

ЗИМА
2022-2023

СЕЗОННЫЙ ОТЧЕТ
ПО КАЧЕСТВУ АТМОСФЕРНОГО
ВОЗДУХА В ОБЛАСТЯХ И КРУПНЫХ
ГОРОДАХ КЫРГЫЗСТАНА

ОБЗОР ДАННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Период:

Декабрь 2022, Январь и Февраль 2023 г.

MOYE GREEN



3 ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

4 АННОТАЦИЯ

5 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

9 СТАНЦИИ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В КЫРГЫЗСТАНЕ

10 АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2.5}) В КРУПНЫХ ГОРОДАХ КЫРГЫЗСТАНА

14 АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2.5}) В ОБЛАСТЯХ КЫРГЫЗСТАНА

20 КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ КЫРГЫЗСТАНА

22 РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

25 РЕКОМЕДАЦИИ

27 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. Фотография на титульном листе отчета: Azattyk Media.

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

Соединённые Штаты Америки

МКМ

Микрометр

МКМ/м³

Концентрация загрязняющих веществ в кубическом метре воздуха в микрограммах

ИКВ

Индекс качества воздуха

АННОТАЦИЯ

Отчет по оценке качества воздуха в крупных городах и областях Кыргызстана за зимний сезон подготовлен Общественным Объединением «MoveGreen» (ОО «МувГрин» в рамках проекта «Укрепление потенциала по управлению качеством воздуха в Центральной Азии».

ОО «МувГрин» проводит гражданский мониторинг загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами (PM_{2.5}) с использованием датчиков AirKaz. Впервые датчики были установлены в городе Бишкек в 2018 г. В настоящее время сеть наблюдений расширилась на все области Кыргызстана, также планируется дальнейшее расширение и укрупнение сети наблюдений.

На основе данных по концентрациям мелкодисперсных твердых частиц PM_{2.5} с использованием датчиков AirKaz рассматривается загрязнение воздуха за зиму 2022-23 гг. в областях Кыргызстана и крупных городах:

- Чуйская область
- Таласская область
- Иссык-Кульская область
- Нарынская область
- Ошская область
- Джалал-Абадская область
- Баткенская область
- Бишкек
- Ош
- Джалал-Абад

Зима в Кыргызстане (КР) по средним многолетним данным была относительно холодной, в декабре и январе, и теплой в феврале. В это время фактическая температура декабря и января была ниже среднего многолетнего значения по всем областям Кыргызстана до 3 °С, а погодные условия в рассматриваемый период времени в целом способствовали накоплению твердых частиц в воздухе. Это низкие и очень низкие температуры воздуха, отсутствие осадков, штили, наличие температурной инверсии.

Фактическая температура февраля была выше среднего многолетнего значения примерно на 2-3°С, в южных областях к концу месяца уже наступает весна, соответственно и погодные условия меняются, что способствует некоторому очищению воздуха.

Отчет 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 Кыргызстане.

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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}).

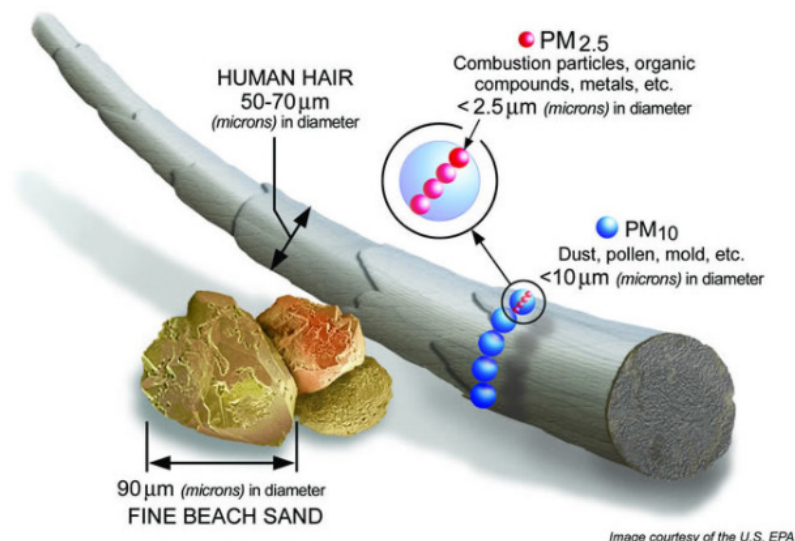


Рисунок 1.³ Размеры мелкодисперсных твердых частиц (PM₁₀ и PM_{2.5}) по сравнению с человеческим волосом и песчинкой

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

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». Нормативы устанавливают, что предельно допустимые среднесуточные (ПДКс.с. или ПДК) концентрации для $PM_{2.5}$ не должны превышать 35 мкг/м^3 , максимальные разовые (ПДКм.р.) — 160 мкг/м^3 , среднегодовые — 25 мкг/м^3 . Нормативы, рекомендуемые ВОЗ, намного меньше, так как доказано, что даже низкие концентрации приносят вред здоровью (таблица 1).

ПДК — предельно-допустимая концентрация, это такая концентрация загрязняющих веществ в воздухе, которая не влияет на здоровье человека и его генетику. Для $PM_{2.5}$ ПДК=35 мкг/м³.

ПДК м.р. — максимальная разовая предельно-допустимая концентрация, это такая концентрация загрязняющих веществ в воздухе, которая не влияет на здоровье человека, если он дышит загрязненным воздухом менее 35 минут. Для $PM_{2.5}$ =160 мкг/м³.

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 ⁷ , (мкг/м ³)	
	Максимальная разовая	Средняя суточная	Средняя годовая	Средняя суточная	Средняя годовая
$PM_{2.5}$	160	35	25	15	5

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).

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 хорошее качество воздуха.

Таблица 2. Индекс качества воздуха и соответствующая среднесуточная концентрация $PM_{2.5}$ согласно стандартам Агентства по охране окружающей среды США⁸

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

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 3. Описание каждой категории индекса качества воздуха согласно стандартам Агентства по охране окружающей среды США (US-EPA 2019)⁹

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 КЫРГЫЗСТАНЕ

Для анализа загрязнения воздуха в городах и в областях Кыргызстана были использованы датчики AirKaz, установленные в 2018-2022 гг. Для описания загрязнения по регионам Кыргызстана были использованы данные 23 из 25 датчиков AirKaz, так как показатели с остальных датчиков так же были не полными. На рисунке 2 приведена карта с расположением датчиков ОО «МувГрин» в областях.

