

*Государственное бюджетное учреждение
Республики Марий Эл
«Территориальный центр «Маргеомониторинг»*

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ

**Проведение мониторинга состояния атмосферного воздуха
на территории городского округа «Город Йошкар-Ола»**

2023 год

(муниципальный контракт № 126-пр от 18.04.2023 г.)

Руководитель

А. М. Татарников

г. Йошкар-Ола

2023 год

Исполнители:

Отбор проб, химический анализ и обработку результатов произвели:

Начальник отдела МООС _____ Лецева О. М.

Главный специалист _____ Никонова С. И.

Главный специалист _____ Соколова Л. А.

Ведущий специалист _____ Волков А. В.

Отчет составила:

Главный специалист _____ Никонова С. И.

Содержание

Введение	4
1 Физико-географическая характеристика города Йошкар-Ола	6
2 Источники загрязнения атмосферного воздуха города Йошкар-Олы	7
3 Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы города	9
3.1 Характеристика сети наблюдения	10
3.2 Маршрутный пост наблюдения (МП)	10
3.3 Перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю в атмосферном воздухе	11
3.4 Отбор проб	15
3.5 Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха	17
3.6 Характеристика загрязнения атмосферного воздуха по результатам проведенных исследований	19
3.6.1 Оксид углерода (СО, ПДК=5,0 мг/м ³)	20
3.6.2 Диоксид серы (SO ₂ , ПДК=0,5 мг/м ³)	23
3.6.3 Оксиды азота (NO, ПДК=0,4 мг/м ³ ; NO ₂ , ПДК=0,2 мг/м ³)	28
3.6.4 Взвешенные вещества (ПДК=0,5 мг/м ³)	36
3.6.5 Формальдегид (НСНО, ПДКНСНО = 0,05 мг/м ³)	38
4. Выводы	47
Список источников и литературы	51
Приложение А. Карта-схема размещения поста наблюдения	53
Приложение Б. Схема размещения поста наблюдения	54
Приложение В. Акты отбора проб атмосферного воздуха	55
Приложение Г. Протоколы КХА атмосферного воздуха	61
Приложение Д. Сводные таблицы результатов анализов	73
Приложение Е. Метеорологические параметры города Йошкар-Олы	78
Приложение Ж. Список предприятий, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду	84

Введение

Роль атмосферы – в сохранении жизни на Земле. Но атмосферный воздух важен не только потому, что содержит кислород, необходимый для дыхания живых существ на планете.

В воздушной среде постоянно происходят физические и химические процессы. Атмосферный слой сохраняет тепло, является средой распространения звуковых и тепловых волн. Атмосфера защищает планету от космического излучения, поглощая и рассеивая солнечную радиацию. Воздух содержит мельчайшие вещества жидких и твердых веществ – капли, пылинки, кристаллы. В воздушных массах постоянно возникают разрежения, сгущения, колебания плотности. Поэтому 26% прямых солнечных лучей рассеиваются: такая радиация менее опасна для живых организмов.

Атмосфера обеспечивает распространение радиоволн, регулирует температурный баланс на планете. Благодаря атмосферному давлению происходит циркуляция воздушных масс, изменяется климат, выпадают осадки, возникают ураганы, засухи, штормы.

Человечество живет в тропосфере – самом низком слое земной атмосферы, Тропосфера простирается от поверхности Земли в среднем на 12 км. Именно в тропосферу выбрасываются химические соединения, порожденные деятельностью человека (исключение составляют выхлопные газы сверхзвуковых самолетов). Выбросы оксидов азота, летучие органические соединения (ЛОС) и соединения серы подвергаются химическим и физическим преобразованиям, которые приводят к кислотным дождям, образованию вторичных твердых частиц и озона.

Загрязнение тропосферы человеком приводит к природному дисбалансу. Увеличение доли загрязняющих веществ в воздухе, особенно хлорфторуглеродов, вызывает изменение процесса разложения кислорода и синтеза озона в атмосфере. В озоновом слое появляются дыры, опасная солнечная радиация беспрепятственно попадает на поверхность земли и приводит к повреждениям живых организмов.

Промышленные выбросы загрязняют воздушную среду веществами и химическими соединениями, вызывающими заболевания у человека и животных, повреждение листьев растений и разрушение строений.

Основной вклад в загрязнение воздуха вносят стационарные источники загрязнения и автомобильный транспорт. Ежегодно в приземный слой атмосферы выбрасывается 70—80 млн. тонн загрязняющих веществ. По данным Всемирной организации здравоохранения 9 из 10 человек сегодня живёт в регионах, где простое дыхание способно стать причиной проблем со здоровьем из-за высокой концентрации загрязнителей в атмосфере.

Особенно высок уровень загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах России, где расположены предприятия черной и цветной металлургии, нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие комплексы, химическая промышленность.

Масштабы загрязнения атмосферы огромны и превышают естественную способность атмосферы к самоочищению.

Можно не знать химический состав воздуха, но не дышать нельзя. Поэтому чистый воздух – жизненно-важная потребность живого организма.

Человечество обязано прикладывать больше усилий для защиты своей среды обитания от загрязнения.

В России в 2019 году стартовал федеральный проект «Чистый воздух». В него вошли 12 крупных промышленных центров страны: Братск, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Норильск, Омск, Челябинск, Череповец и Чита. Ключевая задача проекта — к 2026 году снизить объем выбросов загрязняющих веществ на 2 млн тонн, это более чем на 20%.

Достичь таких результатов планируется за счет модернизации промышленных предприятий и действующих котельных, перевода отопления в частных домовладениях с угля на более экологичное топливо, запуска общественного транспорта на электричестве и газомоторном топливе. С 1 сентября 2023 года к федеральному проекту «Чистый воздух» подключились еще 29 новых городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения. Для новых участников федерального проекта установлена цель — снижение выбросов опасных загрязняющих веществ вдвое к 2030 году.

Для того чтобы полная информация об объеме и составе выбросов предприятий поступала в Росприроднадзор в онлайн-режиме, в апреле 2023 года президент России Владимир Путин подписал закон об оснащении предприятий системами автоматического контроля выбросов (САКВ) до конца 2025 года.

В регионах России непрерывно ведется мониторинг и контроль за состоянием воздуха. Загрязняющие вещества определяются с использованием стационарных постов и передвижных лабораторий.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха включает следующие основные направления деятельности:

- наблюдения за факторами, воздействующими на окружающую природную среду, и ее состоянием;
- оценка фактического состояния природной среды;
- прогноз состояния природной среды.

Анализ полученной информации позволяет прогнозировать состояние окружающей среды и разрабатывать наиболее эффективные методы защиты природы.

Основанием для проведения работ по ведению мониторинга атмосферного воздуха на территории города Йошкар-Олы на 2023 год является техническое задание, выданное администрацией городского округа «Город Йошкар-Ола» от имени муниципального образования «Город Йошкар-Ола» в лице заместителя мэра города Йошкар-Олы Юркина Дмитрия Алексеевича, действующего на основании доверенности от 01.02.2023 № 025-47/28.

Информационный отчет содержит сведения информационно-аналитического характера и составлен по результатам исследований, проведенных отделом мониторинга объектов окружающей среды ГБУ РМЭ «Маргеомониторинг» в рамках выполнения муниципального контракта № 126-пр от 18.04.2023 года на проведение мониторинга состояния атмосферного воздуха на территории города Йошкар-Олы.

1. Физико-географическая характеристика города Йошкар-Олы

Город Йошкар-Ола – столица Республики Марий Эл (координаты – 56°38' с.ш., 47°52' в.д.). Расположен на территории Марийской низменности, находящейся в восточной части Восточно-Европейской равнины, в 50 км к северу от реки Волги, на ее левом притоке – реке Малая Кокшага, разделяющей город на две части. Площадь города составляет 101,8 км², население на 01.01.2023 года (по данным Маристата) – 672,3 тыс. человек.

Город Йошкар-Ола находится на территории Оршанско-Кокшагской равнины. Перепад высот от 87 до 110 м, уклоны поверхности 0,5-1,5°. Часть города находится в пойме реки Малая Кокшага и на ее террасах, у реки наблюдаются наименьшие высоты. Наибольшие высоты города – в районе микрорайона «Дубки».

Климат в городе умеренно-континентальный, имеет выраженные четыре времени года, с теплым летом и умеренно-холодной зимой.

Основные климатообразующие факторы: солнечная радиация, подстилающая поверхность, циркуляция атмосферы. Солнечная радиация является основным источником энергии природных процессов и явлений

Средняя годовая температура воздуха в городе составляет 3,2°С; средние температуры января -12,4 °С, июля +18,6 °С; зарегистрированы максимальная (+40 °С) и минимальная (-47 °С) температуры.

Территория Республики Марий Эл относится к зоне неустойчивого увлажнения.

На территории города Йошкар-Олы количество осадков составляет около 550 мм в год. Большая часть осадков выпадает в виде дождя. В холодное время года выпадает до 135 мм осадков в виде снега, высота снежного покрова составляет в среднем 35-50 см. Устойчивый снежный покров лежит в среднем 155 дней. Средняя скорость ветра в год достигает 4-5 м/с. Летом преобладают северо-восточные, северные, северо-западные и западные ветры, а зимой – южные, юго-западные и юго-восточные.

Современная Йошкар-Ола - крупный многоотраслевой, промышленный, культурный и научный центр республики, входящий в Волго-Вятский экономический регион Приволжского Федерального округа и являющийся одним из центров культуры финно-угорских народов.

Йошкар-Ола - один из самых озелененных городов России. Существующие особо охраняемые природные территории (Ботанический сад, Сосновая роща, Дубовая роща), а также большой комплекс городских лесов дополняются водоохранными зонами рек, водоемов, лесозащитными полосами вдоль автомобильных и железных дорог.

2. Источники загрязнения атмосферного воздуха города Йошкар-Олы

В соответствии с ГОСТ 17.2.1.01-76 выбросы классифицируются следующим образом:

По агрегатному состоянию вредных веществ	По химическому составу	По размеру веществ
<ul style="list-style-type: none">газообразные;твердые;жидкие.	<ul style="list-style-type: none">сернистый ангидрид;окись углерода;окислы азота(в пересчете на NO_2);фтор и его соединения(в пересчете на фтор-ион);сероуглерод; сероводород;хлор;углеводороды предельные и другие.	<ul style="list-style-type: none">менее $0,5 \cdot 10^{-6} м$;от $0,5 \cdot 10^{-6}$ до $3 \cdot 10^{-6} м$ включ.;от $3 \cdot 10^{-6}$ до $10 \cdot 10^{-6} м$ включ.;от $10 \cdot 10^{-6}$ до $50 \cdot 10^{-6} м$ включ.;от $50 \cdot 10^{-6} м$.

Вещества размером до 1 микрона находятся в воздухе в непрерывном беспорядочном движении; 1-10 микрон - падают с постоянной скоростью; больше 10 микрон - падают с возрастающей скоростью.

Аэрозоли - это взвешенные в воздухе вещества, в основном это полидисперсные системы (вещества разной величины).

Пыль - это аэродисперсная система с малой скоростью осаждения веществ под действием силы притяжения (0,1 - 5 микрон), образующаяся при сжигании топлива и в результате химических реакций.

- по массе вещества:**

- менее 1 кг/ч;
- от 1 до 10 кг/ч включ.;
- от 10 до 100 кг/ч включ.;
- от 100 до 1000 кг/ч включ.;
- от 1000 до 10000 кг/ч включ.;
- от 10000 кг/ч.

- по характеру воздействия на человека:**

- общетоксические (диоксид углерода, свинец, мышьяк, ртуть, бензол, цианиды);
- раздражающие (аммиак, сернистый ангидрид, окислы азота, ацетон);
- сенсibiliзирующие или аллергены, или усиливающие действия других (формальдегид, лаки, растворители);
- канцерогенные, вызывающие образование опухолей (бенз(а)пирен, сажа, оксиды хрома, асбест);
- мутогенные (свинец, марганец, радиационные вещества);
- влияющие на репродуктивную функцию (ртуть, свинец, марганец).

- **по пути проникновения в организм человека:**
 - *проникающие через дыхательные пути* (ингаляция – 80%);
 - *проникающие через желудочно-кишечный тракт* (пищеварительную систему – 5%);
 - *проникающие через кожу и слизистые оболочки* (резорбция – 15%).

Йошкар-Ола – современный административный, промышленный и культурный центр. В городе действуют 959 промышленных организации.

Основные предприятия города Йошкар-Олы, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, представлены в Приложении Ж.

Экологическая ситуация в различных районах города неоднородна и зависит от двух основных факторов: выбросов от стационарных источников загрязнения и от автотранспорта.

К числу отраслей промышленности, вносящих наибольшую долю в загрязнение атмосферного воздуха, отнесены трубопроводный транспорт общего пользования (33% от общего количества выбросов, без учета выбросов автотранспорта), деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность (22%), машиностроение и металлообработка (18%).

Одним из основных загрязнителей атмосферного воздуха в Республике является автомобильный транспорт. Наибольшее количество выбросов здесь приходится на окись углерода (75% общего количества), углеводороды (13%), окислы азота (10%).

Основной проблемой, связанной с загрязнением атмосферного воздуха промышленными предприятиями, является неблагоприятное размещение селитебной зоны Йошкар-Олы по отношению к основному промышленному району. Так, например, южная и центральная части города, где расположены основные предприятия марийской столицы и наблюдается высокая концентрация автотранспорта, характеризуются несколько повышенным уровнем загрязнения атмосферы.

3. Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы города

Атмосфера оказывает интенсивное воздействие не только на человека и биоту, но и на гидросферу, почвенно-растительный покров, геологическую среду, здания, сооружения и другие техногенные объекты. Поэтому охрана атмосферного воздуха и озонового слоя является наиболее приоритетной проблемой экологии и ей уделяется пристальное внимание во всех развитых странах.

Организация наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населенных пунктах осуществляется в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых пунктов».

Наблюдение за уровнем загрязнения атмосферы производится на посту, представляющем собой заранее выбранное для этой цели место (точка местности), на котором размещается павильон или автомобиль, оборудованный соответствующими приборами.

Посты наблюдений за загрязнением атмосферы устанавливаются трех категорий: стационарные, маршрутные и передвижные (подфакельные).

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа. Из числа стационарных постов выделяются опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных измерений содержания основных и наиболее распространенных специфических загрязняющих веществ.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводятся помощью передвижного оборудования.

Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника.

Каждый пост независимо от категории размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке с непылящим покрытием: асфальте, твердом грунте, газоне - таким образом, чтобы были исключены искажения результатов измерений наличием зеленых насаждений, зданий.

Степень загрязнения атмосферы зависит от количества выбросов вредных веществ и их химического состава, от высоты, на которой осуществляются выбросы, и от климатических условий, определяющих перенос, рассеивание и превращение выбрасываемых веществ.

Источники загрязнения атмосферы различаются по мощности выброса (мощные, крупные, мелкие), высоте выброса (низкие, средней высоты и высокие), температуре выходящих газов (нагретые и холодные).

