно, что метеоусловия, такие как дождь, низкое давление, повышенная скорость ветра, повышенная температура и влажность, могут оказывать влияние на концентрацию пыли в атмосфере.

Неблагоприятные метеоусловия, такие как сильный ветер, могут способствовать раздуванию пыли и увеличению ее концентрации, особенно в открытых промышленных зонах. Однако стоит отметить, что для более полного понимания взаимосвязи между метеоусловиями и концентрацией пыли требуется дополнительная информация и более длительное наблюдение.

Результатом работы, стала таблица 1, на основе методики CAQI (Common Air Quality Index), благодаря которой, можно выделить наиболее загрязнённые твёрдыми частицами исследуемые зоны.

Таблица 1

Соответствие качества воздуха в Надыме методике CAQI (Common Air Quality Index) [составлено автором]

Парковая зона			Промзона			Жилая зона							
Время	PM2,5	PM10	Время	PM2,5	PM10	Время	PM2,5	PM10					
12:02	31	2	17:18	63,2	4	18:29	36	4	1 точка	23 июля	день		23
12:31	41	2	17:35	30	1	18:44	30	4	2 точка				
12:44	37	2	17:58	46	5	19:03	41	7	3 точка				
14:31	26	2	13:21	82	3	15:32	47	3	1 точка	24 июля	день		24
14:46	36	3	13:38	39	2	15:47	35	3	2 точка				
14:58	29	3	13:54	35	3	16:05	38	3	3 точка				
18:44	24	1	17:43	63	4	19:36	36	3	1 точка	24 июля	вечер		24
18:58	28	3	17:58	37	2	19:50	48	5	2 точка				
19:13	34	3	18:16	70	8	20:07	80	9	3 точка				
14:19	17	2	13:22	75	12	15:10	31	2	1 точка	25 июля	день		25
14:34	26	4	13:38	24	1	15:25	55	7	2 точка				
14:46	22	2	13:54	82	16	15:43	23	2	3 точка				
18:21	13	1	17:18	40	5	19:05	31	3	1 точка	25 июля	вечер		25
18:33	17	1	17:36	46	1	19:18	22	3	2 точка				
18:43	10	1	17:53	18	1	19:36	18	1	3 точка				
14:00	88	3	13:22	148	8	14:39	88	2	1 точка	26 июля	день		26
14:13	59	2	13:34	104	4	14:49	149	9	2 точка				
14:23	74	2	13:46	192	20	15:01	103	4	3 точка				
18:16	20	3	17:52	75	11	18:46	72	10	1 точка	26 июля	вечер		26
18:22	21	1	17:58	19	1	19:00	51	6	2 точка				
18:26	17	1	18:06	86	13	19:16	31	2	3 точка				
14:36	37	1	13:40	74	12	15:08	84	4	1 точка	27 июля	день		27
14:44	36	2	13:52	80	9	15:18	57	3	2 точка				
14:51	32	1	14:05	210	36	15:30	85	7	3 точка				
18:27	41	2	17:51	69	7	18:56	72	6	1 точка	27 июля	вечер		27
18:34	34	0	18:02	67	6	19:06	95	4	2 точка				
18:40	34	2	18:14	207	35	19:17	121	15	3 точка				

Для улучшения экологической обстановки в городе Надым, исходя из полученных результатов, рекомендуется провести озеленение с использованием разнообразных видов растений, которые могут принести следующие преимущества:

1. Деревья: Посадка деревьев в городе имеет множество преимуществ. Они помогают снизить уровень загрязнения воздуха, улавливая пыль и абсорбируя вредные газы. Деревья также вырабатывают кислород и

помогают снизить температуру окружающей среды благодаря теневым зонам.

2. Кустарники и цветы: Посадка кустарников и цветов добавит красоты и живописность городской среды. Они способствуют улучшению визуального облика улиц и парков, создают благоприятную атмосферу для отдыха и релаксации. Кустарники также могут служить естественными барьерами для смягчения шума и улучшения приватности.
3. Травы и многолетники: Выбор трав и многолетников среди разных видов позволит создать зеленые газоны и цветочные клумбы. Они улучшают качество почвы, предотвращают эрозию, а также могут привлекать полезных насекомых, таких как пчелы и бабочки, что способствует опылению растений.
4. Растения с высокой фиторемедиационной способностью: Ряд растений обладает способностью поглощать вредные вещества из окружающей среды и очищать воздух. Некоторые из таких растений включают папоротники, алоэ вера, диффенбахию и спатифиллум. Размещение таких растений вдоль загруженных дорог и промышленных зон может помочь снизить уровень загрязнения воздуха.
5. Водные элементы: Включение водных элементов, таких как фонтаны, пруды или ручьи, помимо эстетической ценности, способствует увлажнению окружающей среды и созданию микроклимата, а также создает условия для обитания различных видов растений и животных.

