ОСЕНЬ 2023

СЕЗОННЫЙ ОТЧЕТ

ПО КАЧЕСТВУ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В БИШКЕКЕ

ОБЗОР ДАННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Период:
Сентябрь - Ноябрь 2023 г.

MOVE GREEN

СОДЕРЖАНИЕ

Автор фотографии на титульном листе отчета — Николай Гладков.

АННОТАЦИЯ

Отчет по оценке качества воздуха в городе Бишкек за осенний сезон подготовлен Общественным Объединением «MoveGreen» (ОО «МувГрин») в рамках проекта «Внедрение сети недорогих датчиков качества воздуха в Центральной Азии для улучшения качества воздуха путем наращивания потенциала и повышения осведомленности общественности».

ОО «МувГрин» проводит гражданский мониторинг загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами ($PM_{2.5}$) с использованием датчиков AirKaz и PurpleAir. Первый датчик был установлен в городе Бишкек в 2018 году. В настоящее время сеть наблюдений расширилась и охватывает практически все части города.

На основе данных по концентрациям мелкодисперсных твердых частиц $PM_{2.5}$ с использованием датчиков AirKaz и PurpleAir рассматривается загрязнение воздуха за осень 2023 года в различных частях города Бишкек:

- *Северная часть*
- *Южная часть*
- *Западная часть*
- *Восточная часть*
- *Центральная часть*

В отчет включены официальные данные, предоставленные Гидрометеорологической службой (далее Кыргызгидромет) при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики, о состоянии загрязнения атмосферного воздуха города Бишкек твердыми частицами и загрязняющими газами (Информационный бюллетень — О состояния загрязнения атмосферного воздуха города Бишкек за осенний сезон).

Данные о состоянии загрязнения воздуха твердыми частицами получены с использованием датчиков Clarity Node-S в различных административных районах города:

- *Свердловский район*
- *Ленинский район*
- *Октябрьский район*
- *Первомайский район*

Данные о состоянии загрязнения воздуха вредными газами — оксидами азота, формальдегидом и диоксидом серы получены по данным наблюдений на стационарных постах города.

Отчет по оценке качества воздуха в Бишкеке за осенний сезон 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.

ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ВОЗДУХА — ОПИСАНИЕ

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.

PM_{10} — частицы с аэродинамическим диаметром менее 10 микрометров (мкм).

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

PM_{1} — частицы с аэродинамическим диаметром менее 1 мкм.

На рисунке 1 наглядно показаны, насколько микроскопичны частицы (PM_{10}, $PM_{2.5}$).

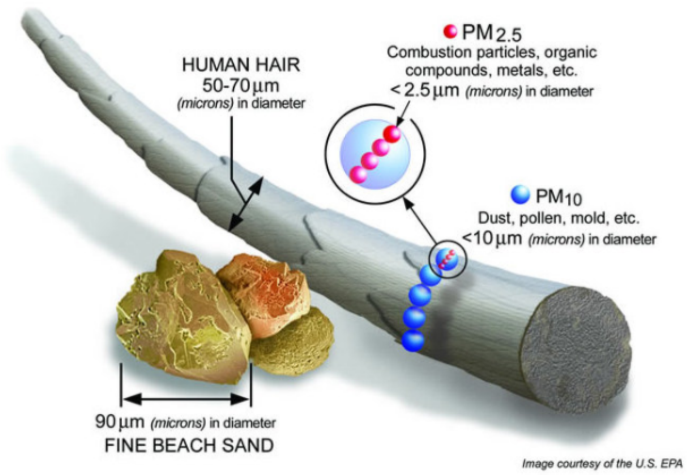


***Рисунок 1**[3]. Размеры мелкодисперсных твердых частиц (PM_{10} и $PM_{2.5}$) по сравнению с человеческим волосом и песчинкой*

ИСТОЧНИКИ ЧАСТИЦ. Источники PM 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 PM_{10});
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 $PM_{2.5}$ и менее.

Частицы могут образовываться:

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

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ. PM_{10} и $PM_{2.5}$ 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 $PM_{2.5}$ и при каждом увеличении концентрации на 10 мкг/м^3 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.

В Кыргызстане, ЮНИСЕФ проведено исследование[7], согласно которому загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ является самым большим экологическим фактором риска преждевременной смерти и ухудшения здоровья, при этом ухудшение здоровья в основном проявляется у пожилых людей и детей с первых дней жизни. Среднегодовое воздействие на население $PM_{2.5}$ примерно в 3,6 раза превышают те, которые вызывают другие загрязнители.

Мелкодисперсные частицы являются также одними из главных факторов снижение видимости и могут наносить различный урон природе в зависимости от их химического состава[7].

2. ГАЗЫ

ДИОКСИД АЗОТА ИЛИ NO_2 [8,9]

NO_2 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.

NO_2 и другие оксиды азота (NO_x) вступают в реакцию с другими химическими веществами в воздухе и образуют твердые частицы (вторичные PM). Все эти загрязнители в воздухе, вредны при вдыхании для здоровья.

ИСТОЧНИКИ NO_2 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 NO_2 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 NO_2 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 SO_2 [10,11]

SO_2 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 PM), что способствует загрязнению атмосферного воздуха PM 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 HCOH[12]

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

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

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

СПОСОБЫ УЧЕТА

В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ Постановлением Правительства № 201 от 11 апреля 2016 года утверждены гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» (таблица 1).

В постановлении прописано, 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./ПДК) 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 Здравоохранения (ВОЗ)*

Название загрязнителя	Гигиенические нормативы КР, (мкг/м^3)			Рекомендации ВОЗ[13], (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			

В МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРАКТИКЕ используют индекс качества воздуха. 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.

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)[14].

Ниже показана таблица 2 с ИКВ и соответствующей среднесуточной концентрации $PM_{2.5}$. Для примера, при среднесуточной концентрации, не превышающей 12 мкг/м³ индекс в пределах 50 и фон цвета индекса зеленый, что означает хорошее качество воздуха.

В таблице 3 расписано, 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 США*[15]

AQI/ ИКВ	Хороший	Средний	Нездоровый для чувств. людей	Нездоровый	Очень нездоровый	Опасный
Показатели AQI	0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	301-500
Среднесуточная концентрация, $PM_{2.5}$ (мкг/м³)	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)*[10]

0-50	хорошо	Качество воздуха считается удовлетворительным, и загрязнение воздуха представляется незначительным в пределах нормы.
51-100	удовлетворительно е	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, УСТАНОВЛЕННЫЕ ОО «МУВГРИН»

В городе Бишкек с 2018 года ОО «МувГрин» было установлено 6 датчиков AirKaz, которые определяют мелкодисперсные твердые частицы в воздухе – PM_{10} и $PM_{2.5}$.

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).

ЦЕНТР ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ
ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ ЭКОНОМИКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

СЕРТИФИКАТ

о признании утверждения типа средств измерений

№ 2539

Действителен до «07» февраля 2023 г.