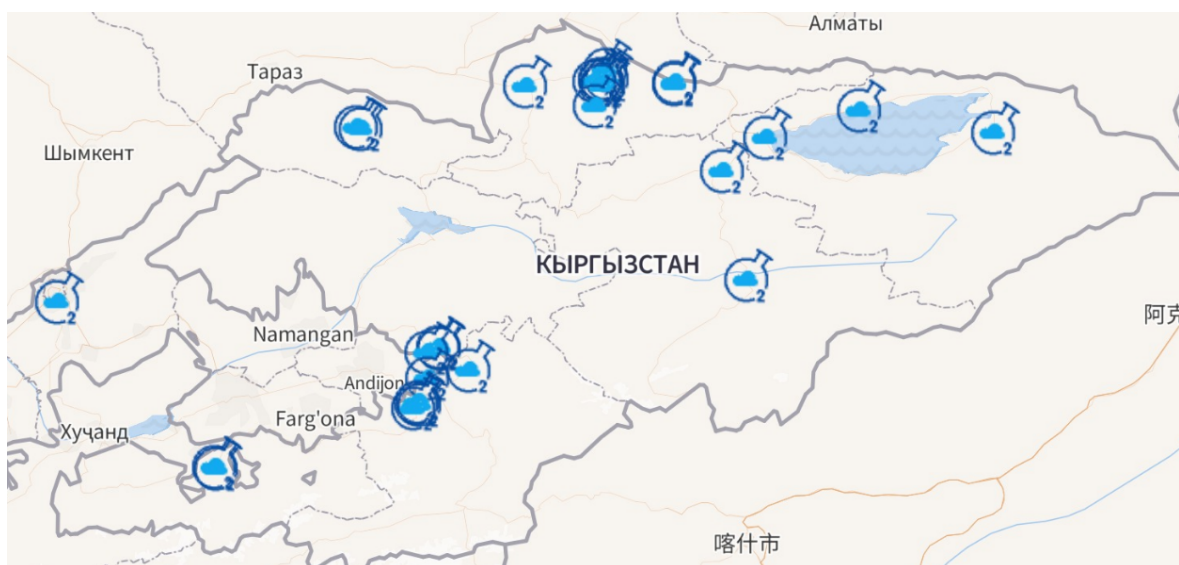


Рисунок 2. Расположение датчиков AirKaz ОО «МувГрин» в различных областях Кыргызстана

Видно (рисунок 2), что датчиками охвачены по возможности все области Кыргызстана. В основном все датчики установлены в местах наибольшего скопления людей — города или крупные села. Наиболее хорошо освещены данными город Бишкек и его окрестности, а так же крупные города Ош, Джалал-Абад, по 1-2 датчика есть во всех крупных населенных пунктах или городах областей КР.

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>, кроме того отображается также средняя концентрация за сутки.

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 3).



Рисунок 3. Фотография установленного датчика AirKaz (слева) и сертификата, выданный Кыргызстандартом (справа)

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2.5}) В КРУПНЫХ ГОРОДАХ КЫРГЫЗСТАНА

1. КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ PM_{2.5}

Анализ данных по концентрации мелкодисперсных твердых частиц PM_{2.5} зимой в крупных городах Кыргызстана — Бишкек, Ош и Джалал-Абад выполнен путем осреднения всех данных, полученных с датчиков установленных в каждом из городов. Следует отметить, что в различных частях любого из городов, распределение концентраций PM_{2.5} связано с местными источниками или условиями, влияющими на загрязнение, и соответственно может изменяться в различных пределах. Распределение загрязнения воздуха PM_{2.5} зимой в крупных городах Кыргызстана показано на рисунке 4.

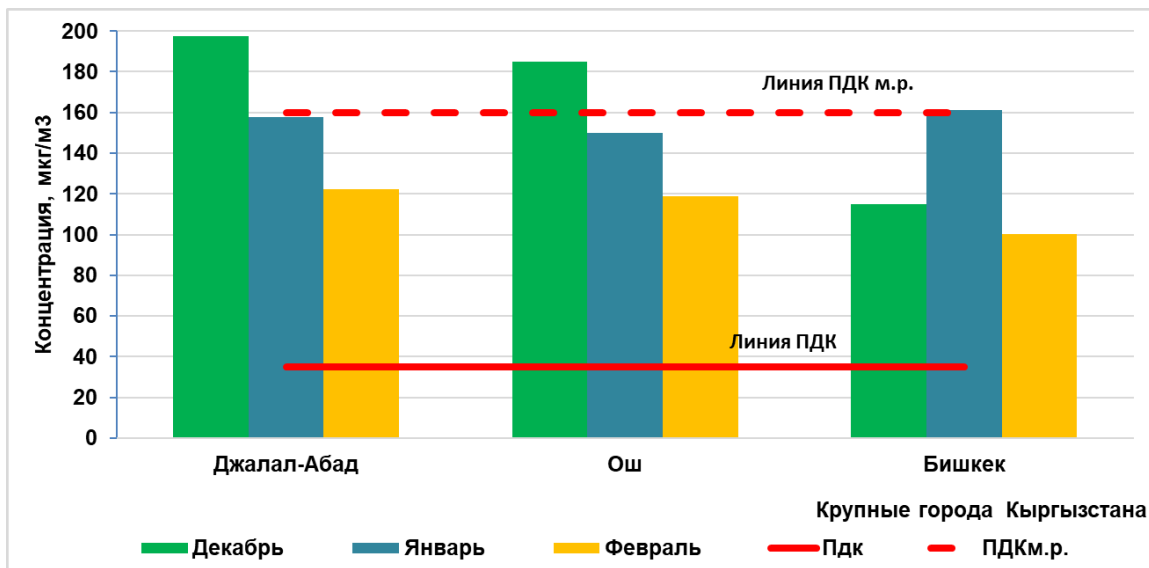


Рисунок 4. Загрязнение воздуха PM_{2.5} зимой 2022-23 гг. в крупных городах КР — Бишкек, Ош и Джалал-Абад

Видно, что **в декабре** наблюдается наибольшее среднее месячное загрязнение твердыми частицами $PM_{2.5}$ (в среднем по всем датчикам). По южным городам Кыргызстана, оно велико — превышает не только средние суточные нормативы ($ПДК=35 \text{ мкг/м}^3$), но и максимальные разовые ($ПДК_{м.р.}=160 \text{ мкг/м}^3$). В городе Джалал-Абад средняя месячная концентрация $PM_{2.5}$ составляет — 197 мкг/м^3 (5.6 ПДК или 1.2 ПДК м.р.), в городе Ош загрязнение несколько ниже — 185 мкг/м^3 (5.3 ПДК или 1.2 ПДК м.р.). В городе Бишкек загрязнение воздуха наиболее низкое и составляет 115 мкг/м^3 или 3,3 ПДК.