При планировании озеленения города Надым рекомендуется учитывать следующие аспекты:

1. Климатические условия: Выбирать растения, которые приспособлены к местному климату. Учитывать холодные зимы, короткое лето и периоды морозов. Исследовать региональные особенности и консультироваться с местными садоводами или ландшафтными архитекторами, чтобы определить подходящие растения для данного региона.

2. Местные условия почвы: Изучать свойства почвы в городе Надым и выбирайте растения, которые хорошо растут в таких условиях. Подготавливать почву, если необходимо, добавляя удобрения или органический материал для улучшения ее плодородия.
3. Устойчивость к загрязнению: Отдавать предпочтение растениям, которые способны справляться с загрязнением и очищать воздух. Исследовать фиторемедиационные свойства растений и выбирать те, которые эффективно абсорбируют вредные вещества.
4. Разнообразие видов: Создавать разнообразие в выборе растений, чтобы обеспечить экосистему и привлечь различные виды насекомых и птиц. Разные виды растений могут иметь различные функции, такие как фильтрация воздуха, снижение шума, предоставление тени и цветочные ароматы.
5. Поддерживаемость и уход: Учесть, что растения должны быть устойчивыми к местным условиям и легко поддерживаться. Выбирать растения, которые не требуют частого полива и ухода, чтобы сократить затраты на управление зелеными насаждениями.
6. Учет городской среды: Рассматривать особенности городской среды при выборе растений. Например, учитывать высоту деревьев, чтобы они не мешали линиям электропередачи или затеняли дома. Размещать растения таким образом, чтобы они не мешали движению пешеходов и автомобилей.
7. Сотрудничество с местными сообществами: Включать местных жителей, организации и экологические группы в процесс планирования и реализации озеленения города Надым. Проводить консультации и обсуждения, чтобы узнать о предпочтениях и потребностях местного сообщества. Вовлекать жителей в уход за озелененными зонами, проводите совместные мероприятия и акции по садоводству.
8. Учет городской инфраструктуры: Учитывать городскую инфраструктуру при планировании озеленения. Обратить внимание на

расположение дорог, тротуаров, парков, школ и других общественных мест. Подбирать растения, которые подходят для конкретных условий и пространство, чтобы они не мешали функциональности города.

9. Сознательное использование воды: Выбирать растения, которые требуют минимального полива и способствуют экономии воды. Разработать эффективную систему полива, используя методы капельного орошения или дождевания, чтобы избежать потерь воды из-за испарения или неправильного использования.
10. Поддержка биоразнообразия: Стремиться создать среду, способствующую разнообразию животных и насекомых. Предоставить укрытия, гнезда и пищу для различных видов птиц, насекомых и малых млекопитающих. Выбирать растения, которые являются источниками пищи или местом обитания для местной фауны.
11. Образование и информирование: Проводить информационные кампании и образовательные мероприятия, чтобы ознакомить местное сообщество с преимуществами озеленения и вовлечь его в сохранение и заботу об озелененных зонах. Организовать семинары, лекции и экскурсии по озелененным территориям, чтобы повысить экологическую осведомленность и понимание.

Озеленение города Надым имеет большое значение для улучшения экологической обстановки и создания приятной среды для его жителей. Нужно учитывать местные условия и потребности, сотрудничать с местными сообществами, организациями и городскими властями, чтобы создать наиболее эффективные и устойчивые озелененные зоны.

Выводы:

Исходя из поставленных задач и проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

1. Анализ основных подходов к изучению определения атмосферного воздуха городской среды твёрдыми частицами наземными методами позволяет выявить различные методики и

инструменты, которые используются для измерения и мониторинга загрязнения воздуха. Важно применять сочетание различных методов для получения комплексной оценки качества воздуха и определения источников загрязнения.