Настоящий сертификат удостоверяет, что PMS 5003

Цифровые универсальные датчики концентрации частиц

Фирма «BEIJING PLANTOWER TECHNOLOGY CO., LTD»

Китай

внесен в Государственный реестр средств измерений под № KG417/01.12.2539-19 и допущен к применению в Кыргызской Республике на основании признания результатов испытаний и утверждения данного типа, проведенных

Республиканское государственное учреждение «Комитет технического регулирования и метрологии»

Министерство по инвестиции и развитию Республики Казахстан.

Поверку проводить один раз в год

Зам. директора М.Н. Капаров

М.П.

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

Кроме этого, в качестве дополнительных средств измерений в 2020 году были установлены 4 датчика PurpleAir, которые также определяют мелкодисперсные твердые частицы в воздухе – PM_{10} и $PM_{2.5}$.

Данные с датчиков AirKaz и PurpleAir по мелкодисперсным твердым частицам $PM_{2.5}$ ежечасно передаются и отображаются в мобильном приложении AQ.kg и на сайте AQ.kg, а также на сайте https://airkaz.org/bishkek.php и https://map.purpleair.com.

Для анализа были использованы данные четырех датчиков AirKaz. Показатели некоторых датчиков были неполными так как датчики отправлялись на техническое обслуживание перед зимним сезоном. Используемые в отчете датчики AirKaz располагались в районе парка Ынтымак, на пересечении проспектов Ч. Айтматова и А. Масалиева – южная часть города, в районе рынка Алкан – северная часть города, а микрорайоне Аламедин-1 – восточная часть города, в жилмассиве Ала-Тоо – западная часть города.

В качестве дополнительных данных для анализа были использованы данные двух датчиков PurpleAir. Используемый в отчете датчики PurpleAir, расположен в районе

Восток-5 – далее центральная (восток) часть города и в районе Ошского рынка – центральная (запад) часть города.

Местоположение вышеперечисленных мониторинговых устройств для определения $PM_{2.5}$ приведено на карте ниже (рисунок 3).

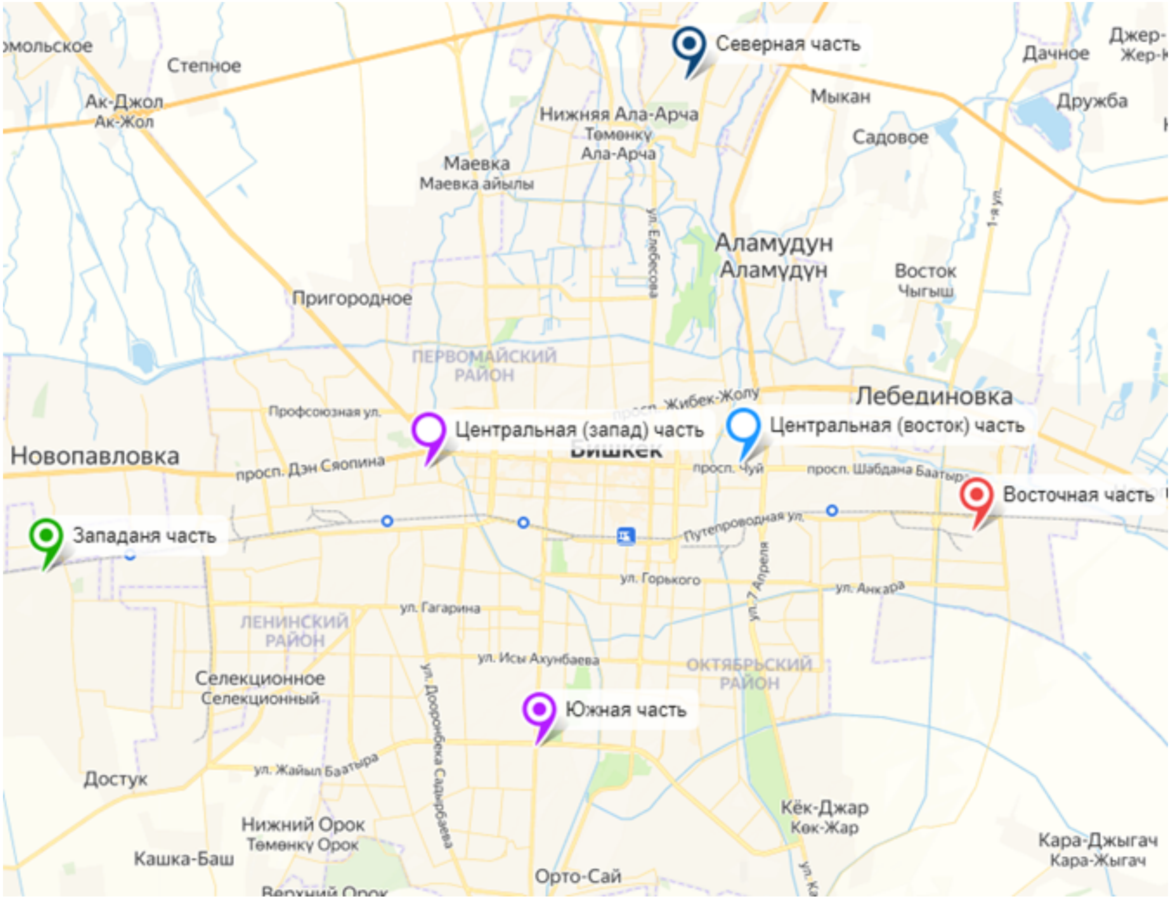


Рисунок 3. *Карта города Бишкек с месторасположением мониторинговых станций по качеству воздуха ($PM_{2.5}$), используемых в отчете*

2. ДАТЧИКИ, УСТАНОВЛЕННЫЕ КЫРГЫЗГИДРОМЕТОМ

В январе 2021 года в городе и районах, прилегающих к городу, Кыргызгидрометом были установлены 50 датчиков «Clarity Node-S» приобретённые при финансовой поддержке Азиатского банка развития[16], которые измеряют твердые частицы (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}) и диоксид азота (NO_2). Карту с месторасположением датчиков со значениями можно посмотреть на сайте Кыргызгидромета http://meteo.kg (рисунок 4).

