



ОТЧЕТ ЗА 2022 ГОД

ПО КАЧЕСТВУ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В БИШКЕКЕ

ОБЗОР ДАННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Период:
2022 год, январь-февраль 2023

3 ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

4 АННОТАЦИЯ

5 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

12 СТАНЦИИ МОНИТОРИНГА
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В БИШКЕКЕ

16 АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ
ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2.5}) — ДАТЧИКИ «МУВГРИН»

22 АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ
ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2.5}) ПО ДАННЫМ КЫРГЫЗГИДРОМЕТА

25 АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВ — ПОСТЫ
НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРНОГО
ВОЗДУХА КЫРГЫЗГИДРОМЕТА

28 АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ
ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2.5}) — СТАНЦИЯ ПОСОЛЬСТВА США

33 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

38 КРАТКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

41 РЕКОМЕНДАЦИИ

43 ПРИЛОЖЕНИЕ (СПИСОК ССЫЛОК)

i. Данная публикация профинансирована за счет государственного департамента США. Мнения, выводы и заключения, изложенные здесь, принадлежат авторам и необязательно отражают точку зрения государственного департамента США.

ii. Автор фотографий на титульном листе отчета — Михаил Дудин, независимый фотограф.

ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

AirKaz	- Датчики определения качества воздуха, установленные ОО «МувГрин»
EPA	- Агентство по охране окружающей среды США
PM_{2.5}	- Мелкодисперсные частицы (англ. particulate matter), размеры которых менее 2.5 микрометров
PM₁₀	- Мелкодисперсные частицы (англ. particulate matter), размеры которых менее 10 микрометров
TSP	- Сумма взвешенных частиц (англ. total suspended particles), общая концентрация взвешенных частиц в воздухе
ВОЗ	- Всемирная организация здравоохранения
ПДК	- Предельно допустимая концентрация
КР	- Кыргызская Республика
США	- Соединенные Штаты Америки
мкм	- Микрометр
мкм/м³	Концентрация загрязняющих веществ в кубическом метре воздуха в микрограммах
ИКВ	- Индекс качества воздуха
ПНЗ	- Посты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха

АННОТАЦИЯ

Итоговый отчет по оценке качества воздуха в Бишкеке за 2022 г. (весна, лето и осень 2022 г. и зима 2022-2023 гг.) предназначен для использования в качестве информационного документа для государственных, неправительственных и международных организаций, ученых-исследователей, местного населения и всех заинтересованных в проблеме загрязнения атмосферного воздуха в городе Бишкек.

Отчет подготовлен Общественным Объединением «MoveGreen» (ОО «МувГрин») с использованием данных Гидрометеорологической службы при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики (Кыргызгидромет) в рамках проекта «Укрепление потенциала по управлению качеством воздуха в Центральной Азии».

В отчете собраны данные по концентрациям мелкодисперсных твердых частиц (PM_{2.5}) из следующих источников:

- Датчики AirKaz, установленные ОО «МувГрин»;
- Датчики Clarity Node-S, установленные Кыргызгидрометом;
- Станция на территории Посольства США.

Также включены данные по другим загрязнителям, измеряемым на постах наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха Кыргызгидромета.

Качество воздуха в городе Бишкек в различные сезоны рассматриваемого периода неодинаково, и, тесно связано с отопительным периодом.

Весной в марте (по данным датчиков ОО «МувГрин»), когда население все еще отапливалось (конец отопительного периода) среднесуточные концентрации PM_{2.5} превышали предельно допустимые концентрации (ПДК КР) от 1.0 до 1.4 раз, в отдельные дни до 2.6 раз. В апреле отопительный период закончился, и концентрации PM_{2.5} опустились до значений неопасных для человека.

Летом концентрации PM_{2.5} не превышали среднесуточные предельно допустимые концентрации КР как в среднем по месяцам, так и в отдельные дни каждого месяца сезона.

Качество воздуха осенью было хорошее до начала отопительного периода, с его началом оно резко ухудшилось. В сентябре концентрации PM_{2.5} в атмосферном воздухе не превышали допустимые нормативы в КР, а в октябре и ноябре могли достигать опасных для человека значений до 3.2 ПДК, а в отдельные дни до 9.5 ПДК.

Зимой (зима 2022-2023 гг.) средние за сутки концентрации PM_{2.5} в атмосферном воздухе превышали допустимые нормативы в КР — не только средние суточные, но и максимальные разовые (таким воздухом можно дышать не 24 часа без вреда для здоровья, а только 20-30 минут). Так, средние нормы были превышены во все

дни зимы, а максимально разовые до 44 и 58% дней в декабре и январе. Самым холодным месяцем был январь и соответственно самым «грязным», среднее за месяц значение загрязнения $PM_{2.5}$ составило 5.8-8.2 ПДК, а в отдельные дни могло достигать 14.6-16.2 ПДК, в зависимости от района города.

Анализ данных по концентрациям $PM_{2.5}$ (по данным датчиков ОО «МувГрин») в зависимости от времени суток показал, что наибольшие концентрации во все сезоны наблюдались примерно с 18:00-20:00 вечера до 00:00-02:00 ночи. При этом, зимой (в отдельные дни января) наблюдались концентрации 611-732 мкг/м³, а это превышает средние нормативы до 17,5-20,9 раз или максимальные разовые до 3,8-4,6 раз. Для сравнения, в отдельные дни лета максимальные значения в эти часы не превышали ПДК и составляли 27-34 мкг/м³ (до 1.0 ПДК).

Картина загрязнения твердыми частицами различных частей города (где имелись датчики ОО«МувГрин») изменяется в зависимости от сезона года. В весенний период более высокие концентрации $PM_{2.5}$ были отмечены во внутренних частях города, а более низкие в районе станции Посольства США. В летний период более загрязненной была западная часть города и южная в районе станции Посольства США, а самые низкие концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались в центральной части города. Осенью более загрязненной оказалась северная часть города, а чистой — южная. Зимой особенно высокие концентрации $PM_{2.5}$ были в западной части города (жилмассив Ала-Тоо), а более низкие — в южной.

Повышенный уровень загрязнения твердыми частицами $PM_{2.5}$ в отопительный период, особенно зимой, связан с использованием твердого топлива для обогрева частных домов местным населением, как внутри города, так и в близлежащих жилмассивах. Необходимо отметить, что метеорологические условия (штиль, слабый ветер, туман, инверсия) также вносят вклад в накопление загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Большая часть загрязнения весной, летом и осенью, вне отопительного периода — это природная пыль. Например, летом, несколько большие концентрации $PM_{2.5}$ в непосредственной близости к горам (станция Посольства США), возможно, связаны с местоположением около горной местности, где растительность и почва при отсутствии осадков пересыхает и является дополнительным источником пыли.

Согласно данным Кыргызгидромета, во все рассматриваемые сезоны воздух загрязнен в основном диоксидом азота (NO_2) — 1.3-1.8 ПДК и формальдегидом (НСОН) — 1.7-4.3 ПДК (4.7 ПДК в центральной части города). Концентрации остальных газов, за которыми ведется мониторинг, не вышли за пределы ПДК (были на уровне 0.2-1.0 ПДК). Количество дней, когда были превышены значения предельно-допустимых среднесуточных концентраций велико в каждый месяц рассматриваемого периода: по NO_2 — это 21-26 дней ежемесячно, по НСОН — это 22-25 дней, по NO — до 6-17 дней. Предельно-допустимые максимальные разовые концентрации были превышены по NO_2 от 15 до 19 дней каждый месяц, по НСОН — от 1 до 5 дней в месяц.

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В ОТЧЕТ

1. PARTICULATE MATTER или 'PM'

С английского означает мелкодисперсные твердые частицы, это загрязнитель атмосферного воздуха, состоящий из микроскопических твердых или/и жидких взвешенных веществ.

Эти частицы могут состоять из множества компонентов, таких как сульфаты, нитраты, металлы, органический углерод, частицы пыли и многие другие (ВОЗ, 2013).¹

Ввиду того, что PM могут иметь различные химические компоненты, некоторые из них обладают канцерогенными свойствами, а также наносят различный урон здоровью человека в зависимости от размера, формы и состава частиц. Твердые частицы также влияют на окружающую среду, например, ухудшают видимость, т.е. могут образовать дымку.²

К основным показателям, характеризующим PM в воздухе относятся:

Total Suspended Particles или TSP — сумма взвешенных частиц, т.е. общая концентрация взвешенных частиц в воздухе.

PM₁₀ — частицы с аэродинамическим диаметром менее 10 микрометров (мкм).

PM_{2.5} — частицы с аэродинамическим диаметром менее 2.5 мкм.

PM₁ — частицы с аэродинамическим диаметром менее 1 мкм.

На рисунке 1 наглядно показаны, насколько микроскопичны частицы (PM₁₀, PM_{2.5}).

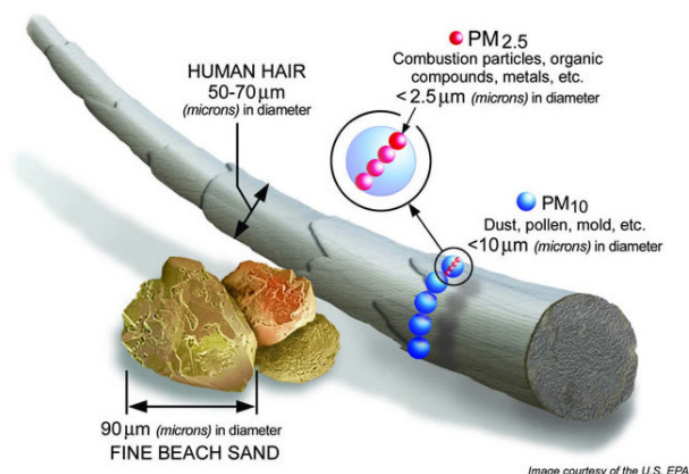


Рисунок 1.³ Размеры мелкодисперсных твердых частиц (PM₁₀ и PM_{2.5}) по сравнению с человеческим волосом и песчинкой

ИСТОЧНИКИ ЧАСТИЦ. Источники РМ можно разделить на две группы:

1. **Природные**, т.е. частицы, которые образуются в результате естественных процессов, например, пыль, переносимая ветром (в основном в грубой фракции РМ₁₀);
2. **Антропогенные**, частицы, которые образуются в результате человеческой деятельности, таких как сжигание ископаемого топлива (уголь, нефтяные продукты), дров, сельскохозяйственных отходов и другие. Эти частицы в основном размером РМ_{2.5} и менее.

Частицы могут образовываться:

- От источников при непосредственном сбрасывании в атмосферный воздух такие частицы называют первичными РМ;
- В воздухе при различных химических реакциях, такие частицы относятся к вторичным РМ.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ. РМ₁₀ и РМ_{2.5} это частицы, которые могут легко проникать в организм человека при вдыхании воздуха и отрицательно влияют на здоровье населения, вызывая респираторные, сердечно-сосудистые заболевания, а также увеличивают смертность населения.⁴

Для примера, по данным ВОЗ (2013 г.) в условиях хронической экспозиции РМ_{2.5} и при каждом увеличении концентрации на 10 мкг/м³ кардиопульмональная смертность увеличивается на 6-13%. К группе риска относятся население с заболеваемостью органов дыхательных путей и сердечно-сосудистой системы, а также пожилые люди и дети (особенно младенцы).

По данным ВОЗ (2013 и 2019)^{5,6} постоянное вдыхание частиц сокращает продолжительность жизни в среднем на 9 месяцев, около 37% случаев преждевременной смерти, произошли в результате ишемической болезни сердца и инсульта, 18% и 23% — в результате хронической обструктивной болезни легких и острых инфекций нижних дыхательных путей соответственно и 11% — в результате онкологических заболеваний дыхательных путей.

Мелкодисперсные частицы являются также одними из главных факторов снижения видимости и могут наносить различный урон природе в зависимости от их химического состава.⁵

2. ГАЗЫ

ДИОКСИД АЗОТА ИЛИ NO₂ ^{7,8}

NO₂ представляет собой газ характерного бурого цвета. Его отличительной особенностью является резкий, удушливый запах. Также вещество может переходить в другое агрегатное состояние под влиянием определенных температур – при высоких значениях газ становится жидкостью. Оно полностью теряет характерный для газообразного состояния цвет, но сохраняет удушливый запах.

NO₂ и другие оксиды азота (NO_x) вступают в реакцию с другими химическими веществами в воздухе и образуют твердые частицы (вторичные РМ). Все эти загрязнители в воздухе, вредны при вдыхании для здоровья.

ИСТОЧНИКИ NO₂ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ. Диоксид азота относится к одним из самых распространенных видов выбросов в атмосферу, имеющих антропогенное происхождение. Источником могут быть различные продукты сгорания и отходы предприятий промышленного сектора.

Один из основных источников загрязнения воздуха диоксидом азота — автомобили, в первую очередь низкого экологического класса и дизельные. Также свой вклад вносят объекты энергетики, теплоснабжения, промышленность.

Значительный рост количества личных автомобилей усугубляют эту проблему. Растущая интенсивность движения без развития общественного транспорта приводит к регулярному возникновению сетевых заторов и повышенному выбросу опасных соединений в воздухе.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ. Оказываясь в организме, диоксид азота раздражает дыхательные пути. При кратковременном воздействии может вызвать кашель или затруднения дыхания. Более длительное воздействие повышенных концентраций NO₂ может способствовать развитию астмы и потенциально повышать восприимчивость к респираторным инфекциям. Люди, страдающие астмой, а также дети и пожилые люди, как правило, подвергаются большему риску воздействия NO₂ на здоровье. Опасность отравления диоксидом азота состоит в том, что на первых этапах оно практически незаметно и проходит бессимптомно. Симптомы проявляются только в случае попадания значительного объема газа в организм. Первыми признаками отравления считаются головная боль, общая слабость, боли в области груди, кашель и спазмы. При усугублении интоксикации растет температура тела, усиливается тошнота, появляется кашель с мокротой, а также нарушается работа легких и других органов дыхания.

NO_x в атмосферном воздухе влияют не только на здоровье человека, но и на окружающую среду. Вступая в реакцию с водой и другими химическими веществами в воздухе, образуют кислотные дожди, которые наносят экологический ущерб экосистемам, такими как леса и озера.

ДИОКСИД СЕРЫ ИЛИ SO₂^{9,10}

SO₂ бесцветный газ с острым запахом — крайне токсичное вещество. При повышенных концентрациях он может оказывать пагубное воздействие на здоровье человека, приводит к закислению почвы, интоксикации животных,

растений, нарушению баланса экосистемы. Это вещество считается одним из самых рискованных для атмосферы Земли. Также как NO_2 и другие окислы азота, SO_2 вступая в химическую реакцию с другими соединениями в воздухе, могут образовывать мелкие частицы (вторичные РМ), что способствует загрязнению атмосферного воздуха РМ частицами.

ИСТОЧНИКИ SO_2 В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ. Одним из важных источников SO_2 в воздухе является сжигание ископаемого топлива (уголь, мазут) на теплоэлектростанциях и других промышленных предприятий, а также выхлопные газы от автомобилей.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ. При повышении уровня оксидов серы (SO_x) в воздухе учащаются заболевания дыхательных путей, не исключено воздействие на слизистые оболочки, воспаление носоглотки, трахеи, бронхиты, кашель, хрипота и боль в горле. Воздействие SO_2 в концентрациях выше ПДК может вызвать нарушение функций дыхания и существенное увеличение предрасположенности к болезням дыхательных путей.

Особенно высокая чувствительность к воздействию SO_2 наблюдается у людей с хроническими нарушениями органов дыхания, с астмой. В газообразной форме SO_2 может вызывать раздражение органов дыхания, а в случае краткосрочного воздействия высоких доз в зависимости от индивидуальной чувствительности может наблюдаться обратимый эффект на функцию легких.

ФОРМАЛЬДЕГИД ИЛИ НСОН ¹¹

НСОН — это бесцветный горючий газ при комнатной температуре с сильным запахом. Воздействие формальдегида может вызвать неблагоприятные последствия для здоровья.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ. НСОН может вызвать раздражение кожи, глаз, носа и горла. Высокий уровень воздействия может вызвать некоторые виды рака.

ИСТОЧНИКИ НСОН В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ. Основными источниками являются электростанции, производственные предприятия, мусоросжигательные заводы и выхлопные газы автомобилей, а также курение — еще один важный источник формальдегида.

СТАНДАРТЫ

В Кыргызской Республике Постановлением Правительства № 201 от 11 апреля 2016 года утверждены гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», которые устанавливают, что предельно допустимые максимальные разовые (ПДКм.р.) концентрации для PM_{10} и $PM_{2.5}$ не должны превышать 300 мкг/м^3 и 160 мкг/м^3 соответственно, в то же время среднесуточные (ПДКс.с.) концентрации PM_{10} и $PM_{2.5}$ не должны превышать 60 мкг/м^3 и 35 мкг/м^3 соответственно, а среднегодовые концентрации PM_{10} и $PM_{2.5}$ не должны превышать 40 мкг/м^3 и 25 мкг/м^3 соответственно (таблица 1).

Таблица 1. ПДК загрязнителей в атмосферном воздухе населенных мест по данным гигиенических нормативов КР и рекомендаций Всемирной Организации

Название загрязнителя	Гигиенические нормативы КР, (мкг/м ³)			Рекомендации ВОЗ ¹² , (мкг/м ³)	
	Максимальная разовая	Средняя суточная	Средняя годовая	Средняя суточная	Средняя годовая
PM_{10}	300	60	40	45	15
$PM_{2.5}$	160	35	25	15	5
NO_2	85	40		25	10
SO_2	500	50		40	
NO	400	60			
$HCOH$	35	3			

ИНДЕКС КАЧЕСТВА ВОЗДУХА (англ. Air Quality Index — AQI)

Индекс качества воздуха (ИКВ) — это индекс, который показывает ежедневное состояние атмосферного воздуха и как определенное загрязнение воздуха может влиять на здоровье населения. ИКВ помогает обычным людям понимать качество воздуха по показаниям и по цвету.

В международной практике ИКВ высчитывают для нескольких загрязнителей воздуха, к которым относятся также твердые частицы. Различные индексы и цветовые гаммы используются в зависимости от страны. Например, Агентство по охране окружающей среды США использует индекс, который варьируется от 0 до 500. Чем выше индекс, тем опаснее загрязнение. Значение индекса зависит от концентрации загрязнителя в атмосферном воздухе.

В зависимости от значения ИКВ, используется соответствующий цвет. Градация из шести цветов (зеленый, желтый, оранжевый, красный, фиолетовый и бордовый) показывает влияние загрязнения на здоровье население (EPA, 2018).¹³

Ниже показана таблица 2 с ИКВ и соответствующей среднесуточной концентрации $PM_{2.5}$. Для примера, при среднесуточной концентрации, не превышающей 12 мкг/м^3 индекс в пределах 50 и фон цвета индекса зеленый, что означает удовлетворительное качество воздуха.

В таблице 3 описано, насколько определенное загрязнение в зависимости от индекса опасно для здоровья.

ИКВ используется во многих странах и приведенный пример индекса в США показывает его положительные аспекты в повышении осведомленности населения о качестве воздуха. К сожалению, в Кыргызской Республике не принята методика ИКВ и при оценке качества атмосферного воздуха официально не используется.

Таблица 2. Индекс качества воздуха и соответствующая среднесуточная концентрация $PM_{2.5}$ согласно стандартам Агентства по охране окружающей среды США¹⁴

Показатели	Хороший	Средний	Нездоровый для чувств. людей	Нездоровый	Очень нездоровый	Опасный
Индекс качества воздуха (AQI)	0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	301-500
Среднесуточная концентрация $PM_{2.5}$ (мкг/м ³)	0 – 12.0	12.1 - 35.4	35.5 - 55.4	55.5 - 150.4	150.5 - 250.4	250.5 - 500.4

Таблица 3. Описание каждой категории индекса качества воздуха согласно стандартам Агентства по охране окружающей среды США (US-EPA 2019)¹⁴

0-50	хорошо	Качество воздуха считается удовлетворительным, и загрязнение воздуха представляется незначительным в пределах нормы.
51-100	удовлетворительное	Качество воздуха является приемлемым; однако некоторые загрязнители могут представлять опасность для людей, являющихся особо чувствительным к загрязнению воздуха.
101-150	нездоровый для чувствительных групп	Может оказывать эффект на особо чувствительную группу лиц. На среднего представителя не оказывает видимого воздействия.
151-200	нездоровый	Каждый может начать испытывать последствия для своего здоровья; особо чувствительные люди могут испытывать более серьезные последствия.
201-300	очень нездоровый	Опасность для здоровья от чрезвычайных условий. Это отразится, вероятно, на всем населении.
300+	опасный	Опасность для здоровья: каждый человек может испытывать более серьезные последствия для здоровья.

СТАНЦИИ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В БИШКЕКЕ

1. ДАТЧИКИ AIRKAZ, УСТАНОВЛЕННЫЕ ОО «МУВГРИН»

Используемые в отчете датчики AirKaz были установлены в 2018 году в различных частях города. В западной части города расположены датчики на ул. Бейшеналиевой/ Токтогула (район Ошского рынка), в районе ЗАО «ШОРО» и в районе жилмассива Ала-Тоо, в центральной части города — район Восток-5, в юго-западной части — микрорайон Джал, в южной части города — на территории Кыргызского Государственного Университета Строительства, Транспорта и Архитектуры им. Н. Исанова (КГУСТА), в северной части города — в районе крупного рынка Дордой (рынок Алкан).

Следует отметить, что часть датчиков, после (весна-осень), а иногда и во время зимнего сезона, проходят техническое обслуживание. Это связано с тем, что загрязнение зимой очень высоко и вызывает «забивание» фильтров датчика и сбои в работе. Показатели некоторых датчиков были отрывочными (из-за периодических технических неполадок или проблем со связью и светом) и поэтому не представили полной картины по качеству воздуха за анализируемый период. Поэтому в отчете использованы все возможные данные работающих датчиков.

Датчики AirKaz определяют мелкодисперсные твердые частицы в воздухе (PM₁₀, PM_{2.5}), данные с них (по PM_{2.5}) ежечасно передаются и отображаются в мобильном приложении и на сайте AQ.kg, а также на сайте <https://airkaz.org/bishkek.php>.

Датчики AirKaz сертифицированы Центром стандартизации и метрологии Министерства экономики КР (Кыргызстандарт) в марте 2019 года и внесены в Государственный реестр средств измерений Кыргызской Республики (рисунок 2).



Рисунок 2. Фотография установленного датчика AirKaz (слева) и сертификат, выданный Кыргызстандартом (справа)

2. ПОСТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА (ПНЗ) КЫРГЫЗГИДРОМЕТА В ГОРОДЕ БИШКЕК

Под ведомством Кыргызгидромета находятся 7 ПНЗ, которые были установлены в середине 70-х и в начале 80-х гг. Посты работают в ручном режиме и измеряют диоксид серы, оксид и диоксид азота, формальдегид и аммиак. Посты расположены в разных частях города Бишкек (рисунок 3) по следующим адресам:

ПНЗ № 1	пересечение улиц Манаса и Московской
ПНЗ № 2	ОГМС Бишкек, ул. Луцких, 79
ПНЗ № 3	пересечение улиц Салиевой (№ 154) и Веселой
ПНЗ № 4	пересечение улиц Жибек Жолу и Ибраимова
ПНЗ № 5	детская туберкулезная больница № 1, 7 м-рн, д. 5/1
ПНЗ № 6	пересечение улиц Месароша и М. Абдраева
ПНЗ № 7	пересечение улиц Аул и Елебесова

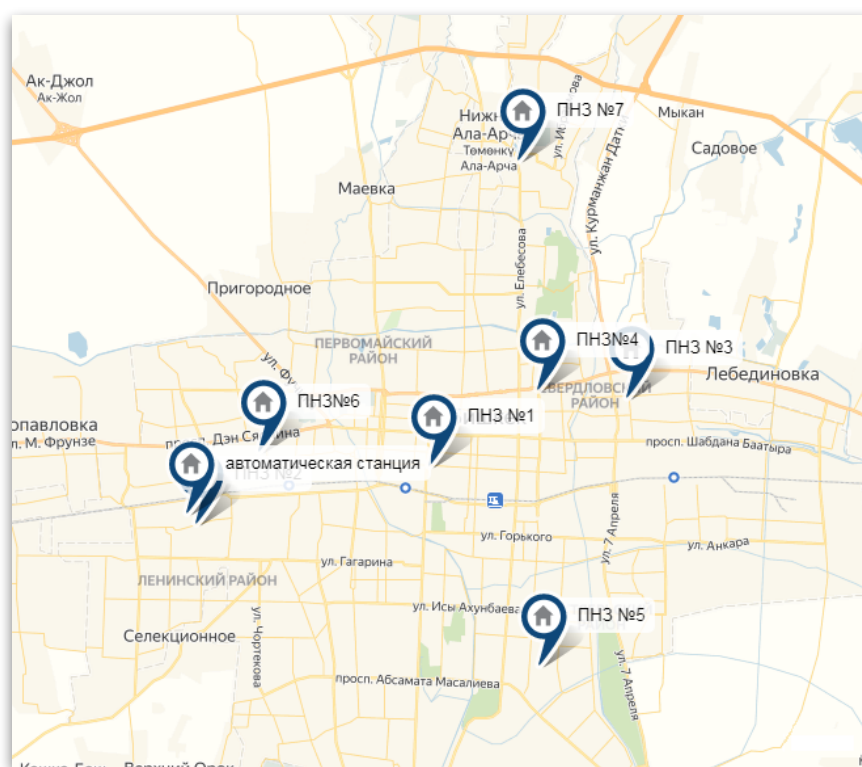


Рисунок 3. Карта-схема расположения ПНЗ в городе Бишкек¹⁵

3. ДАТЧИКИ CLARITY NODE-S, УСТАНОВЛЕННЫЕ КЫРГЫЗГИДРОМЕТОМ В ГОРОДЕ БИШКЕК

В январе 2021 года в городе и районах, прилегающих к городу, Кыргызгидрометом были установлены 50 датчиков «Clarity Node-S», приобретённых при финансовой поддержке Азиатского банка развития¹⁶, которые измеряют твердые частицы (PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀) и диоксид азота (NO₂). Карту с месторасположением датчиков со значениями можно посмотреть на сайте Кыргызгидромета <http://gov.meteo.kg/?map=5> (рисунок 4).

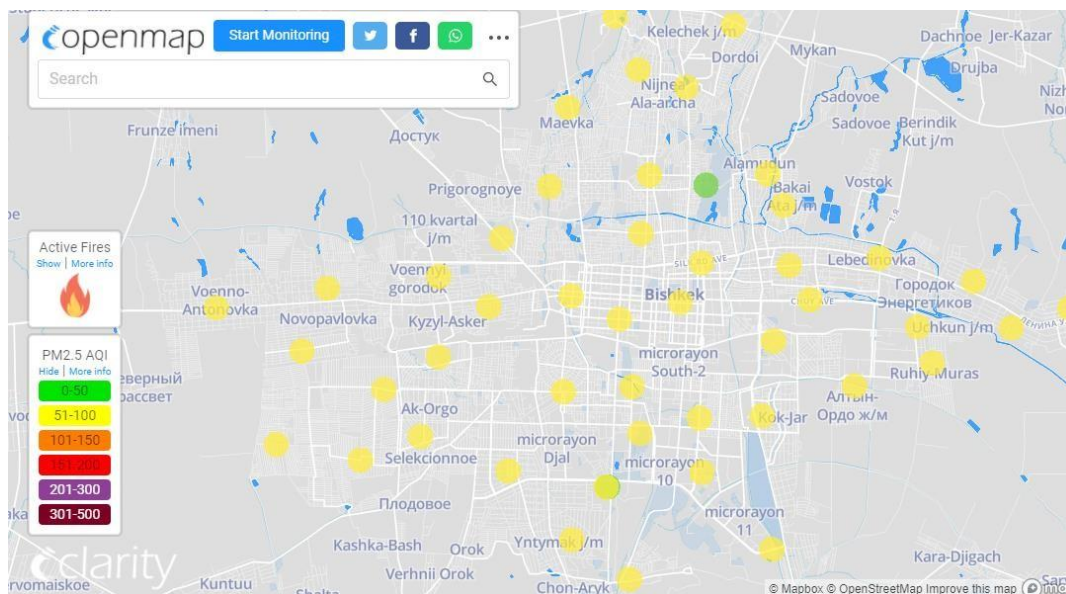


Рисунок 4. Карта с месторасположением датчиков Clarity Node-S в Бишкеке¹⁷

4. УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА (PM_{2.5}) ПРИ ПОСОЛЬСТВЕ США В БИШКЕКЕ

Устройство для мониторинга качества воздуха (рисунок 5), было одобрено Агентством по Охране Окружающей Среды США (US EPA) и установлено в декабре 2018 года на территории Посольства. Позже было зарегистрировано Центром стандартизации и метрологии Министерства экономики КР (Кыргызстандарт) и внесено в Государственный реестр средств измерений Кыргызской Республики.