Изменение концентрации $PM_{2.5}$ по дням или между средними за сутки максимальными и минимальными значениями велико и зависит от погодных условий. Так, во всех городах минимумы равны около 80 мкг/м^3 (2,3 ПДК), а максимумы могут достигать — в Бишкеке 355 мкг/м^3 (10,1 ПДК или 2.2 ПДК м.р.), в Оше — 372 мкг/м^3 (10,6 ПДК или 2.3 ПДК м.р.), в Джалал-Абаде — 343 мкг/м^3 (9.8 ПДК или 2.1 ПДК м.р.),

Если рассматривать загрязнение в различных частях каждого города, то разница будет отличаться от среднего по городу значения примерно на $50\text{-}60 \text{ мкг/м}^3$.

В январе, уровень загрязнения южных городов несколько уменьшился, в Оше и Джалал-Абаде до 150 и 158 мкг/м^3 или 4.3 и 4,5 ПДК, соответственно. В городе Бишкек, напротив, концентрации $PM_{2.5}$ выросли до 161 мкг/м^3 или 4.6 ПДК. Это так же полностью зависит от погодных условий.

Средние за сутки концентрации твердых частиц во всех городах изменяются очень сильно. Так, в городах Ош и Джалал-Абад минимальные значения составляют 36 мкг/м^3 (1,0 ПДК), а максимальные, соответственно, равны 246 мкг/м^3 (7,0 ПДК или 1,5 ПДК м.р.) и 306 мкг/м^3 (8,7 ПДК или 1,9 ПДК м.р.). В городе Бишкек максимальное за сутки значение достигло 565 мкг/м^3 (16,1 ПДК или 3,5 ПДК м.р.) на одном из датчиков. Датчик расположен в западной части города в жилмассиве Ала-Тоо, где полностью печное отопление — отапливаются углем большой зольности и различным мусором.

Если рассматривать загрязнение в различных частях городов Ош и Джалал-Абад, то разница будет отличаться от среднего по городу значения примерно на $20\text{-}40 \text{ мкг/м}^3$. Исключение, город Бишкек, где самая загрязненная — это западная часть (среднее месячное загрязнение 288 мкг/м^3 или 8,2 ПДК), а чистая — южная часть (среднее месячное загрязнение 95 мкг/м^3 или 2.7 ПДК).

В феврале, температура воздуха начала повышаться, интенсивность отопления спадать, и, воздух стал несколько чище. В Бишкеке средние за месяц концентрации $PM_{2.5}$ составили 100 мкг/м^3 или 2,9 ПДК, в Оше и Джалал-Абаде выше, около 120 мкг/м^3 или 3,4 ПДК.

Средние за сутки концентрации твердых частиц в Оше и Джалал-Абаде изменяются примерно от 40 мкг/м³ до 250 мкг/м³ (от 1,1 до 7,1 ПДК), а в городе Бишкек максимальное значение достигло 457 мкг/м³ (13,1 ПДК или 2,9 ПДКм.р.) на одном из датчиков в западной части города.

В различных частях городов Ош и Джалал-Абад разница в загрязнении PM_{2.5} мало отличается от среднего по городу значения. В городе Бишкек загрязнение на западе больше (среднее месячное загрязнение 261 мкг/м³ или 7,5ПДК), чем на юге (среднее месячное загрязнение 54 мкг/м³ или 1,5 ПДК).

2. КОЛИЧЕСТВО ДНЕЙ С ПРЕВЫШЕНИЕМ ПДК

В крупных городах Кыргызстана — Бишкек, Ош и Джалал-Абад установлено от 3 до 6 датчиков наблюдения за твердым частицам PM_{2.5}. Величина загрязнения может сильно меняться по территории города (особенно это характерно для Бишкека), а значит и число дней с загрязнением изменяется. Поэтому для анализа данных о количестве дней, когда наблюдались превышения ПДК было использовано наиболее возможное число таких дней со всех возможных датчиков.

На рисунке 5 и 6 представлено количество дней зимой, где средние за сутки концентрации PM_{2.5} превышают ПДК (35 мкг/м³) и ПДКм.р. (160 мкг/м³) по крупным городам — Бишкек, Ош и Джалал-Абад.

Видно (рисунок 5), что в городах Ош и Джалал-Абад все дни зимы были с превышением ПДК (35 мкг/м³) для PM_{2.5}. В городе Бишкек от 24 до 27 дней каждый месяц воздух был загрязнен, загрязнение было ниже ПДК в дни, когда наблюдались обильные осадки или относительно сильный ветер.

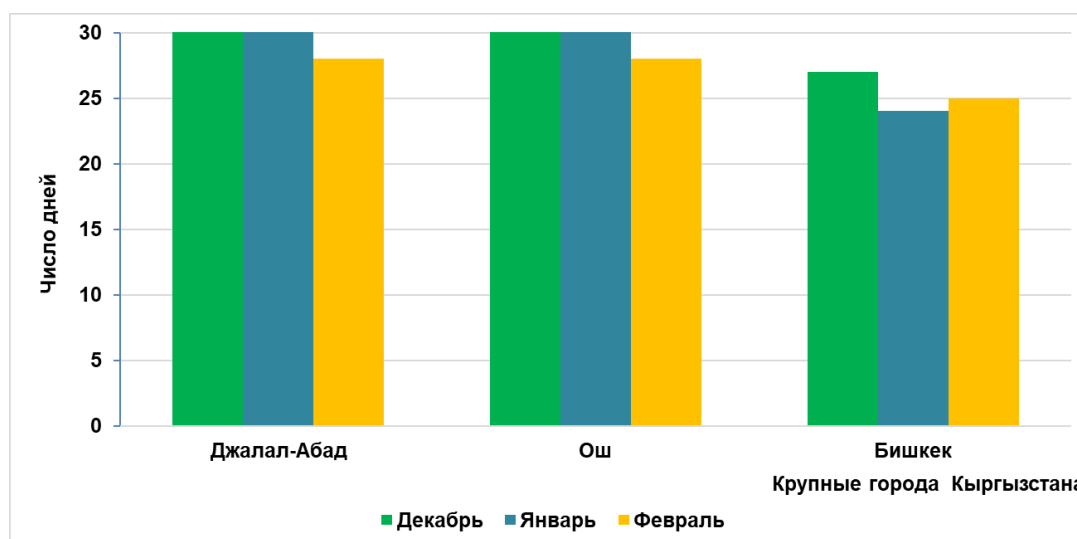


Рисунок 5. Количество дней зимой, где средние за сутки концентрации PM_{2.5} превышают ПДК (35 мкг/м³) по крупным городам Кыргызстана