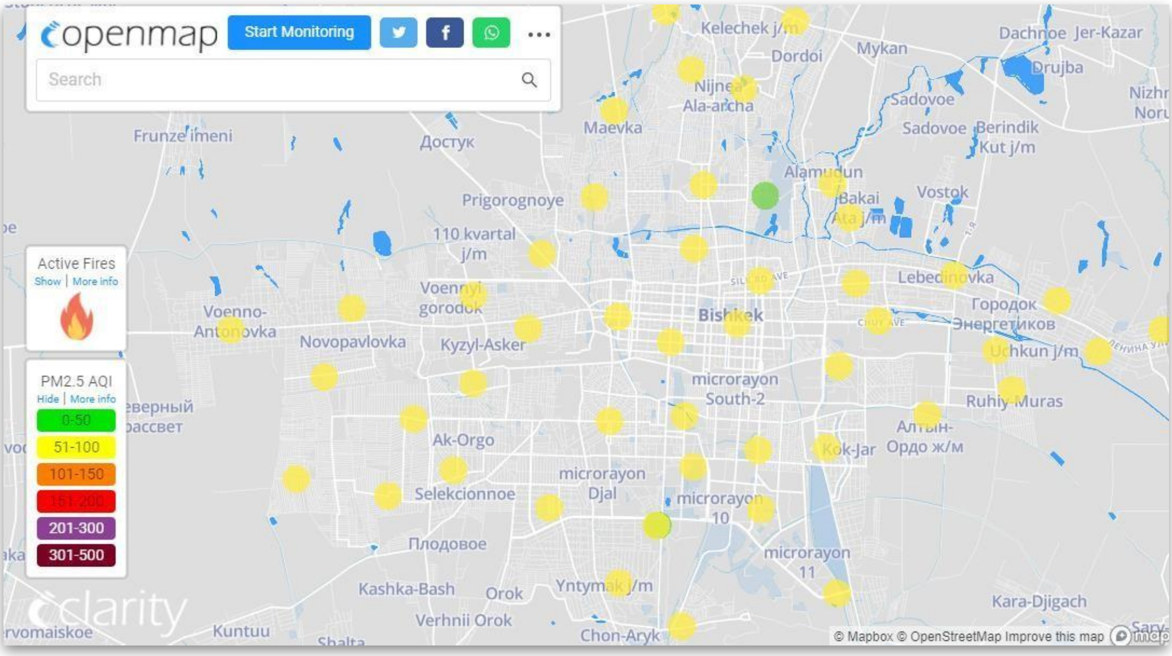


Рисунок 4. *Карта с месторасположением датчиков Clarity Node-S в Бишкеке*[17]

3. 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 5) по следующим адресам:

ПНЗ № 1	пересечение улиц Манаса и Московской
ПНЗ № 2	ОГМС Бишкек, ул. Лущихина, 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

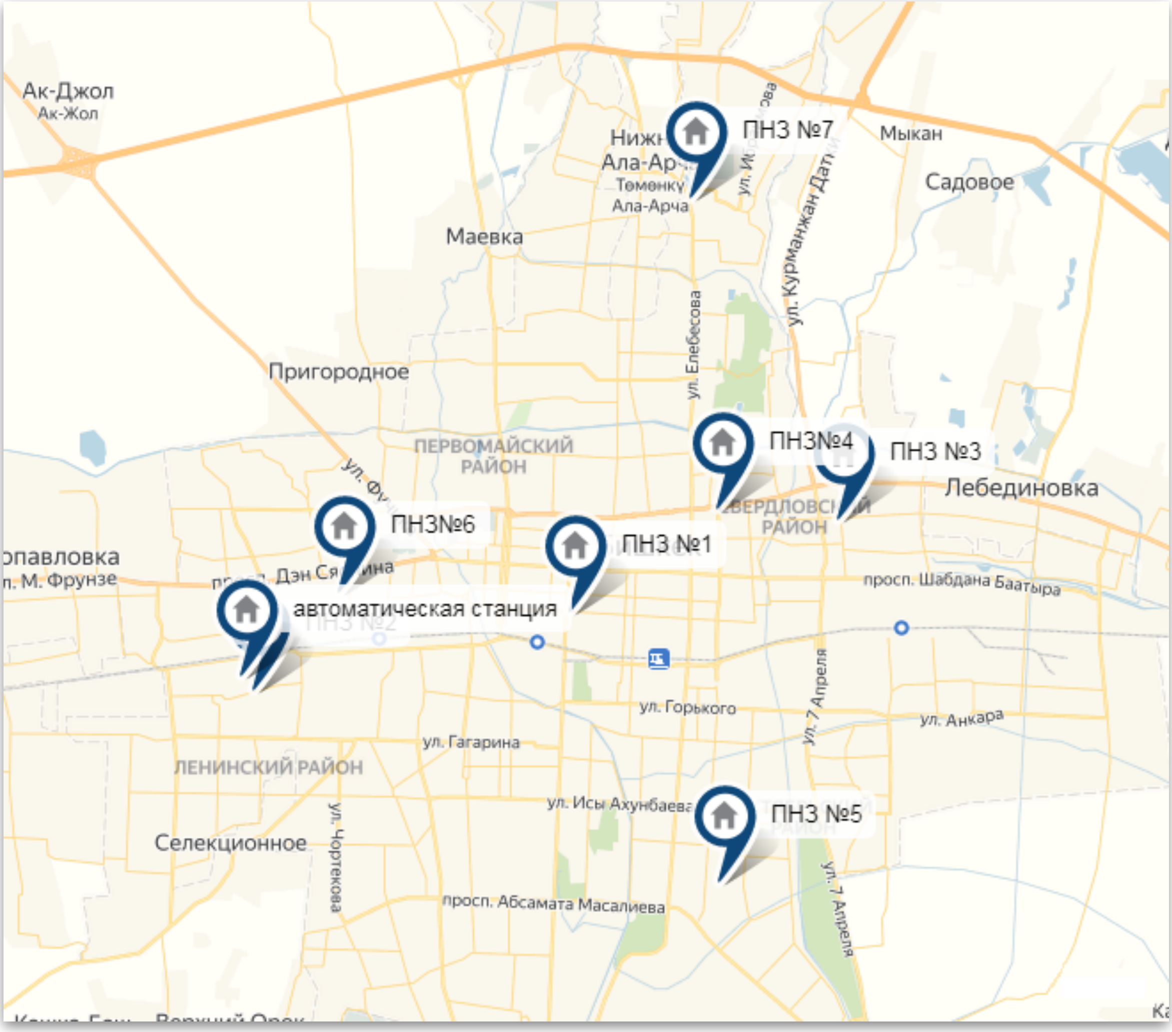


Рисунок 5. *Карта-схема расположения ПНЗ в городе Бишкек*[18]

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ПО ДАННЫМ ОО МУВГРИН

1. СРЕДНИЕ МЕСЯЧНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

Анализ данных с датчиков ОО «МувГрин» (AirKaz и PurpleAir), расположение которых приведено на рисунке 3, показал, что качество атмосферного воздуха по загрязнению твердыми частицами $PM_{2.5}$ осенью зависит от погодных условий и соответственно начала отопительного периода. Наиболее чистым оказался сентябрь, а в октябре и ноябре – с установлением холодной погоды, когда население уже отапливало дома, качество воздуха резко ухудшилось. Это особенно сильно проявлялось в районах города, где преимущественно печное отопление. Наглядно это видно на графике 1.