2. Изучение особенностей атмосферного воздуха городской среды позволяет выявить специфические факторы, влияющие на качество воздуха в городе. Это включает уровень промышленных выбросов, дорожное движение, строительные работы и другие источники загрязнения, а также климатические условия и географическое расположение города.

3. Проведение исследования по оценке загрязнения атмосферного воздуха городской среды твёрдыми частицами наземными методами на примере города Надым позволяет получить конкретные данные об уровне загрязнения и его изменениях в течение определенного временного периода. Это помогает оценить текущую экологическую обстановку и определить потенциальные проблемные зоны для принятия соответствующих мер по снижению загрязнения.

4. Разработка рекомендаций по озеленению города Надым имеет важное значение для улучшения экологической обстановки. Выбор определенных видов растительности должен учитывать климатические условия, особенности городской среды и цели озеленения, такие как снижение уровня загрязнения, повышение качества воздуха, создание комфортной городской среды и поддержка биоразнообразия. Рекомендации могут включать выбор устойчивых растений, создание зеленых зон и парков, использование вертикального озеленения и современных методов ландшафтного дизайна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, проблема загрязнения атмосферного воздуха городской среды твёрдыми частицами в городе Надым требует серьезного внимания и принятия соответствующих мер. Исследования показывают, что повышенная концентрация пылевых частиц в воздухе может иметь негативные последствия для здоровья людей и окружающей среды.

Рассмотрение наземных методов борьбы с загрязнением в городе Надым представляет эффективный подход к улучшению качества воздуха. Принятие следующих мер поможет снизить уровень твёрдых частиц и улучшить экологическую обстановку:

1. Регулярная уборка и механическая очистка: Очистка улиц, тротуаров, парковых зон и других общественных мест от пыли и мусора с использованием механизированных средств позволит уменьшить загрязнение воздуха.
2. Внедрение системы влажного увлажнения: Поливание дорог и других покрытий влагой с помощью системы специальных распылителей может помочь подавить пылевые выбросы при движении транспорта.
3. Повышение эффективности системы фильтрации выбросов: Обновление и модернизация систем фильтрации выбросов на промышленных предприятиях и транспортных средствах поможет сократить выбросы твёрдых частиц и других вредных веществ в атмосферу.
4. Промышленные и строительные стандарты: Внедрение строгих экологических стандартов и требований к промышленным и строительным процессам поможет снизить выбросы твёрдых частиц на источнике.
5. Озеленение и ландшафтный дизайн: Создание зеленых зон и парков, использование растительности с высокой эффективностью по

поглощению пылевых частиц и проведение ландшафтных мероприятий способствуют снижению загрязнения воздуха.

6. Сознательность и образование: Распространение информации и образовательные программы по профилактике снижения загрязнения воздуха твёрдыми частицами необходимы для формирования сознательного отношения у жителей города Надым. Это может включать информационные кампании, проведение семинаров и обучающих мероприятий, а также публичные консультации, где жители могут выражать свои мнения и предложения по улучшению качества воздуха.

Важно также активное сотрудничество городских властей, общественных организаций, бизнес-сектора и жителей города. Только совместными усилиями можно достичь значимого прогресса в борьбе с загрязнением воздуха. Вовлечение всех заинтересованных сторон в разработку и реализацию планов по снижению загрязнения будет способствовать их более эффективному и устойчивому выполнению.

Наконец, регулярный мониторинг качества воздуха и оценка эффективности принятых мер являются неотъемлемой частью процесса борьбы с загрязнением. Постоянное изучение данных и анализ результатов помогут определить эффективность предпринятых шагов, а также выявить области, требующие дальнейших усовершенствований.

В целом, реализация наземных методов борьбы с загрязнением атмосферного воздуха твёрдыми частицами в городе Надым будет способствовать улучшению качества воздуха и снижению негативного влияния на здоровье людей и окружающую среду. Это требует усилий со стороны всех заинтересованных сторон и постоянного контроля за выполнением принятых мер для достижения чистой и здоровой атмосферы в городе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Книжные издания**Книга одного автора:**

1. Вартапетов, Л. Г. Экологическая орнитология : учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры / Л. Г. Вартапетов. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 170 с.

2. Еремченко, О. З. Учение о биосфере : учеб. пособие для академического бакалавриата— М.: Издательство Юрайт, 2017. — 236 с.