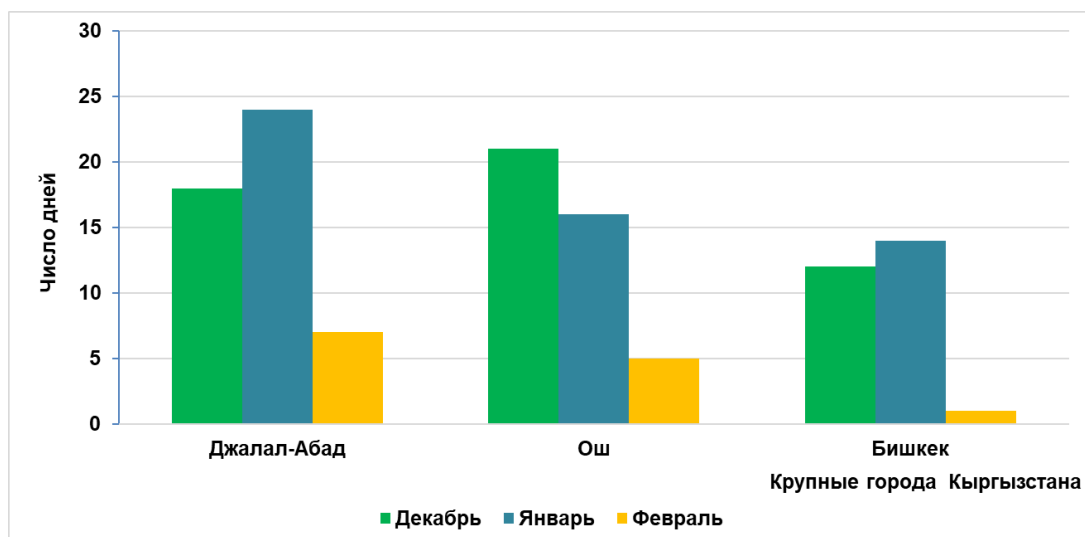


Рисунок 6. Количество дней зимой, где средние за сутки концентрации $PM_{2.5}$ превышают ПДКм.р (160 мкг/м^3) по крупным городам Кыргызстана

В зимний период были дни, когда загрязнение было выше не только ПДК, но и ПДКм.р. (рисунок 6). Таким воздухом можно дышать всего 20-35 минут без вреда для здоровья, а горожане дышали таким воздухом несколько дней в месяц! В городе Ош наблюдалось 42 таких дня: 21 день в декабре, 16 дней в январе и 3-5 дней в феврале. В городе Джалал-Абад наблюдалось 49 таких дней: 18 дней в декабре, 24 дня в январе и 5-7 дней в феврале. В Бишкеке в центральной его части таких дней было меньше всего — 27 дней за зиму: 12 дней в декабре, 14 дней в январе и 1 день в феврале.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ОБЛАСТЯХ КЫРГЫЗСТАНА

1. КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ $PM_{2.5}$

Анализ данных по концентрации мелкодисперсных твердых частиц $PM_{2.5}$ зимой в областях Кыргызстана выполнен путем осреднения всех данных, полученных с датчиков, установленных в каждом городе или крупном населенном пункте отдельно. Следует отметить, что в описание не входили крупные города — Бишкек, Ош и Джалал-Абад.

На рисунке 7 представлено загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ в различных областях (городах или крупных населенных пунктах КР). Практически во всех областях среднее за каждый месяц зимы загрязнение $PM_{2.5}$ высокое, выше уровня ПДК (35 $мкг/м^3$), а в некоторых - выше ПДКм.р. (160 $мкг/м^3$).

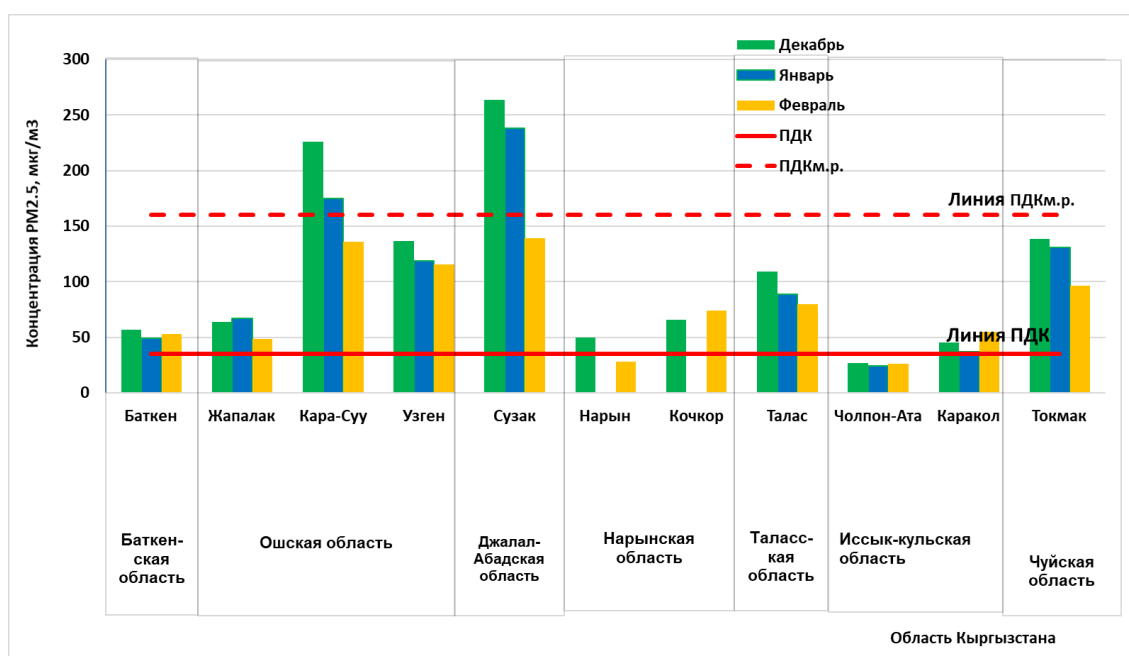


Рисунок 7. Загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ зимой 2022-23 гг. в различных областях (городах или крупных населенных пунктах КР)

В декабре, наиболее загрязненной твердыми частицами $PM_{2.5}$ являются южные области — Ошская и Джалал-Абадская, и, распределяется загрязнение неравномерно по территории.

В Ошской области в селе Жапалак уровень среднего за месяц загрязнения составил всего 64 мкг/м^3 (1,8 ПДК), а в Узгене в два раза больше — 136 мкг/м^3 (3,9 ПДК). Самое большое загрязнение по области наблюдалось в селе Кара-Суу, которое превысило не только средние ПДК, но и ПДКм.р. и составило 226 мкг/м^3 (6,5 ПДК или 1,4 ПДК м.р.), а средние максимальные концентрации $PM_{2.5}$ в один из дней декабря достигли 372 мкг/м^3 (10,6 ПДК или 2,3 ПДК м.р.).