К мощным источникам загрязнения относятся производства типа металлургических и химических заводов, заводов строительных материалов, тепловые электростанции и др.

К мелким источникам загрязнения - небольшие котельные и предприятия местной и пищевой промышленности, трубы печного отопления и т.п. Большое количество мелких источников может значительно загрязнять воздух.

Под низкими источниками понимают такие, в которых выброс осуществляется ниже 50 м, под высокими - выброс выше 50 м.

Нагретыми условно называют источники, у которых температура выбрасываемой газовой смеси выше 50°C; при более низкой температуре выбросы считаются холодными.

В городских условиях к источникам загрязнения окружающего воздуха относятся стационарные, подвижные и площадные источники выбросов.

В выбросах предприятий различных отраслей промышленности и транспорта содержится большое число различных вредных примесей.

Почти из всех источников в атмосферу поступают диоксид серы, взвешенные вещества, оксид углерода, оксиды азота. Много вредных веществ образуется при сжигании топлива.

С целью получения объективной информации о качестве атмосферного воздуха создана система мониторинга.

3.1 Характеристика сети наблюдения

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы в г. Йошкар-Оле регламентированы ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов» и РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» (с изменениями от 16.05.2023).

3.2 Маршрутный пост наблюдения (МП)

В текущем году наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Йошкар-Олы проведены на одном МП - МАУК «ДК им. В. И. Ленина» по адресу: РМЭ, г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, 22-А, район ДК им. В. И. Ленина (территория, ограниченная улицами Машиностроителей, Зарубина, Анциферова, Свердлова) (фото № 1).

Месторасположение маршрутного поста наблюдения представлено на схеме (Приложение А) и карте-схеме (Приложение Б).

Фото № 1



3.3 Перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю в атмосферном воздухе

Вещества, загрязняющие атмосферный воздух, многочисленны, разнообразны и неодинаковы в отношении вредности. Они встречаются в воздухе в различном агрегатном состоянии: в виде твёрдых веществ, пара, капель жидкости, газов.

Повсеместно выбрасываются такие вредные вещества, как взвешенные вещества, диоксид и оксид азота, оксид углерода, которые принято называть основными, а также различные специфические вещества, выбрасываемые различными производствами, предприятиями и цехами.

В обязательном порядке измеряются основные, наиболее часто встречающиеся, загрязняющие воздух вещества: взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота.

Выбор других веществ, требующих контроля, определяется спецификой производства и выбросов в данной местности, частотой превышения ПДК.

В атмосферном воздухе города Йошкар-Олы на данном МП проведено определение содержания следующих загрязняющих веществ: *диоксида азота, оксида азота, оксида углерода, диоксида серы, формальдегида, взвешенных веществ* (Таблица 1).

Таблица 1 - Перечень определяемых загрязняющих веществ и критерии оценки качества атмосферного воздуха населенных мест (в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания)

№ п/п	Наименование вещества	Единица измерения	Формула	Величина ПДК (максимально разовая)	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
1	Азота (IV) диоксид	мг/м ³	NO ₂	0,2	рефл.-рез.	3
2	Азота (II) оксид	мг/м ³	NO	0,4	рефл.	3
3	Углерода оксид	мг/м ³	CO	5,0	рез.	4
4	Серы диоксид	мг/м ³	SO ₂	0,5	рефл.-рез.	3
5	Взвешенные вещества	мг/м ³	-	0,5	рез.	3
6	Формальдегид	мг/м ³	CH ₂ O	0,05	рефл.-рез.	2

Лимитирующий (определяющий) показатель вредности характеризует направленность биологического действия вещества: рефлекторное (рефл.) и резорбтивное (рез.).

Под **рефлекторным действием** понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей (ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.п), возникающая при кратковременном воздействии вредных веществ. Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления **максимальной разовой ПДК (ПДКм.р.)**.

Под **резорбтивным действием** понимают возможность развития общетоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и длительности ее вдыхания. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается **среднесуточная ПДК (ПДКс.с.)**.

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на **четыре класса опасности**. Для каждого класса опасности установлена своя ПДК. Выделяют следующие классы опасности веществ в атмосферном воздухе:

- вещества чрезвычайно опасные (ПДК менее 0,1 мг/м³);
- вещества высокоопасные (ПДК 0,1–1 мг/м³);
- вещества умеренно опасные (ПДК 1,1–10 мг/м³);
- вещества малоопасные (ПДК более 10 мг/м³).

В основу классификации положены показатели, характеризующие различную степень опасности для человека вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в зависимости от токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные эффекты, лимитирующего показателя вредности (СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» (с Изменениями № 1, 2)).

Нормативно-техническое и методическое обеспечение работ по определению концентраций загрязняющих веществ в объектах окружающей среды осуществлялось в соответствии с нормативными документами, приведенными в Таблице 2 и Таблице 3.

Таблица 2 – Нормативно-технические документы

№ п/п	Наименование нормативного документа
1	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» - М., ГК СССР по гидрометеорологии, 1991 (с изменениями от 16.05.2023)
2	РД 52.04.667-2005 «Руководящий документ. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию - М., Росгидромет, 2005
3	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
4	ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ (в редакции 2004)
5	ГОСТ 17.2.6.02-85 Охрана природы. Атмосфера. Газоанализаторы автоматические для контроля загрязнения атмосферы. Общие технические требования (с Изменением №1)
6	ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов (в редакции 2005 г.)
7	ГОСТ Р 50760-95 Анализаторы газов и аэрозолей для контроля атмосферного воздуха. Общие технические условия
8	ГОСТ Р 8.589-2001 ГСИ. Контроль загрязнения окружающей природной среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения (в редакции 2008 г.)
9	Руководство по эксплуатации газоанализатора портативного «ЭКОЛАБ» ЕКМР 413322.001 РЭ

Таблица 3 – Методическое обеспечение работ

Методики выполнения измерений (МВИ)		
№ п/п	Обозначение НД	Наименование НД
1	РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы, ч.1, п.5.2.1.4	МВИ массовой концентрации диоксида азота с сульфаниловой кислотой и α -нафтиламином фотометрическим методом в атмосферном воздухе населенных пунктов
2	РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосфер, ч.1, п.5.2.1.6	МВИ массовой концентрации оксида азота с сульфаниловой кислотой и α -нафтиламином фотометрическим методом в атмосферном воздухе населенных пунктов
3	Руководящий документ РД 52.04.794-2014 (взамен РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы», ч.1, п. 5.2.7.1)	Массовая концентрация диоксида серы в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим формальдегидопарарозанилиновым методом
4	Руководящий документ РД 52.04.824-2015 (взамен РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы», ч.1, п. 5.3.3.6)	Массовая концентрация формальдегида в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим методом с фенилгидразином.
5	Руководящий документ РД 52.04.893-2020 (взамен РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы», ч.1, п. 5.2.6)	Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом
6	Руководство по эксплуатации газоанализатора портативного «ЭКОЛАБ» ЕКМР 413322.001 РЭ	МВИ массовой концентрации оксида углерода и диоксида серы электрохимическим методом в атмосферном воздухе.

Аналитические работы выполнялись в отделе мониторинга объектов окружающей среды ГБУ РМЭ «Маргеомониторинг», соответствующего требованиям ГОСТ ИСО/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Отдел аккредитован в качестве испытательной лаборатории (центра) согласно Федеральному закону от 28.12.2013 № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» в соответствии с областью аккредитации.

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц № РОСС RU.0001.512629. Дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц 13.07.2015

Лицензия на осуществление деятельности в области гидрометеорологии и смежных в ней областях от 26.05.2023 Л039-00117-77/00652881.

Обработка и обобщение полученных результатов исследований атмосферного воздуха производится в отделе мониторинга объектов окружающей среды ГБУ РМЭ «Маргеомониторинг».

3.4 Отбор проб

Отбор проб осуществлялся путем аспирации определенного объема атмосферного воздуха через поглотительный прибор, заполненный жидким сорбентом для улавливания вещества (аспиратор ПУ-4Э) или через аэрозольный фильтр, задерживающий содержащиеся в воздухе вещества (аспиратор ПУ-3Э исп. 1 «12»).

Определяемая примесь из большого объема воздуха концентрировалась в небольшом объеме сорбента или на фильтре.

Параметры отбора проб, такие, как расход воздуха и продолжительность его аспирации через поглотительный прибор, тип поглотительного прибора или фильтра, устанавливались в зависимости от определяемого вещества в соответствии с методическими указаниями.

Замеры метеорологических параметров на маршрутном посту (МП) по адресу: Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, 22 а, район МАУК «ДК им. В. И. Ленина» (территория, ограниченная улицами: Машиностроителей, Зарубина, Анциферова, Свердлова), представлены фото № 2.

Фото № 2



3.5 Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха

Степень загрязнения атмосферного воздуха оценивалась при сравнении фактических концентраций с ПДК.

ПДК - предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений (СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»).

В отчете использовались 5 показателей качества воздуха: **ПДК, СИ, НП, ИЗА, комплексный ИЗА.**

ПДК - концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни.

Для воздуха населенных пунктов установлены два вида ПДК:

- **максимальные разовые** (осредненные за 20 минут отбора);
- **среднесуточные.**

В связи с тем, что кратковременные воздействия не обнаруживаемых по запаху вредных веществ могут вызвать функциональные изменения в организме, были введены значения **максимальных разовых предельно допустимых концентраций (ПДК_{м.р.})**. Концентрации, измеренные за 20 минут, сравниваются с максимальными разовыми ПДК.

С учетом вероятности длительного воздействия вредных веществ на организм человека были введены значения **среднесуточных предельно допустимых концентрации (ПДК_{с.с.})**. Среднесуточные концентрации сравниваются со среднесуточными ПДК.

С учетом значений ПДК рассчитываются другие характеристики.

СИ - стандартный индекс, т.е. наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на ПДК. Он определяется из данных наблюдений на посту за одной примесью, или на всех постах рассматриваемой территории за всеми примесями за месяц или за год.

СИ характеризует степень кратковременного загрязнения.

НП - наибольшая повторяемость (в процентах) превышения максимальной разовой ПДК по данным наблюдений за одной примесью, или на всех постах территории за всеми примесями за месяц или за год.

В соответствии с существующими методами оценки **уровень загрязнения** считается:

<i>низким</i>	<i>при СИ от 0 до 1,</i>	<i>НП 0%;</i>
<i>повышенным</i>	<i>при СИ от 2 до 4,</i>	<i>НП от 1 до 19%;</i>
<i>высоким</i>	<i>при СИ от 5 до 10,</i>	<i>НП от 20 до 49%;</i>
<i>очень высоким</i>	<i>при СИ >10,</i>	<i>НП >50%.</i>

ИЗА - количественная характеристика уровня загрязнения атмосферы отдельной примесью, учитывающая различие в скорости возрастания степени вредности веществ, приведенной к вредности диоксида серы.

Он используется для характеристики вклада отдельных примесей в общий уровень загрязнения.

В соответствии с существующей градацией уровень загрязнения считается:

<i>низким</i>	при <i>КИЗА</i> < 5,
<i>повышенным</i>	при <i>КИЗА</i> от 5 до 6;
<i>высоким</i>	при <i>КИЗА</i> от 7 до 13;
<i>очень высоким</i>	при <i>КИЗА</i> > 14.

Комплексный ИЗА (КИЗА) - количественная характеристика уровня загрязнения атмосферы, создаваемого **n** веществами, присутствующими в атмосфере города.

Для сравнения степени загрязнения атмосферы различных городов (населенных пунктов), различных районов одного города рекомендуется использовать в качестве характеристики уровня загрязнения КИЗА, рассчитанное по определенному количеству ингредиентов, вносящих наибольший вклад в уровень загрязнения атмосферы. Чаще всего рассчитывают КИЗА по пяти приоритетным ингредиентам, так называемое КИЗА пять (КИЗА₅). КИЗА₅ также применяется для оценки временной (многолетней) тенденции изменения состояния загрязнения атмосферы одного города (населенного пункта).

Указанное ранжирование по классам состояния атмосферы выполнено в соответствии с классификацией уровней загрязнения по четырехбальной шкале:

- класс «нормы» соответствует уровню загрязнения воздуха ниже среднего по городам страны;
- класс «риска» равен среднему уровню;
- класс «кризиса» - выше среднего уровня;
- класс «бедствия» - значительно выше среднего уровня.

К числу наиболее распространенных и опасных относятся восемь загрязняющих веществ:

- взвешенные вещества. Они могут переносить другие загрязнители, растворенные в них или адсорбированные на поверхности веществ;
- углеводороды и другие летучие органические соединения;
- угарный газ (СО);
- оксиды азота (N_xO_y);
- оксиды серы, в основном диоксид (SO₂);
- свинец и другие тяжелые металлы;
- озон и другие фотохимические окислители;
- кислоты, в основном серная и азотная.

3.6 Характеристика загрязнения атмосферного воздуха по результатам проведенных исследований

В рамках муниципального контракта в течение 2023 года проведено **шесть** обследований на одном маршрутном посту (МП) МАУК «ДК им. В. И. Ленина», по адресу: Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, д. 22 а, район ДК им. В. И. Ленина (территория, ограниченная улицами Машиностроителей, Зарубина, Анциферова, Свердлова):

- 1-е обследование: 19 апреля;
- 2-е обследование: 15 мая;
- 3-е обследование: 15 июня;
- 4-е обследование: 06 июля;
- 5-е обследование: 17 августа;
- 6-е обследование: 14 сентября.

Отобрано и проанализировано **216** проб (**1** пост, **6** раз в год, по **6** показателям, **3** раза в день (в 7-9 ч., в 13-15 ч., в 19-21 ч.) по **2** пробы каждого ингредиента) атмосферного воздуха, выполнено **72** замера 4-х метеорологических параметров (температура воздуха, влажность, давление, скорость ветра).

Акты отбора проб, протоколы КХА и таблицы результатов анализов атмосферного воздуха представлены в Приложениях В, Г, Д.1 и Д.2.

Метеорологические параметры города Йошкар-Ола за апрель, май, июнь, июль, август и сентябрь 2023 года представлены в Приложении Е. Информация о погодных условиях в контрольный период взята на сайте Gismeteo.

Преобладающие направления ветров за исследуемый период представлены в Таблице 4. Информация о розе ветров в контрольный период взята с электронного ресурса WeatherArchive.ru

Таблица 4 – Распределение направления ветров за исследуемый период 2023 года

<i>Наименование месяца</i>	<i>Направление ветра</i>	<i>Преобладающее направление ветров в месяц, %</i>
апрель	северное	27,5
	северо-восточное	22,9
	юго-западное	14,6
май	северное	19,9
	северо-восточное	18,4
	юго-восточное	17,9
июнь	северное	38,0
	северо-восточное	14,0
	северо-западное	12,0
июль	юго-западное	32,3
	западное	16,9
	южное	12,5
август	северное	25,0
	северо-западное	20,6
	северо-восточное	17,3
сентябрь	северное	20,0
	западное	17,0
	северо-восточное	17,0

3.6.1 Оксид углерода (СО, ПДК=5,0 мг/м³)

Оксид углерода (угарный газ) – бесцветный токсичный газ. Опасность отравлений оксидом углерода обусловлена тем, что токсикант не определяется органолептически, в связи с чем контакт с этим веществом остается до определенного времени незаметным для пострадавшего.