Еремченко, О. З. Учение о биосфере : учеб. пособие для академического бакалавриата— 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 236 с.

3. Еремченко, О. З. Биология: учение о биосфере : учеб. пособие для СПО Издательство Юрайт, 2018. — 236 с.

4. Жиров, А. И. Прикладная экология. В 2 т. Том 2: учебник для академического бакалавриата -2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 311 с.

5. Залунин, В. И. Социальная экология: учебник для академического бакалавриата— М.: Издательство Юрайт, 2019. — 206 с.

6. Колесников, Е. Ю. Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза безопасности: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 469 с.

7. Павлова, Е. И. Общая экология : учебник и практикум для прикладного бакалавриата— М.: Издательство Юрайт, 2019. — 190 с.

8. Притужалова, О. А. Экологический менеджмент и аудит : учеб. пособие для вузов— М.: Издательство Юрайт, 2019. — 244 с.

9. Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии : учеб. пособие для бакалавриата

и магистратуры— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 181 с.

10. Maciejewska, K. Short-term impact of PM_{2.5}, PM₁₀, and PM_c on mortality and morbidity in the agglomeration of Warsaw, Poland. *Air Qual. Atmos. Health* 2020, 13, 659–672.

Книга двух авторов:

11. Боголюбов, С. А., Е. А. Позднякова. Правовые основы природопользования и охраны окружающей среды: учебник и практикум для академического бакалавриата /— 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 429 с.

12. Гурова, Т. Ф., Л. В. Назаренко. Экология и рациональное природопользование: учебник и практикум для академического бакалавриата— 3-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 188 с.

13. Данилов-Данильян, В. И., Малашенков Б. М. Экология: учебник и практикум для академического бакалавриата; под ред. В. И. Данилова-Данильяна. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 363 с.

14. Жуйкова, Т. В., В. С. Безель. Экологическая токсикология: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 362 с.

15. Корытный, Л. М., Е. В. Потапова. Экологические основы природопользования: учеб. пособие для СПО — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 374 с.

16. Ларионов, Н. М., А. С. Рябышенков. Промышленная экология: учебник и практикум для СПО /. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 382 с.

17. Медведев, В. И., А. А. Алдашева. Социальная экология. Экологическое сознание : учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры - М.: Издательство Юрайт, 2018. — 335 с.

18. Ризниченко, Г. Ю. , А. Б. Рубин. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 2: учебник для бакалавриата и магистратуры— 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 185 с.

19. Lesiak, K.; Brzeżański, M. Concept of the exhaust system of combustion engines used in underground mining. *Combust. Engines* 2017, 169, 97–100.

Книга трех авторов:

20. Андреева, Н. Д. Теория и методика обучения экологии: учебник для СПО / Н. Д. Андреева, В. П. Соломин, Т. В. Васильева; под ред. Н. Д. Андреевой. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 190 с.

21. Астафьева, О. Е. , А. А. Авраменко, А. В. Питрюк. Экологические основы природопользования: учебник для СПО — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 354 с.

22. Родионов, А. И., В. Н. Клушин, В. Г. Систер. Технологические процессы экологической безопасности. Гидросфера: учебник для академического бакалавриата— 5-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 283 с.

23. Trusz, A.; Ghazal, H.; Piekarska, K. Seasonal variability of chemical composition and mutagenic effect of organic PM_{2.5} pollutants collected in the urban area of Wrocław (Poland). *Sci. Total Environ.* 2020, 733, 138911.

Sabadash, V.; Gumnitsky, J.; Lyuta, O. Combined adsorption of the copper and chromium cations by clinoptilolite of the Sokyrnytsya deposit. *J. Ecol. Eng.* 2020, 21, 42–46.

24. Onat, B; Şahin, U.; Bayat, C. Assessment of particulate matter in the urban atmosphere: Size distribution, metal composition and source characterization using principal component analysis. *J. Environ. Monit.* 2012, 14, 1400–1409.

Книга четырех авторов:

25. Goodsite, M.E.; Hertel, O.; Johnson, M.S.; Jørgensen, N.R. Urban air quality: Sources and concentrations. In *Air Pollution Sources, Statistics and Health Effects*. Encyclopedia of Sustainability Science and Technology Series; Goodsite, M.E., Johnson, M.S., Hertel, O., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2021; pp. 193–214.