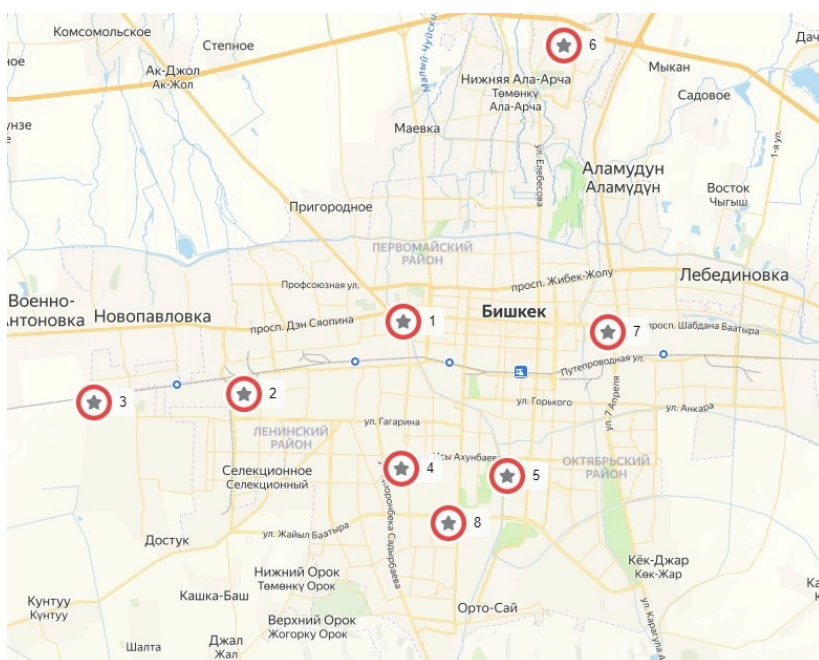
Данные с мониторинговой станции, установленной Посольством США были скачаны с сайта [https://www.airnow.gov/international/us-embassies-and-consulates/#Kyrgyzstan\\$Bishkek](https://www.airnow.gov/international/us-embassies-and-consulates/#Kyrgyzstan$Bishkek).



Рисунок 5. Фотография мониторинговой станции Посольства США, г. Бишкек¹⁸

На сайте доступна среднечасовая концентрация $PM_{2.5}$. Измерение концентраций $PM_{2.5}$ проводится ежедневно 24 часа (с 00:00 до 23:00).

Более подробная информация о месторасположении вышеперечисленных мониторинговых устройств $PM_{2.5}$ приведена на карте ниже (рисунок 6).



Обозначения:

1. Западная часть (Ошский рынок)
2. Западная часть (ЗАО «Шоро»)
3. Западная часть (ж-м Ала-Тоо)
4. Юго-западная часть (мкр Джал)
5. Южная часть (КГУСТА)
6. Северная часть (рынок Алкан)
7. Центральная часть (мкр. Восток-5)
8. Южная часть (Посольство США)

Рисунок 6. Карта города Бишкек с месторасположением мониторинговых станций по качеству воздуха ($PM_{2.5}$), используемых в отчете

Данный отчет сфокусирован на всех загрязнителях, определяемых на мониторинговых устройствах в Бишкеке, описанных выше.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2.5}) — ДАТЧИКИ «МУВГРИН»

Рассмотрим данные, полученные по городу Бишкек за 2022 г. (весна, лето и осень 2022 г. и зима 2022-2023 гг.) с датчиков ОО «МувГрин». На графике 1 приводим данные по среднесуточной концентрации PM_{2.5}, характерной для определенного сезона года и для наглядности линии ПДК и ПДКм.р. КР.

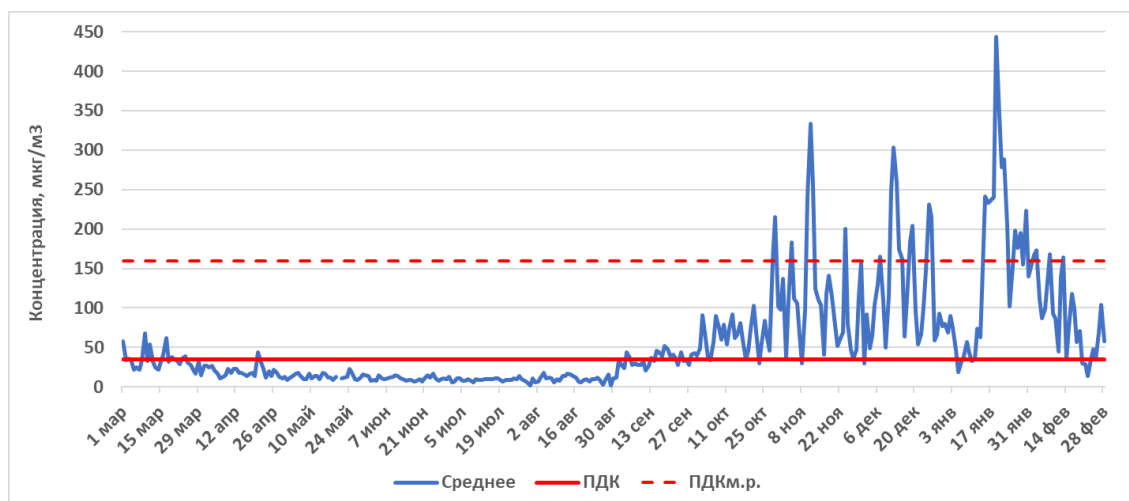


График 1. Средняя суточная концентрация PM_{2.5} в городе Бишкек за 2022 год (весна, лето и осень 2022 г. и зима 2022-2023 гг.) с линиями ПДК КР — ПДК и ПДКм.р.

Качество воздуха весной было удовлетворительное, хотя март был достаточно загрязненным месяцем весеннего периода. Это объясняется тем, что стоят еще относительно низкие температуры воздуха, население все еще использует печное отопление в частном секторе, продолжается отопительный период и на ТЭЦ города.

Концентрации PM_{2.5} в среднем за месяц в это время составляют 38-49 мкг/м³, что выше среднесуточных национальных нормативов КР (ПДК, 35 мкг/м³) в 1.1-1,4 раза. В отдельные дни марта загрязнение здесь могло достигать 80-92 мкг/м³ или 2.3-2.6 ПДК. Меньшее загрязнение наблюдалась в центральной части города (Восток-5), а большее — в районе Ошского рынка, за счет большего количества частных самостоятельно отапливаемых домов.

В апреле, с окончательным прекращением отопительного сезона, как в частном секторе, так и на ТЭЦ Бишкека, концентрация PM_{2.5} в воздухе понизилась во всем городе до безопасных значений. Май отличился наименьшими концентрациями за весь весенний сезон. Средние месячные концентрации PM_{2.5} в апреле-мае не превышали 22 мкг/м³ или 0.6 ПДК, во всех районах города. Исключение — один

день — 20 апреля, когда в районе Восток-5 концентрации повысились до 42 мкг/м³ или 1.2 ПДК, а в районе КГУСТА — до 61 мкг/м³ или 1.8 ПДК. Это объясняется сменой погоды и усилением ветра, соответственно, поднятием пыли в этот день.

Качество атмосферного воздуха летом по загрязнению твердыми частицами РМ_{2.5} было приемлемое на всей территории города (график 1). Наиболее чистой оказалась центральная часть города, несколько грязнее — его западная часть. Хотя предельно допустимые концентрации КР (ПДК=35 мкг/м³) нигде в городе и ни в какие дни не были превышены.

В июне и июле наблюдается похожее распределение загрязнения, как по значению, так и по территории города. Концентрации РМ_{2.5} изменялись от 2 до 17 мкг/м³, в отдельные дни загрязнение здесь могло достигать 12-28 мкг/м³. В августе картина загрязнения воздуха города твердыми частицами РМ_{2.5} в целом сохраняется, хотя загрязнение в разных частях города несколько отличается. В центральной части города загрязнение РМ_{2.5} равно 2 мкг/м³, а в отдельные дни поднимается до 4-12 мкг/м³. В западной части города концентрации РМ_{2.5} выше — 21 мкг/м³, а в отдельные дни достигают 31 мкг/м³.

Осенью наиболее чистым оказался сентябрь, а в октябре и ноябре — с установлением холодной погоды и началом отопительного сезона качество воздуха резко ухудшилось (график 1). К сожалению, стабильно работал только датчик в северной загрязненной части города, остальные датчики работали нестабильно и с перерывами, так как их отправляли на техническое обслуживание и ремонт перед зимним сезоном. В других частях города, особенно в южной, загрязнение воздуха РМ_{2.5}, возможно, было несколько слабее.

В сентябре концентрации РМ_{2.5} в северной части города составляли 35 мкг/м³ или 1.0 ПДК КР, в отдельные дни загрязнение здесь могло достигать 52 мкг/м³ или 1.5 ПДК. В октябре среднее за месяц загрязнение РМ_{2.5} возросло в два раза до 74 мкг/м³ или 2.1 ПДК КР, а в отдельные дни среднее за день значение РМ_{2.5} достигало 215 мкг/м³ или 6.0 ПДК КР (это больше, чем максимальная разовая концентрация РМ_{2.5}, ПДК м.р. равна 160 мкг/м³). Как правило, наибольшее загрязнение пришлось на конец месяца, когда наблюдались относительно низкие температуры воздуха и население начало активно отапливаться. В ноябре начался полноценный отопительный период, поэтому загрязнение твердыми частицами еще больше возросло. Средняя за месяц концентрация РМ_{2.5} составила 114 мкг/м³ или 3.2 ПДК, а максимальная за день увеличилась до 334 мкг/м³ или 9.5 ПДК (это так же больше, чем ПДК м.р.).

В течении всей зимы 2022-2023 гг. загрязнение города Бишкек во всех его частях было очень высоким, особенно в западной части. В декабре и январе значительному загрязнению воздуха и накоплению твердых частиц РМ_{2.5} в воздухе

способствовали погодные условия. Это очень низкие температуры воздуха (ночные ниже -20 °С, дневные не выше -4 °С), отсутствие осадков, штили или очень слабые ветра, термическая инверсия.

В декабре средняя месячная концентрация $PM_{2.5}$ в центральной части города составила 175 мкг/м³ (т.е. 5.0 ПДК). Максимальные концентрации твердых частиц в отдельные дни месяца могли достигать очень больших значений, когда были превышены не только средние суточные ПДК в 10.1 раз, составляя 355 мкг/м³, но и максимальные разовые ПДК в 2.2 раза. Наименьшее значение концентрации $PM_{2.5}$ не опускалось ниже уровня ПДК и составило 66 мкг/м³ (1.9 ПДК).

В январе средняя месячная концентрация твердых частиц в воздухе в центральной части города стала еще больше — 202 мкг/м³ (5.8 ПДК). Максимальные средние значения концентрации $PM_{2.5}$ в отдельные дни были уже 510 мкг/м³, т.е. превышали ПДК в 14.6 раза, а ПДКм.р. в 3.2 раза. При этом, когда выпадали обильные осадки, воздух немного очищался и концентрация $PM_{2.5}$ составляла всего 44 мкг/м³ (1.2 ПДК). В январе также был установлен датчик в западной части города в жилмассиве Ала-Тоо, который имеет полностью печное отопление. За 13 дней работы датчика (с 19 по 31 января) средняя концентрация $PM_{2.5}$ составила 288 мкг/м³ или 8.2 ПДК (1.8 ПДК м.р.), максимальная средняя суточная концентрация твердых частиц — 565 мкг/м³ или 16.2 ПДК (3.5 ПДК м.р.). Минимальная средняя суточная концентрация $PM_{2.5}$ не опускалась ниже 118 мкг/м³ или 3.4 ПДК (0.7 ПДК м.р.).

Датчики в центральной и западной частях города проработали до 14 февраля, далее из-за технических неполадок, вызванных сильным загрязнением воздуха («забивание» фильтров датчика и, как следствие, сбоев в работе) вышли из строя. Концентрация $PM_{2.5}$ в воздухе уменьшилась за эти 14 дней и в среднем составила в центральной части 114 мкг/м³ (3.3 ПДК), в западной части — 261 мкг/м³ (7.5 ПДК). Максимальная средняя за сутки концентрация $PM_{2.5}$ в центральной части была 211 мкг/м³ (т.е. 6.0 ПДК), а в западной части — 457 мкг/м³ (т.е. 13.1 ПДК или 3.0 ПДК м.р.), минимальная превышала ПДК в 1.4-1.9 раза и составила 49-66 мкг/м³.

В феврале также имеются данные по новому датчику, установленному 10 февраля в юго-западной части города в микрорайоне Джал. Загрязнение воздуха в этой части города за время работы датчика составило 69 мкг/м³ (2.0 ПДК). Максимальная средняя за сутки концентрация $PM_{2.5}$ была 143 мкг/м³ (4.1 ПДК), а минимальная — 15 мкг/м³, т.е. была ниже уровня ПДК.

Общее количество дней, где загрязнение твердыми частицами $PM_{2.5}$ превысили национальные нормативы КР (ПДК и ПДКм.р.) и нормативы ВОЗ представлено на графике 2. При этом, приведены данные самых загрязненных частей города, где установлены датчики ОО «МувГрин».