Угарный газ образуется при горении любого вида топлива. Он выделяется при работе теплостанций, электростанций, во время пожаров, курении, горении костра и газовой комфорки, при работе двигателя автомобиля. Крупными источниками угарного газа являются металлургическая промышленность и химическое производство.

Оксид углерода поступает в атмосферный воздух естественным путем и в результате деятельности человека.

Доля СО, образовавшегося при горении лесов, а также попавшего в атмосферу из-за вулканической деятельности, ничтожна (3%) по сравнению с загрязнением атмосферного воздуха промышленным путем.

Оксид углерода антропогенного происхождения образуется на производствах в результате незавершенного горения топлива при недостатке окислителя (кислорода), неудовлетворительном смешении топлива с воздухом, несовершенстве конструкции горелочных устройств.

Основными промышленными источниками загрязнения атмосферного воздуха угарным газом являются:

- трубчатые печи технологических установок, выбросы которых составляют 50% от объема общих выбросов;
- реакторы установок каталитического крекинга;
- выхлопы газовых компрессоров;
- битумные установки и факелы.

В городах загрязнение воздуха оксидом углерода происходит в основном из-за выхлопов автотранспорта (75-97% от всех выбросов оксида углерода в городе).

Угарный газ незаметен глазу и не фиксируется органами обоняния, поэтому смертельно опасен. Оксид углерода связывается с гемоглобином крови с образованием карбоксигемоглобина. Карбоксигемоглобин не способен переносить кислород. Человек ослабевает и теряет ориентацию в пространстве из-за нарушения функций нервной системы. Возрастание доли карбоксигемоглобина в крови человека до 60-70% приводит к смерти.

В журнале The Lancet Planetary Health (Нидерланды) в апреле 2021 года было опубликовано исследование, показавшее, что даже кратковременное воздействие окиси углерода (СО) на человека опасно, а именно увеличение концентрации СО на 1 мг/м³ за предыдущий день связано с увеличением общей ежедневной смертности на 0,91%.

Поэтому так важно жестко контролировать и ограничивать выбросы автотранспорта и промышленности в городах, чтобы максимально снизить концентрацию антропогенного оксида углерода в атмосферном воздухе среды обитания.

Для контроля выбросов в атмосферный воздух угарного газа в городе Йошкар-Оле в рамках муниципального контракта в течение 2023 года отобрано **36** проб атмосферного воздуха на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина».

Средние концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе по месяцам составили:

$C_{CO} = 0,22$ мг/м³ (апрель);

$C_{CO} = 0,30$ мг/м³ (май);

$C_{CO} = 0,03$ мг/м³ (июнь);

$C_{CO} = 0,25$ мг/м³ (июль);

$C_{CO} = 0,28$ мг/м³ (август);

$C_{CO} = 0,19$ мг/м³ (сентябрь).

Динамика изменения средних концентраций оксида углерода (мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2023 год представлена на Графике 1.

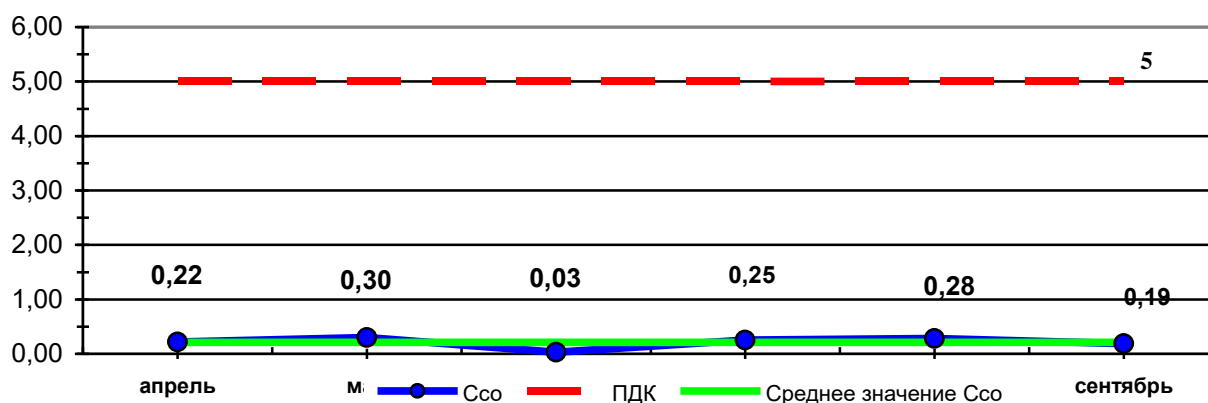


График 1 Динамика изменения средних концентраций оксида углерода в г. Йошкар-Оле за 2023 год

Результаты анализов показали, что максимальный уровень оксида углерода в атмосферном воздухе наблюдался в мае.

В контрольном периоде содержание оксида углерода в среднем изменялось от 0,19 до 0,30 мг/м³ при ПДК = 5,0 мг/м³.

Средняя концентрация оксида углерода за наблюдаемый период на данном посту составила **0,21 мг/м³**.

ИЗА (индекс загрязнения атмосферы) - количественная характеристика уровня загрязнения атмосферы (ЗА) отдельной примесью, учитывающая различие в скорости возрастания степени вредности веществ, приведенной к степени вредности диоксида серы.

Значения индексов загрязнения атмосферы (далее ИЗА) оксидом углерода на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» представлены в Таблице 5 и на Графике 2.

Таблица 5 – Средние значения индексов загрязнения атмосферы оксидом углерода (ИЗА СО)

№ п/п	Название месяца	Значение ИЗА СО
1	апрель	0,038
2	май	0,050
3	июнь	0,004
4	июль	0,042
5	август	0,047
6	сентябрь	0,032

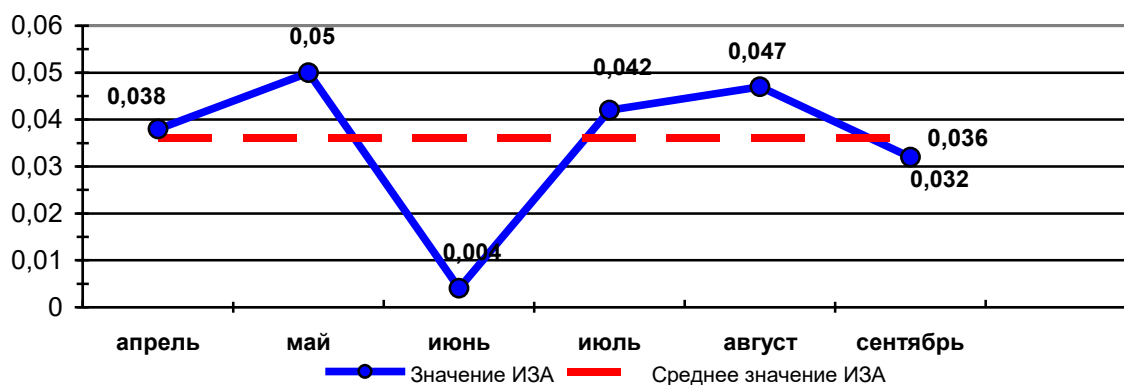


График 2 Динамика изменения ИЗА оксидом углерода по месяцам на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2023 год

Величина индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) находится в прямой зависимости от концентрации определяемого вещества (СО). Наибольшее значение ИЗА оксидом углерода (0,05), как и повышенная концентрация оксида углерода ($C_{CO} = 0,30 \text{ мг/м}^3$), наблюдалось в мае, наименьшее – в июне (0,004). Среднее значение ИЗА за определяемый период составило **0,036**.

Концентрации оксида углерода в течение периода наблюдений не превышали естественного содержания в атмосферном воздухе.

ВЫВОД (оксид углерода (II), СО)

Самый крупный источник оксида углерода в городах – автотранспорт. Окись углерода – токсичное вещество, вызывающее удушье, головную боль и ухудшение самочувствия при очень малых концентрациях (менее 0,1%). Кратковременное повышение концентрации СО (угарного газа) до 0,3% уже вызывает потерю сознания и паралич, а если человек будет дышать таким воздухом более 15-20 минут или 2-3 минуты при концентрации выше 1%, практически неизбежен летальный исход или необратимые изменения в головном мозге.

Допустимое содержание оксида углерода в атмосферном воздухе города:

- максимальная разовая концентрация ПДК (за 20 минут) – 5 мг/м³;
- среднесуточная ПДК – 3 мг/м³;
- уровень загрязнения «низкий».

Сравнительная характеристика содержания оксида углерода на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019, 2020, 2021, 2022 и 2023 годы представлена на Графике 3.

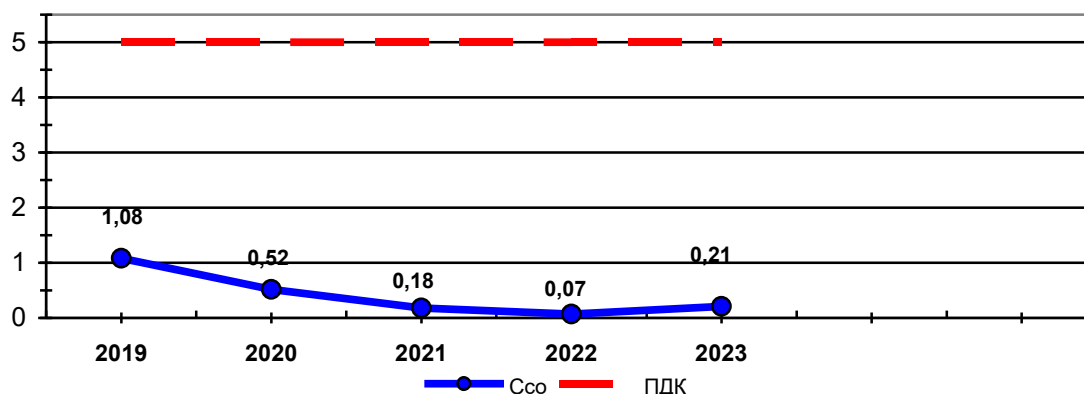


График 3 Средние концентрации оксида углерода в мг/м³ (ПДК_{со}=5 мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019-2023 годы.

По сравнению с 2022 годом, концентрация оксида углерода в атмосферном воздухе в 2023 году увеличилась в 3 раза и составила **0,21 мг/м³**. Самое низкое содержание оксида углерода на контролируемом маршрутном посту наблюдалось в 2021 году.

В течение пяти лет содержание оксида углерода в г. Йошкар-Оле наблюдалось на уровне 0,014-0,22 ПДК. Предельно допустимая концентрация оксида углерода в атмосферном воздухе для населенных мест составляет 5 мг/м³.

3.6.2 Диоксид серы (SO₂, ПДК=0,5 мг/м³)

Диоксид серы - это бесцветный газ с острым, раздражающим запахом и вкусом. Вступает в каталитические или фотохимические реакции с другими загрязняющими веществами с образованием SO₃, серной кислоты и сульфатов.

Крупнейшими **природными источниками** диоксида серы в атмосфере выступают вулканы. Обширного количества диоксида серы, выпущенного во время одного вулканического извержения, может быть достаточно, чтобы изменить глобальный климат.

Точно так же диоксид серы в атмосферу выделяют горячие источники. Диоксид серы может даже продуцироваться путем реакции сероводорода с кислородом в воздухе. Сероводород высвобождается из болот и природных зон, в которых происходит биологический распад органических соединений.

Сжигание ископаемых видов топлива, таких как уголь, нефть и природный газ, является основным **антропогенным источником** выбросов диоксида серы. Электростанции, работающие на угле, в частности, являются основным источником диоксида серы, при этом на сжигание угля приходится 50% годовых выбросов, как поясняет интернет-служба мониторинга выбросов в тропосфере (TEMIS).

Кроме того, еще 25-30 процентов приходится на сжигание нефти. Выбросы диоксида серы образуются главным образом в результате выработки электроэнергии электростанциями, работающими на ископаемом топливе. Более мелкие источники диоксида серы – это различные промышленные процессы, к примеру, сжигание топлива с высоким содержанием серы локомотивами, крупными судами и железнодорожной техникой.

К основным источникам выбросов диоксида серы относятся:

- дымовые трубы печей (56,9%);
- факельные стояки (19,9%);
- регенераторы установок каталитического крекинга (18,2%).

К более мелким источникам выбросов SO₂ относятся:

- промышленное извлечение металла из руды;
- локомотивы, корабли и другие транспортные средства и тяжелое оборудование, которые сжигают топливо с высоким содержанием серы.

Наиболее распространенным воздействием диоксида серы является образование кислотных дождей. Выбросы диоксида серы в сочетании с водяным паром в атмосфере образуют серную кислоту, которая падает на землю как кислотный дождь. Кислотный дождь способен подкислить реки и озера, уничтожить водную жизнь, повредить леса и сельскохозяйственные культуры.

Кроме того, диоксид серы взаимодействует с другими соединениями в атмосфере с образованием мелких веществ. Высокий процент содержания в воздухе оксидов серы из-за использования угля и прочих типов топлива при обогреве жилья, работе ТЭЦ и при наличии определенных климатических факторов ведёт к образованию **смога** - смеси дыма, тумана и некоторых загрязняющих веществ, ухудшающего видимость и поражающего органы дыхания людей.

В России смог обычно возникает при сочетании четырех факторов: жары, яркого солнца, отсутствия ветра, автомобильных пробок / лесных пожаров. Именно безветренная погода способствует скоплению вредных веществ в определенной местности. Также причиной может быть так называемая **температурная инверсия** — климатическая аномалия, при которой теплый воздух не может подняться из-за давления сверху холодных воздушных масс. Именно поэтому и загрязнители не могут покинуть место, где образовались.

Загрязнение в форме диоксида серы может оказывать вредное влияние на здоровье человека. Это и проблемы с дыханием, особенно при астме, когда даже краткосрочное воздействие может привести к сдавленности в груди, возникновению кашля и хрипов. Продолжающееся воздействие диоксида серы приводит к ослаблению защиты легких и обострению существующих сердечно-сосудистых заболеваний.

В рамках муниципального контракта в течение 2023 года отобрано **36** проб на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» на определение диоксида серы.

Средние концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе по месяцам составили:

- $C_{SO_2} = 0,0115$ мг/м³ (апрель);
- $C_{SO_2} = 0,0070$ мг/м³ (май);
- $C_{SO_2} = 0,0076$ мг/м³ (июнь);
- $C_{SO_2} = 0,0158$ мг/м³ (июль);
- $C_{SO_2} = 0,0169$ мг/м³ (август);
- $C_{SO_2} = 0,0105$ мг/м³ (сентябрь).

Динамика изменения средних концентраций диоксида серы в мг/м³ (SO_2 ПДК=0,5 мг/м³) в г. Йошкар-Ола за 2023 год представлена на Графике 4.