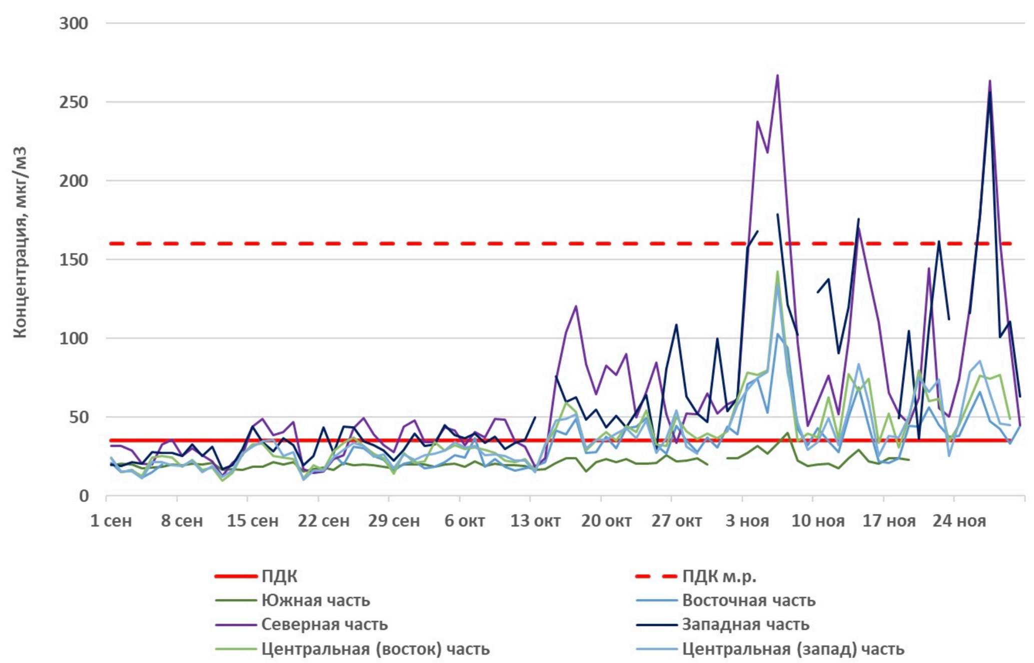


***График 1.** Средняя суточная концентрация $PM_{2.5}$ в различных частях города Бишкек за осенний период с линиями ПДК КР (ПДК и ПДКм.р.), данные ОО МувГрин*

Видно (график 1), что в сентябре ни в одной части города средние месячные концентрации $PM_{2.5}$ не превысили ПДК (35 мкг/м³).

Самые высокие концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались в северной и западной частях города (жилые массивы частного сектора) и составляли, соответственно, 29 и 31 мкг/м³, в отдельные дни загрязнение здесь могло достигать 44-45 мкг/м³

(1,3 ПДК). В южной части города было относительно чисто, концентрации $PM_{2.5}$ не превысили ПДК и были равны 19 мкг/м^3, а в отдельные дни поднималось всего до 22 мкг/м^3. В центральной (восточной и западной) части города концентрации $PM_{2.5}$ не превысили ПДК, и составили 23 мкг/м^3. Даже в отдельные дни их значение поднималось всего до 34-37 мкг/м^3 и находилось в пределах ПДК.

В октябре средние месячные концентрации $PM_{2.5}$ начали увеличиваться, особенно в районах жилых массивов частного сектора, достигли значений 21-56 мкг/м^3 (до 1,6 ПДК). Вероятнее всего, население начало подтапливать дома, что связано с понижением температуры воздуха, и дополнительно сжигать различный мусор со своих участков.

В северной и западной частях города (где преимущественно дома частного сектора) средние за месяц концентрации $PM_{2.5}$ повысились до 51-56 мкг/м^3 (до 1,6 ПДК). В отдельные дни загрязнение здесь могло достигать 109-120 мкг/м^3 (3,1-3,4 ПДК). В южной части города осталось также относительно чисто, концентрации $PM_{2.5}$ не превысили ПДК и были равны 21 мкг/м^3, а в отдельные дни поднимались до 26 мкг/м^3. В центральной (восточной и западной) и восточной частях города концентрации $PM_{2.5}$ несколько повысились и в среднем за месяц достигли уровня ПДК 30-35 мкг/м^3. В отдельные дни их значение поднималось до 50-59 мкг/м^3 (1,4-1,7 ПДК).

В ноябре начался полноценный отопительный период, поэтому загрязнение твердыми частицами еще больше возросло. Средняя за месяц концентрация $PM_{2.5}$ изменялась в зависимости от района города от 31 до 119 мкг/м^3 или от 0,9 до 3.4 ПДК. Максимальные концентрации в отдельные дни и в некоторых частях города могли достигать 267 мкг/м^3 или 7,6 ПДК (это больше, чем ПДКм.р., равная 160 мкг/м^3).

Самой чистой осталась южная часть города, здесь средняя за месяц концентрация твердых частиц $PM_{2.5}$ составила всего 31 мкг/м^3, хотя в отдельные дни могла достигать 65 мкг/м^3 или 1,9 ПДК. В восточной и центральной (восточной и западной) частях города средние за месяц концентрации $PM_{2.5}$ повысились до 48-61 мкг/м^3 или до 1,4-1,7 ПДК. В отдельные дни средние значения концентрации твердых частиц поднимались до 112-135 мкг/м^3 (3,2-3,9 ПДК). Самые высокие концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались в жилых массивах частного сектора в северной и западной частях города и составляли, соответственно, 115 и 119 мкг/м^3 (около 3,4 ПДК), в отдельные дни загрязнение здесь могло достигать 267 мкг/м^3 (7,6 ПДК или 1,7 ПДКм.р.).

2. КОЛИЧЕСТВО ДНЕЙ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ

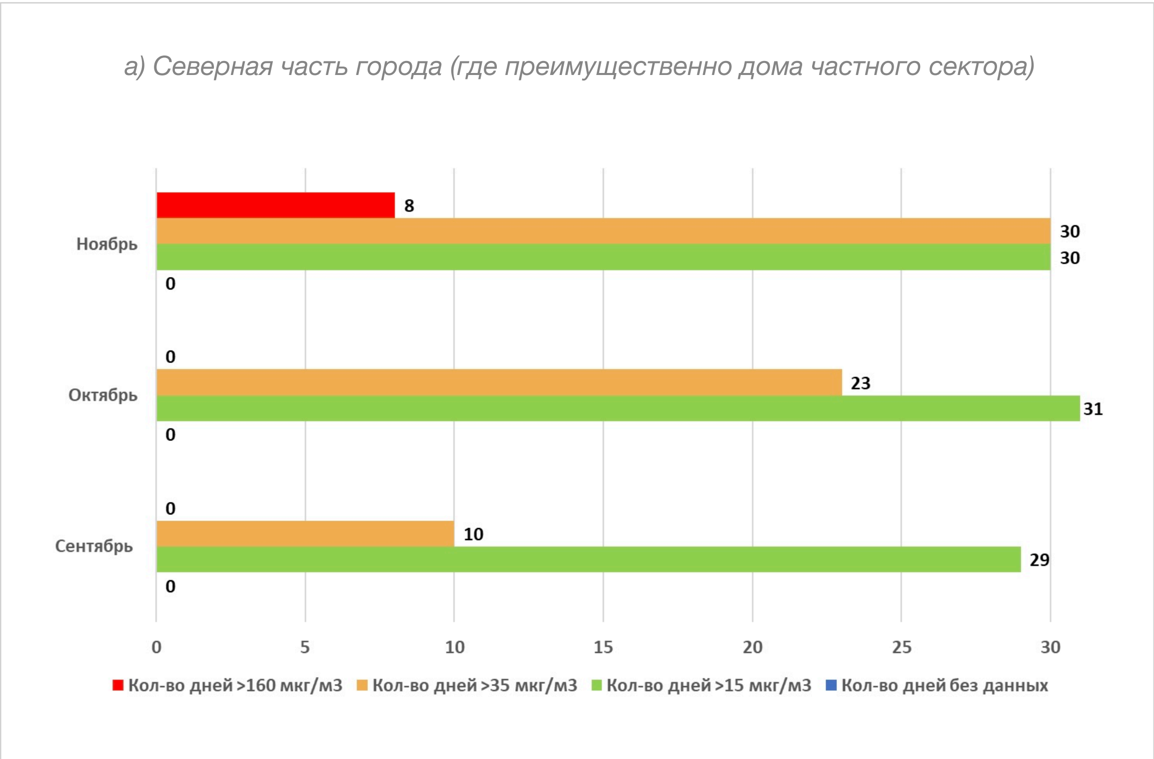
Общее количество дней, где загрязнение твердыми частицами $PM_{2.5}$ превысило национальные нормативы КР и ВОЗ в осенний сезон представлено на графике 2.