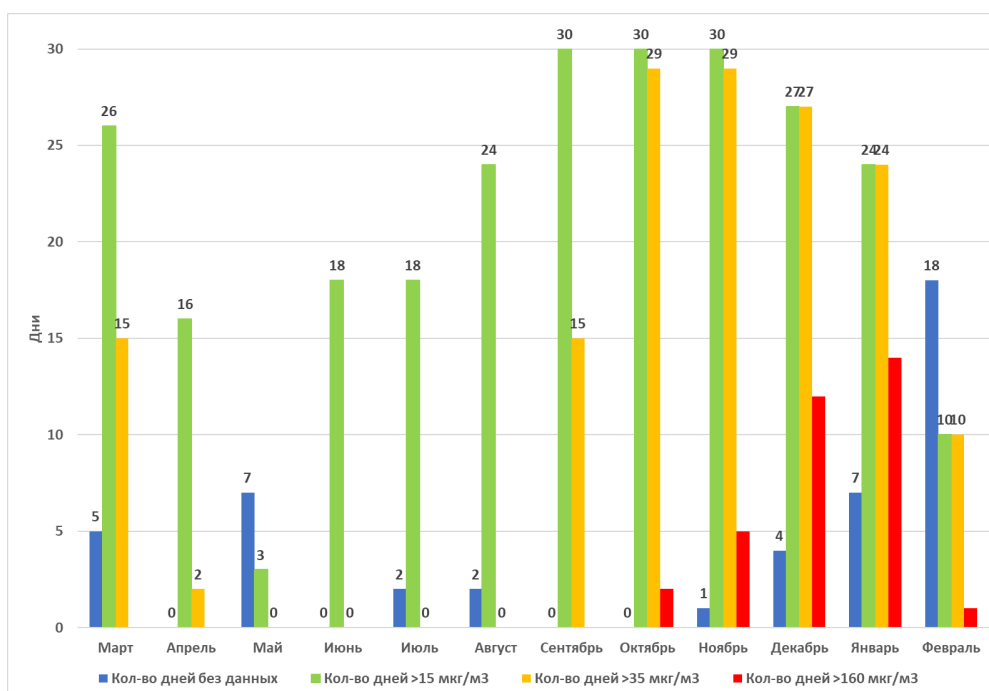


График 2. Количество дней, где превышены среднесуточные нормативы для PM_{2.5} (КР — ПДК и ПДКм.р., ВОЗ) в атмосферном воздухе за 2022 г. (весна, лето и осень 2022 г. и зиму 2022-2023 гг.)

Согласно нормативам КР ПДК и ПДКм.р., рекомендациям ВОЗ, концентрация твердых частиц не должна превышать, соответственно, 35 и 160, 15 мкг/м³.

Весной фиксировались только превышения по нормативам ПДК КР (35 мкг/м³) и нормативам ВОЗ (15 мкг/м³). В марте количество дней с превышением среднесуточных ПДК КР составило 15 дней, а ПДК ВОЗ — 26 дней из 31 дня. В апреле, с окончанием отопительного периода, количество дней с превышением среднесуточных ПДК КР для PM_{2.5} падает до 2 дней, но все еще относительно велико число дней с превышением ПДК ВОЗ — 16 дней из 30 дней в месяце. Май оказался самым «чистым месяцем» весны. Превышений ПДК КР для PM_{2.5} не наблюдалось, но было 3 дня, когда были превышены ПДК ВОЗ.

Летом, во все месяцы сезона, наблюдается только превышение ПДК ВОЗ от 18 до 24 дней каждый месяц. И можно говорить, что это самый чистый сезон.

Во все дни осени были превышены нормативы ВОЗ по содержанию твердых частиц в воздухе. Количество дней с концентрациями PM_{2.5}, превышающими среднесуточные нормативы КР (30 мкг/м³), увеличивалось от месяца к месяцу и в зависимости от наступления отопительного сезона. Так, в сентябре фиксировалось 15 таких дней, в октябре и ноябре — уже по 30 дней. Кроме этого, в самые холодные дни наблюдается концентрации выше ПДК м.р. — в октябре 2 дня, в ноябре — 5 таких дней.

Во все дни зимы (когда проводились наблюдения) в городе были превышены нормативы КР по ПДК и рекомендации ВОЗ по содержанию твердых частиц в воздухе. В декабре было 27 таких дней, в январе — 24 дня и в феврале — 10 дней.

В примерно половине дней наблюдений превышены нормативы КР по ПДКм.р., в декабре — 12 из 27 дней и январе — 14 из 24 дней, в феврале был 1 такой день.

Дней, когда наблюдений не проводилось или они были за неполный день было в декабре — 4 дня, в январе — 7 дней, а в феврале было 18 дней без данных.

На графике 3 показан суточный ход концентраций $PM_{2.5}$, усредненных по рассматриваемым периодам года (весна, лето и осень 2022 г., зима 2022-2023 гг.).

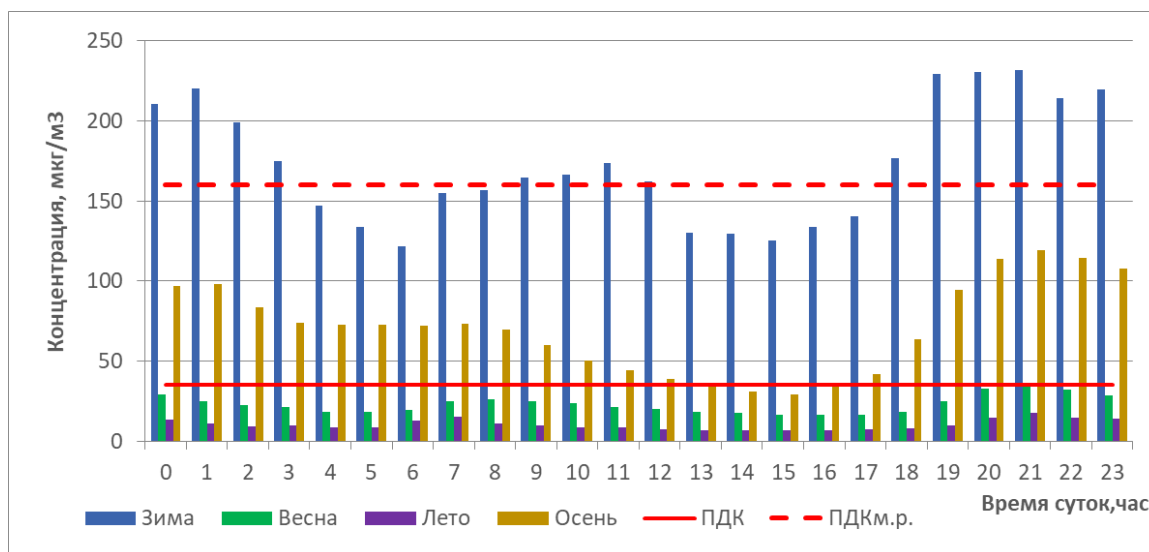


График 3. Суточный ход усредненных часовых концентраций $PM_{2.5}$
за период — весна, лето, и осень 2022 г., зима 2022-2023 гг.

Весной наибольшее повышение концентраций $PM_{2.5}$ наблюдалось с 18:00 вечера до 00:00 ночи. В центральных районах города, где практически нет частного сектора, такое повышение начиналось в 20:00. Максимальные значения концентрации $PM_{2.5}$ фиксировались на всех датчиках в 20:00-22:00 вечера и составляли в зависимости от района города в марте — 59-88 мкг/м³ (1,7-2,5 ПДК), апреле — 29 мкг/м³ (1,8 ПДК) и мае 14-24 мкг/м³ (0,4-0,7 ПДК).

Второе, менее выраженное повышение концентраций приходилось на утро с 07:00 до 10:00, с максимумом в 08:00. Максимальные значения $PM_{2.5}$ составляли в марте до 53 мкг/м³ (1,5 ПДК), в апреле до — 25 мкг/м³ (0,7 ПДК), а в мае уже — 23 мкг/м³ (0,7 ПДК).

Наилучшее качество воздуха весной наблюдалось днем с 13:00 до 17:00, утром в 04:00-05:00. Наименьшие значения концентрации $PM_{2.5}$ приходились на 15:00-16:00 и не превышали ПДК КР.

Летом наибольшее повышение концентраций $PM_{2.5}$ наблюдалось так же как и весной с 20:00 вечера до 00:00 ночи. Максимальные значения $PM_{2.5}$ фиксировались в 21:00 вечера и составляли в зависимости от месяца летнего периода в западной части города — от 27 до 34 $мкг/м^3$ (до 1.0 ПДК), в центральной части — от 3 до 6 $мкг/м^3$ (до 0.2 ПДК).

Второе, менее выраженное повышение концентраций $PM_{2.5}$ приходилось на утро с 06:00 до 08:00, с максимальными значениями в 07:00 утра в западной части города — 19-30 $мкг/м^3$ (до 0.9 ПДК), а центре — 5-12 $мкг/м^3$ (до 0.4 ПДК).

Наилучшее качество воздуха летом наблюдается днем с 13:00 дня до 16:00 вечера, когда в центре города загрязнение воздуха твердыми частицами не превышает 1 $мкг/м^3$, а в его западной части — 12 $мкг/м^3$.

Осенью наибольшее повышение концентраций $PM_{2.5}$ (в северной части города) наблюдается с 19:00 вечера до 01:00 ночи во все месяцы осени. Максимальные значения $PM_{2.5}$ фиксируются вечером в 21:00 (сентябрь и октябрь) или ночью в 00:00-01:00 (в ноябре) и составляют в зависимости от месяца осеннего периода — от 54 до 166 $мкг/м^3$ (от 1.5 до 4.7 ПДК).

Наименьшее загрязнение наблюдается днем с 13:00 дня до 17:00 вечера с минимальными значениями в 15:00, когда концентрации $PM_{2.5}$ опускаются до 15 $мкг/м^3$ в сентябре, 23 $мкг/м^3$ — в октябре и 34 $мкг/м^3$ — в ноябре.

Зимой наибольшее повышение концентраций $PM_{2.5}$ наблюдается с 19:00 вечера до 02:00 ночи во все месяцы зимы. Максимальные средние значения $PM_{2.5}$ в это время достаточно велики — выше уровня ПДК и ПДКм.р., особенно в январе. Так, в декабре концентрации $PM_{2.5}$ составляют 200-224 $мкг/м^3$ (от 5.7 до 6.4 ПДК или до 1.4 ПДКм.р.), в январе увеличиваются до 263-305 $мкг/м^3$ (7.5-8.7 ПДК или 1.6-1.9 ПДКм.р.), в феврале наблюдаются самые низкие значения 152-212 $мкг/м^3$ (4.3- 6.1 ПДК или до 0.9-1.3 ПДКм.р.).

С 07:00 до 12:00 утра значение концентраций $PM_{2.5}$ находится примерно на одном высоком уровне (второй максимум), который превышает также не только ПДК, но и ПДКм.р., за исключением февраля. В декабре концентрации достигают 180 $мкг/м^3$ (5.1 ПДК или 1.1 ПДКм.р.), в январе — 236 $мкг/м^3$ (6.7 ПДК или 1.5 ПДКм.р.), в феврале наблюдаются самые низкие значения до 118 $мкг/м^3$ (3.4 ПДК или до 0.7 ПДКм.р.).

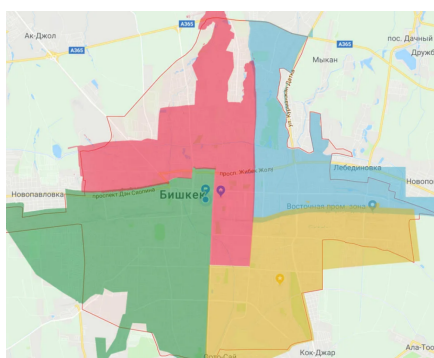
Наименьшее загрязнение наблюдается утром в 05:00-06:00 и с 13:00 дня до 16:00 вечера, когда концентрации $PM_{2.5}$ опускаются ниже уровня ПДКм.р., в декабре до 135 $мкг/м^3$ (3.9 ПДК), в январе до 148 $мкг/м^3$ (4.2 ПДК) и в феврале до 68 $мкг/м^3$ (1.9 ПДК).

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2.5}) ПО ДАННЫМ КЫРГЫЗГИДРОМЕТА

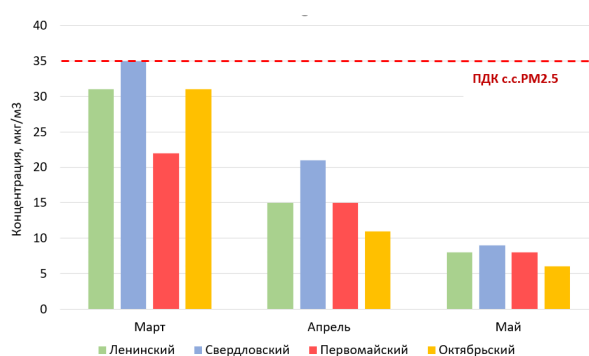
ПО ДАННЫМ С УСТРОЙСТВ CLARITY NODE-S КЫРГЫЗГИДРОМЕТА

Данные с устройств Clarity Node-S Кыргызгидромета за весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. были заимствованы из Информационного бюллетеня Кыргызгидромета.¹⁹ Большой охват сети данных устройств (рисунок 4) позволил получить данные, не в определенном месте города, а в отдельных его районах и в различные месяцы сезоны года (графики 4).

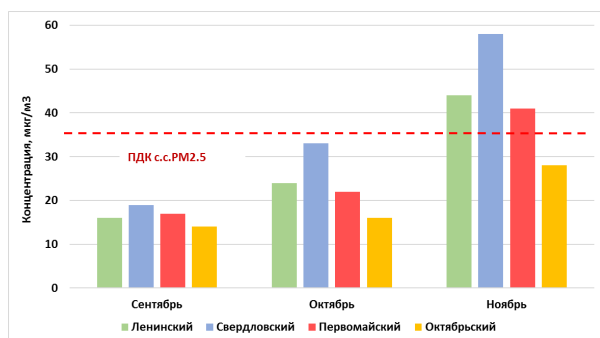
А) Районы города Бишкек



Б) Весна



В) Осень



Г) Зима

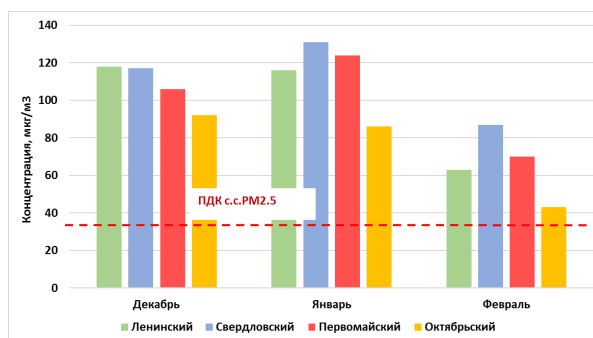


График 4. Среднемесячная концентрация PM_{2.5} в различных районах города Бишкек за весну и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. по данным с устройств Clarity Node-S Кыргызгидромета и карта районов города

Весной средние месячные концентрации $PM_{2.5}$ в целом по городу (график 4) не превысили средние суточные ПДК (35 мкг/м^3) во все месяцы. Наибольшее загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ было в марте и составило 30 мкг/м^3 или 0.9 ПДК, в апреле оно уменьшилось до 20 мкг/м^3 или 0.6 ПДК, а мае — до 8 мкг/м^3 или 0.2 ПДК.

Самым загрязненным во все месяцы весеннего периода оказался Свердловский район города (график 4), в остальных районах — Ленинском, Первомайском и Октябрьском загрязнение $PM_{2.5}$ держалось примерно на одном уровне.

В марте наибольшие концентрации $PM_{2.5}$ в Свердловском районе достигли 84 мкг/м^3 или 2.4 ПДК, в остальных районах были на уровне от 47 мкг/м^3 или 1.3 ПДК (Первомайский район) до 77 мкг/м^3 или 2.2 ПДК (Октябрьский район). В апреле максимальные концентрации $PM_{2.5}$ превысили ПДК только в Свердловском районе и достигали 60 мкг/м^3 или 1.7 ПДК. В мае концентрации во всех районах города не поднимались выше ПДК.

Дней, когда были превышены ПДК, в марте было 12 из 31 дня, а в апреле — всего 3 дня из 30 дней наблюдений.

Летом, средние месячные концентрации $PM_{2.5}$ как в целом по городу, так и в его отдельных районах, не превысили средние суточные ПДК (35 мкг/м^3) во все месяцы. В июне загрязнение воздуха по всем районам города в целом не превышало 15 мкг/м^3 , в июле — 20 мкг/м^3 , а в августе — 25 мкг/м^3 .

Дней, когда были превышены ПДК не наблюдалось.

Осенью средние месячные концентрации $PM_{2.5}$ в целом по городу (графики 4) не превысили средние суточные ПДК (35 мкг/м^3) в сентябре и октябре, составили соответственно — 17 и 24 мкг/м^3 . В ноябре, когда население уже активно отапливалось, они увеличились примерно в два раза до 43 мкг/м^3 или до 1.2 ПДК.

Самым загрязненным во все месяцы осеннего периода был Свердловский район города (график 4), а самым чистым — Октябрьский, где даже в ноябре загрязнение $PM_{2.5}$ не превысило ПДК.

Максимальные концентрации $PM_{2.5}$ во всех районах города в сентябре не превысили ПДК (35 мкг/м^3). В октябре, с началом отопительного сезона во второй половине месяца, максимальные значения концентрации твердых частиц могли достигать — 172 мкг/м^3 или 4.9 ПДК в Свердловском районе, в других районах было на уровне — от 39 мкг/м^3 или 1.1 ПДК (Октябрьский район) до 91 мкг/м^3 или 2.6 ПДК (Ленинский район). В ноябре, они могли достигать уже в Свердловском районе 384 мкг/м^3 или 10.9 ПДК, Ленинском и Первомайском — 174 мкг/м^3 или 5.0 ПДК, а в Октябрьский районе — 104 мкг/м^3 или 3.0 ПДК.

При этом, соответственно увеличению средних концентрации $PM_{2.5}$ по городу в целом от одного осеннего месяца к другому увеличивалось количество дней с превышениями ПДК. Так, в сентябре наблюдался всего 3 дня с превышением ПДК, в октябре наблюдалось уже 23 таких дня. В ноябре было зафиксировано 24 дня, когда наблюдалось превышение ПДК.

Во все месяцы зимы средние месячные концентрации $PM_{2.5}$ в целом по городу и в каждом из его районов (график 4) превысили средние суточные ПДК (35 мкг/м^3). Наибольшее загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ было в декабре и январе, и составило соответственно 108 и 114 мкг/м^3 или 3.1 и 3.3 ПДК, в феврале оно уменьшилось до 66 мкг/м^3 или 1.9 ПДК,

Максимальная концентрация $PM_{2.5}$ в декабре составила 287 мкг/м^3 (8.2 ПДК или 1.8 ПДКм.р.) и наблюдалась в Ленинском районе, а в Октябрьском районе она была самая «низкая» — 226 мкг/м^3 (6.5 ПДК или 1.4 ПДКм.р.). В январе она могла достигать уже в Свердловском районе 384 мкг/м^3 или 10.9 ПДК, Ленинском и Первомайском — 255 мкг/м^3 или 7.5 ПДК, а в Октябрьский районе — 207 мкг/м^3 или 5.9 ПДК. В феврале средние месячные концентрации $PM_{2.5}$ снизились, уменьшились и максимальные концентрации $PM_{2.5}$ до $125\text{-}160 \text{ мкг/м}^3$ ($3.6\text{-}4.6$ ПДК) — в Первомайском, Ленинском и Свердловском районах, до 93 мкг/м^3 (2.7 ПДК) — в Октябрьском районе.

При этом, в декабре все дни (31 день) были загрязненными твердыми частицами $PM_{2.5}$ во всех районах города за исключением Октябрьского района, где не только несколько меньше загрязнение, но и было 28 дней с загрязнением. В январе количество дней с загрязнением снизилось до 27 дней, и до 20 дней в Октябрьском районе. В феврале, в зависимости от района было зафиксировано 24-27 дней, когда наблюдалось превышение ПДК, исключение — Октябрьский район, где было 17 таких дней.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВ — ПОСТЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КЫРГЫЗГИДРОМЕТА

Наблюдения за загрязнением воздуха вредными газами проводятся Кыргызгидрометом на семи ПНЗ города Бишкек (их расположение приведено на рисунке 3). Ниже приведена таблица 4, где плюсами отмечены загрязнители, определяемые на каждом НПЗ. Диоксид серы (SO₂) и диоксид азота (NO₂) измеряется на всех постах, остальные загрязнители — оксид азота (NO) и формальдегид (HCOH) — измеряются только на двух из семи ПНЗ.

Таблица 4. Загрязнители воздуха, определяемые на семи ПНЗ в городе Бишкек

	ПНЗ№1	ПНЗ№2	ПНЗ№3	ПНЗ№4	ПНЗ№5	ПНЗ№6	ПНЗ№7
SO ₂	+	+	+	+	+	+	+
NO ₂	+	+	+	+	+	+	+
NO	+		+				
HCOH	+			+			

Данные для описания загрязнения воздуха по НПЗ Кыргызгидромета за исследований период были заимствованы из Информационного бюллетеня Кыргызгидромета.²⁰

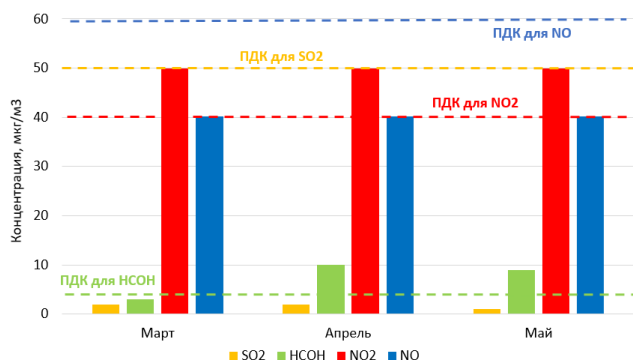
На графике 5 приведены значения для NO, NO₂, SO₂ и HCOH, которые измеряются на ПНЗ в городе. Пунктирной линией соответствующего цвета на графике выделяется зона превышения ПДК КР каждого загрязнителя.

Видно (график 5), что за исследуемый период — за весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. только два газа (NO₂ и HCOH) из четырех наблюдаемых на НПЗ Кыргызгидромет имели концентрации превышающие средние суточные ПДК КР. Концентрации остальных газов — NO и SO₂ в целом не вышли за пределы ПДК (были на уровне 0.02-1.0 ПДК) во все месяцы рассматриваемого периода. Повышенные концентрации NO₂ и HCOH на постах могут быть связаны с выхлопными выбросами от автотранспорта, т.к. часть постов находятся на пересечении загруженных автомобилями улиц.

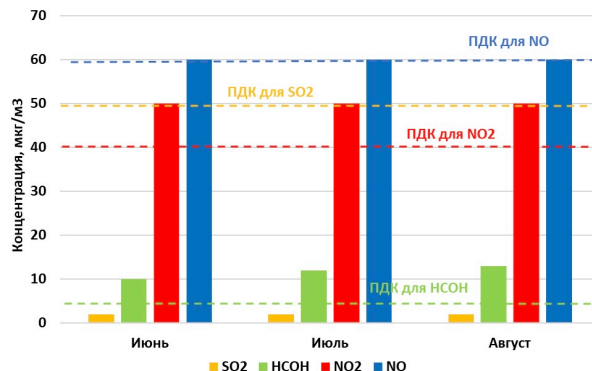
Весной концентрации NO₂ и HCOH составляли: NO₂ — во все месяцы весны — 50 мкг/м³ или 1.3 ПДК; HCOH — в марте — 3 мкг/м³ или 1.0 ПДК, а в апреле-мае 9-10 мкг/м³ или 3-3.3 ПДК.

Летом концентрация NO_2 осталась на уровне — 50 мкг/м^3 или 1.3 ПДК. Концентрация НСОН увеличилась и составляла в июне — 10 мкг/м^3 или 3.3 ПДК, в июле — 12 мкг/м^3 или 4.0 ПДК, в августе — 13 мкг/м^3 или 4.3 ПДК.

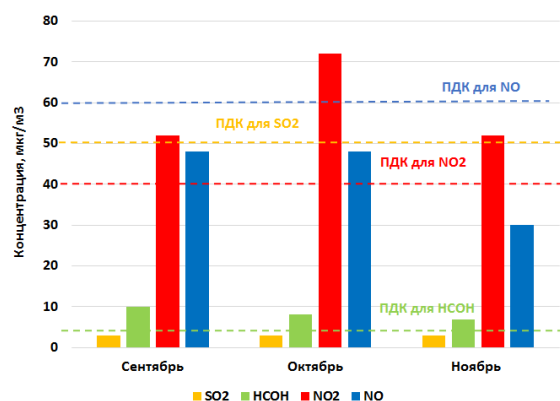
А) Весна



Б) Лето



В) Осень



Г) Зима

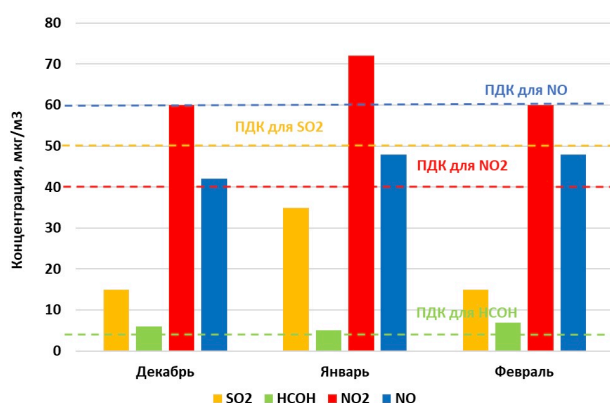


График 5. Значения NO , NO_2 , SO_2 и НСОН в городе Бишкек за весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. (среднее по всем ПНЗ Кыргызгидромета)

При этом, по данным НПЗ, расположенным в центре города, концентрации загрязняющих газов здесь были несколько выше, чем в целом по городу. Так, концентрации НСОН здесь в июне составили 13 мкг/м^3 или 4.3 ПДК, а июле — 12 мкг/м^3 или 4.0 ПДК, в августе — 14 мкг/м^3 или 4.7 ПДК. Концентрации SO_2 не превысили ПДК во все месяцы лета, но если в целом по городу были 2 мкг/м^3 , то в центральной части города — 3 мкг/м^3 . Кроме этого, концентрация NO в августе в центре превысила ПДК и составила 72 мкг/м^3 или 1.2 ПДК.

Количество дней, когда были превышены значения предельно-допустимых среднесуточных концентраций достаточно: по NO_2 — это 26 дней каждый месяц, по НСОН — это 23-26 дней, по NO — это 9-15 дней. Предельно-допустимые

максимальные разовые концентрации были превышены по NO_2 от 15 до 19 дней каждый месяц, по НСОН — от 1 до 5 дней в месяц.

Осенью концентрация NO_2 в воздухе города немного повысилась и в сентябре и ноябре составляла 52 мкг/м^3 или 1.3 ПДК, а в октябре — 72 мкг/м^3 или 1.8 ПДК. Уровень загрязнения НСОН , по сравнению с летом несколько упал и составил в сентябре — 10 мкг/м^3 или 3.3 ПДК, в октябре — 8 мкг/м^3 или 2.7 ПДК, в ноябре — 7 мкг/м^3 или 2.3 ПДК.

При этом, по данным НПЗ, расположенным в центре города, концентрации загрязняющих газов здесь осенью были так же несколько выше, чем в целом по городу. Так, концентрации НСОН здесь могли достигать 14 мкг/м^3 или 4.6 ПДК. Концентрации SO_2 и NO не превысили ПДК во все месяцы осени, но в центральной части города могли достигать 4 мкг/м^3 (0.08 ПДК) и 60 мкг/м^3 (1.0 ПДК).

Количество дней, когда были превышены значения предельно-допустимых среднесуточных концентраций достаточно велико в каждый месяц осени: по NO_2 — это 20-25 дней, по НСОН — это 23-26 дней, по NO — это 1-11 дней. Предельно-допустимые максимальные разовые концентрации были превышены только по NO_2 от 18 до 23 дней каждый месяц.

Зимой концентрации NO_2 составляли: в декабре и феврале — 60 мкг/м^3 или 1.5 ПДК, в январе — 72 мкг/м^3 или 1.8 ПДК. Концентрации НСОН по сравнению с осенью еще немного понизились в декабре до 6 мкг/м^3 или 2.0 ПДК, в январе — 5 мкг/м^3 или 1.7 ПДК, в феврале — 7 мкг/м^3 или 2.3 ПДК.

Количество дней, когда были превышены значения предельно-допустимых среднесуточных концентраций велико в каждый месяц зимы: по NO_2 — это 21-24 дня, по НСОН — это 22-25 дней, по NO — это 6-17 дней. Предельно-допустимые максимальные разовые концентрации были превышены по NO_2 от 18 до 26 дней каждый месяц, по НСОН — только 1 день в январе.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2.5}) — СТАНЦИЯ ПОСОЛЬСТВА США

Рассмотрим данные полученные по станции Посольства США, расположенной в южной части города за 2022 г. (весна, лето и осень 2022 г. и зиму 2022-2023 гг.). Годовой ход среднесуточной концентрация PM_{2.5} приведен на графике 6, где также приведены ПДК (35 мкг/м³) и ПДКм.р. КР (160 мкг/м³) — красные линии.

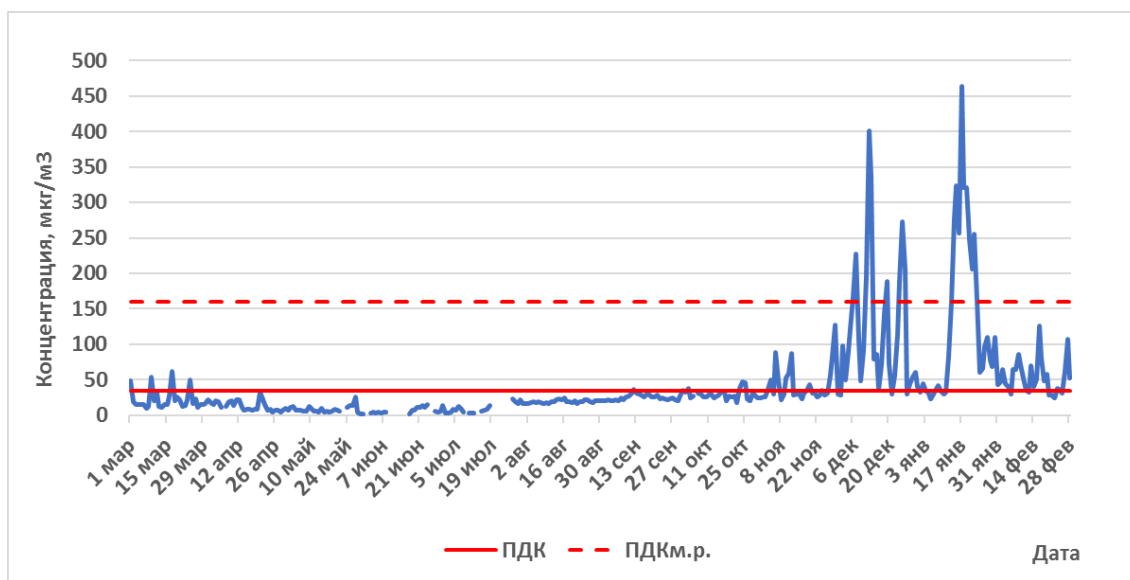


График 6. Средняя суточная концентрация PM_{2.5} в южной части города Бишкек за весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. с линией ПДК КР (ПДК и ПДКм.р.)

Весной (график 6) на станции Посольства США наибольшие значения загрязнения твердыми частицами пришлось, так же как и в других местах наблюдений — датчики «МувГрин» и станции Кыргызгидромета, на март, когда все еще продолжался отопительный период.

В марте средняя месячная концентрация PM_{2.5} составила 22 мкг/м³ (т.е. 0.6 ПДК), а в отдельные дни — таких было всего 4 дня, наблюдались значения от 49 до 62 мкг/м³ (т.е. 1.4-1.8 ПДК). В апреле средние концентрации твердых частиц опустились до 13 мкг/м³ (0.4 ПДК), а мае — до 8 мкг/м³ (0.2 ПДК), а максимальные в отдельные дни не превышали ПДК КР.

Летом концентрации PM_{2.5} не превысили нормативов КР, хотя некоторое увеличение загрязнения наблюдалось в августе. Возможно, более высокие концентрации пыли мелкой фракции (PM_{2.5}) в августе объясняются тем, что было относительно мало осадков, как в августе так и в июле (осадков в июле - августе выпало 5-8 мм, это всего 33-39 % от нормы). Это способствовало высыханию растительности и почвы. Кроме этого, в августе наблюдались относительно часто

сильные порывистые ветры (порывы до 14 м/с). Все это способствовало поднятию и накоплению пыли в воздухе, в том числе ее мелких фракций $PM_{2.5}$.

В июне и июле средняя месячная концентрация $PM_{2.5}$ составила 7-10 $мкг/м^3$ (т.е. 0.2-0,3 ПДК), а в отдельные дни наблюдались значения от 2 до 23 $мкг/м^3$ (т.е. не превышали 0.4-0,7 ПДК). В августе концентрация $PM_{2.5}$ увеличилась и в среднем за месяц составила 19 $мкг/м^3$ (0.6 ПДК), хотя так максимальные концентрации в отдельные дни не превысили 24 $мкг/м^3$ (т.е. 0.7 ПДК).

Осенью концентрации $PM_{2.5}$ были меньше национальных нормативов КР (35 $мкг/м^3$) примерно до середины октября. Со второй половины октября концентрации твердых частиц начали повышаться, достигая относительно больших значений, это связано с установлением холодной погоды и началом отопительного периода, как и в других частях города.

В сентябре средняя месячная концентрация $PM_{2.5}$ составила 25 $мкг/м^3$ (т.е. 0.7 ПДК), а в отдельные дни наблюдались значения до 37 $мкг/м^3$ (до 1.1 ПДК). В октябре средняя концентрация твердых частиц немного увеличилась до 29 $мкг/м^3$ (0.8 ПДК), но ее максимальные значения составляли уже 47 $мкг/м^3$ (т.е. уже были больше 1.3 ПДК). В ноябре, с началом отопительного периода, концентрация $PM_{2.5}$ в среднем за месяц составила 43 $мкг/м^3$ (1.2 ПДК), максимальные концентрации в отдельные дни достигали 127 $мкг/м^3$ (т.е. 3.6 ПДК).

Зимой на станции Посольства США, как и везде в городе, концентрации $PM_{2.5}$ в отдельные дни были выше национальных нормативов КР не только средних (35 $мкг/м^3$), но и максимально разовых (160 $мкг/м^3$). Особенно сильное загрязнение воздуха было в холодные дни декабря и января.

В декабре средняя месячная концентрация $PM_{2.5}$ составила 121 $мкг/м^3$ (т.е. 3.4 ПДК). В отдельные дни загрязнение воздуха не превышало нормативы КР — опускалось до 29 $мкг/м^3$ (0,8 ПДК), т.е. воздух в районе Посольства США был относительно чист. Максимальные концентрации твердых частиц могли достигать очень больших значений, когда были превышены не только средние суточные ПДК в 11,5 раз, составляя 401 $мкг/м^3$, но и максимальные разовые концентрации в 2,5 раза.

В январе средняя за месяц концентрация твердых частиц в воздухе стала еще больше — 132 $мкг/м^3$ (3.8 ПДК). Максимальные средние значения концентрации $PM_{2.5}$ — были уже 464 $мкг/м^3$, т.е. превышали ПДК в 13,3 раза, а ПДКм.р. почти в 3 раза. В отдельные дни, когда выпадали обильные осадки, воздух так же был относительно чист — концентрация $PM_{2.5}$ составляла всего 24 $мкг/м^3$ (0,7 ПДК).

В феврале концентрация $PM_{2.5}$ в воздухе уменьшилась и в среднем за месяц составила 54 $мкг/м^3$ (1.5 ПДК), а максимальные средние концентрации

в отдельные дни не поднимались выше 126 мкг/м³ (т.е. 3.6 ПДК), что связано с установлением относительно теплой погоды.

Общее количество дней, которые по загрязнению твердыми частицами РМ_{2.5} превысили национальные нормативы КР (ПДК и ПДКм.р.) и нормативы ВОЗ за весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. представлено на графике 7.

Количество дней с концентрациями РМ_{2.5}, превышающими среднесуточные нормативы КР (30 мкг/м³) весной фиксировались только в марте — 4 дня. Согласно рекомендациям ВОЗ, концентрация твердых частиц не должна превышать 15 мкг/м³. Весной таких дней, когда были превышены нормативы ВОЗ, в марте было 19 дней, в апреле — 10 дней, а мае — был самый чистый воздух — всего 1 день.

Летом был самый чистый воздух — нормативы КР (35 мкг/м³) превышены не были ни в один день. Нормативы, рекомендованные ВОЗ для РМ_{2.5} в июне не были превышены, в июле было 5 дней с превышениями, а август был «пыльным» весь — 31 день.

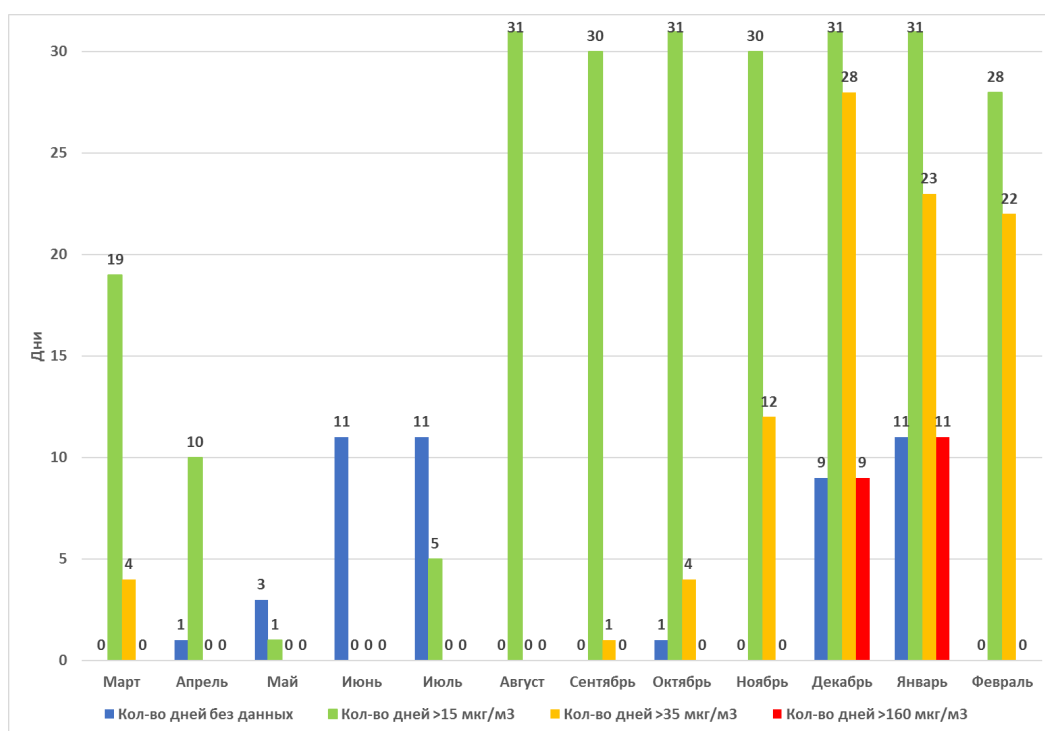


График 7. Количество дней, где превышены среднесуточные нормативы для РМ_{2.5} (КР и ВОЗ) в атмосферном воздухе за 2022 г. (весна, лето и осень 2022 г., зима 2022-2023 гг.)

Осенью число дней с превышением нормативов КР (35 мкг/м³) увеличивалось от месяца к месяцу и в зависимости от наступления отопительного сезона. Так, в сентябре фиксировался всего 1 такой день, в октябре — 4 дня, а в ноябре — уже 12 дней. Нормативы ВОЗ были превышены во все дни.

Количество дней с концентрациями $PM_{2.5}$, превышающими среднесуточные нормативы КР (35 мкг/м^3) зимой в декабре и январе составило, соответственно, 28 и 23 дня, т.е. большую часть этих месяцев. Из 28 дней с загрязнением в декабре, 9 дней были с концентрациями $PM_{2.5}$ за сутки больше, чем ПДК м.р. В январе, дней с концентрациями за сутки превышающими ПДК м.р. было еще больше — 11 дней из 23 дней с загрязнением. В феврале было 22 дня с загрязнением $PM_{2.5}$, когда концентрации превысили ПДК (35 мкг/м^3), а дней с превышением ПДКм.р. не было вообще.

Во все дни зимы были превышены нормативы ВОЗ по содержанию твердых частиц в воздухе.

Дней, когда наблюдений не проводилось или они были за неполный день, фиксировалось до 3 дней в каждый месяц весны. По техническим причинам датчик в июне и июле не работал по 11 дней. Осенью и зимой дней, когда наблюдений не проводилось или они были за неполный день не было (не считая одного дня в октябре).

На графике 8 показан суточный ход концентраций твердых частиц $PM_{2.5}$ усредненный за каждый период года — весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. Такой суточный ход отличается от данных датчиков «МувГрин» расположенных в других частях города — западной, северной и центральной. Такие различия, объясняются расположением станции — это близость гор и проявление горно-долинной циркуляции воздуха здесь. Когда дуют «чистые» горные ветры — а это ночью и утром, наблюдается снижение концентраций $PM_{2.5}$, а когда «грязные» долинные ветра с города — днем и вечером, то их концентрации растут.

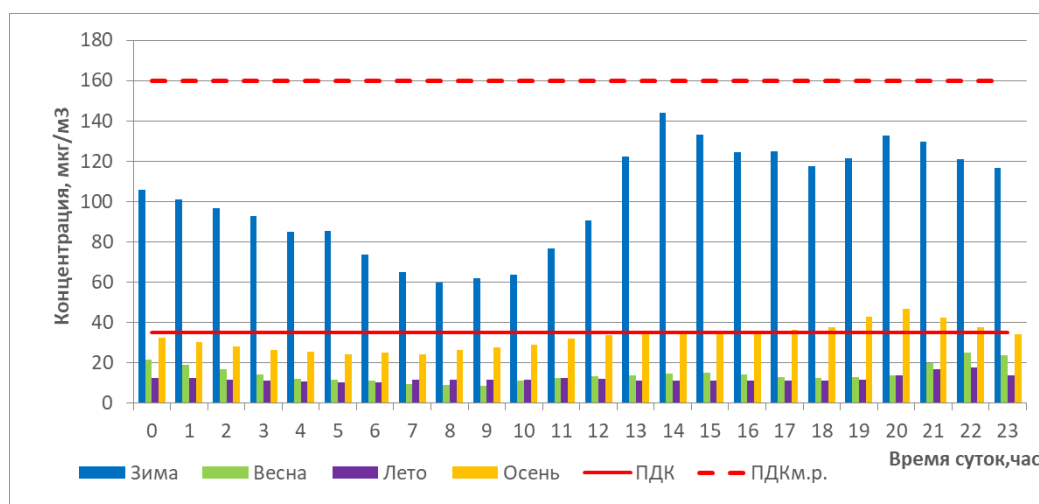


График 8. Суточный ход усредненных часовых концентрации $PM_{2.5}$ за весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. по данным станции Посольства США

Весной повышение концентраций $PM_{2.5}$ наблюдается в вечернее время с 21:00 до 00:00, наибольшие из значений наблюдались в период с 22:00 до 23:00, с максимальными значениями $PM_{2.5}$ в марте до 40 мкг/м³ (1.2 ПДК), в апреле-мае — до 12-26 мкг/м³ (0.3-0.7 ПДК). Менее выраженное повышение было и в обеденное время с 12:00 до 16:00 (второй не явно выраженный максимум).

Наилучшее качество воздуха было утром с 07:00 до 09:00 и вечером с 17:00 до 19:00, самые минимальные значения в 08:00-09:00 составляли в зависимости от месяца сезона 5-12 мкг/м³, а в 18:00 — 8-17 мкг/м³. Эти значения не превысили норматив КР для твердых частиц $PM_{2.5}$.

Летом наибольшие концентрации наблюдались в период с 20:00 до 23:00, с максимальными значениями $PM_{2.5}$ в августе до 26 мкг/м³ (0.7 ПДК).

В остальное время суток качество воздуха было примерно одинаково, в июне концентрации $PM_{2.5}$ находились в пределах 5-9 мкг/м³, в июле — 7-11 мкг/м³, а в августе — 17-20 мкг/м³.

Осенью наибольшие концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались с 19:00 до 21:00 и составили в ноябре до 65 мкг/м³ (1.9 ПДК), а в октябре до 44 мкг/м³ (1.3 ПДК), а в сентябре — 36 мкг/м³ (1.0 ПДК). Наименьшие концентрации $PM_{2.5}$ фиксировались с 05:00 до 07:00 и во все месяцы осени не превысили 22-28 мкг/м³ (т.е. 1.0 ПДК). Небольшое повышение $PM_{2.5}$ отмечалось в обеденное время с 11:00 до 14:00 (второй не явно выраженный максимум), хотя не превысило 35 мкг/м³ (т.е. 1.0 ПДК) во все месяцы осени.

Зимой концентрации $PM_{2.5}$ постепенно увеличиваются с 09:00 до 15:00. Особенно велико значение их было в январе — в среднем за месяц 217 мкг/м³ (6.2 ПДК), в отдельные дни наблюдались значения 611-732 мкг/м³, а это превышает ПДК в 17,5-20,9 раз или ПДК м.р. в 3,8-4,6 раз. В декабре средние за это время концентрации меньше — 160 мкг/м³ (4,6 ПДК), а в феврале — всего 60 мкг/м³ (1.7 ПДК).

Второй максимум концентраций $PM_{2.5}$ наблюдался вечером в 20:00-21:00. Как и с основным максимумом, велико их значение было в январе — 184 мкг/м³ (5,3 ПДК), в отдельные дни в эти часы наблюдались значения до 590 мкг/м³, а это превышает ПДК в 16,9 раз или ПДК м.р. в 3,7 раз. В декабре средние за это время концентрации составили 142 мкг/м³ (4,1 ПДК), а в феврале — всего 84 мкг/м³ (2,4 ПДК).

Наименьшая величина загрязнения воздуха наблюдается утром с 07:00 до 10:00, с минимумом в 08:00. В декабре концентрации $PM_{2.5}$ равны 77 мкг/м³ (2,2 ПДК), в январе — 68 мкг/м³ (1,9 ПДК), а в феврале — 35 мкг/м³ (1,0 ПДК).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

В данном отчете были собраны данные по ежедневным концентрациям мелкодисперсных твердых частиц и среднемесячных концентраций вредных газов весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. с сертифицированных мониторинговых устройств по $PM_{2.5}$ в городе Бишкек и семи ПНЗ Кыргызгидромета.

Анализ среднесуточных концентраций $PM_{2.5}$ по мониторинговым станциям за год показал, что качество воздуха в городе Бишкек было неудовлетворительным во время отопительного периода с октября по март, а наиболее загрязненными месяцами были зимние декабрь и январь. Концентрации $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе в это время превышали предельные допустимые нормативы КР, как средние таблица 5, так и максимальные разовые таблица 5-а. ²¹

Таблица 5. Общее количество дней с полученными данными и количество дней превышающих ПДК КР ²² за 2022 г. (весна, лето и осень 2022 г., зима 2022-2023 гг.)

Месяц	Мониторинговые станции $PM_{2.5}$								
	Датчик Мувгрин			Станция посольства США			Кыргызгидромет датчики Clarity Node-S		
	Всего дней	> ПДК	%	Всего дней	> ПДК	%	Всего дней	> ПДК	%
Весна	80	17	21	88	4	5	92	15	16
Лето	91	0	0	70	0	0	92	0	0
Осень	91	73	80	90	17	19	91	50	55
Зима	61	61	100	90	73	81	90	85	94

В таблице 5, приведено количество дней с загрязнением воздуха $PM_{2.5}$ выше ПДК. По данным с датчиков ОО «МувГрин» (датчики AirKaz), станции Посольства США, Кыргызгидромета (датчики Clarity Node-S) в среднем по городу загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ весной практически отсутствовало (не превысило 21% по всем мониторинговым устройствам). Основное загрязнение весной наблюдалось в марте, где от 59% дней были с загрязнением по данным с датчиков ОО «МувГрин» до 39% дней были с загрязнением по данным с датчиков Кыргызгидромета. Летом загрязнение отсутствовало и не было ни одного дня с загрязнением по всем мониторинговым станциям. Осенью количество дней с загрязнением увеличивается, особенно с началом отопительного периода. Так, по данным Кыргызгидромета наблюдалось 55% таких дней, по данным МувГрин — 80%, в южной части города (самая чистая часть) по данным станции Посольства США — 19%.

Зимой наблюдалось 94% дней с загрязнением по данным Кыргызгидромета, из них все дни в декабре (100%) были с загрязнением, в январе и феврале было по 27 дней с загрязнением (86 и 96% дней). По данным датчика ОО «МувГрин» в центральной части города все дни наблюдений (с 1 декабря 2022 г. по 10 февраля) были загрязненными (100% случаев). Станция посольства США расположена в южной части города, находящейся в зоне действия ветров горно-долинной циркуляции, но даже здесь в 81% дней (73 дня из 90 зимних дней) наблюдалось превышение ПДК. Особенно большое превышение фиксировалось в декабре — в 90% дней, в январе и феврале таких дней было 74 и 79%, 22 и 23 дня.

Зимой 2022-2023 гг. средние суточные значения часто превышали не только ПДК, но и ПДК м.р., согласно нормам КР, таким сильно загрязненным воздухом без вреда для здоровья можно дышать менее 30 минут в день, а не круглые сутки.

В таблице 5-а, приведено количество дней со средним суточным загрязнением воздуха $PM_{2.5}$ выше ПДКм.р. Такие данные доступны для центральной (датчик МувГрин) и южной (станция Посольства США) частей города.

Таблица 5-а. Общее количество дней с полученными данными и количество дней превышающих ПДКм.р. КР ²³ за зимний период (декабрь 2022-февраль 2023)

Месяц	Мониторинговые станции $PM_{2.5}$					
	Датчик МувГрин в центральной части города			Станция посольства США		
	Всего дней	> ПДКм.р.	%	Всего дней	> ПДКм.р.	%
Декабрь	27	12	44	31	9	29
Январь	24	14	58	31	11	35
Февраль	10	1	10	28	0	0
Всего дней	61	27	44	90	20	22

Видно, что в центральной части города (датчик МувГрин) зимой практически половина дней — 44% (из 61 дня наблюдений) была с сильно загрязненным воздухом. Особо сильное загрязнение пришлось на январь — 58% случаев, а в декабре такие дни наблюдались в 44% случаев, в феврале из 10 дней с наблюдениями такой случай был 1 или 10%. На станции Посольства США наблюдалась примерно аналогичная картина. С учетом ее хорошей вентиляции ветрами горно-долинной циркуляции, очень загрязненных дней было меньше —

22% (20 дней из 90 возможных), в январе таких дней было больше всего — 35%, в декабре — 29%, а в феврале не наблюдалось совсем.

Увеличение дней в декабре и январе с концентрациями в среднем за сутки выше ПДКм.р. можно объяснить интенсивным отоплением домов частного сектора в особо холодные дни января, когда температура опускалась ниже -20°C.

Таким образом, качество воздуха весной и летом было благоприятным, осенью и зимой — неблагоприятным для здоровья населения столицы, а в некоторые дни — опасными.

Таблица 6 показывает состояние качества воздуха (среднесуточная концентрация $PM_{2.5}$) на каждой станции за все месяца исследуемого периода с применением индекса качества воздуха — AQI Агентства по охране окружающей среды США (EPA) (Таблица 2) по данным датчиков ОО МувГрин (выбраны самые загрязненные части города, где установлены датчики) и со станции Посольства США (южная относительно чистая часть города).

Таблица 6. Количество дней в зависимости от индекса качества воздуха на мониторинговых станциях за весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг.

Мониторинговое устройство $PM_{2.5}$	«Хорошие» дни	«Средние» дни	«Нездоровые» для чувств. Людей дни	«Нездоровые» дни	«Очень нездоровые» дни	«Опасные» дни	Дни без данных
Весна							
Центральная часть города	23	43	12	2	0	0	12
Станция посольства США	43	41	3	1	0	0	4
Лето							
Западная часть города	3	85	0	0	0	0	4
Станция посольства США	29	41	0	0	0	0	22
Осень							
Северная часть города	0	19	26	38	6	2	1
Станция посольства США	0	73	11	6	0	0	1
Зима							
Центральная часть города, с 01.12.22 по 10.02.23	0	0	4	27	19	11	11
Станция посольства США	0	17	21	32	10	10	0

В целом в исследуемом году «хорошие» и «средние» дни в городе наблюдаются в основном весной и летом, «нездоровые» дни преобладают осенью, а «нездоровые», «очень нездоровые» и «опасные» — зимой. Во все исследуемые периоды года наиболее чистой является южная часть города, расположенная в непосредственной близости от гор и проветриваемая ветрами горно-долинной циркуляции.

Весной «хороших» и «средних» дней в южной части города в районе станции Посольства США наблюдалось больше всего, что в сумме составило 84 дня, в центральной части города — 66 дней из 92 дней сезона. Остальные дни были «нездоровые» как для чувствительных групп людей (дети, старики и др.), так и для всех людей без исключения, т.е. в южной части города — 4 дня, а в центральной наблюдалось уже 14 таких дней.

Летом все дни были «хорошие» и «средние» во всех частях города. В западной (более загрязненной) части города преобладали «средние» дни — 85 дней, а в южной «хороших» было 29 дней и 41 день — «средний» (но 22 дня наблюдений на станции Посольство США не было).

Осенью «хорошие» дни по загрязнению в городе Бишкек, по данным с датчиков ОО МувГрин и со станции Посольства США уже отсутствовали. Наиболее «чистой» осенью была южная часть города (станция Посольства США), «средние» дни здесь наблюдались 73 дня за сезон, а «нездоровых» было в сумме — 15 дней за сезон, «очень нездоровых» и «опасных» дней не было. В северной загрязненной части города, напротив преобладали «нездоровые» дни как для чувствительных групп людей и всех в целом людей в сумме — 64 дня, «очень нездоровых» и «опасных» дней было 6 и 2 дня соответственно, а «средних» — всего 19 дней.

Зимой «хорошие» дни в городе Бишкек отсутствовали во всех его частях, так же как и осенью. В наиболее «чистой» южной части города (станция Посольства США) наблюдалось 17 «средних» дней за сезон. В основном на станции Посольства США наблюдались «нездоровые» дни, которые в сумме составили 53 дня за сезон, «очень нездоровых» (10 дней) и «опасных» (10 дней) дней было 20 дней за сезон. В центральной части города не было и «средних» дней. «Нездоровые» дни в сумме наблюдались 31 день. «Очень нездоровых» и «опасных» дней было в сумме 30 дней за сезон. Возможно опасных для здоровья дней было бы больше, но к сожалению датчики не работали в этой части города 11 дней.

Стоит отметить, что в конце 2012 года ЕРА изменил верхний предел концентраций первых трех индексов,²⁴ например, если для «хороший воздух» среднесуточная концентрация с 1999 года была в пределах от 0 до 15 мкг/м³ (AQI=50), то на данный момент от 0 до 12 мкг/м³ (AQI=50), т.е. стандарты по загрязнению воздуха

твердыми частицами были ужесточены с целью улучшения охраны здоровья населения страны.

При этом, индекс качества воздуха до сих пор не принят в Кыргызской Республике.

За исследуемый период — весну, лето и осень 2022 г., зиму 2022-2023 гг. — только два газа (NO_2 и HCOH) из четырех наблюдаемых на НПЗ Кыргызгидромета имели концентрации превышающие средние суточные ПДК КР. Повышенные концентрации NO_2 и HCOH на постах (особенно расположенных в центре города) могут быть связаны с выхлопными выбросами от автотранспорта, т.к. часть постов находятся на пересечении загруженных автомобильных улиц. Концентрации остальных газов — NO и SO_2 в целом не вышли за пределы ПДК (были на уровне 0.2-1.0 ПДК) во все месяцы рассматриваемого периода.

Весной и летом концентрации NO_2 находились примерно на одном уровне — 50 мкг/м³ или 1.3 ПДК, осенью и зимой они могли достигать — 72 мкг/м³ или 1.8 ПДК.

Весной концентрация HCOH была в пределах от 3 мкг/м³ до 10 мкг/м³ или от 1.0 до 3.3 ПДК. Летом концентрация газа продолжила увеличиваться и достигла 13 мкг/м³ или 4.3 ПДК, а в центральных районах города до 14 мкг/м³ или 4.7 ПДК. Осенью уровень концентрации HCOH в воздухе снизился до 7-10 мкг/м³ или 2.3-3.3 ПДК, а зимой до 5-7 мкг/м³ или 1.7-2.3 ПДК.

Количество дней, когда были превышены значения предельно-допустимых среднесуточных концентраций велико в каждый месяц рассматриваемого периода: по NO_2 — это 21-26 дней ежемесячно, по HCOH — это 22-25 дней, по NO — до 6-17 дней. Предельно-допустимые максимальные разовые концентрации были превышены по NO_2 от 15 до 19 дней каждый месяц, по HCOH — от 1 до 5 дней в месяц.

КРАТКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Качество воздуха по мелкодисперсным твердым частицам $PM_{2.5}$ в городе Бишкек как показали мониторинговые устройства ОО «МувГрин», Кыргызгидромета и Посольства США в различные сезоны рассматриваемого периода (весна, лето и осень 2022 г., зима 2022-2023 гг.) неодинаково, и, тесно связано с отопительным периодом. Самое неблагоприятное для здоровья населения столицы, а в некоторые дни — опасное время — это зима. Концентрации $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе превышают предельные допустимые нормативы КР, как средние, так и максимальные разовые, на всех анализируемых мониторинговых устройствах. Наиболее загрязненными месяцами зимой являются декабрь и январь, так как ПДК превышены во все дни месяцев, а ПДКм.р. — до 44 и 58% дней этих месяцев. Летом концентрации $PM_{2.5}$ не превышали среднесуточные предельно допустимые концентрации КР как в среднем по месяцам, так и в отдельные дни каждого месяца сезона.

2. Повышенный уровень загрязнения твердыми частицами $PM_{2.5}$ в отопительный период, особенно зимой, связан с использованием твердого топлива (уголь большой зольности, различный мусор и в том числе пластик и швейные отходы) для обогрева частных домов местным населением, как внутри города, так и в близлежащих окружающих его жилмассивах. Кроме этого, что метеорологические условия (штиль, слабый ветер, туман, инверсия температуры) также вносят большой вклад в накопление загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Большая часть загрязнения весной, летом и осенью, вне отопительного периода — это природная пыль. Например, летом, несколько большие концентрации $PM_{2.5}$ в непосредственной близости к горам (станция Посольства США), возможно связаны с местоположением около горной местности, где растительность и почва при отсутствии осадков пересыхает и является дополнительным источником пыли.

3. Весной самые высокие среднесуточные концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались в марте (особенно во внутренних частях города), составляли 38-49 $мкг/м^3$ и превышали ПДК (35 $мкг/м^3$) от 1.1 до 1.4 раз, а в отдельные дни марта могли достигать 92 $мкг/м^3$ или 2.6 ПДК. В апреле и мае предельно допустимые концентрации превышены не были.

Летом загрязнение воздуха не превышало суточные нормативы КР как в среднем по всем месяцам лета, так и в отдельные дни летних месяцев.

Осенью самые высокие среднесуточные концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались в северной части города, где могли достигать в среднем за месяц от 35 $мкг/м^3$ (сентябрь) до 114 $мкг/м^3$ (ноябрь), т.е. от 1.0 до 3.3 ПДК. Самые низкие

среднесуточные концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались в южной части города, и в среднем составили от 25 мкг/м³ (сентябрь) до 43 мкг/м³ (ноябрь).

Зимой высокие среднесуточные концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались в западной части города и достигали 275 мкг/м³ (7.9 ПДК), а самые низкие — в южной части города — 104 мкг/м³ (3.0 ПДК). В центральной части города загрязнение твердыми частицами за три месяца зимы составило 176 мкг/м³ или 5.0 ПДК.

Самые высокие среднесуточные концентрации $PM_{2.5}$ на всех станциях были зафиксированы в январе, они превышали не только ПДК (равен 35 мкг/м³) до 5.8 раз, в некоторых районах — до 8.2 раз практически во все дни, а в отдельные — до 14.6-16.2 раз, но и ПДКм.р. (равен 160 мкг/м³) — до 3.5 раз.

4. Наибольшее повышение концентраций $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе по данным датчиков ОО «МувГрин» отмечалось во все сезоны года в вечернее и ночное время в промежуток с 18:00 до 02:00. Второе, менее выражено, повышение концентраций твердых частиц приходилось на утро с 07:00 до 12:00. Такое распределение концентраций твердых частиц $PM_{2.5}$ совпадает по времени, когда население едет на работу утром или возвращается с работы домой вечером используя транспорт, а зимой, в отопительный период, отапливая дома углём или другим возможным топливом (в том числе и мусором).

Весной основной максимум приходился на время с 20:00 до 22:00 (только в марте достигал 88 мкг/м³ или 2.5 ПДК), летом (до 34 мкг/м³ или 1.0 ПДК) и осенью (в зависимости от месяца осеннего периода изменялся от 54 до 166 мкг/м³ или от 1.5 до 4.7 ПДК).

Зимой наибольшее повышение концентраций $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе отмечалось с 19:00 вечера до 02:00 ночи. Максимальные средние значения $PM_{2.5}$ были особенно высоки в январе, увеличиваясь до 263-305 мкг/м³ (7.5-8.7 ПДК или 1.6-1.9 ПДКм.р.).

5. В южной части города, по данным станции посольства США, максимальные значения $PM_{2.5}$ наблюдались в вечернее время во все сезоны года с 19:00 до 00:00 (наибольшие в 22:00-23:00) и незначительное увеличение концентраций было в обеденное время с 12:00 до 16:00. Кроме этого, зимой пик концентрации $PM_{2.5}$ наблюдался днем в 14:00-15:00. Такой суточный ход концентрации $PM_{2.5}$, который несколько отличается от данных в других частях города, а различия можно объяснить расположением станции вблизи гор и наличием здесь горно-долинной циркуляции.

Весной максимум концентрации $PM_{2.5}$ достигал в только в марте — 40 мкг/м³ (1.2 ПДК), летом (до 26 мкг/м³ или 0.7 ПДК) и осенью (в зависимости от месяца осеннего периода изменялся от 36 до 65 мкг/м³ или от 1.3 до 1.9 ПДК). Зимой

наибольшие концентрации $PM_{2.5}$ в пиковое время наблюдались в январе — достигая 217 мкг/м^3 (6.2 ПДК), в отдельные дни наблюдались значения 611-732 мкг/м^3 , а это превышает ПДК в 17,5-20,9 раз или ПДК м.р. в 3,8-4,6 раз.

Летом в августе здесь концентрации были выше, чем в целом по городу. Возможно, более высокие концентрации пыли мелкой фракции ($PM_{2.5}$) в августе объясняются тем, что были сильные порывистые ветры (порывы до 14 м/с) и относительно мало осадков, как в августе так и в июле (осадков в июле-августе выпало 5-8 мм, это всего 33-39 % от нормы). Это способствовало высыханию растительности и почвы, поднятию и накоплению пыли в воздухе, в том числе ее мелких фракций $PM_{2.5}$.

6. За исследуемый период только два газа (NO_2 и $HCON$) из четырех наблюдаемых на НПЗ Кыргызгидромет имели концентрации превышающие средние суточные ПДК КР. При этом, в центральной части города концентрации этих газов были выше. Повышенные концентрации NO_2 и $HCON$ на постах в центре города могут быть связаны с выхлопными выбросами от автотранспорта, т.к. часть постов находятся на пересечении загруженных автомобильных улиц. Концентрации остальных газов — NO и SO_2 в целом не вышли за пределы ПДК (были на уровне 0.2-1.0 ПДК) во все месяцы рассматриваемого периода.

7. Средние месячные концентрации NO_2 весной и летом находились примерно на одном уровне — 50 мкг/м^3 или 1.3 ПДК, осенью и зимой они могли достигать 72 мкг/м^3 или 1.8 ПДК. Весной концентрации $HCON$ были в пределах от 3.0 мкг/м^3 до 10 мкг/м^3 или от 1.0 до 3.3 ПДК. Летом концентрация газа продолжила увеличиваться и достигла 13 мкг/м^3 или 4.3 ПДК, а в центральных районах города до 14 мкг/м^3 или 4.7 ПДК. Осенью уровень концентрации $HCON$ в воздухе снизился до $7-10 \text{ мкг/м}^3$ или 2.3-3.3 ПДК, а зимой до $5-7 \text{ мкг/м}^3$ или 1.7-2.3 ПДК.

8. Количество дней, когда были превышены значения предельно-допустимых среднесуточных концентраций велико в каждый месяц рассматриваемого периода: по NO_2 — это 21-26 дней ежемесячно, по $HCON$ — это 22-25 дней, по NO — до 6-17 дней. Предельно-допустимые максимальные разовые концентрации были превышены по NO_2 от 15 до 19 дней каждый месяц, по $HCON$ — от 1 до 5 дней в месяц.

РЕКОМЕНДАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННЫМ ОРГАНАМ:

- Проводить оповещение жителей при высоком уровне загрязнения воздуха.
- Проводить разъяснительную работу среди населения в течение всего года о том, как их деятельность (сжигание листвы, шин, пластика и другого мусора) ухудшает качество воздуха и какое влияние это оказывает на здоровье людей.
- Проводить разъяснительную работу среди населения в течение всего года по утеплению домов и какую это может принести экономию в бюджет домохозяйства и положительное влияние на качество атмосферного воздуха.
- Использовать более экологичные виды топлива, такие как сжатый природный и сжиженный газы, а также другие альтернативные виды (например, биоэтанол, бездымное топливо) в качестве топлива, а также снижение налогов и платежей за его реализацию.
- Вводить санкции в отношении реализаторов некачественного вида топлива.²⁵
- Развивать общественный транспорт, т.е. введение политики обеспечения максимальной комфортности пользования общественным транспортом при одновременном создании неудобств для использования личного транспорта на примере зарубежных городов.
- Запустить в Бишкеке пилотные отдельные линии для общественного транспорта на нескольких улицах.
- Ввести экологический контроль технического состояния автомобилей при помощи введения экологического сертификата единого образца.
- Заложить строительство велодорожек, соединяющих рабочий центр и спальные районы Бишкека.
- Вести контроль и штрафовать за скупку катализаторов.
- Создать комиссию и провести независимую оценку использования угля на столичной ТЭЦ.
- Создать зоны с ограниченным использованием транспорта в городе.

ГРАЖДАНСКОМУ ОБЩЕСТВУ И НАУЧНОМУ СООБЩЕСТВУ:

- Объединить усилия и создать базу данных всех исследований и работ по экологии в г. Бишкек и, в частности, по загрязнению воздуха.
- Быть более проактивными на общественных слушаниях с участием государственных органов и продвигать современные методы борьбы как с загрязнением воздуха, так и с экологическими проблемами города в целом.

НАСЕЛЕНИЮ

- Следить за качеством воздуха в г. Бишкек в мобильном приложении AQ.kg, разработанного ОО «МувГрин» и на сайте (www.aq.kg) на сайте Кыргызгидромет (<http://meteo.kg>), со станции посольства США на сайте [https://www.airnow.gov/international/us-embassies-andconsulates/#Kyrgyzstan\\$Bishkek](https://www.airnow.gov/international/us-embassies-andconsulates/#Kyrgyzstan$Bishkek).
- Проводить прогулки и занятия спортом утром или в дневное время, в зависимости от места проживания, желательно в парковой зоне и подальше от автомагистралей в безопасное время, когда воздух наиболее чистый.
- Рекомендуются для всех групп населения носить маски (специальные защищающие от PM_{2.5}) при высоких уровнях загрязнения атмосферного воздуха.
- Не открывать окна при высоком уровне загрязнения атмосферного воздуха для проветривания.
- Не сжигать в печах и на открытом воздухе пластик, шины, отходы от текстильной промышленности, а также листья.
- Проводить добровольный техосмотр автомобиля и использовать качественное топливо для автомобиля.
- Утеплить свой дом (для жителей частного сектора и квартирных домов).
- Использовать очиститель воздуха/фильтр внутри помещений, если это возможно.

ПРИЛОЖЕНИЕ (СПИСОК ССЫЛОК)

- ¹ Health effects of particulate matter. WHO, 2013:
https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
- ² Health and environmental effects of particulate matter (PM), EPA:
<https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environment-effects-particulate-matter-pm>
- ³ Рисунок заимствован с сайта Агентства по Охране окружающей среды в США (US EPA):
<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- ⁴ Health effects of particulate matter. WHO, 2013:
https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
- ⁵ Health and environmental effects of particulate matter (PM), EPA:
<https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>
- ⁶ Ambient (outdoor) air pollution:
[https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- ⁷ <https://apps.who.int>
- ⁸ <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2>
- ⁹ <http://auagroup.kz>
- ¹⁰ Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона, двуокиси озона и двуокиси серы. 2005. Краткое изложение оценки риска:
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_rus.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- ¹¹ Facts About Formaldehyde. EPA:
<https://www.epa.gov/formaldehyde/facts-about-formaldehyde>
- ¹² Качество атмосферного воздуха и здоровье. ВОЗ.2021:
[https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- ¹³ Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI). EPA, 2018:
<https://www.airnow.gov/sites/default/files/2020-05/aqi-technical-assistance-document-sept2018.pdf>
- ¹⁴ О качестве воздуха и измерениях загрязнения:
<https://aqicn.org/404/ru/>
- ¹⁵ Карта предоставлена Кыргызгидрометом
- ¹⁶ Датчики установлены в рамках инициативы «Экономический коридор Алматы — Бишкек», подробная информация на сайте:
<https://www.almaty-bishkek.org/air-quality>
- ¹⁷ <http://gov.meteo.kg/?map=5>
- ¹⁸ Фотография с сайта Посольства США в КР:
<https://kg.usembassy.gov/ru>
- ¹⁹ Бюллетень о состоянии загрязнения атмосферного воздуха города Бишкек за летний период, скачан с сайта Кыргызгидромета:
<http://gov.meteo.kg/?map=7>
- ²⁰ Бюллетень о состоянии загрязнения атмосферного воздуха города Бишкек за летний период скачан с сайта Кыргызгидромета:
<http://gov.meteo.kg/?map=7>
- ²¹ Среднесуточные нормативы КР для $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе =35 мкг/м³,максимально разовые нормативы КР для $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе =160 мкг/м³
- ²² Среднесуточные нормативы КР для $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе =35 мкг/м³,максимально разовые нормативы КР для $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе =160 мкг/м³
- ²³ Среднесуточные нормативы КР для $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе =35 мкг/м³,максимально разовые нормативы КР для $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе =160 мкг/м³
- ²⁴ Revised air quality standards for particle pollution and updates to the air quality index (AQI). EPA,2012:
https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-04/documents/2012_aqi_factsheet.pdf
- ²⁵ Т.е. не соответствующего стандартам ЕАЭС и нормам по экологической безопасности. В таком бензине высокое содержание различных примесей. В основном оценивается количество соединений серы и ароматических углеводородов в бензинах. Эти вещества при сгорании образуют ядовитые соединения, которые наносят вред не только окружающей среде, но и топливной и выхлопной системе автомобиля, а также жизни и здоровью людей.