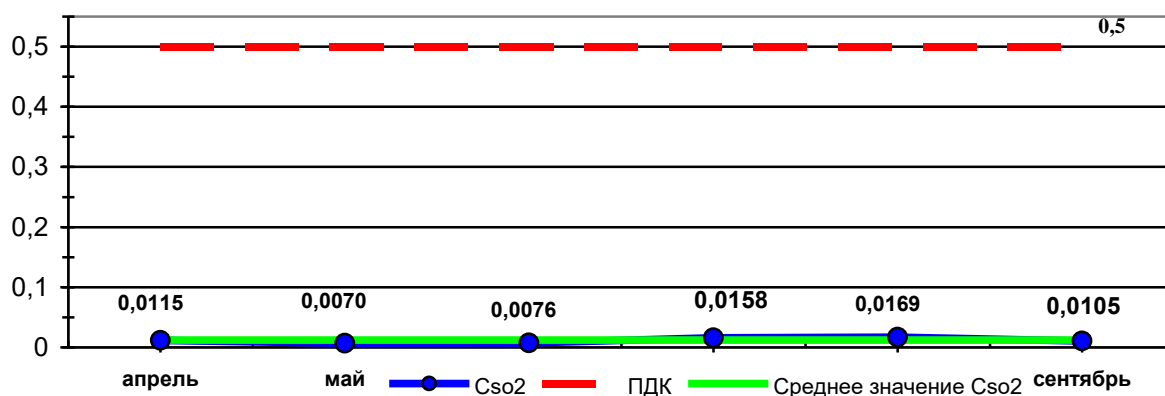


График 4 Динамика изменения средних концентраций диоксида серы в мг/м³ (SO_2 ПДК=0,5 мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2023 год

Средняя концентрация диоксида серы за весь период наблюдений 2023 года в атмосферном воздухе составила **0,012 мг/м³ (0,024 ПДК)**.

Заметно повышение концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе к середине лета. Если в мае на маршрутном посту концентрация SO_2 составляла **0,0070 мг/м³**, то в июле значение диоксида серы выросло в 2,3 раза (до **0,0158 мг/м³**), а в августе концентрация SO_2 достигла максимального значения за весь контролируемый период - **0,0169 мг/м³**. К сентябрю значения диоксида серы упали до апрельских показателей.

Значения индексов загрязнения атмосферы диоксидом серы на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» представлены в Таблице 6 и на Графике 5.

Таблица 6 – Значения индексов загрязнения атмосферы диоксидом серы (ИЗА SO₂)

№ п/п	Название месяца	Значение ИЗА SO ₂
1	апрель	0,023
2	май	0,014
3	июнь	0,015
4	июль	0,032
5	август	0,034
6	сентябрь	0,021

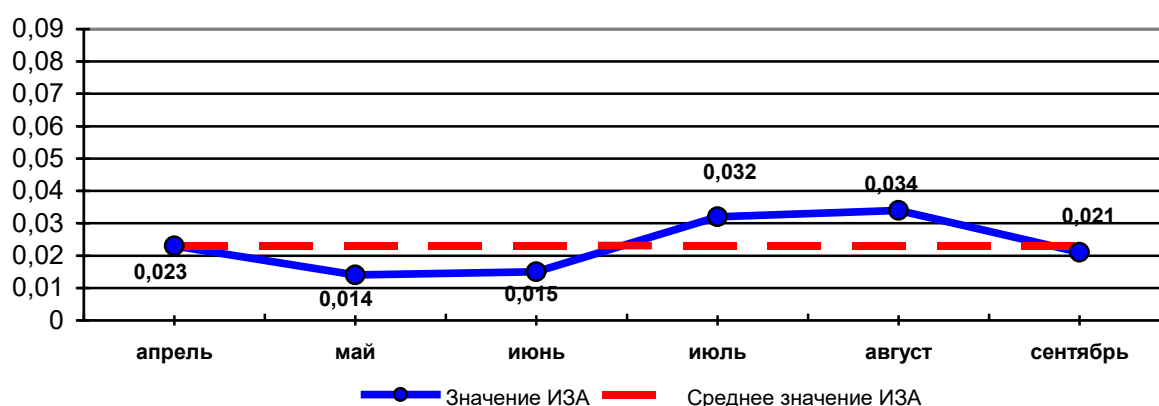


График 5 Динамика изменения ИЗА диоксидом серы по месяцам на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2023 год

В июле и августе средние значения ИЗА диоксидом серы возросли по сравнению с результатами весенних обследований на контролируемом маршрутном посту. Максимальное значение индекса загрязнения атмосферы диоксидом серы отмечено в августе (ИЗА=0,034). В сентябре ИЗА диоксидом серы снизился до значений, полученных в апреле, и составил 0,023.

Среднее значение ИЗА диоксидом серы за период наблюдений 2023 года составило **0,023**.

ВЫВОД (диоксид серы, SO₂)

Диоксид серы оказывает ряд вредных воздействий на легкие:

1. Хрипение, одышка и стеснение в груди и другие проблемы, особенно во время упражнений или физической активности. Дыхание через рот и быстрое дыхание во время упражнений помогает SO₂ достичь нижних дыхательных путей.
2. Долгосрочное воздействие оксида серы на здоровье человека увеличивает частоту респираторных заболеваний и снижает работоспособность легких.
3. Короткие воздействия высоких концентраций SO₂ в воздухе могут затруднить дыхание людей с астмой во время пребывания больных на открытом воздухе.
4. Повышенный риск для детей, пожилых людей и людей с хроническими заболеваниями.

Допустимое содержание диоксида серы в атмосферном воздухе города:

- максимальная разовая концентрация ПДК (за 20 мин отбора) – 0,5 мг/м³;
- среднесуточная ПДК – 0,05 мг/м³;
- СИ (стандартный индекс) SO₂ = 0;
- НП (наибольшая повторяемость) = 0%;
- уровень загрязнения «низкий».

Сравнительная характеристика содержания диоксида серы на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019, 2020, 2021, 2022 и 2023 годы представлена на Графике 6.

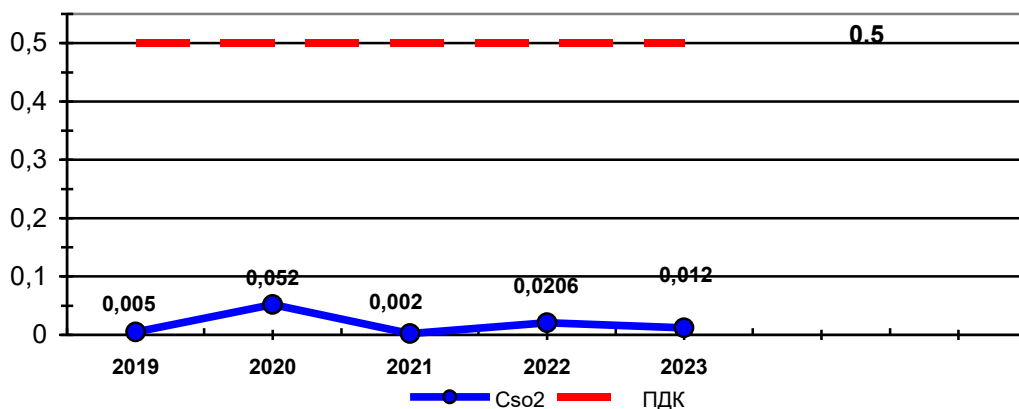


График 6 Средние концентрации диоксида серы (SO₂) (ПДК=0,5 мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019-2023 годы.

В 2023 году концентрация диоксида серы в атмосферном воздухе на данном маршрутном посту города Йошкар-Олы уменьшилась по сравнению с 2022 годом и составила **0,012 мг/м³**.

Выявленные концентрации значительно ниже ПДК и соответствуют гигиеническим нормативам в атмосферном воздухе для населенных мест.

3.6.3 Оксиды азота (NO, ПДК=0,4 мг/м³; NO₂, ПДК=0,2 мг/м³)

Оксид азота (NO) и диоксид азота (NO₂) - это два токсичных газа, молекулы которых состоят из атомов азота и кислорода.

Оксиды азота (NO_x) образуются в процессе горения топлива, в результате химической реакции азота (из топлива и воздуха) с кислородом. При горении топлива и образовании оксидов азота более 90% процентов приходится на оксид азота NO. **Оксид азота** - бесцветный легко воспламеняющийся газ с легким запахом. Монооксид азота токсичен, при вдыхании негативно воздействует на дыхательные пути.

В остальных 10% выбросов оксидов азота основную часть занимает диоксид азота NO₂, который также токсичен, имеет резкий запах, и вызывает при больших концентрациях раздражение дыхательных путей.

Диоксид азота - это насыщенный красно-оранжевый ядовитый газ. В холодной среде не имеет цвета. Не горюч, но способствует возгоранию других веществ. Его высокая концентрация в воздухе может стать причиной взрыва. Обладает высокой химической активностью. Взаимодействует с неметаллами, являясь окислителем. Контакт с водой, превращается в азотную кислоту. Со щелочной средой образует нитраты и нитриты.

Источники оксидов азота

По оценкам ученых, природа ежегодно производит на Земле от 20 до 90 миллионов тонн оксидов азота. Природные источники включают вулканы, океаны, биологический распад и удары молний.

Деятельность человека ежегодно добавляет в нашу атмосферу еще 24 миллиона тонн оксидов азота.

Как NO, так и NO₂ образуются при высокотемпературном горении в атмосфере, когда кислород соединяется с азотом. **Выхлопные газы легковых и грузовых автомобилей являются основными источниками оксидов азота, как и выбросы электростанций.** В автомобильных выхлопных газах содержится больше NO, чем NO₂, но как только NO попадает в атмосферу, он быстро соединяется с кислородом воздуха, образуя NO₂.

Оксиды азота, по крайней мере частично, ответственны за несколько видов загрязнения воздуха. Диоксид азота придает свой цвет красновато-коричневой дымке, которую мы называем смогом. Фотодиссоциация диоксида азота солнечным светом приводит к образованию оксида азота и озона в тропосфере, которые являются еще одним компонентом смога. Серия химических реакций превращает летучие органические соединения (ЛОС) в вещества, которые в сочетании с диоксидом азота образуют ПАН (пероксиацетилнитрат), еще один элемент смога. Диоксид азота в воздухе также вступает в реакцию с водяным паром с образованием азотной кислоты, одного из видов кислоты при кислотных дождях.

Концентрация диоксида азота в незагрязненном воздухе составляет около 10 частей на миллиард. В смоге концентрация повышается в двадцать раз и составляет примерно 200 частей на миллион.

Вблизи ТЭЦ непосредственно «под трубой» фиксируются высокие концентрации монооксида азота NO, а по мере удаления от источника выброса все большее количество NO превращается в NO₂.

Вдыхание ядовитых паров диоксида азота может привести к серьезному отравлению. Диоксид азота вызывает сенсорные, функциональные и патологические эффекты. Монооксид азота не раздражает дыхательные пути, и поэтому человек может его не почувствовать. При вдыхании NO, как и CO, связывается с гемоглобином. В крови образуется нестойкое нитрозосоединение, которое быстро переходит в метгемоглобин, препятствующий процессу переноса кислорода в крови. Концентрация метгемоглобина в крови 60–70 % считается летальной.

Источниками оксидов азота являются азот воздуха и азотсодержащие компоненты органической массы топлива.

Из азота воздуха образуются:

- **термические** NO_x (механизм Зельдовича);
- **быстрые** NO_x (механизм Фенимора).

Из связанного с органической массой азота топлива (угля, мазута) образуются **топливные** NO_x.

Доля топливных NO_x велика при сжигании мазута и особенно всех видов твердого топлива (торфа, сланцев, бурых и каменных углей). При сжигании природного газа топливные NO_x не образуются, так как природный газ, за редким исключением, не содержит связанного азота).

Оксиды азота пагубно воздействуют на здоровье человека, животных и растений.

Опасность для человека:

- образование внутри человека (на слизистых) азотной и азотистой кислот, разъедающих альвеолы легких;
- провоцирует отёк легких;
- вызывает осложнения у больных эмфиземой, астмой, сердечно-сосудистыми заболеваниями);
- вызывает сенсорные эффекты (притупляет обоняние, снижает ночное зрение);
- функциональные (увеличивает усилия человека, затрачиваемые на дыхание);
- патологический эффекты (повышает восприимчивость к патогенам, вызывающим болезни верхних дыхательных путей; способствует бронхитам, катару, пневмонии).

Существует несколько клинических вариантов течения поражения нитрогазами:

- асфиксический вариант соответствует молниеносному течению поражений сильными раздражающими агентами вследствие рефлекторного апноэ или химического ожога легкого;
- обратимый тип проявляется «**нитритной триадой**»: преходящими общемозговыми расстройствами, артериальной гипотензией и метгемоглобинемией.

Растения в отличие от человека более устойчивы к воздействию диоксида азота: NO_2 восстанавливается в хлоропластах и в качестве NH_2 - группы входит в аминокислоты. Опасность повреждения растительности диоксидом азота существует только в больших городах и промышленных районах, где средняя концентрация NO_2 составляет 0,2–0,3 мг/м³.

Опасность для растений

- от прямого воздействия кислотных дождей происходит разрушение клеточных мембран, некроз тканей, разрушение хлорофилла;
- растворение оксидов азота в межклеточной и внутриклеточной жидкости приводит к обесцвечиванию листьев, увяданию цветков, прекращению плодоношения и роста.

Разрушительное действие NO_2 на живые организмы усиливается в присутствии диоксида серы. Эти газы обладают синергизмом, и в атмосфере зачастую присутствуют вместе.

На тепловых электростанциях России работают в основном котельные установки, проектирование и сооружение которых происходило десятилетия назад. В то время основной задачей создателей и эксплуатационного персонала считалось обеспечение эффективного сжигания топлива: высокий КПД, низкие потери, долгосрочная безаварийная работа.

В настоящее время проблема загрязняющих газообразных выбросов оксидов азота решается двумя способами:

1. Снижение концентрации токсичных газов в процессе сжигания. Решение данной задачи связано с обеспечением необходимых параметров процесса сгорания в отношении «время — температура — состав газа». Для обеспечения данных условий применяется топливо высокого качества и тонкая регулировка системы подачи топлива до достижения необходимой концентрации оксидов азота в отработавших газах.
2. Очистка отходящих газов от оксидов азота. Когда невозможно полностью уменьшить выброс загрязняющих веществ во время сжигания топлива, отходящие газы дополнительно очищаются.

Также для снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха оксидами азота антропогенного происхождения следует снижать в энергетике доли «грязного» топлива – угля, шире используя относительно чистые виды топлива – нефть и газ.

3.6.3.1 Диоксид азота (NO₂)

В рамках муниципального контракта в течение 2023 года на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» отобрано **36** проб на определение диоксида азота.

Средние концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе по месяцам составили:

$C_{NO_2} = 0,039$ мг/м³ (апрель);

$C_{NO_2} = 0,081$ мг/м³ (май);

$C_{NO_2} = 0,040$ мг/м³ (июнь);

$C_{NO_2} = 0,052$ мг/м³ (июль);

$C_{NO_2} = 0,062$ мг/м³ (август);

$C_{NO_2} = 0,059$ мг/м³ (сентябрь).

Динамика изменения средних концентраций диоксида азота в мг/м³ (NO₂ ПДК=0,2 мг/м³) в г. Йошкар-Ола за 2023 год представлена на Графике 7.

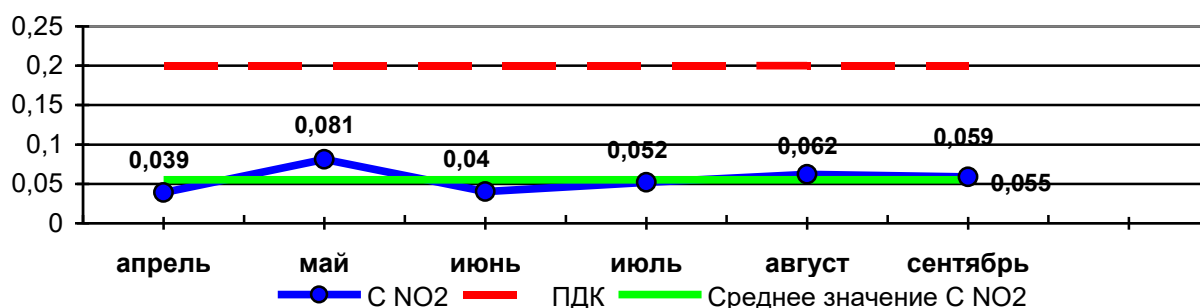


График 7 Динамика изменения средних концентраций диоксида азота в мг/м³ (ПДК_{NO₂}=0,2 мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» в 2023 году

С июня по сентябрь 2023 года средние концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе города находились примерно на одном уровне и соответствовали гигиеническим нормативам в атмосферном воздухе для населенных мест. В мае 2023 года на маршрутном посту зафиксировано резкое увеличение содержания диоксида азота до 0,081 мг/м³ по сравнению с другими месяцами в контролируемый период, но даже в этом случае зафиксированная концентрация NO₂ была меньше ПДК.

Средняя концентрация диоксида азота в 2023 году составила **0,055** мг/м³ (0,28 ПДК).

Значения индексов загрязнения атмосферы диоксидом азота на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» представлены в Таблице 7 и на Графике 8.

Таблица 7 Средние значения индексов загрязнения атмосферы диоксидом азота (ИЗА NO₂)

№ п/п	Название месяца	Значение ИЗА NO ₂
1	апрель	0,197
2	май	0,405
3	июнь	0,200
4	июль	0,258
5	август	0,303
6	сентябрь	0,294

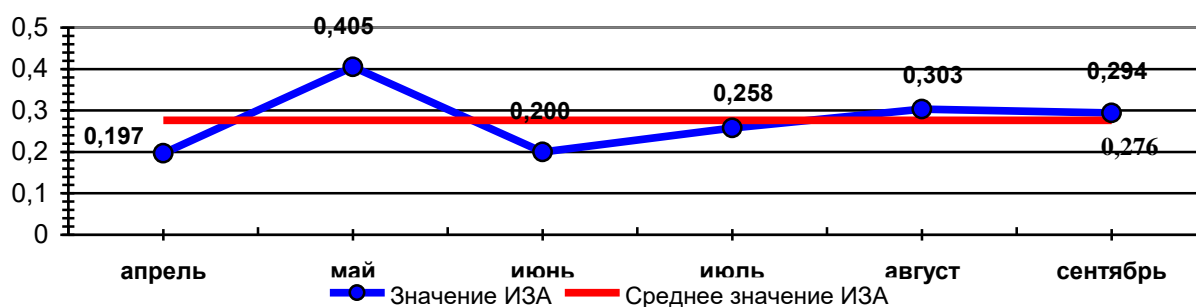


График 8 Динамика изменения ИЗА диоксидом азота по месяцам на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2023 год

Наименьшее значение ИЗА диоксидом азота, как и его концентрация, выявлено в апреле, наибольшее – в мае.

Среднее значение ИЗА диоксидом азота составило **0,276**.

ВЫВОД (диоксид азота, NO₂)

NO₂ — высокотоксичное вещество, оказывающее негативное воздействие на человека. В основном подвергаются опасности органы дыхательной системы, начиная от легкого раздражения слизистых и заканчивая отеком легких. Также происходит изменение состава крови, уменьшается содержание гемоглобина.

При вдыхании большей концентрации газа в концентрации более 2 мг/м³ в течение 10-ти минут ослабляется обоняние, и запах становится неощутим. Появляется сухость в горле и раздражается слизистая. Отравление диоксидом азота на первых этапах незаметно и замечается позднее, когда газ уже попал в организм в значительном количестве. Человек чувствует головокружение, головную боль, слабость, даже галлюцинации и нарушение речи. Возникают спазмы мышц, судороги, кашель, сдавленность в грудной клетке.

Вдыхание диоксида азота в очень высоких концентрациях (более 150 мг/м³) приводит к быстрому развитию «нитритного» шока, часто заканчивающегося гибелью пострадавших. В основе «нитритного» шока лежит массивное образование в крови метгемоглобина и химический ожог легких.

При длительном воздействии диоксида азота на организм развиваются хронические заболевания: бронхит, трахеит, изменение слизистой оболочки десен, перфорация носовой перегородки. Взаимодействие азотистой кислоты и влаги в дыхательных путях приводит к угнетению центральной нервной системы, снижению артериального давления, гемолизу, образованию метгемоглобина, отеку легких.

Допустимое содержание диоксида азота в атмосферном воздухе города:

- максимальная разовая концентрация ПДК (за 20 мин.) - 0,2 мг/м³;
- среднесуточная ПДК - 0,04 мг/м³;
- уровень загрязнения «низкий».

Сравнительная характеристика концентраций диоксида азота на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019, 2020, 2021, 2022 и 2023 годы представлена на Графике 9.

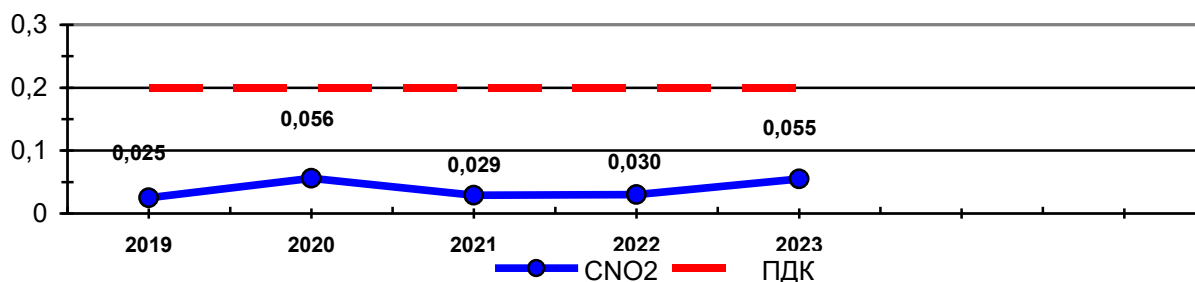


График 9 Средние концентрации диоксида азота в мг/м³ (ПДК NO₂=0,2 мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019 – 2023 годы.

Из графика видно, что содержание диоксида азота в 2023 году по сравнению с 2022 годом возросло в 1,8 раза. Превышений ПДК не наблюдалось.

3.6.3.2 Оксид азота (NO)

В рамках муниципального контракта в течение 2023 года отобрано 36 проб на маршрутном посту МАУК «ДК им. В. И. Ленина» на определение оксида азота.

Средние концентрации оксида азота в атмосферном воздухе по месяцам составили:

- С_{NO} = 0,0235 мг/м³ (апрель);
- С_{NO} = 0,0437 мг/м³ (май);
- С_{NO} = 0,0158 мг/м³ (июнь);
- С_{NO} = 0,0243 мг/м³ (июль);
- С_{NO} = 0,0300 мг/м³ (август);
- С_{NO} = 0,0515 мг/м³ (сентябрь).

Динамика изменения средних концентраций оксида азота в $\text{мг}/\text{м}^3$ (NO ПДК=0,4 $\text{мг}/\text{м}^3$) в г. Йошкар-Ола за 2023 год представлена на Графике 10.

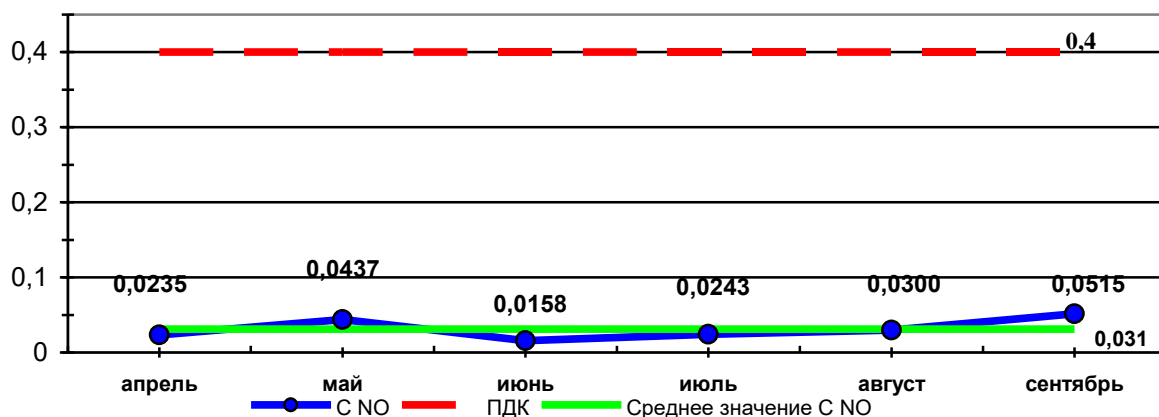


График 10 Динамика изменения средних концентраций оксида азота в $\text{мг}/\text{м}^3$ (ПДК NO =0,4 $\text{мг}/\text{м}^3$) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» в 2023 году

В период с апреля по сентябрь 2023 года обнаруженные концентрации оксида азота изменялись от 0,0158 $\text{мг}/\text{м}^3$ до 0,0515 $\text{мг}/\text{м}^3$, превышения ПДК не выявлено.

Средняя концентрация оксида азота за период наблюдений 2023 года в атмосферном воздухе на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» составила **0,031 $\text{мг}/\text{м}^3$** , что соответствует гигиеническим нормативам в атмосферном воздухе для населенных мест.

Значения индексов загрязнения атмосферы оксидом азота на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» представлены в Таблице 8 и на Графике 11.

Таблица 8— Средние значения индексов загрязнения атмосферы оксидом азота (ИЗА NO)

№ п/п	Название месяца	Значение ИЗА NO
1	апрель	0,059
2	май	0,109
3	июнь	0,040
4	июль	0,061
5	август	0,075
6	сентябрь	0,129

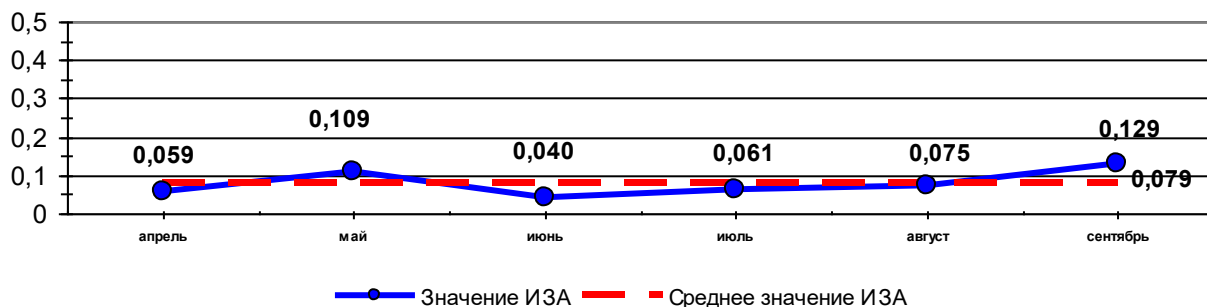


График 11 Динамика изменения ИЗА оксидом азота по месяцам на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2023 год

Наибольшие значения ИЗА оксидом азота, как и наибольшие концентрации, наблюдались в мае (0,109) и сентябре (0,129). Среднее значение ИЗА оксидом азота составило **0,079**.

ВЫВОД (оксид азота, NO)

При вдыхании монооксида азота происходит образование нитрозилгемоглобина с последующим превращением его в метгемоглобин.

Количество образовавшегося метгемоглобина при ингаляции оксидов азота в концентрациях до 0,15 г/м³ невелико и не играет существенной роли в проявлении токсических эффектов. При более высоких концентрациях роль метгемоглобинообразования в механизме развития патологии возрастает.

Имеется четкая зависимость между тяжестью поражения и продолжительностью контакта с токсикантом.

Допустимое содержание оксида азота в атмосферном воздухе города:

- максимальная разовая концентрация ПДК (за 20 мин) – 0,4 мг/м³;
- среднесуточная ПДК – 0,06 мг/м³;
- уровень загрязнения «низкий».

Сравнительная характеристика концентраций оксида азота на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019, 2020, 2021, 2022 и 2023 годы представлена на Графике 12.

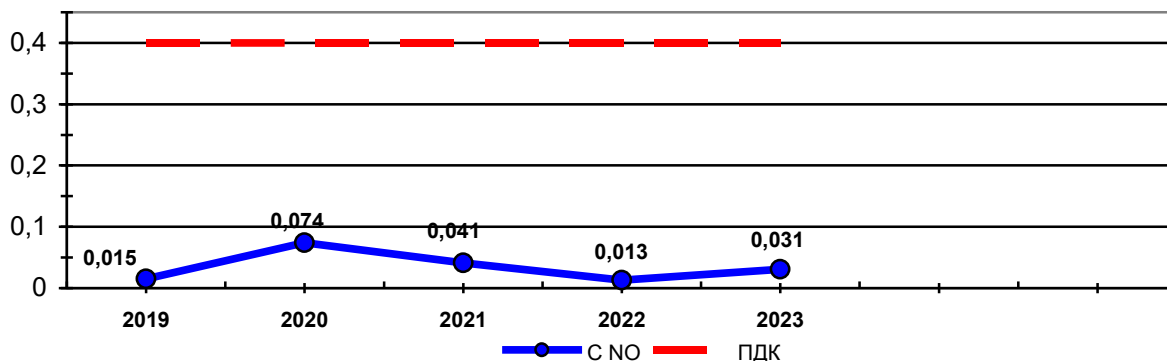


График 12 Средние концентрации оксида азота в мг/м³ (ПДК NO=0,4 мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019-2023 годы.

Из графика видно, что содержание оксида азота в 2023 году повысилось **в 2,3 раза** по сравнению с предыдущим годом, и установилась на уровне 2021 года. Но содержание оксида азота в 2023 году соответствовало гигиеническим нормативам в атмосферном воздухе для населенных мест.

3.6.4 Взвешенные вещества, ПДК=0,5 мг/м³

Взвешенные частицы - широко распространенный загрязнитель атмосферного воздуха, включающий смесь твердых и жидких веществ, находящихся в воздухе во взвешенном состоянии. Для обозначения взвешенных частиц в сокращенном виде используются две аббревиатуры ВЧ или РМ – производное от английского словосочетания «Particulate Matter».

Видимая буроватая дымка или смог, окутывающая города, это и есть загрязнение атмосферы взвешенными веществами. В состав фотохимического смога наряду с оксидами азота, летучими органическими соединениями (ЛОС) входят частицы пыли **PM2.5** и **PM10**. В эту группу входят капельки жидкости, мелкие частицы золы, пыли и других веществ. Так как они обладают малым весом, они не оседают на поверхностях, а остаются в воздухе.

Благоприятные условия для образования фотохимического смога созданы в большинстве крупных городов с высоким автомобильным трафиком.

Другие крупные источники загрязнения атмосферы взвешенными частицами:

- твердые виды топлива (уголь, бурый уголь, тяжелая нефть и биомасса), сжигаемые для выработки энергии в бытовом секторе и в промышленности;
- строительство;
- добыча полезных ископаемых;
- производство цемента, керамики и кирпича;
- плавильное производство;
- эрозия дорожного покрытия вследствие движения автотранспорта и истирания тормозных колодок и шин;
- основным источником аммиака является сельское хозяйство.

По типу происхождения взвешенных частиц в атмосферном воздухе различают **первичные** и **вторичные частицы**.

Первичные частицы непосредственно выбрасываются в атмосферный воздух.

Вторичные частицы образуются в атмосфере из таких газообразных прекурсоров, как двуокись серы, окислы азота, аммиак и неметановые летучие органические соединения.

Вторичные частицы образуются в воздухе в результате химических реакций газообразных загрязняющих веществ. Они являются продуктом происходящей в атмосфере трансформации окислов азота, которые выбрасываются главным образом автомобильным транспортом и при некоторых промышленных процессах, и двуокиси серы, образующейся в результате сжигания содержащего серу топлива. Вторичные частицы в основном содержатся в мелкодисперсной пыли.

К наиболее распространенным химическим компонентам пыли относятся:

- сульфаты, нитраты, аммиак;
- неорганические ионы (ионы натрия, калия, кальция, магния и хлорид-ионы);
- органический и элементарный углерод;
- минералы земной коры;
- связанная веществами вода;
- металлы (в том числе ванадий, кадмий, медь, никель и цинк);
- полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- биологические компоненты (аллергены и микроорганизмы).

Опасность взвешенных веществ в атмосферном воздухе для здоровья человека

Негативное влияние взвешенных частиц на человеческое тело в основном зависит от их размеров и концентрации в воздухе.

Наиболее опасны для человека взвешенные частицы диаметром:

- менее 10 мкм (PM10);
- менее 2.5 мкм (PM2.5).

Частицы PM10 более крупные и тяжелые. Примером оседания веществ PM10 зимой является загрязненный снег, обрамляющий автомагистрали с плотным движением. Защитные волоски на органах дыхания задерживают вещества PM10.

Частицы PM2.5 - это мелкодисперсные взвешенные вещества. В данную категорию также входят ультра-мелкодисперсные вещества диаметром менее 0.1 мкм. Вредоносные PM2.5 легко преодолевают природные защитные барьеры организма, проникают в легкие и кровь, постепенно накапливаясь и способствуя развитию пневмонии, инсульта, рака легких.

Мелкие и легкие вещества PM 2.5 длительное время находятся во взвешенном состоянии и практически не оседают, и вследствие этого вещества переносятся по воздуху на большие расстояния. Именно они представляют наибольший риск для здоровья человека, так как проникают в легкие и оказывают негативное воздействие на жизненно важные внутренние органы человека.

Взвешенные вещества, способные некоторое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии, называются *аэрозоль*, в отличие от осевших взвешенных веществ, называемых *аэрогель*.

В настоящее время считается, что негативное воздействие на здоровье человека объясняется действием многих компонентов пыли, связанных с черным углеродом, например, органических веществ, таких как полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые известны своими канцерогенными и прямыми токсическими эффектами на клетки, а также действием металлов и неорганических солей.

Химически чёрный углерод является компонентом мелкодисперсных твердых веществ. Чёрный углерод состоит из чистого углерода в нескольких связанных формах. Он образуется в результате неполного сгорания ископаемого топлива, биотоплива и биомассы и является одним из основных типов веществ как в антропогенной, так и в природной саже. Чёрный углерод вызывает человеческую заболеваемость и преждевременную смертность.

Недавно Международное агентство по изучению рака классифицировало выхлопные газы дизельных двигателей (состоящие главным образом из твердых веществ) как канцерогенные для человека. В этот же список входят некоторые ПАУ и родственные им вещества, а также продукты сгорания твердых видов топлива в бытовом секторе.

Загрязнение воздуха взвешенными частицами – проблема глобальная. Маленькие частицы могут быть транспортированы на большие расстояния в атмосфере. Таким образом, эти частицы способствуют загрязнению воздуха в районах, расположенных далеко от источника загрязнения.

В рамках муниципального контракта в течение 2023 года отобрано **36** проб на маршрутном посту МАУК «ДК им. В. И. Ленина» на определение содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе города Йошкар-Олы.

Средние концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе по месяцам составили:

- $C_{ВВ} = 0,101$ мг/м³ (апрель);
- $C_{ВВ} = 0,070$ мг/м³ (май);
- $C_{ВВ} = 0,062$ мг/м³ (июнь);
- $C_{ВВ} = 0,095$ мг/м³ (июль);
- $C_{ВВ} = 0,067$ мг/м³ (август);
- $C_{ВВ} = 0,100$ мг/м³ (сентябрь).

Динамика изменения средних концентраций взвешенных веществ в мг/м³ (ВВ ПДК=0,5 мг/м³) в г. Йошкар-Ола за 2023 год представлена на Графике 13.

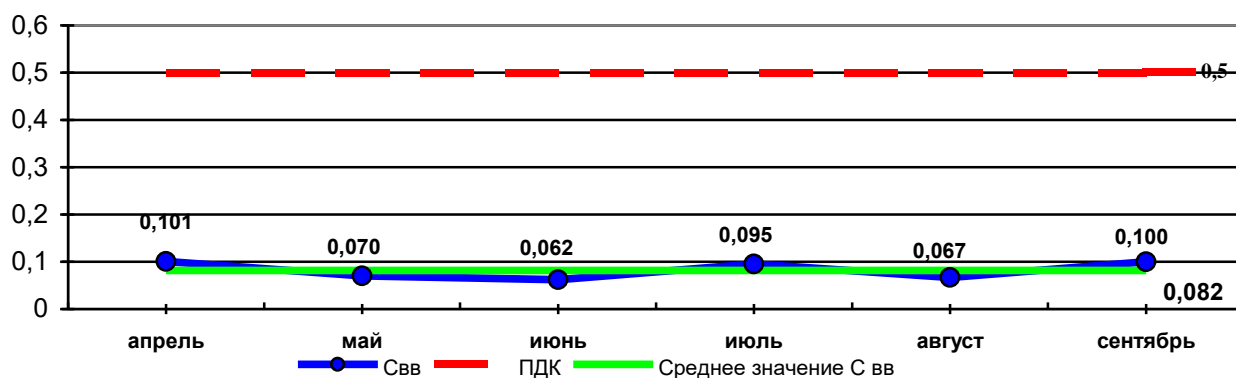


График 13 Динамика изменения средних концентраций взвешенных веществ в мг/м³ (ПДК ВВ=0,5 мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» в 2023 году

Среднее содержание взвешенных веществ в атмосферном воздухе в контролируемый период колебалось от 0,062 мг/м³ (июнь) до 0,101 мг/м³ (апрель). Превышений ПДК по разовым концентрациям взвешенных веществ не наблюдалось.

В 2023 году средняя концентрация взвешенных веществ в атмосферном воздухе составила **0,082 мг/м³**.

Значения индексов загрязнения атмосферы взвешенными веществами на маршрутном посту МАУК «ДК им. В. И. Ленина» представлены в Таблице 9 и на Графике 14.

Таблица 9 – Средние Значения индексов загрязнения атмосферы взвешенными веществами (ИЗА ВВ)

№ п/п	Название месяца	Значение ИЗА ВВ
1	апрель	0,202
2	май	0,140
3	июнь	0,125
4	июль	0,190
5	август	0,134
6	сентябрь	0,199

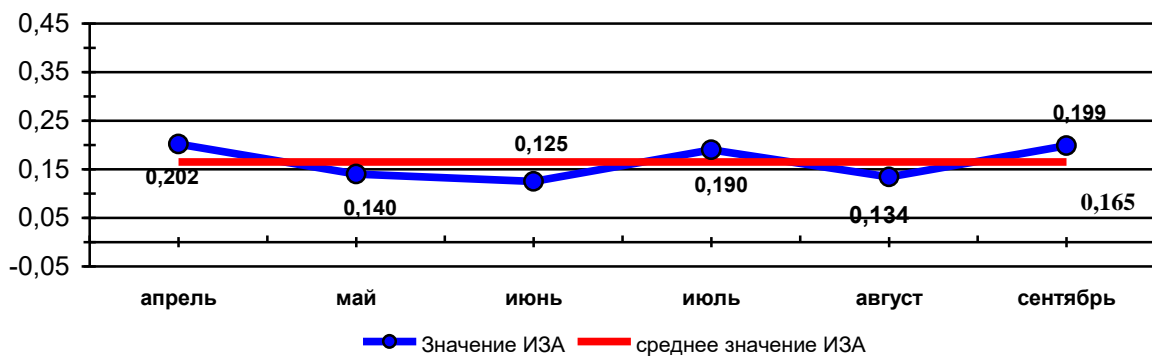


График 14 Динамика изменения ИЗА взвешенными веществами по месяцам на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2023 год

Наибольшее значение ИЗА взвешенными веществами на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» наблюдалось в апреле (0,202), наименьшее – в июне (0,125).

Среднее значение ИЗА взвешенными веществами составило **0,165**.

ВЫВОД (взвешенные вещества, ВВ)

Согласно имеющимся оценкам, в глобальном масштабе на счет воздействия взвешенных частиц относят приблизительно 3% случаев смерти от кардиопульмонарной патологии и 5% случаев смерти от рака легкого.

Мелкодисперсные и ультрадисперсные вещества пыли настолько малы, что способны проникать в торакальный отдел дыхательной системы. Влияние респираторных веществ (веществ с аэродинамическим диаметром 0,5-5 мкм, способных проникнуть в средние и нижние дыхательные пути) на здоровье имеет полное документальное подтверждение.

Воздействие пыли может быть как кратковременным (в течение часов или дней), так и долговременным (в течение месяцев или лет) экспозицией и включать:

- респираторную и сердечно-сосудистую заболеваемость, например, обострение астмы и респираторных симптомов и рост числа случаев госпитализации;
- смертность от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний и от рака легкого.

Особенно уязвимы чувствительные группы людей, страдающих заболеваниями легких или сердца, а также люди пожилого возраста и дети.

Подверженность воздействию взвешенных веществ отрицательно влияет на развитие легких у детей, приводя, в частности, к обратимым нарушениям легочной функции, а также к хроническому замедлению темпов роста легких и долговременной недостаточности легочной функции.

Нет никаких данных, которые бы подтверждали наличие какого-либо безопасного уровня экспозиции или порога, ниже которого не наступает никаких негативных последствий для здоровья. Экспозиции можно подвергнуться везде, и она не зависит от желания или нежелания людей.

Опасно сочетание высоких концентраций взвешенных веществ и диоксида серы. Люди с хроническими нарушениями в легких, с болезнями сердечнососудистой системы, с астмой, частыми простудными заболеваниями, пожилые и дети особенно чувствительны к влиянию мелких взвешенных веществ. Пыль и аэрозоли не только затрудняют дыхание, но и приводят к климатическим изменениям, поскольку отражают солнечное излучение и затрудняют отвод тепла от Земли.

Взвешенные вещества относятся к 3 классу опасности – опасному.

Допустимое содержание взвешенных веществ в атмосферном воздухе города:

- максимальная разовая концентрация ПДК (за 20 мин) - 0,5 мг/м³;
- среднесуточная ПДК - 0,15 мг/м³;
- уровень загрязнения «низкий».

Сравнительная характеристика концентраций взвешенных веществ за 2019, 2020, 2021, 2022 и 2023 годы на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» приведена на Графике 15.

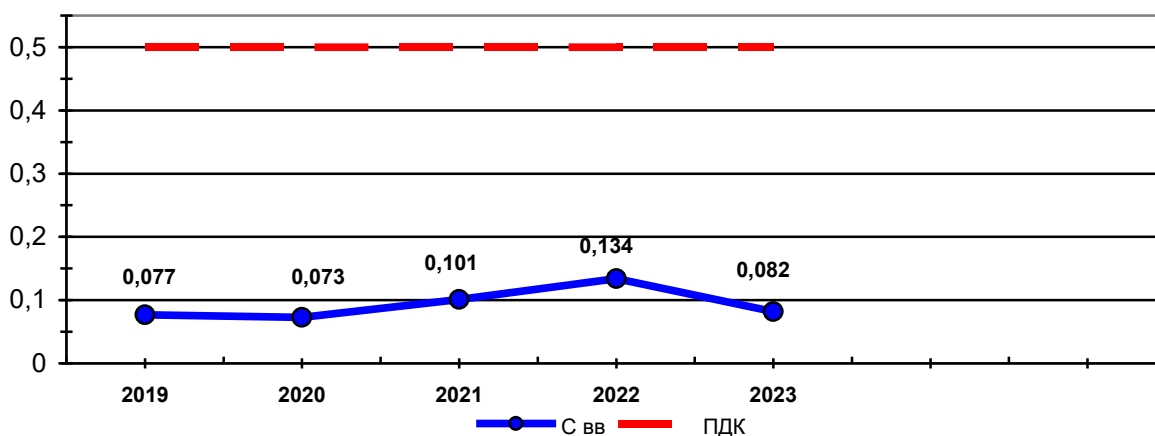


График 15 Средние концентрации взвешенных веществ в мг/м³ (ПДК_{ВВ}=0,5 мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019 - 2023 годы.

В 2023 году содержание взвешенных веществ уменьшилось (0,082 мг/м³) по сравнению с 2022 годом в 1,6 раза. За 5 лет наблюдений концентрация взвешенных веществ на маршрутном посту МАУК «ДК им. В. И. Ленина» изменялась от 0,073 мг/м³ (2020) до 0,134 мг/м³ (2022), но превышений ПДК по содержанию взвешенных веществ не наблюдалось.

3.6.5 Формальдегид (НСНО, ПДК_{НСНО} = 0,05 мг/м³)

Формальдегид - газообразное бесцветное вещество, обладающее высокой химической и биологической активностью, хорошо растворимое в воде и спиртах. Формальдегид известен и под такими традиционными названиями, как муравьиный альдегид или метаналь.

Формальдегид — это канцероген, быстродействующий клеточный яд, который имеет очень высокий класс опасности. При большой концентрации, он оказывает выраженное негативное влияние на кожу, вызывая аллергию, сыпь, зуд (чаще всего, при попадании растворимой концентрации с формальдегидом от 1-2%). Слизистая оболочка дыхательных путей, глаза страдает и ощущает присутствие элемента, когда концентрация формальдегида в воздухе превышает 1 мг/м³.

Небольшие концентрации (до 0,1-0,3 мг/м³) вещества в воздухе не улавливаются органами обоняния, но после превышения этого порога появляется выраженный, сильный запах.

Формальдегид является промежуточным продуктом при окислении (или сгорании) метана, а также других соединений углерода, например, при лесных пожарах, автомобильных выхлопах и табачном дыме.

В атмосфере формальдегид появляется из природных и техногенных источников.

Природные источники	Техногенные источники
<ul style="list-style-type: none"> • выделения растительности, животных и микроорганизмов; • вулканические газы; • лесные и степные пожары; • горение торфа; • биохимическая трансформация органического сырья; • биогенный синтез, абиогенный синтез; • космическое происхождение. 	<p><u>Промышленные источники:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • теплоэнергетика, установки по сжиганию органического топлива и биомассы, нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность, угольная промышленность, добыча и переработка газа и конденсата, металлургия, целлюлозно-бумажная промышленность, мебельная промышленность, предприятия химического синтеза, производство текстиля, косметики, пластмасс, резины, лаков, смол, удобрений, консервантов и др., сжигание мусора, очистные сооружения, свалки отходов, формальдегидсодержащие материалы). <p><u>Мобильные источники:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • авиaperевозки, выбросы автотранспорта, железнодорожного и водного транспорта. <p><u>Сельскохозяйственные источники:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • горение соломы, хвороста и другой биомассы, выбросы сельскохозяйственной техники, предприятия птицеводства, животноводства и мясоперерабатывающего комплекса, дезинфекция оборудования, использование в качестве фумиганта, фунгицида и инсектицида.

Кроме того, в каждой из этих групп выделяют **первичные** и **вторичные** источники.

Первичные источники выбрасывают непосредственно НСНО в свободном виде, **вторичные** – выделяют летучие органические соединения (ЛОС), которые при определенных условиях в результате комплекса фотохимических реакций трансформируются в формальдегид.

Фоновые концентрации НСНО в атмосферном воздухе определяются суммарным вкладом от первичных и вторичных природных источников. В свою очередь, самые высокие концентрации были определены около ключевых техногенных источников – выбросов крупных промышленных предприятий и автотранспорта.

Содержание формальдегида возрастает в летний сезон при повышении температуры воздуха и интенсивности солнечного излучения, и увеличения концентраций свободных радикалов, оксидов азота, озона, биогенных прекурсоров. Кроме сезонной изменчивости, часто наблюдаются значительные суточные колебания, следовательно, определение концентраций формальдегида в воздухе надо проводить как можно чаще (дискретно каждый час или

непрерывно). Осадки способствуют уменьшению концентрации формальдегида в атмосферном воздухе.

Первичные источники поступления НСНО в атмосферу

Основным техногенным **первичным источником** поступления формальдегида в воздушную среду, особенно в городских районах, является автомобильный транспорт. Наиболее высокие концентрации вещества наблюдаются в городских застройках в часы пик или в условиях фотохимического смога. На улицах с интенсивным движением можно обнаружить формальдегид с концентрацией до нескольких мг/м³.

Содержание НСНО в автомобильных выхлопных газах повышено по сравнению с промышленными установками сжигания топлива. Это объясняется тем, что в отличие от стационарных систем, в автомобильных двигателях продолжительность горения топлива ограничена долями секунды, что приводит к выбросу продуктов неполного сгорания.

Количество формальдегида, выделяемого с выхлопными газами, зависит от типа двигателя автомобиля, его технического состояния, режима работы, состава топлива. значение присутствие системы нейтрализации отработанных газов, условия движения. Дизельные двигатели выделяют формальдегида больше, чем бензиновые.

В качестве альтернативы обычному топливу в целях снижения выбросов загрязняющих веществ получило распространение использование кислородсодержащих топлив включая метанол, этанол, а также топлив, включающих метан или природный газ. Такие виды топлива существенно увеличивают выброс формальдегида в атмосферу, несмотря на снижение оксида углерода и бутадиена.

Можно предположить увеличение содержания первичного формальдегида в атмосферном воздухе городов, если возрастет доля автотранспорта, работающего на альтернативных видах топлива.

Вторичные источники поступления НСНО в атмосферу

Высокие концентрации формальдегида не обязательно связаны с выбросами этого вещества. Формальдегид способен образовываться в процессе фотохимического окисления многих классов органических соединений (**вторичный источник**):

- алканов (метана, этана, пропана, бутана и изобутана, метилбутана, изопентана);
- алкенов (этена, пропена, бутена и изобутена, метилбутенов; 1,3-бутадиена, пентена, гексена, изопрена, терпенов);
- альдегидов (ацетальдегида, акролеина);
- спиртов (метанола, этанола);
- ароматических соединений (толуола, ксилола, стирола);
- диметилсульфида.

Поэтому содержание формальдегида зависит от количества и разнообразия летучих органических соединений. В ночное время формальдегид образуется в процессе реакции алкенов с O₃ и NO₃.

Учитывая разнообразие предшественники НСНО в городском воздухе, вторичные источники поступления формальдегида часто превышают прямую эмиссию из техногенных источников, особенно летом, в течение фотохимических эпизодов загрязнения воздуха, и это может внести до 70–90% вклада от полного атмосферного формальдегида.

Естественные (не антропогенные) предшественники формальдегида в тропосфере – это метан, изопрен и терпены. Метан продуцируется в результате жизнедеятельности бактерий в болотах (в анаэробных условиях), производится колониями термитов, а также выделяется в результате процессов неполного сгорания биомассы при пожарах, в районах сейсмической активности, месторождениях нефти, газа, угля.

Таким образом, уровень содержания формальдегида в атмосферном воздухе можно рассматривать как совокупность его образования из первичных и вторичных источников.

В рамках муниципального контракта в течение 2023 года отобрано **36** проб на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» на определение формальдегида.

Средние концентрации формальдегида в атмосферном воздухе по месяцам составили:

- $C_{\text{НСНО}} = 0,0119 \text{ мг/м}^3$ (апрель);
- $C_{\text{НСНО}} = 0,0083 \text{ мг/м}^3$ (май);
- $C_{\text{НСНО}} = 0,0069 \text{ мг/м}^3$ (июнь);
- $C_{\text{НСНО}} = 0,0084 \text{ мг/м}^3$ (июль);
- $C_{\text{НСНО}} = 0,0073 \text{ мг/м}^3$ (август);
- $C_{\text{НСНО}} = 0,0058 \text{ мг/м}^3$ (сентябрь).

Динамика изменения средних концентраций формальдегида в мг/м^3 (НСНО ПДК=0,05 мг/м^3) в г. Йошкар-Ола за 2023 год представлена на Графике 16.

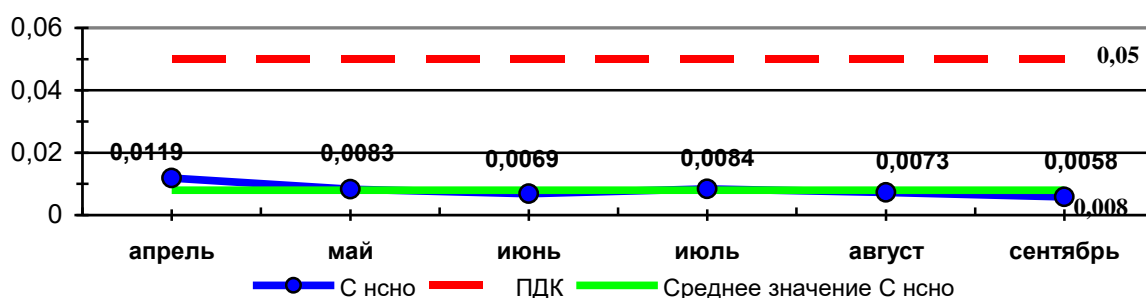


График 16 Динамика изменения средних концентраций формальдегида в мг/м^3 (ПДК нсно=0,05 мг/м^3) на МП «МАУК «ДК им. В. И. Ленина» в 2023 году

В контролируемый период не зарегистрировано превышения ПДК формальдегида. Минимальное содержание формальдегида зарегистрировано в сентябре (0,0058 мг/м^3).

Средняя концентрация формальдегида в атмосферном воздухе за период наблюдений в 2023 году составила **0,008 мг/м^3** .

Значения индексов загрязнения атмосферы формальдегидом (ИЗА_{НСНО}) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» представлены в Таблице 10 и на Графике 17.

Таблица 10 – Средние значения индексов загрязнения атмосферы формальдегидом (ИЗА НСНО)

№ п/п	Название месяца	Значение ИЗА НСНО
1	апрель	0,309
2	май	0,217
3	июнь	0,179
4	июль	0,231
5	август	0,189
6	сентябрь	0,150

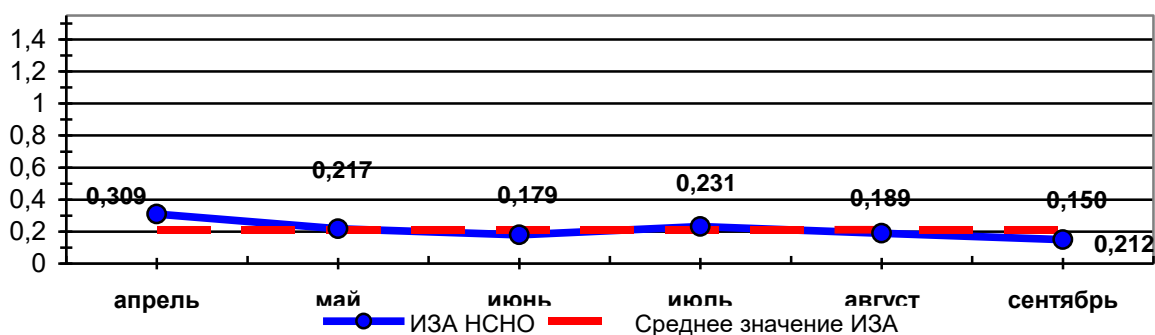


График 17 Динамика изменения ИЗА формальдегидом по месяцам на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2023 год

Максимальное значение ИЗА формальдегидом зафиксировано в апреле (0,309), минимальный ИЗА зафиксирован в сентябре (0,150).

Среднее значение ИЗА формальдегидом составляло **0,212**.

ВЫВОД (формальдегид, НСНО)

Формальдегид токсичен. Даже в небольших количествах он раздражает слизистые оболочки глаз, носа и горла, кожу. В высоких концентрациях это химическое соединение вызывает отравление, первые признаки которого:

- бледность кожных покровов;
- потеря сознания;
- судороги;
- головная боль.

При долгосрочном воздействии на организм наблюдаются тяжелые последствия, поскольку формальдегид является канцерогеном (данные агентства по охране окружающей среды США, 1987 г). Поражаются центральная нервная система, репродуктивные органы. Степень и характер воздействия зависят от способа проникновения вещества, индивидуальных особенностей организма.

Как и любой канцероген, формальдегид индуцирует опасные для жизни соматические мутации, передающиеся по наследству.

Содержание формальдегида увеличивается летом при возрастающей солнечной радиации, особенно вблизи автомагистралей, и зимой в период активной антициклональной циркуляции, способствующей накоплению загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Допустимое содержание формальдегида в атмосферном воздухе города:

- максимальная разовая концентрация ПДК (за 20 мин) – 0,05 мг/м³;
- среднесуточная ПДК – 0,01 мг/м³;
- уровень загрязнения «низкий».

Сравнительная характеристика концентраций формальдегида за 2019, 2020, 2021, 2022 и 2023 годы на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» приведена на Графике 18.

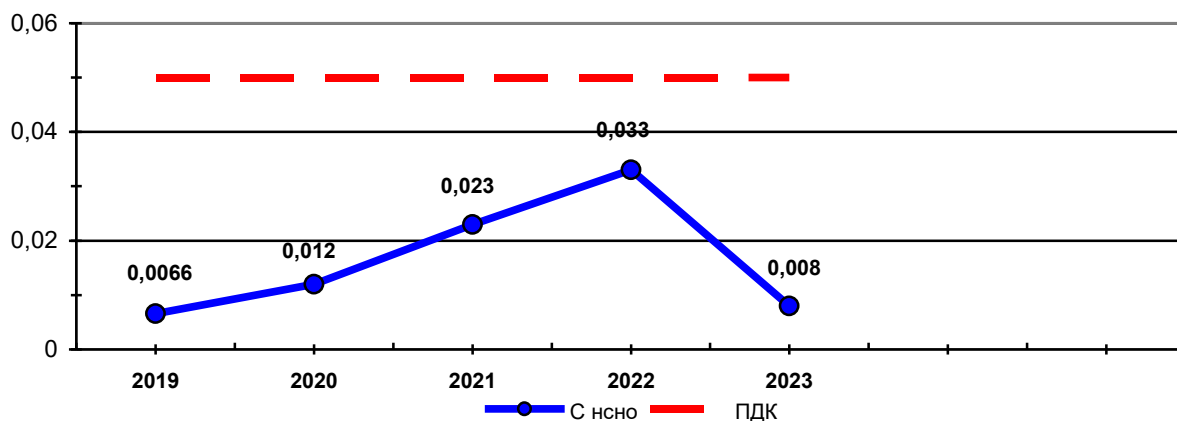


График 18 Средние концентрации формальдегида в мг/м³ (ПДК_{нсно}=0,05 мг/м³) на МП МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019 - 2023 годы.

С 2019 года на контролируемом маршрутном посту наблюдался устойчивый рост концентрации формальдегида в атмосферном воздухе. Если в 2019 году этот показатель был равен 0,0066 мг/м³, то в 2020 году – уже 0,012 мг/м³, в 2021 – 0,023 мг/м³, в 2022 – 0,033 мг/м³. Но в 2023 году концентрация формальдегида на контрольном посту снизилась по сравнению с 2022 годом в 4 раза и составила **0,008 мг/м³**. Приблизительно на таком же уровне загрязнение атмосферного воздуха на контролируемом посту было в 2019 году.

За пятилетний период наблюдений с 2019 года и по 2023 год ПДК формальдегида превышены не были.

4 Выводы

В рамках выполнения муниципального контракта № 126-пр от 18.04.2023 г. на оказания услуг по проведению мониторинга состояния атмосферного воздуха на территории городского округа «Город Йошкар-Ола» в период с апреля по сентябрь 2023 года проведено 6 обследований на 1 (одном) маршрутном посту МАУК «ДК им. В. И. Ленина» по адресу:

- Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, 22-А, район ДК им. В.И. Ленина (территория, ограниченная улицами Машиностроителей, Зарубина, Анциферова, Свердлова).