26. Mukhametov, A.; Kondrashev, S.; Zvyagin, G.; Spitsov, D. Treated livestock wastewater influence on soil quality and possibilities of crop irrigation. *Saudi J. Biol. Sci.* 2022, 29, 2766–2771.

Книга пяти и более авторов:

27. Saxena, M.; Sharma, A.; Sen, A.; Saxena, P.; Mandal, T.K.; Sharma, S.K.; Sharma, C. Water soluble inorganic species of PM₁₀ and PM_{2.5} at an urban site of Delhi, India: Seasonal variability and sources. *Atmos. Res.* 2018, 184, 112–125.

28. Khaniabadi, Y.O.; Goudarzi, G.; Daryanoosh, S.M.; Borgini, A.; Tittarelli, A.; De Marco, A. Exposure to PM₁₀, NO₂, and O₃ and impacts O₃ and impacts on human health. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2017, 24, 2781–2789.

29. Jodeh, S.; Hasan, A.R.; Amarah, J.; Judeh, F.; Salghi, R.; Lgaz, H.; Jodeh, W. Indoor and outdoor air quality analysis for the city of Nablus in Palestine: Seasonal trends of PM₁₀, PM_{5.0}, PM_{2.5}, and PM_{1.0} of residential homes. *Air Qual. Atmos. Health* 2018, 11, 229–237.

30. Brunekreef, B.; Künzli, N.; Pekkanen, J.; Annesi-Maesano, I.; Forsberg, B.; Sigsgaard, T.; Keuken, M.; Forastiere, F.; Barry, M.; Querol, X.; et al. Clean air in Europe: Beyond the horizon? *Eur. Respir. J.* 2015, 45, 7–10.

31. Kuerban, M.; Waili, Y.; Fan, F.; Liu, Y.; Qin, W.; Dore, A.J.; Peng, J.; Xu, W.; Zhang, F. Spatio-temporal patterns of air pollution in China from 2015 to 2018 and implications for health risks. *Environ. Pollut.* 2020, 258, 113659.

32. Marzouni, M.B.; Moradi, M.; Zarasvandi, A.; Akbaripoor, S.; Hassanvand, M.S.; Neisi, A.; Goudarzi, G.; Mohammadi, M.J.; Sheikhi, R.; Kermani, M.; et al. Health benefits of PM₁₀ reduction in Iran. *Int. J. Biometeorol.* 2017, 61, 1389–1401.

33. Ostrikov, A.N.; Shakhov, S.V.; Ospanov, A.A.; Muslimov, N.Z.; Timurbekova, A.K.; Jumabekova, G.B.; Matevey, Y.Z. Mathematical modeling of product melt flow in the molding channel of an extruding machine with meat filling feeding. *J. Food Process Eng.* 2018, 41, e12874.

34. Ostrikov, A.; Ospanov, A.; Shevtsov, A.; Vasilenko, V.; Timurbekova, A. An empirical-mathematical modelling approach to explore the drying kinetics of cereals under variable heat supply using the stitched method. *Acta Agric. Scand. B Soil Plant Sci.* 2021, 71, 762–771.

35. Krupnova, T.G.; Rakova, O.V.; Gavrilkina, S.V.; Antoshkina, E.G.; Baranov, E.O.; Yakimova, O.N. Road dust trace elements contamination, sources, dispersed composition, and human health risk in Chelyabinsk, Russia. *Chemosphere* 2020, 261, 127799.

36. Cesari, D.; De Benedetto, G.E.; Bonasoni, P.; Busetto, M.; Dinoi, A.; Merico, E.; Chirizzi, D.; Cristofanelli, P.; Donato, A.; Grasso, F.M.; et al. Seasonal variability of PM_{2.5} and PM₁₀ composition and sources in an urban background site in Southern Italy. *Sci. Total Environ.* 2018, 612, 202–213.

37. Wada, M.; Kido, H.; Kishikawa, N.; Tou, T.; Tanaka, M.; Tsubokura, I.; Shironita, M.; Matsui, M.; Kuroda, N.; Nakashima, K. Assessment of air pollution in Nagasaki City: Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons and their nitrated derivatives, and some metals. *Environ Pollut.* 2001, 115, 139–147.