Для примера влияния печного отопления приведены центральная (восток) и северная части города.

Количество дней с концентрациями $PM_{2.5}$, превышающими среднесуточные нормативы КР (ПДК равно 35 мкг/м^3) осенью увеличивалось от месяца к месяцу, при этом в разных частях города количество таких дней так же изменялось. Так, в сентябре фиксировался всего 1 такой дней в центральной части города и 10 дней в северной части города, где только частный сектор. В октябре число таких дней увеличивается во всех частях города, в частном секторе в северной части города – до 23 дней, в центральной части города – до 14 дней. В ноябре, с началом отопительного периода, все дни месяца с превышением ПДК в северной части города (30 дней), в центральной части – 25 таких дней.

Следует отметить, что в северной части города в ноябре было 8 дней, когда средние за сутки концентрации превысили максимально разовые нормативы КР (ПДКм.р. равно 160 мкг/м^3).

Согласно рекомендациям ВОЗ, концентрация твердых частиц не должна превышать 15 мкг/м^3. Во все дни октября и ноября были превышены нормативы ВОЗ по содержанию твердых частиц в воздухе во всех частях города без исключения. В сентябре в центральной части города таких дней было – 24 дня, в северной части – 29 дней.



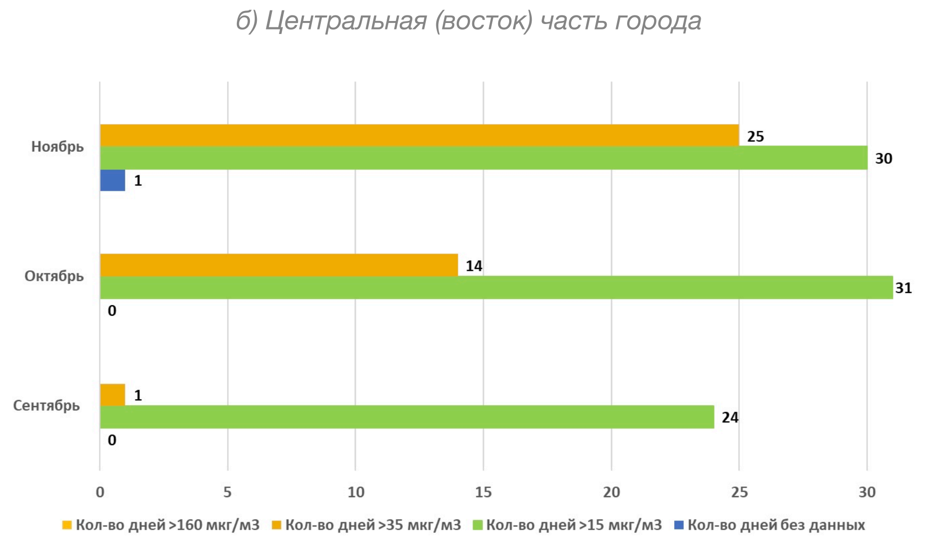


График 2. *Количество дней, где превышены нормативы для $PM_{2.5}$ (КР и ВОЗ) в атмосферном воздухе за осенний период*

Дней, когда наблюдений не проводилось или они были за неполный день было по 1 дню в сезоне.

3. СУТОЧНЫЙ ХОД ЗАГРЯЗНЕНИЯ

На графике 3 показан суточный ход концентраций $PM_{2.5}$, усредненных за осенний период по датчикам в северной (рынок Алкан) части города Бишкек, так как здесь наблюдаются большее загрязнение, чем в других его частях.

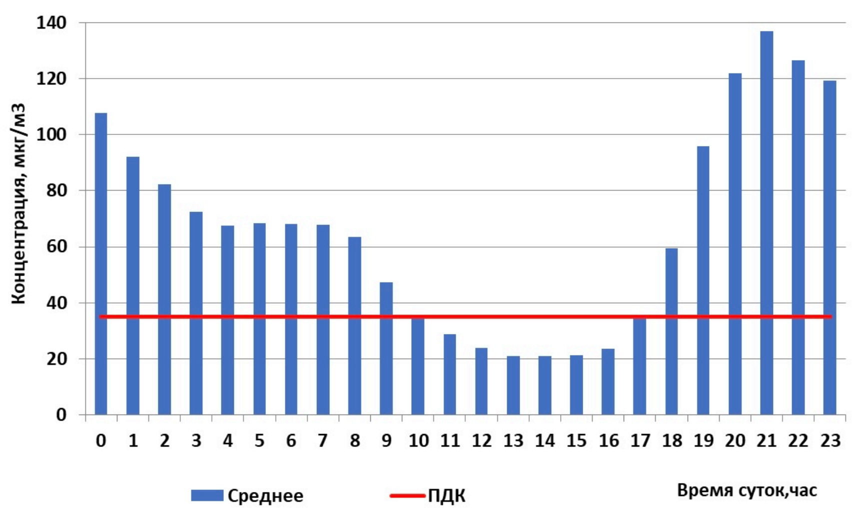


График 3. *Суточный ход усредненных часовых концентрации $PM_{2.5}$ за осенний период в северной части города*

Видно (график 3), в северной части города в среднем за осенний период концентрации твердых частиц в течение суток сильно изменяются, от низких до высоких значений, выше ПДК.

Наибольшее повышение средних сезонных концентраций $PM_{2.5}$ наблюдается с 21:00 вечера до 01:00 ночи. Максимальные значения $PM_{2.5}$ фиксируются в 22:00 и составляют в зависимости от месяца осеннего периода – от 58 до 226 мкг/м^3 (от 1,7 до 6,5 ПДК).

С 01:00 до 05:00 ночи начинается понижение концентраций $PM_{2.5}$ до уровня 64-69 мкг/м^3 (1,8-2,0 ПДК), который держится до 09:00 утра.

Наилучшее качество воздуха осенью во все месяцы наблюдается с 10:00 утра до 17:00 вечера, когда загрязнение воздуха твердыми частицами не превышает уровня ПДК (35 мкг/м^3).