Самый высокий уровень загрязнения $PM_{2.5}$ по Кыргызстану зарегистрирован в селе Сузак Джалал-Абадской области — 264 мкг/м^3 (7,5 ПДК или 1,7 ПДК м.р.), с максимумом в один из дней декабря — 485 мкг/м^3 (13,9 ПДК или 3,0 ПДК м.р.). Неравномерность загрязнения твердыми частицами связана с местными источниками или условиями, влияющими на загрязнение.

В Чуйской и Таласской областях уровень загрязнения $PM_{2.5}$ в декабре был примерно одинаков и в среднем составил 100 мкг/м^3 (около 3,0 ПДК). Максимальные средние за сутки концентрации твердых частиц в воздухе в один из дней декабря достигали 234 и 294 мкг/м^3 (6,7 и 8,4 ПДК или 1,5 и 1,8 ПДК м.р.) в Таласской и Чуйской области соответственно.

В Баткенской и Нарынской областях уровень загрязнения $PM_{2.5}$ так же примерно одинаков и по территории областей изменяется в пределах от 49 до 66 мкг/м^3 (от 1,4 до 1,9 ПДК), а в отдельные дни поднимался до 108 мкг/м^3 или до 3,0 ПДК.

Наиболее чистой была Иссык-Кульская область, концентрации $PM_{2.5}$ здесь всего 36 мкг/м^3 . Даже в отдельные дни максимальные концентрации были ниже, чем в других областях — 89 мкг/м^3 (2,5 ПДК). Такое малое загрязнение обусловлено наличием специфической циркуляции воздуха и близостью озера Иссык-Куль.

В январе, картина загрязнения воздуха по областям в целом сохраняется. Наиболее загрязненными твердыми частицами $PM_{2.5}$ являются южные области — Ошская и Джалал-Абадская, и, загрязнение распределяется неравномерно по территории.

В Ошской области в селе Жапалак уровень загрязнения составил всего 67 мкг/м^3 (1,9 ПДК), а самое большое загрязнение по области наблюдалось в селе Кара-Суу, которое превысило не только средние по области ПДК, но и ПДКм.р. и составило 175 мкг/м^3 (5,0 ПДК или 1,1 ПДК м.р.). Максимальные средние за сутки концентрации $PM_{2.5}$, которые могли наблюдаться в один из дней января составили от 98 мкг/м^3 (2,8 ПДК) в селе Жапалак до 286 мкг/м^3 (8,2 ПДК или 1,8 ПДК м.р.) в селе Кара-Суу.

Самый высокий уровень среднемесячного загрязнения $PM_{2.5}$ по Кыргызстану зарегистрирован в селе Сузак Джалал-Абадской области — 238 $мкг/м^3$ (6,8 ПДК или 1,5 ПДК м.р.), с максимумом в один из дней января — 416 $мкг/м^3$ (11,9 ПДК или 2,6 ПДКм.р.).

Второй по загрязнению $PM_{2.5}$ стала Чуйская область (город Токмак), концентрации твердых частиц в среднем составили 131 $мкг/м^3$ (3,7 ПДК), а максимальные средние концентрации в один из дней января достигли 261 $мкг/м^3$ (7,5 ПДК или 1,6 ПДК м.р.).

В Таласской области уровень загрязнения $PM_{2.5}$ в январе среднем равен 89 $мкг/м^3$ (около 2,5 ПДК), а в один из дней достиг 170 $мкг/м^3$ (4,9 ПДК или 1,1 ПДК м.р.).

Меньшее загрязнение $PM_{2.5}$ наблюдалось в Баткенской области, где средняя за месяц концентрация была на уровне 49 $мкг/м^3$ (1,4 ПДК), а в отдельные дни поднимались до 108 $мкг/м^3$ или до 3,0 ПДК.

Наиболее чистой была Иссык-Кульская область, средние месячные концентрации $PM_{2.5}$ здесь не превысили 37 $мкг/м^3$. Даже в отдельные дни максимальные концентрации были ниже, чем в других областях — 69 $мкг/м^3$ (2,0 ПДК).

К сожалению, в Нарынской области датчики, фиксирующие загрязнение $PM_{2.5}$ работали нестабильно из-за многочисленных технических проблем (отсутствие света, интернета и тд.). В дни работы датчиков концентрации $PM_{2.5}$ находились с пределах от 49 до 100 $мкг/м^3$ (1,4-2,9 ПДК).

В феврале, картина загрязнения воздуха по областям в целом сохраняется, но уровень загрязнения $PM_{2.5}$ в воздухе снижается.

В Ошской области в селе Жапалак уровень загрязнения опускается до 48 $мкг/м^3$ (1,4 ПДК). В селе Кара-Суу так же самое большое загрязнение по области, составляющее 136 $мкг/м^3$ (3,9 ПДК). Максимальные средние за сутки концентрации $PM_{2.5}$, которые могли наблюдаться в один из дней равны 250 $мкг/м^3$ (7,1 ПДК или 1,6 ПДК м.р.) в селе Кара-Суу.

В Джалал-Абадской области в селе Сузак уровень загрязнения $PM_{2.5}$ снижается до 139 $мкг/м^3$ (4,0 ПДК), со средним за сутки максимумом в один из дней всего 254 $мкг/м^3$ (7,3 ПДК или 1,6 ПДКм.р.).

Вторыми по загрязнению $PM_{2.5}$ остаются Чуйская (город Токмак) и Таласская области концентрации твердых частиц в среднем составили около 80-96 $мкг/м^3$ (2,3-2,7 ПДК), а максимальные средние концентрации в один из дней достигали 150-170 $мкг/м^3$ (4,3-4,9 ПДК).

В Баткенской области уровень загрязнения твердыми частицами остается относительно низким, его значение в целом не поменялось по сравнению с январем и декабрем, средняя за месяц концентрация составила 53 мкг/м³ (1,5 ПДК), а в отдельные дни поднимались до 108 мкг/м³ или до 3,0 ПДК.

Наиболее чистой была Иссык-Кульская область, средние месячные концентрации PM_{2.5} здесь не превысили 40 мкг/м³. В один из дней средняя за день максимальная концентрация PM_{2.5} достигла значения в городе Каракол 106 мкг/м³ (3,0 ПДК).

К сожалению, в Нарынской области датчики, фиксирующие загрязнение PM_{2.5} работали нестабильно из-за многочисленных технических проблем (отсутствие света, интернета и тд.). В дни работы датчиков концентрации PM_{2.5} находились с пределах от 18 до 203 мкг/м³ (0,5 – 5.8 ПДК).

2. КОЛИЧЕСТВО ДНЕЙ С ПРЕВЫШЕНИЕМ ПДК

В каждой области Кыргызстана установлено от 1 до 5 датчиков наблюдения за твердым частицам PM_{2.5}. Величина загрязнения может сильно меняться по территории области, а значит и число дней с загрязнением так же изменяется.

На рисунке 8 представлено количество дней зимой, где средние за сутки концентрации PM_{2.5} превышают ПДК (35 мкг/м³) по областям Кыргызстана.

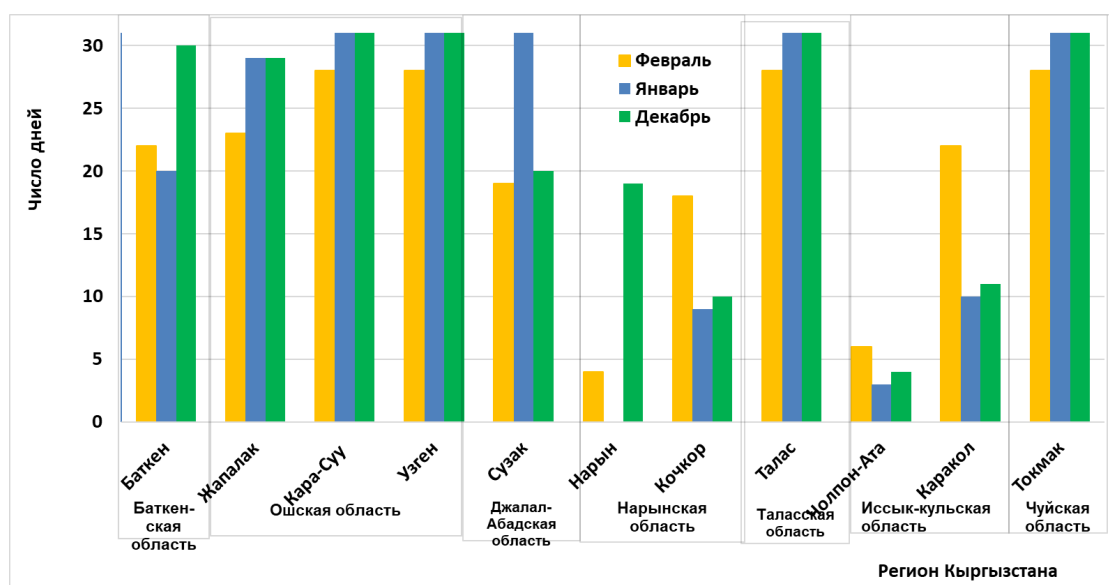


Рисунок 8. Количество дней зимой, где средние за сутки концентрации PM_{2.5} превышают ПДК (35 мкг/м³) по областям Кыргызстана

Видно (рисунок 8), население южных областей КР — Ошской и Джалал-Абадской дышало всю зиму без исключения загрязненным твердыми частицами $PM_{2.5}$ воздухом, когда концентрации превышали $ПДК=35 \text{ мкг/м}^3$. Исключение село, Жапалак, где в декабре и январе было по 29 дней с загрязнением, а в феврале - 23 дня. В селе Сузак — было относительно много дней с пропусками, но дни с наблюдениями концентрации $PM_{2.5}$ были выше $ПДК$.

Такая же ситуация в Чуйской и Таласской областях — нет ни одного дня зимой без загрязнения твердыми частицами $PM_{2.5}$.

В Баткенской области не смотря на относительно невысокий уровень загрязнения, в декабре наблюдалось 30 дней с концентрациями $PM_{2.5}$ выше $ПДК$, в январе 20 дней, а в феврале 22 таких дня.

В Иссык-Кульской и Нарынской областях датчики, фиксирующие загрязнение $PM_{2.5}$ работали нестабильно из-за многочисленных технических проблем (отсутствие света, интернета и тд.), но и дней без загрязнения было до 10-20 дней каждый месяц зимы.

Уровень загрязнения настолько высок в некоторых областях Кыргызстана, что среднее за сутки загрязнение твердыми частицами превосходит не только средние $ПДК$, но и максимально разовые ($ПДК \text{ м.р.}$), хотя таким воздухом можно дышать всего 20-30 минут в сутки, а не 24 часа. На рисунке 9 представлено количество дней зимой, где средние за сутки концентрации $PM_{2.5}$ превышают $ПДК \text{ м.р.}$ (160 мкг/м^3) по областям Кыргызстана.

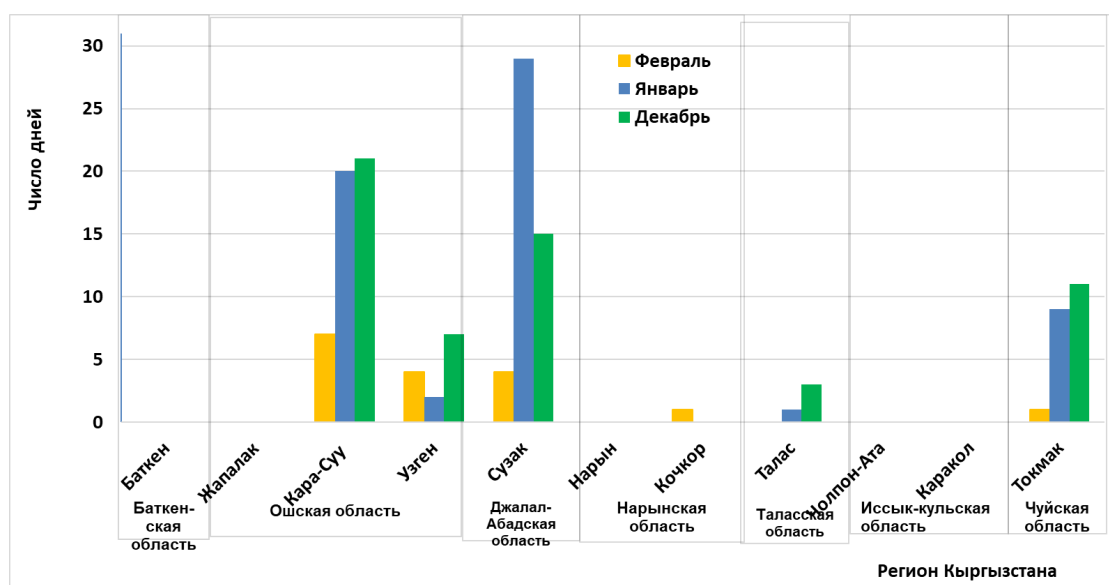


Рисунок 9. Количество дней зимой, где средние за сутки концентрации $PM_{2.5}$ превышают $ПДК \text{ м.р.}$ (160 мкг/м^3) по областям городам Кыргызстана

Видно (рисунок 9), что количество дней, где средние за сутки концентрации $PM_{2.5}$ превышают ПДКм.р. (160 мкг/м^3) велико в Ошской и Джалал-Абадской областях. Так, в селе Кара-Суу Ошской области число таких дней в декабре и январе по 20-21 дней в месяц, а в феврале их количество снижается до 7 дней. В Узгене, не смотря на высокое загрязнение, количество дней, превышающих ПДКм.р. не велико в декабре 7 дней, в январе — 2 дня и феврале — 4 дня. В селе Сузак Джалал-Абадской области в декабре наблюдалось таких 15 дней из 20 дней с наблюдениями, в январе — 29 дней из 31 дня, а в феврале — 4 дня из 19 дней с наблюдениями.

В Чуйской области (город Токмак) так же относительно велико число дней, где средние за сутки концентрации $PM_{2.5}$ превышают ПДКм.р.: в декабре 11 таких дней, в январе — 9 дней, а в феврале всего 1 день.

В Таласской и Нарынской областях могут наблюдаться от 0 до 3 дней с превышением ПДК м.р. в каждый из зимних месяцев, а в Баткенской и Иссык-Кульской областях таких дней не зафиксировано вообще.

КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ КЫРГЫЗСТАНА

Рассмотрим, каким воздухом, относительно загрязнения твердыми частицами, зимой 2022-23 гг. дышали жители крупных городов и как это может отразиться на здоровье людей. Для сравнения возьмем центральную и западную часть города Бишкек и среднее по всем датчикам городов Ош и Джалал-Абад, а так же будем использовать ИКВ – AQI Агентства по охране окружающей среды США (Таблица 4).

К сожалению, в Кыргызской Республике не принята методика ИКВ и при оценке качества атмосферного воздуха официально не используется.

Таблица 4 показывает состояние качества воздуха (среднесуточная концентрация $PM_{2.5}$) на каждом датчике за три месяца зимы с применением индекса качества воздуха – AQI Агентства по охране окружающей среды США.

Таблица 4. Количество дней в зависимости от индекса качества воздуха в городах – Бишкек, Ош и Джалал-Абад за зимний период 2022-23 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
Среднесуточная концентрация $PM_{2.5}$ ($мкг/м^3$)	0 – 12	12.1 - 35.4	35.5 - 55.4	55.5 - 150.4	150.5 - 250.4	250.5 и более	
Центральная часть города Бишкек, с 01.12.22 по 10.02.23	0	0	4	27	19	11	11
Западная часть города Бишкек, с 19.01 по 13.02.23	0	0	0	4	6	16	0
Город Ош	0	0	1	44	42	3	0
Город Джалал-Абад	0	0	2	46	37	5	0

Видно, что зимой в городах Ош, Джалал-Абад и Бишкек «хороших» и «средних» дней по загрязнению не было вообще, а «нездоровых» для чувствительных групп людей всего 1-4 дня за всю зиму.

«Нездоровых» и «очень нездоровых» дней для всех в целом людей зимой было больше всего во всех рассматриваемых городах. Так, в Оше таких дней было примерно одинаковое количество – 44 и 42 дня, соответственно, что в сумме составляет 86 дней из 90 дней зимы. В Джалал-Абаде было 46 «нездоровых» дня и 37 дней «очень нездоровых», в сумме они составили – 83 дня из 90 возможных. В Бишкеке: в центральной части города преобладали «нездоровые» дни – 27 дней и 19 дней было «очень нездоровых» из 72 дней наблюдений, в западной сильнозагрязненной части «нездоровых» дней было 4 дня и 6 «очень нездоровых» дней из 26 дней с наблюдениями.

«Опасные» дни — это дни, когда уровень загрязнения отражается незамедлительно на всех без исключения, особенно на людях, страдающих хроническими заболеваниями, на детях и пожилых людях. Таких дней в городах Ош и Джалал-Абад было немного, соответственно 3 и 5 дней из 90 возможных зимних дней. А в Бишкеке ситуация намного хуже — из 72 дней наблюдений в центральной части зафиксировано таких 11 дней, а в западной части — 16 дней.

Стоит отметить, что в конце 2012 года EPA изменил верхний предел концентраций первых трех индексов¹⁰, 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.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Качество воздуха по мелкодисперсным твердым частицам $PM_{2.5}$ в крупных городах Кыргызстана - Бишкек, Ош и Джалал-Абад как показали мониторинговые устройства ООО «МувГрин» зимой 2022-23 гг. были неблагоприятным для здоровья населения городов, а в некоторые дни — опасным. Средние месячные и суточные концентрации $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе превышали предельные допустимые нормативы КР, как средние, так и максимальные разовые, практически на всех анализируемых мониторинговых устройствах. Наиболее загрязненными месяцами зимой были декабрь и январь.

2. Загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ в среднем за месяц в крупных городах КР **в декабре** было в пределах от 115 мкг/м³ (3,3 ПДК) в городе Бишкек до 185 и 197 мкг/м³ (5.3-5.6 ПДК или около 1.2 ПДКм.р.) в городах Ош и Джалал-Абад. **В январе**, уровень загрязнения южных городов несколько уменьшился, в Оше и Джалал-Абаде до 150 и 158 мкг/м³ или 4.3 и 4,5 ПДК, соответственно. В городе Бишкек, напротив, концентрации $PM_{2.5}$ выросли до 161 мкг/м³ или 4.6 ПДК. **В феврале**, в Бишкеке средние за месяц концентрации $PM_{2.5}$ составили 100 мкг/м³ или 2,9 ПДК, в Оше и Джалал-Абаде — около 120 мкг/м³ или 3,4 ПДК.

3. Загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ в отдельные дни (средние максимальные значения) в крупных городах КР - Бишкек, Ош и Джалал-Абад **в декабре** достигало примерно 343-372 мкг/м³ (9,8-10,6 ПДК или 2,1-2,3 ПДКм.р.). **В январе**, в городах Ош и Джалал-Абад средние максимальные концентрации равны 246-306 мкг/м³ (7,0-8,7 ПДК или 1,5-1,9 ПДКм.р.). В городе Бишкек, максимальное за сутки среднее значение достигло 565 мкг/м³ (16,1 ПДК или 3,5 ПДКм.р.) на датчике в западной части города в жилмассиве Ала-Тоо, где полностью печное отопление. **В феврале**, в Оше и Джалал-Абаде средние концентрации $PM_{2.5}$ достигли до 250 мкг/м³ (от 1,1 до 7,1 ПДК), а в городе Бишкек — 457 мкг/м³ (13,1 ПДК или 2,9 ПДКм.р.) в западной части города.

4. В городах Ош и Джалал-Абад все дни зимы были с превышением ПДК (35 мкг/м³) для $PM_{2.5}$. В городе Бишкек от 24 до 27 дней каждый месяц воздух был загрязнен, загрязнение было ниже ПДК в дни, когда наблюдались обильные осадки или относительно сильный ветер.

5. В городе Ош наблюдалось 42 дня, где средние за сутки концентрации $PM_{2.5}$ превышают ПДКм.р (160 мкг/м³): 21 день в декабре, 16 дней в январе и 3-5 дней в феврале. В городе Джалал-Абад наблюдалось 49 таких дней: 18 дней в декабре, 24 дня в январе и 5-7 дней в феврале. В Бишкеке в центральной его части таких дней было меньше всего — 27 дней за зиму: 12 дней в декабре, 14 дней в январе и 1 день в феврале.

6. Загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ в среднем по различным месяцам зимы в регионах Кыргызстана было следующим. **В декабре**, наиболее загрязненными твердыми частицами были Ошская и Джалал-Абадская области, где оно изменяется от 64 до 264 $мкг/м^3$ (1,8-7,5 ПДК или 1,7 ПДКм.р.). В Чуйской и Таласской областях уровень загрязнения $PM_{2.5}$ примерно одинаков и в среднем составил 100 $мкг/м^3$ (около 3,0 ПДК), в Баткенской и Нарынской областях — был в пределах от 49 до 66 $мкг/м^3$ (от 1,4 до 1,9 ПДК). В Иссык-Кульской области загрязнение соизмеримо с 1,0 ПДК. **В январе**, в Ошской и Джалал-Абадской областях концентрации $PM_{2.5}$ достигают 175-238 $мкг/м^3$ (5,0-6,8 ПДК или 1,1-1,5 ПДКм.р.), в Таласской области — 89 $мкг/м^3$ (2,5 ПДК) и Чуйской области — 131 $мкг/м^3$ (3,7 ПДК), в Баткенской области — 49 $мкг/м^3$ (1,4 ПДК). В Иссык-Кульской области загрязнение соизмеримо с 1,0 ПДК. **В феврале**, уровень загрязнения $PM_{2.5}$ несколько снижается, в Ошской и Джалал-Абадской областях до 139 $мкг/м^3$ (4,0 ПДК), в Чуйской и Таласской областях до 80-96 $мкг/м^3$ (2,3-2,7 ПДК), в Баткенской области — до 53 $мкг/м^3$ (1,5 ПДК). В Иссык-Кульской области загрязнение соизмеримо с 1,0 ПДК.

7. Загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ в отдельные дни (средние максимальные значения) в южных областях — Ошской и Джалал-Абадской в декабре достигают 372-485 $мкг/м^3$ (10,6-13,9 ПДК или 2,3-3,0 ПДК м.р.), в январе — 286-416 $мкг/м^3$ (8,2-11,9 ПДК или 1,8-2,6 ПДК м.р.), в феврале — до 254 $мкг/м^3$ (7,3 ПДК или 1,6 ПДК м.р.).

Максимальные за день средние концентрации в Чуйской и Таласской областях в декабре были 234 и 294 $мкг/м^3$ (6,7 и 8,4 ПДК или 1,5 и 1,8 ПДК м.р.), в январе достигли 261 $мкг/м^3$ (7,5 ПДК или 1,6 ПДК м.р.), а феврале — 150-170 $мкг/м^3$ (4,3-4,9 ПДК).

В Баткенской и Нарынской и Иссык-Кульской областях уровень загрязнения $PM_{2.5}$ в отдельные дни поднимался до 108 $мкг/м^3$ или до 3,0 ПДК во все месяцы зимы.

Население южных областей КР — Ошской и Джалал-Абадской всю зиму с декабря по февраль дышало загрязненным твердыми частицами $PM_{2.5}$ воздухом, концентрации превышали ПДК=35 $мкг/м^3$. Исключение — село, Жапалак, где в декабре и январе было по 29 дней с загрязнением, а в феврале — 23 дня. В селе Сузак — было относительно много дней с пропусками, но дни с наблюдениями концентрации $PM_{2.5}$ были выше ПДК.

В Чуйской и Таласской областях — не было ни одного дня зимой без загрязнения твердыми частицами $PM_{2.5}$.

В Баткенской области в декабре наблюдалось 30 дней с концентрациями $PM_{2.5}$ выше ПДК, в январе 20 дней, а в феврале 22 таких дня.

В Иссык-Кульской и Нарынской областях датчики, фиксирующие загрязнение $PM_{2.5}$ работали нестабильно из-за многочисленных технических проблем (отсутствие света, интернета и тд.), но и дней без загрязнения было до 10–20 дней каждый месяц зимы.

9. Количество дней, где средние за сутки концентрации $PM_{2.5}$ превышают ПДК_{м.р.} (160 мкг/м^3) велико в Ошской и Джалал-Абадской областях и в некоторых их частях в декабре и январе по 20-21 дней в месяц, а в феврале их количество снижается до 7 дней. В Чуйской области (город Токмак) так же относительно велико число таких дней: в декабре 11 таких дней, в январе — 9 дней, а в феврале всего 1 день.

В Таласской и Нарынской областях могут наблюдаться от 0 до 3 дней с превышением ПДК м.р. в каждый из зимних месяцев, а в Баткенской и Иссык-кульской областях таких дней не зафиксировано вообще.

10. Видно, что зимой в городах Ош, Джалал-Абад и Бишкек «хороших» и «средних» дней по загрязнению не было вообще, а «нездоровых» для чувствительных групп людей всего 1-4 дня за всю зиму. «Нездоровых» и «очень нездоровых» дней для всех в целом людей зимой было больше всего во всех рассматриваемых городах. Так, в Оше таких дней было примерно одинаковое количество — 44 и 42 дня, соответственно, что в сумме составляет 86 дней из 90 дней зимы. В Джалал-Абаде было 46 «нездоровых» дня и 37 дней «очень нездоровых», в сумме они составили — 83 дня из 90 возможных.

В Бишкеке: в центральной части города преобладали «нездоровые» дни — 27 дней и 19 дней было «очень нездоровых» из 72 дней наблюдений, в западной сильнозагрязненной части «нездоровых» дней было 4 дня и 6 «очень нездоровых» дней из 26 дней с наблюдениями. «Опасные» дни — это дни, когда уровень загрязнения отражается незамедлительно на всех без исключения, особенно на людях, страдающих хроническими заболеваниями, на детях и пожилых людях. Таких дней в городах Ош и Джалал-Абад было немного, соответственно 3 и 5 дней из 90 возможных зимних дней. А в Бишкеке ситуация намного хуже — из 72 дней наблюдений в центральной части зафиксировано таких 11 дней, а в западной части — 16 дней.

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.

ГРАЖДАНСКОМУ ОБЩЕСТВУ И НАУЧНОМУ СООБЩЕСТВУ:

- Объединить усилия и создать базу данных всех исследований и работ по экологии в Кыргызстане, 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 мобильном приложении и на сайте AQ.kg, а также на сайте <https://airkaz.org/bishkek.php>, разработанного ОО «МувГрин».
- 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.

- Рекомендуется 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.
- 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] 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)
- [8] 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>
- [9] О качестве воздуха и измерениях загрязнения
<https://aqicn.org/404/ru/>
- [10] *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