Отобрано и проанализировано 216 проб атмосферного воздуха (Приложения В, Г, Д).

Выполнено 72 замера метеорологических параметров.

Результаты замеров метеорологических параметров представлены в Таблице 11.

Таблица 11 – Результаты замеров метеорологических параметров

№ п/п	Дата	Время	Определяемый параметр				
			Температура, °С	Скорость ветра, м/сек	Давление, мм рт. ст.	Влажность, %	Направление ветра
1	19.04.2023	08:00 – 9:00	11,4	1,1	101,4	36,7	С
2	19.04.2023	14:00 – 15:00	15,9	4,7	101,4	24,6	С
3	19.04.2023	19:00 – 20:00	12,2	2,9	101,4	32,9	С
4	15.05.2023	08:00 – 9:00	8,9	2,9	101,4	58,3	С
5	15.05.2023	14:00 – 15:00	13,1	3,3	101,4	55,1	С
6	15.05.2023	19:00 – 20:00	11,2	3,1	101,4	60,3	С
7	15.06.2023	08:00 – 9:00	19,3	1,5	100,8	36,3	СЗ
8	15.06.2023	14:00 – 15:00	23,4	1,3	100,4	30,3	З
9	15.06.2023	19:00 – 20:00	22,8	1,7	100,5	33,2	СЗ
10	06.07.2023	08:00 – 9:00	27,8	3,0	99,1	40,4	ЮЗ
11	06.07.2023	14:00 – 15:00	28,9	1,7	99,4	48,5	ЮЗ
12	06.07.2023	19:00 – 20:00	26,0	2,1	99,5	49,3	З
13	17.08.2023	08:00 – 9:00	21,6	1,7	100,7	43,3	СЗ
14	17.08.2023	14:00 – 15:00	31,8	1,3	100,7	35,6	С
15	17.08.2023	19:00 – 20:00	25,8	1,1	100,8	40,4	С
16	14.09.2023	08:00 – 9:00	16,5	1,3	101,2	57,2	ЮЗ
17	14.09.2023	14:00 – 15:00	21,5	0,9	101,1	43,9	Ю
18	14.09.2023	19:00 – 20:00	19,3	1,2	101,1	54,2	Ю

В атмосферном воздухе на маршрутном посту МАУК «ДК им. В. И. Ленина» по адресу: РМЭ, г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, 22-А, район ДК им. В.И. Ленина (территория, ограниченная улицами Машиностроителей, Зарубина, Анциферова, Свердлова) выполнены измерения концентрации основных загрязняющих веществ: **диоксида азота, оксида азота, диоксида серы, оксида углерода, пыли (взвешенных веществ), формальдегида.**

4.1 Сравнительный анализ загрязнений по годам

В таблице 12 представлены среднегодовые концентрации загрязняющих веществ на контролируемом маршрутном посту с 2019 года и по настоящее время.

По сравнению с 2022 годом в 2023 году уменьшились средние концентрации:

- диоксида серы - с 0,0206 мг/м³ до 0,0115 мг/м³;
- взвешенных веществ - с 0,134 мг/м³ до 0,082 мг/м³;
- формальдегида – с 0,033 мг/м³ до 0,008 мг/м³;

Что касается контроля оксида углерода, оксида азота, диоксида азота, наблюдается увеличение средней концентрации этих загрязняющих веществ по сравнению с прошлым годом.

Но среднегодовые концентрации по каждому определяемому веществу не превышали уровня ПДК и соответствовали санитарным нормам (Таблица 12).

Таблица 12 – Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ

№ п/п	Определяемый показатель	ПДК, мг/м ³	2019 г. С _{ср} , мг/м ³	2020 г. С _{ср} , мг/м ³	2021 г. С _{ср} , мг/м ³	2022 г. С _{ср} , мг/м ³	2023 г. С _{ср} , мг/м ³
1	СО – углерода оксид	5,0	1,08	0,52	0,18	0,068	0,21↑
2	SO ₂ – серы диоксид	0,5	0,0050	0,052	0,002	0,0206	0,0115↓
3	NO ₂ – азота диоксид	0,2	0,025	0,056	0,029	0,0302	0,055↑
4	NO – азота оксид	0,4	0,015	0,074	0,041	0,0130	0,031↑
5	Взвешенные вещества	0,5	0,077	0,073	0,101	0,134	0,082↓
6	HCHO – формальдегид	0,05	0,0066	0,012	0,023	0,033	0,008↓
	КИЗА		0,77	1,11	1,09	1,36	0,79

Примечание: **КИЗА** – комплексный индекс загрязнения атмосферы.

Сравнительная характеристика значений КИЗА на маршрутном посту МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019 - 2023 годы представлена на Графике 19.

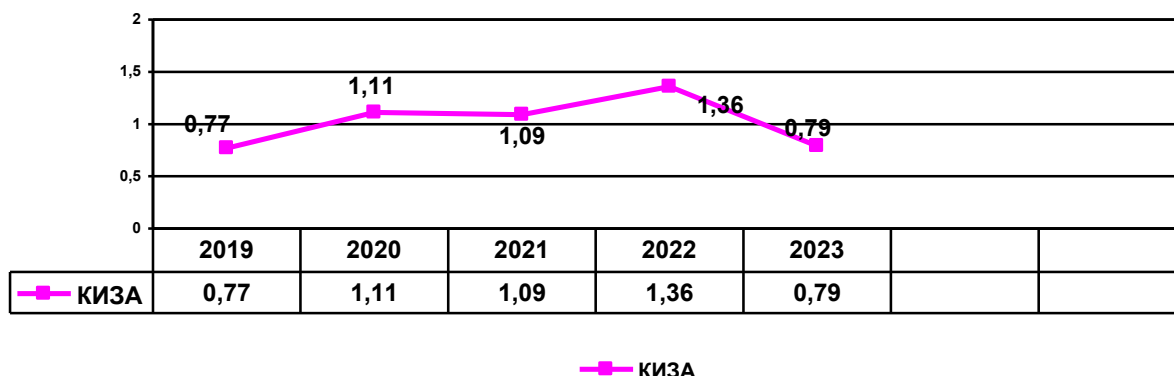


График 19 Сравнительная характеристика значений КИЗА на маршрутном посту МАУК «ДК им. В. И. Ленина» за 2019 - 2023 годы.

На маршрутном посту МАУК «ДК им. В. И. Ленина», комплексный ИЗА, который характеризует общий уровень загрязнения и определяет вклад каждой примеси в общее загрязнение города, с 2019 и по 2023 год изменялся с **0,77** (2019) и до **1,36** (2022). В 2023 году КИЗА снизился по сравнению с 2022 годом **в 1,7 раза** и установился на уровне 2019 года.

Снижение КИЗА в 2023 году произошло за счёт снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха на контрольном посту **диоксидом серы, взвешенными веществами и формальдегидом.**

По данным Маристата с 2020 года и по 2021 год в Республике Марий Эл возросли перевозки грузов автотранспортом, автомобильный транспортный грузооборот, наблюдалось увеличение пассажирских перевозок, также ежегодно увеличивалась доля частного автотранспорта на улицах города. Увеличением трафика на дорогах города можно объяснить образование формальдегида из ЛОС и оксида азота, повышенные концентрации диоксида серы и взвешенных веществ в 2022 году.

16.1. ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ ПО ВИДАМ ТРАНСПОРТА (тысяч тонн)

	2018	2019	2020	2021	2022
Транспорт - всего	12391	12234	11439	11524	10913¹⁾
из него:					
железнодорожный ²⁾	1278	881	1118	714	...
автомобильный ³⁾	8724	8895	8351	8926	8637

¹⁾ Без учета перевозок грузов железнодорожным транспортом.

²⁾ По данным ОАО «РЖД».

³⁾ По юридическим лицам (кроме микропредприятий) и индивидуальным предпринимателям, осуществляющим грузовые перевозки на коммерческой основе.

16.2. ГРУЗОБОРОТ ПО ВИДАМ ТРАНСПОРТА
(миллионов тонно-километров)

	2018	2019	2020	2021	2022
Транспорт - всего	1265,5	1261,0	1116,0	1135,2	1209,3
из него автомобильный ¹⁾	744,7	743,2	671,2	692,4	673,7

¹⁾ По юридическим лицам (кроме микропредприятий) и индивидуальным предпринимателям, осуществляющим грузовые перевозки на коммерческой основе.

**16.4. ПАССАЖИРОБОРОТ ПО ВИДАМ ТРАНСПОРТА
ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**
(миллионов пассажиро-километров)

	2018	2019	2020	2021	2022
Транспорт - всего	189,4	183,8	151,7	216,3	210,4
из него автобусный ¹⁾	127,4	131,2	110,2	169,2	156,7

¹⁾ По юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям (включая субъекты малого предпринимательства), осуществляющим перевозки пассажиров автобусами. С 2021 г. данные предоставляются перевозчиками, осуществляющими коммерческие перевозки пассажиров на основании действующей лицензии.

В 2022 году в Марий Эл зафиксировано снижение объема перевозок грузов автотранспортом (на 289 тысяч тонн), снижение автомобильного транспортного грузооборота (на 18,7 миллионов тонно-километров), наблюдалось снижение автобусного пассажирооборота (на 12,5 миллионов пассажиро-километров).

Можно предположить, что вышеописанная тенденция к снижению перевозок автотранспортом в регионе продолжилась и в 2023 году и повлекла за собой снижение КИЗА по сравнению с 2022 годом. Для полной уверенности необходим анализ статистических данных по автомобильным перевозкам в Марий Эл за 2023 год.

Республика Марий Эл относится к субъектам Российской Федерации, где не зарегистрирован уровень высокого загрязнения атмосферного воздуха. Этому способствуют рельеф местности и климатические условия республики, благоприятные для рассеивания примесей, то есть зона низкого потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА).

Результаты исследований атмосферного воздуха, проведенные в городе Йошкар-Оле в 2023 году, показали, что максимальные разовые концентрации всех определяемых ингредиентов не превышали уровня допустимых норм и подтвердили уровень загрязнения атмосферного воздуха «низкий».

Список источников и литературы

1. Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл за 2020 год. – г. Ижевск, 2021.
2. Информационный сборник о состоянии окружающей среды в Республике Марий Эл в 2017 г. - г. Йошкар-Ола, 2017, 39 с.
3. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Марий Эл в 2016 году. - Йошкар-Ола, 2017.
4. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2020 год, р. 2 «Оценка антропогенного влияния на климатическую систему и состояние окружающей среды», 205 с.
5. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения». [РД 52.04.667-2005](#)
6. «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» (с изменениями на 16.05.2023 г.). РД 52.04.186-89. - М., 1991.
7. «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктах». [ГОСТ 17.2.3.01-86](#).
8. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [СанПиН 1.2.3685-21](#).
9. Ю. А. Карпов и А. П. Савостин. – «Методы пробоотбора и пробоподготовки». М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014.
10. Б. Небел. «Наука об окружающей среде». – М.: Мир 2, 1993, т.1.
11. Л. В. Передельский, В. И. Коробкин, О. Е. Приходченко. Экология. - Москва, 2009.
12. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. - Л.: Гидрометеиздат, 1986, 200 с.
13. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов.-Л.: Гидрометеиздат, 1980, 183с.
14. Халиков И. С. Формальдегид в атмосферном воздухе: источники поступления и пути удаления. / И. С. Халиков //Экологическая химия. – 2019.-Т.28, вып. 6. - С.307–317.
35. Какарека, С.В., Ашурко, Ю.Г., Природопольз., 2012, Вып. 21, сс.75–82.
36. Moussa, S.G., El-Fadel, M., Saliba, N.A., Atmos. Environ., 2006, vol. 40, pp. 2459–2468.
37. Pang, X., Mu, Y., Atmos. Environ., 2006, vol. 40, pp. 6313–6320.1
38. Скубневская, Г.И., Дульцева, Г.Г., Загрязнение атмосферы формальдегидом. Аналитический обзор. Новосибирск:РАН. Сиб. отд-е. ГПНТБ, ИХКиГ, 1994, 70 с.
39. Демьянцева, Е. А. Механизм образования и негативное влияние выбросов, содержащих оксиды азота / Е. А. Демьянцева, Е. А. Шваб, Е. О. Реховская. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 2 (136). — С. 231-234. — URL: <https://moluch.ru/archive/136/38002/> (дата обращения: 17.10.2023).

40. Третьяков, А. Н. О влиянии на атмосферу предприятий теплоэнергетического комплекса / А. Н. Третьяков, Е. В. Перегудина, С. В. Азарова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 11 (91). — С. 562-566. — URL: <https://moluch.ru/archive/91/19248/> (дата обращения: 17.10.2023).
41. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2016; 388(10053): 1659-1724. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31679-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31679-8).
42. Chen K, Breitner S, Wolf K et al. Ambient carbon monoxide and daily mortality: a global time-series study in 337 cities / K Chen, S Breitner, K Wolf // *Lancet Planet Health*. -2021/ - Vol. 5, № 4. - P. 191–199. — URL: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(21\)00026-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(21)00026-7/fulltext) (дата обращения: 17.10.2023).
43. IARC: diesel engine exhaust carcinogenic. Lyons, International Agency for Research on Cancer, 2012. - Press release No. 213. — URL: <https://www.iarc.who.int/media-centre-iarc-news-58/> (дата обращения: 11.10.2023).
44. Exposure to air pollution (particulate matter) in outdoor air. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2011 (ENHIS Factsheet 3.3) — URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/97002/ENHIS_Factsheet_3_3_July_2011.pdf (дата обращения: 12.10.2022).
45. Sulfur Dioxide. American Lung Association <https://www.lung.org/clean-air/outdoors/what-makes-air-unhealthy/sulfur-dioxide> (дата обращения: 12.10.2023)
46. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году»: [Электронный ресурс] — URL: <https://2020.ecology-gosdoklad.ru/doklad/atmosfernyi-vozdukh/299-kachestvo-atmosfernogo-vozdukh> (дата обращения: 12.10.2023).
47. Информационный портал «Город Йошкар-Ола»: [Электронный ресурс]. — URL: <https://i-ola.ru/city/generalinf/>. (дата обращения: 10.10.2023).
48. Информационный портал «ПАСПОРТ региона Российской Федерации Республика Марий Эл»: [Электронный ресурс]. — URL: https://rlw.gov.ru/storage/document/document_file/2023-05/10/respublika-marij-el.pdf/. (дата обращения: 16.10.2023).
49. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://maristat.gks.ru/folder/27269> (дата обращения: 13.10.2023).
50. Федеральная служба государственной статистики. Республика Марий Эл в цифрах. Краткий статистический сборник: [Электронный ресурс]. — URL: https://maristat.gks.ru/storage/mediabank/B%20цифрах_2023.pdf (дата обращения: 17.10.2023).
51. Gismeteo [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/11326/2023/9/> (дата обращения: 03.10.2023).
52. WeatherArchive.ru: [Электронный ресурс]. — URL: <http://weatherarchive.ru/Temperature/Yoshkar-Ola/September-2023#3> (дата обращения: 04.10.2023).