Такой суточный ход возможно можно объяснить тем, что в вечернее и ночное время население начинало активно подтапливать или отапливать дома, кроме этого, в это время могло сжигать различный мусор и листву со своих участков. Следует отметить, что из всех трех месяцев осеннего периода наибольшие суточные значения наблюдались в ноябре, когда начался полноценный отопительный период.

4. СРЕДНИЕ СЕЗОННЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

График 4 показывает среднюю концентрацию $PM_{2.5}$ за три месяца осеннего периода – сентябрь, октябрь и ноябрь с данных мониторинговых устройств.

Самые высокие средние концентрации $PM_{2.5}$ за три месяца осени наблюдались в северной и западной частях города, соответственно 67 и 63 мкг/м^3. Относительно высокие значения, связаны с месторасположением датчиков. Место установки датчиков окружено новостройками, а основной источник отопления здесь – уголь и различный мусор (в том числе отходы швейной промышленности, автомобильные покрышки и т.п.).

Свой вклад в загрязнение $PM_{2.5}$ на севере города вносит крупнейший рынок Дордой (как дополнительный источник пыли). Кроме этого, в этой части города, холодный загрязненный воздух собирается и застаивается здесь (помимо других метеорологических факторов).

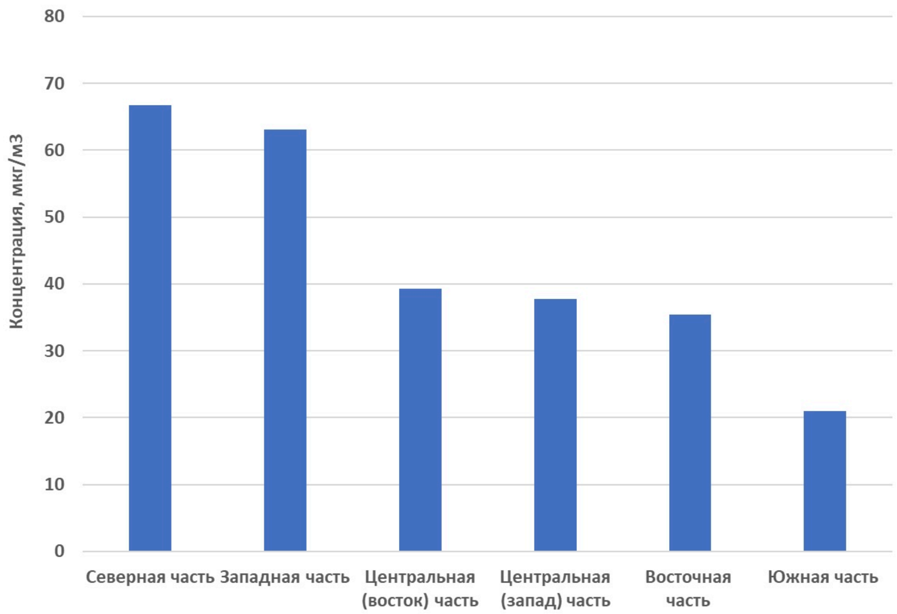


График 4. *Средняя концентрация $PM_{2.5}$ за осенний период на мониторинговых станциях в городе Бишкек*

В центральной (западной и восточной) частях города средняя концентрация $PM_{2.5}$ составила около 39 мкг/м^3, такая же примерно концентрация твердых частиц (35 мкг/м^3) была и в восточной части города.

Наиболее чистая – южная часть города – здесь среднее за сезон значение загрязнения составляет около 21 мкг/м^3, что объясняется продуваемостью территории ветрами горно-долинной циркуляции.

5. КАЧЕСТВО ВОЗДУХА СОГЛАСНО ИНДЕКСА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

Рассмотрим состояние качества воздуха на основе среднесуточной концентрации $PM_{2.5}$ на каждой станции за три месяца осени с применением индекса качества воздуха – AQI Агентства по охране окружающей среды США (EPA) (Таблица 2). Данные приведены в Таблице 4, которая показывает состояние качества воздуха в различных частях города Бишкек. Отметим, индекс качества воздуха до сих пор не принят в Кыргызской Республике, хотя во многих приложениях и на сайтах он используется.

Осенью в городе Бишкек наиболее чистой была южная часть, хотя здесь не наблюдалось «хороших» дней, преобладали «средние» дни – 83 дня за сезон (за 91 день). Отмечалось 6 дней «нездоровых» для чувствительных групп людей и 1 день для всех групп людей без исключения. «Очень нездоровых» и «опасных» дней в этой части города не зафиксировано.

Относительно много «средних» дней было в центральной (запад и восток) части города – 50 дней за сезон, здесь также наблюдалось 2 «хороших» дня.

«Нездоровых» дней было 38 дней, при этом примерно половина была с воздухом вредным для чувствительных групп людей и половина для всех групп людей без исключения. «Очень нездоровых» и «опасных» дней в этой части города не зафиксировано. Следует отметить, что примерно такое же распределение дней наблюдалось и в восточной части города.

Таблица 4. *Количество дней в зависимости от индекса качества воздуха на мониторинговых станциях за осенний период 2023 г.*

Мониторинговое устройство $PM_{2.5}$	**«Хорошие» дни**	**«Средние» дни**	**«Нездоровые» для чувств. людей дни**	**«Нездоровые» дни**	**«Очень нездоровые» дни**	**«Опасные» дни**	**Дни без данных**
Индекс качества воздуха (AQI)	0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	>301	
Среднесуточная концентрация $PM_{2.5}$ (мкг/м³)	0-12.0	12.1- 35.4	35.5-55.4	55.5-150.4	150.5-250.4	>250.5	
Южная часть	0	83	6	1	0	0	1
Северная часть	0	28	28	27	6	2	0
Западная часть	0	31	24	23	6	1	6
Восточная часть	1	41	26	7	0	0	16
Центральная (восток) часть	2	50	20	18	0	0	1
Центральная (запад) часть	2	50	22	14	0	0	3

В тех частях города, где преимущественно частный сектор – северной и западной – «хороших» дней не было вообще, а «средних» было всего 28-31 день за сезон (за 91 день). «Нездоровых» дней было до 55 дней, при этом, так же половина была с воздухом вредным для чувствительных групп людей и половина для всех групп людей без исключения. Были зафиксированы «очень нездоровые» дни (6 дней) и один «опасный» день для всех групп людей без исключения.

Отметим, что в конце 2012 года EPA изменил верхний предел концентраций первых трех индексов[19], 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 загрязнения 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.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ПО ДАННЫМ КЫРГЫЗГИДРОМЕТА

1. СРЕДНИЕ МЕСЯЧНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

Данные с устройств Clarity Node-S Кыргызгидромета за осень 2023 г. были заимствованы из Информационного бюллетеня Кыргызгидромета[20]. Большой охват сети данных устройств (рисунок 4) позволил получить данные, не в определенном месте города, а в отдельных его районах и в различные месяцы осени (график 5).

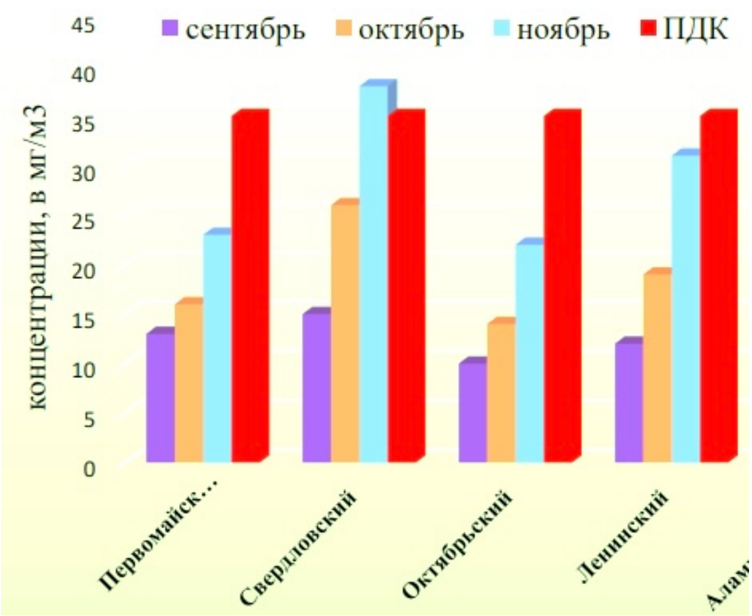


График 5. *Средняя суточная концентрация $PM_{2.5}$ в различных районах города Бишкек за осенний период, данные Кыргызгидромет*

Видно (график 5), что в сентябре уровень загрязнения атмосферного воздуха по твердым частицам $PM_{2.5}$ не вышел за пределы ПДК, средние за месяц концентрации $PM_{2.5}$ не превысили 15-20 мкг/м^3 по всем районам города. Несколько повышенный уровень загрязнения был в Свердловском районе.

В октябре уровень загрязнения несколько увеличился, хотя так же не вышел за пределы ПДК. Среднее за месяц значение концентрации $PM_{2.5}$ не превысило 15-30 мкг/м^3. Несколько повышенный уровень загрязнения так же наблюдался в Свердловском районе города.

В ноябре среднемесячное содержание $PM_{2.5}$ по всем районам города составило 34 мкг/м^3 или 0,97 ПДК. Средние суточные концентрации в течение месяца колебались от 4 до 144 мкг/м^3 или от 0,1 ПДК до 4,1 ПДК. Только в Свердловском районе города среднее месячное значение превысило ПДК.

2. КОЛИЧЕСТВО ДНЕЙ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ

Общее количество дней, где загрязнение твердыми частицами $PM_{2.5}$ превысило национальные нормативы КР в осенний сезон изменяется от месяца к месяцу и по районам города.

В сентябре нет дней с превышением среднесуточной ПДК во всех районах города. В октябре было таких 8 дней, но они фиксировались только в Свердловском районе города. В ноябре превышение среднесуточной ПДК твердыми частицами пыли $PM_{2.5}$ наблюдалось во всех районах города и составило 13 дней в Свердловском, 12 дней в Ленинском, 4 дня в Первомайском и 2 дня в Октябрьском районах.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ГАЗОВ ПО ДАННЫМ КЫРГЫЗГИДРОМЕТА

1. СРЕДНИЕ МЕСЯЧНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

Данные для описания загрязнения воздуха по НПЗ Кыргызгидромета за зиму были заимствованы из Информационного бюллетеня Кыргызгидромета[21].

На графике 6 приведены значения для NO, NO_2, SO_2 и НСОН, которые измеряются на ПНЗ в городе, за три осенних месяца. Пунктирной линией соответствующего цвета на графике выделяется зона превышения ПДК КР каждого загрязнителя.

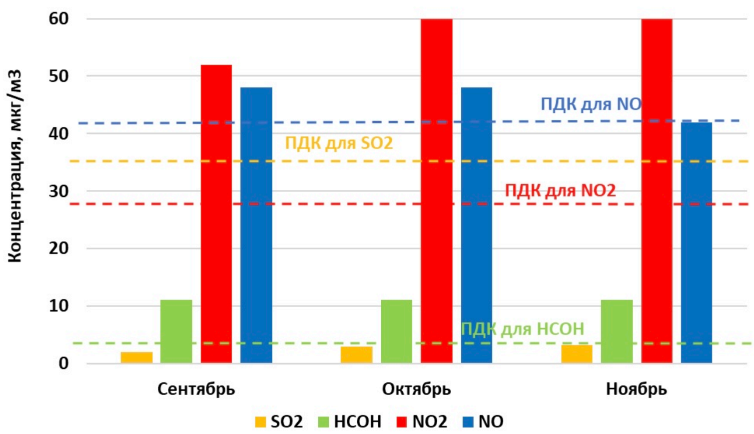


График 6. *Значения NO, NO_2, SO_2 и НСОН в городе Бишкек за осенний период (среднее по всем ПНЗ Кыргызгидромета)*

Осенью 2023 г. два газа (NO_2 и НСОН) из четырех наблюдаемых на НПЗ Кыргызгидромета имели концентрации, превышающие средние суточные ПДК КР. Концентрации – диоксида серы (SO_2) и оксида азота (NO) не вышли за пределы ПДК (были на уровне до 0,6 и 0,8 ПДК) во все месяцы рассматриваемого сезона.

Концентрации газов, по которым наблюдалось превышение ПДК, в сентябре составляли: NO_2 – 52 мкг/м^3 или 1.3 ПДК и НСОН – 11 мкг/м^3 или 3,7 ПДК; в октябре и ноябре – NO_2 – 60 мкг/м^3 или 1.5 ПДК и НСОН – 11 мкг/м^3 или 3,7 ПДК.

2. КОЛИЧЕСТВО ДНЕЙ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ

Количество дней, когда были превышены значения предельно-допустимых среднесуточных концентраций велико в каждый месяц осени по газам – NO_2 и НСОН – это 22-26 дней в месяц. Хотя концентрации оксида азота не превышали ПДК, но наблюдалось от 6 до 12 дней, когда они были выше ПДК.

Предельно-допустимые максимальные разовые концентрации были превышены по NO2 от 22 до 26 дней каждый месяц, по НСОН от 1 до 4 дней. По остальным газам максимально разовые концентрации превышены не были.

КРАТКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Качество воздуха по мелкодисперсным твердым частицам ($PM_{2.5}$) в городе Бишкек, как показали мониторинговые устройства ОО «МувГрин» осенью 2023 года было относительно хорошим в сентябре до начала отопительного периода, а после его начала – с середины октября и ноябре – плохое и даже опасное для здоровья людей в некоторых его частях.

2. Самые высокие среднесуточные концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались в северной и западной частях города, где могли достигать в среднем за месяц от 29 мкг/м^3 или 0,8 ПДК в сентябре до 119 мкг/м^3 или 3,4 ПДК в ноябре. Самые низкие среднесуточные концентрации $PM_{2.5}$ наблюдались в южной части города, их значение во все месяцы сезона не превысило ПДК. В центральной и восточной частях города средние месячные концентрации изменялись от 23 мкг/м^3 или 0,7 ПДК в сентябре до 61 мкг/м^3 или 1,7 ПДК в ноябре.

3. Максимальные средние концентрации в отдельные дни и в отдельных частях города Бишкек достигали в сентябре 49 мкг/м^3 или 1,4 ПДК, в октябре – 109 мкг/м^3 или 3,1 ПДК и ноябре – 267 мкг/м^3 или 7,6 ПДК.

4. Количество дней с концентрациями $PM_{2.5}$, превышающими среднесуточные нормативы КР осенью увеличивалось от месяца к месяцу, при этом в разных частях города количество таких дней так же изменялось. В сентябре фиксировался всего 1 такой дней в центральной части города и 10 дней в северной части города. В ноябре, с началом отопительного периода, все дни месяца были с превышением ПДК в северной части города (30 дней), в центральной и восточной части – 25 таких дней. Кроме этого, в северной части города в ноябре было 8 дней, когда средние за сутки концентрации превысили максимально разовые нормативы КР (ПДКм.р. равно 160 мкг/м^3).

5. По данным датчиков ОО «МувГрин», в северной (самой загрязненной) части города наибольшее повышение концентраций $PM_{2.5}$ наблюдается с 21:00 вечера до 01:00 ночи. Максимальные значения $PM_{2.5}$ фиксируются в 22:00 вечера и составляют в зависимости от месяца осеннего периода – от 58 мкг/м^3 (1,7 ПДК) до 226 мкг/м^3 (6,5 ПДК). Наилучшее качество воздуха осень во все месяцы наблюдается с 10:00 утра до 17:00 вечера, когда загрязнение воздуха твердыми частицами не превышает уровня ПДК (35 мкг/м^3).

6. Самые высокие средние концентрации $PM_{2.5}$ за три месяца осени наблюдались в северной и западной частях города, соответственно 67 и 63 мкг/м^3, в центральной и восточной частях города – около 39 мкг/м^3. Наиболее чистая –

южная часть города – здесь среднее за сезон значение загрязнения составляет около 21 мкг/м^3.

7. Согласно ИКВ AQI Агентства по охране окружающей среды США (официально не используется в Кыргызстане), осенью в городе Бишкек наиболее чистой была южная часть, качество воздуха здесь было приемлемым. В центральной и восточной частях города половину сезона качество воздуха было приемлемое, а другую половину – «нездоровое», особенно опасное для чувствительных групп людей. В тех частях города, где был преимущественно частный сектор – северной и западной – качество воздуха было преимущественно неприемлемое, большая часть дней осени была с воздухом вредным для чувствительных групп людей и всех групп людей без исключения.

8. Согласно данным Кыргызгидромета, в сентябре уровень загрязнения атмосферного воздуха по твердым частицам $PM_{2.5}$ не вышел за пределы ПДК во всех районах города, в октябре концентрации так же не превысили ПДК, хотя несколько повышенный уровень загрязнения 8 дней был в Свердловском районе. В ноябре среднемесячное содержание $PM_{2.5}$ в воздухе по районам города не вышло за пределы ПДК, за исключением Свердловского района. Средние суточные концентрации в течение ноября колебались от 4 до 144 мкг/м^3 или от 0,1 до 4,1 ПДК, а дней с превышением ПДК было: 13 дней в Свердловском, 12 дней в Ленинском, 4 дня в Первомайском и 2 дня в Октябрьском районах.

9. Осенью 2023 г. два газа (NO_2 и HCOH) из четырех наблюдаемых на НПЗ Кыргызгидромета имели концентрации, превышающие средние суточные ПДК КР и составляли: в сентябре – NO_2 – 52 мкг/м^3 или 1.3 ПДК и HCOH – 11 мкг/м^3 или 3,7 ПДК; в октябре и ноябре – NO_2 – 60 мкг/м^3 или 1.5 ПДК и HCOH – 11 мкг/м^3 или 3,7 ПДК. Концентрации остальных газов (SO_2 и NO) не вышли за пределы ПДК. Количество дней, когда были превышены значения предельно-допустимых среднесуточных концентраций велико в каждый месяц осени по газам – NO_2 и HCOH – это 22-26 дней в месяц, по NO – от 6 до 12 дней. Предельно-допустимые максимальные разовые концентрации были превышены по NO_2 от 22 до 26 дней каждый месяц, по HCOH от 1 до 4 дней. По остальным газам максимально разовые концентрации превышены не были.

РЕКОМЕНДАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННЫМ ОРГАНАМ:

- Развитие и стимулирование использования возобновляемых источников энергии для отопления домов (частного сектора и с центральным отоплением) совместно с применением энергоэффективных технологий и энергосберегающего оборудования;
- Налаживание системы управления отходами – сокращение потребления, внедрение сортировки, сбора и переработки отходов.
- Развитие общественного и вело- транспорта, т.е. введение политики обеспечения максимальной комфортности пользования общественным и вело- транспортом при одновременном создании неудобств для использования личного транспорта;
- Создание зоны с ограниченным использованием транспорта, особенно тяжелогрузного в городе;
- Создание новых и поддержание существующих зеленых территорий (озеленение вдоль дорог, парки, скверы и тп);
- Проведение разъяснительно-информационной работы среди населения в течение всего года о том, как их деятельность (сжигание шин, пластика и другого мусора) ухудшает качество воздуха и какое влияние это оказывает на здоровье людей;
- Оповещение жителей при высоком уровне загрязнения воздуха.

ГРАЖДАНСКОМУ ОБЩЕСТВУ И НАУЧНОМУ СООБЩЕСТВУ:

- Продвижение современных методов борьбы как с загрязнением воздуха, так и с экологическими проблемами города в целом;
- Создание базы данных всех исследований и работ по экологии в городе Бишкек и, в частности, по загрязнению воздуха.

НАСЕЛЕНИЮ

- Следить за качеством воздуха в г. Бишкек в мобильном приложении AQ.kg, на сайте www.aq.kg, со станции посольства США на сайте https://www.airnow.gov/international/us-embassies-andconsulates/#Kyrgyzstan$Bishkek и других сайтах, в том числе и государственных органов;

- 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 различный мусор - пластик, шины, отходы от текстильной промышленности, а также листья;

- Утеплять дома (для жителей частного сектора и квартирных домов);

- Использовать очистители воздуха/фильтры 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

[7] https://www.unicef.org/kyrgyzstan/reports/publications

[8] https://apps.who.int

[9] https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2

[10] http://auagroup.kz

[11] 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

[12] Facts About Formaldehyde, EPA:
https://www.epa.gov/formaldehyde/facts-about-formaldehyde

[13] Качество атмосферного воздуха и здоровье. ВОЗ, 2021:
https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health

[14] 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

[15] О качестве воздуха и измерениях загрязнения:
https://aqicn.org/404/ru/

[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] Карта предоставлена Кыргызгидрометом

[19] 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

[20] Данные взяты из Информационного бюллетеня – О состояния загрязнения атмосферного воздуха города Бишкек за осенний сезон 2023 г. предоставленного Гидрометеорологической службой (Кыргызгидромет) при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики

[21] Данные взяты из Информационного бюллетеня – О состояния загрязнения атмосферного воздуха города Бишкек за осенний сезон 2023 г. предоставленного Гидрометеорологической службой (Кыргызгидромет) при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики