

УДК 502/504

Куленбеков Ж. Э., Асанов Б. Д., Султаналиев К.  
Американский университет в Центральной Азии (АУЦА),  
Бишкек, Кыргызстан

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В Г. БИШКЕК, КАК ИНДИКАТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

### Аннотация

В данной статье рассмотрены вопросы выбора содержания взвешенных частиц размером меньше 10 мкм в качестве индикатора устойчивого развития в городе Бишкек. Показаны количественные содержания в воздухе взвешенных частиц PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>10</sub> по четырём сезонам года в городе Бишкек. Приведены данные о влиянии на здоровье населения взвешенных частиц размером меньше 10 мкм, а также рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по качеству воздуха.

**Ключевые слова:** взвешенная частица, загрязнение воздуха, устойчивое развитие, индикатор, заболеваемость.

## ТУРУКТУУ ӨНҮГҮҮ ИНДИКАТОРУ КАТАРЫ БИШКЕК ШААРЫНДАГЫ АТМОСФЕРАЛЫК АБАНЫН САПАТЫНА БАА БЕРҮҮ

### Кыскача мазмуну

Бул макалада туруктуу өнүгүү индикатору катары Бишкек шаарында 10 мкмдан төмөн болгон абадагы орточо салмактанган бөлүкчөлөрдүн камтылышын тандоо маселеси каралган. Бишкек шаарында PM<sub>2.5</sub> жана PM<sub>10</sub> бөлүкчөлөрүнүн абадагы сандык камтылышы жылдын төрт сезону боюнча көрсөтүлгөн. Бул макалада адамдардын ден соолугуна 10 мкмдан төмөн болгон бөлүкчөлөрдүн таасири жөнүндө, ошондой эле абанын сапаты боюнча Дүйнөлүк саламаттыкты сактоо уюмунун (ДСУ) сунуштары берилген.

**Негизги сөздөр:** взвешенная частица, абанын булганышы, туруктуу өнүктүрүү, индикатор, оорушу.

## AIR QUALITY ASSESSMENT OF BISHKEK CITY AS AN INDICATOR OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

### Abstract

Content of suspended particles with size less than 10 microns as an indicator of sustainable development in Bishkek city is considered in this paper. It is presented the quantitative contents of suspended particles PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in air in concordance with four seasons in the Bishkek. Information about influence of suspended particles with size less than 10 microns on human health as well as recommendations of World Health Organization (WHO) relating to the air quality was presented in this paper.

**Keywords:** suspended particle, air pollution, sustainable development, indicator, disease.

## Введение

С увеличением числа автомобильного транспорта и стационарных источников, интенсивно выбрасывающих загрязняющие вещества, сильно ухудшается качество атмосферного воздуха. Нынешний уровень загрязнения воздуха в центре города Бишкек, представляет значительную угрозу для окружающей среды и здоровья человека. В атмосферный воздух города поступает большое количество таких вредных веществ, как пыль, диоксид серы, оксид и диоксид азота, оксид углерода, которые во многих странах принято называть классическими загрязнителями. Помимо них в атмосферный воздух отдельными производствами и всеми видами транспорта выбрасываются так называемые специфические загрязняющие вещества. Около половины выбросов, загрязняющих атмосферу веществ в Кыргызстане, в расчёте на один квадратный километр, приходится на г. Бишкек [1].

Оценка качества жизни городского населения требует исследования экономических, социальных и экологических факторов. Здесь все три фактора тесно взаимосвязаны. Например, экологическая ситуация в городах всё больше влияет на уровень здоровья населения. Необходимость инструментальной оценки происходящих процессов, проведения ретроспективного анализа и попытки заглянуть в будущее требуют формирования соответствующих индикаторов и количественных показателей. Эти тенденции ярко проявили себя в развитии концепции устойчивого развития. Индикаторы устойчивого развития должны служить своеобразным барометром экологического состояния города, происходящих в них процессов и тенденций развития, для различных структур власти, лиц, принимающих решения, широкой общественности.

Готенбургскому Протоколу 1999 г. о борьбе с закислением, эвтрофикацией и приземным озоном были приняты поправки Исполнительным органом Конвенции. В пересмотренном Протоколе впервые содержатся обязательства уменьшить выбросы мелкодисперсных взвешенных частиц (PM<sub>2.5</sub>). Кроме того, в новой редакции в качестве важного компонента PM<sub>2.5</sub> фигурирует чёрный углерод или сажа. Чёрный углерод – это загрязняющее вещество, которое оказывает негативное воздействие на здоровье населения и способствует изменению климата [2].

Довольно сложен выбор индикаторов для международных сравнений, позволяющих оценить экологическую компоненту качества жизни в городах и устойчивости их развития. На наш взгляд, здесь можно выбрать показатель, который является достаточно новым в мире и нетипичным для кыргызстанских научных исследований, мониторинга и статистики. Это индикатор выбросов твёрдых взвешенных частиц диаметром меньше 10 микрон (PM<sub>10</sub>) в городах. Согласно проводимым в последние годы медицинским исследованиям в мире, уровень твёрдых частиц в воздухе оказывают огромное воздействие и приоритетность для заболеваемости и смертности населения. Выбросы этих частиц тесно связаны с процессами сжигания углеводородов, транспортом, вредным производством и пр. Нашей целью была количественная оценка содержания взвешенных частиц в воздухе. Мы провели мониторинг в городе Бишкек на содержание в воздухе частиц PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub>. Мониторинг проводился в 6 разных точках города в разное время года.

## Взвешенные частицы и их влияние на здоровье

Взвешенные частицы (PM) представляют собой широко распространённый загрязнитель атмосферного воздуха, включающий смесь твёрдых и жидких частиц, находящихся в воздухе во взвешенном состоянии. К показателям, которые обычно используются для характеристики PM и имеют значение для здоровья, относятся массовая концентрация частиц диаметром менее 10 мкм (PM<sub>10</sub>) и частиц диаметром менее 2.5 мкм

(PM<sub>2.5</sub>). В PM<sub>2.5</sub>, которые часто называют мелкодисперсными взвешенными частицами, также входят ультрамелкодисперсные частицы диаметром менее 0.1 мкм. PM диаметром от 0.1 мкм до 1 мкм могут находиться в атмосферном воздухе в течение многих дней и недель [3]. PM – это смесь, физические и химические характеристики которой меняются в зависимости от местонахождения. К наиболее распространённым химическим компонентам PM относятся сульфаты, нитраты, аммиак, другие неорганические ионы, такие как ионы натрия, калия, кальция, магния и хлорид-ионы, органический и элементарный углерод, минералы земной коры, связанная частицами вода, металлы (в том числе ванадий, кадмий, медь, никель и цинк) и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). В составе PM также встречаются биологические компоненты, такие как аллергены и микроорганизмы [3].

PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub> содержат респираторные частицы, которые имеют настолько малый диаметр, что могут проникать в торакальный отдел дыхательной системы. Влияние респираторных PM на здоровье имеет полное документальное подтверждение. Это влияние обусловлено как кратковременной (в течение часов или дней), так и долговременной (в течение месяцев или лет) экспозицией и включает:

- респираторную и сердечно-сосудистую заболеваемость, например, обострение астмы и респираторных симптомов и рост числа случаев госпитализации;
- смертность от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний и от рака легкого [3].

Имеются достаточные доказательства влияния кратковременной экспозиции PM<sub>10</sub> на дыхательную систему, однако с точки зрения смертности (и особенно смертности в результате долговременной экспозиции) более значимым фактором риска, чем грубая фракция PM<sub>10</sub> (частицы с диаметром в пределах 2.5–10 мкм), являются PM<sub>2.5</sub>. По имеющимся оценкам, при увеличении концентрации PM<sub>10</sub> на 10 мкг/м<sup>3</sup> суточная смертность от всех причин возрастает на 0.2–0.6% [4-5]. В условиях хронической экспозиции PM<sub>2.5</sub> каждое повышение концентрации PM<sub>2.5</sub> на 10 мкг/м<sup>3</sup> сопряжено с ростом долговременного риска кардиопульмональной смертности на 6–13% [6-7]. Особенно уязвимыми являются чувствительные группы людей, страдающих заболеваниями лёгких или сердца, а также люди пожилого возраста и дети. Например, подверженность воздействию PM отрицательно влияет на развитие лёгких у детей, приводя, в частности, к обратимым нарушениям лёгочной функции, а также к хроническому замедлению темпов роста легких и долговременной недостаточности лёгочной функции [8]. Нет никаких данных, которые бы подтверждали наличие какого-либо безопасного уровня экспозиции или порога, ниже которого не наступает никаких негативных последствий для здоровья. Экспозиции можно подвергнуться везде, и она не зависит от желания или нежелания людей, в связи с чем её значимость как детерминанты здоровья возрастает ещё больше.

В настоящее время нет убедительных данных на популяционном уровне о различии в эффектах при воздействии частиц, имеющих разный химический состав или разные источники происхождения [9]. Однако следует отметить, что фактические данные об опасном характере PM, образующихся вследствие сгорания (как от мобильных, так и от стационарных источников), являются более последовательными и менее противоречивыми, нежели данные, касающиеся PM из других источников [10].

Согласно имеющимся оценкам, в глобальном масштабе на счёт воздействия PM относят приблизительно 3% случаев смерти от кардиопульмональной патологии и 5% случаев смерти от рака лёгкого. В Европейском регионе Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) эта доля в разных субрегионах составляет, соответственно, от 1% до 3% и от 2% до 5% [11]. Полученные в одном из недавних исследований результаты показывают, что бремя болезней, обусловленное загрязнением атмосферного воздуха, может быть еще выше. Согласно расчётам, сделанным в этом исследовании, в 2010 г. на

долю загрязнения атмосферного воздуха, выражающегося в годовой концентрации PM<sub>2.5</sub>, пришлось 3.1 млн. случаев смерти и около 3.1% числа утраченных лет здоровой жизни во всём мире [12].

### Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха

Последний пересмотр рекомендаций по качеству атмосферного воздуха был сделан ВОЗ в 2005 году и включает следующие величины:

- **по PM<sub>2.5</sub>**: среднегодовая концентрация 10 мкг/м<sup>3</sup>, среднесуточная концентрация 25 мкг/м<sup>3</sup> (её превышение не должно продолжаться более 3 дней в году);
- **по PM<sub>10</sub>**: среднегодовая концентрация 20 мкг/м<sup>3</sup>, среднесуточная концентрация 50 мкг/м<sup>3</sup>. [3]

Чтобы способствовать постепенному переходу к более низким концентрациям в наиболее загрязнённых районах, кроме этих рекомендуемых величин, в РКВ по каждому веществу, загрязняющему воздух, указываются промежуточные целевые показатели. Если бы эти целевые показатели были достигнуты, можно было бы ожидать значительных снижений рисков острых и хронических последствий для здоровья в результате загрязнения воздуха. Однако конечной целью должно быть достижение рекомендуемых величин. Поскольку какого-либо порога концентрации PM, ниже которого не наблюдается никакого ущерба для здоровья, установлено не было, рекомендуемые величины следует рассматривать как приемлемые и достижимые цели, связанные с минимизацией влияния на здоровье, в контексте местных сдерживающих факторов, возможностей и приоритетов общественного здравоохранения [3].

В период с 1974 по 2009 г. в Соединённых Штатах Америки проводилось контрольное наблюдение группы взрослых жителей шести городов с целью оценки влияния загрязнения воздуха на смертность. В целом к 2000 г. концентрации PM<sub>2.5</sub> уменьшились до уровня ниже 15 мкг/м<sup>3</sup> (за исключением одного города, где уровни концентрации были ниже 18 мкг/м<sup>3</sup>). Главный результат этого наблюдения состоял в том, что снижение среднегодовой концентрации PM<sub>2.5</sub> на 2.5 мкг/м<sup>3</sup> было связано со снижением показателя смертности от всех причин на 3.5% [13-15].

В рамках другого исследования, проводимого отдельно «Швейцарского исследования аллергии и респираторных симптомов в детском возрасте в связи с загрязнением воздуха, климатическими явлениями и содержанием пылицы в воздухе» в период с 1992 по 2001 гг., осуществлялось наблюдение детей в девяти коммунах Швейцарии. Снижение местных концентраций PM<sub>10</sub> привело к снижению распространённости различных респираторных симптомов, таких как хронический кашель, бронхит, простуда, ночной сухой кашель и симптомы конъюнктивита [16]. Полученные результаты указывают на то, что как незначительные, так и радикальные меры по улучшению качества атмосферного воздуха оказывают благотворное влияние на функционирование дыхательной системы и здоровье у детей и взрослых.

### Содержание взвешенных частиц в городе Бишкек

До настоящего времени в республике не проводились измерения концентрации взвешенных частиц (пыли) в атмосферном воздухе. Последние регулярные измерения в городах республики относятся к 1988 году, а в г. Бишкек измерения пыли проводились в 1998 году на посту 1 в центре города. Среднегодовое значение всех взвешенных частиц, TSP, составляла 900 мкг/м<sup>3</sup> в 1998 году. Для сравнения годовые значения TSP были преобразованы в PM<sub>10</sub> с формулой  $PM_{10} = 0.3 * TSP$  (рис. 1).

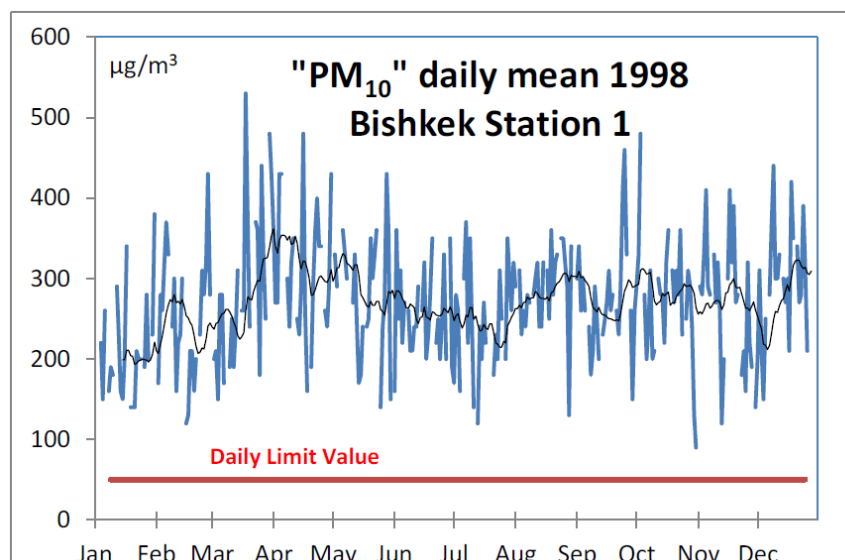


Рис. 1. Годовые значения "PM<sub>10</sub>" (синяя линия) в 1998 году в Бишкеке. Чёрная линия составляет 15-дневное среднее значение. Красная линия является суточным предельным значением в ЕС.

Сравнительный график показывает высокие концентрации взвешенных твёрдых частиц (PM<sub>10</sub>), среднегодовые достигали почти 300 мкг/м<sup>3</sup>, все суточные значения выше, чем 50 мкг/м<sup>3</sup>, что является нормативом в Европейском Союзе для суточных значений, 35 превышений допустимых значений в год [17].

В городе Бишкек в 2015-2016 гг. был проведён мониторинг на содержание в воздухе частиц PM<sub>10</sub> и PM<sub>2.5</sub>. Мониторинг проводился в 6 разных точках города в разное время года и в разное время суток. Измерения на каждой точке проводились не менее трёх замеров за раз и высчитывали средний результат. Первая точка была расположена на пересечении улицы Чолпонатинская и проспекта Чуй, вторая точка на пересечении проспекта Чуй с улицей Шабдан Баатыра, третья точка находилась на пересечении проспекта Чуй с улицей Абдрахманова, четвёртая точка на пересечении проспекта Чуй с улицей Фучика, пятая точка на старой площади и последняя точка возле нового кампуса АУЦА. По этим точкам видно, что мы охватываем центральную часть города с запада на восток и южную часть города.

Замеры взвешенных частиц проводили при помощи аппарата 831 Aerosol Mass Monitor. Это портативный и очень удобный прибор, который обеспечивает данными сразу в пяти диапазонах (PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>4</sub>, PM<sub>10</sub> и TSP). AEROCET 831 подсчитывает размеры частиц в 4 различных диапазонах, затем использует собственный алгоритм для преобразования данных подсчёта для измерений масс частиц (мкг/м<sup>3</sup>). По существу, AEROCET 831 вычисляет объём для каждой обнаруженной частицы, затем назначает стандартную плотность для преобразования.

Содержание взвешенных частиц PM<sub>10</sub> в летнее время во всех 6 точках превышает в несколько раз среднесуточные и среднегодовые значения рекомендаций по качеству атмосферного воздуха. Самое большое превышение PM<sub>10</sub> в летний период наблюдается на пересечении проспекта Чуй с улицей Шабдан Баатыра. Превышение рекомендованного значения почти более чем в пять раз. Это можно, наверное, объяснить тем, что данная точка расположена с западной стороны ТЭЦ, а также здесь большой поток транспортных средств. А вот содержание PM<sub>2.5</sub> таких больших превышений, как PM<sub>10</sub> не наблюдается. Есть небольшие превышения нормы в трёх точках, это на пересечениях проспекта Чуй с

улицами Шабдан Баатыра, Абдрахманова и Фучика. В трёх других точках показатели ниже среднесуточной концентрации. Графики представлены на рисунках 2 и 3.

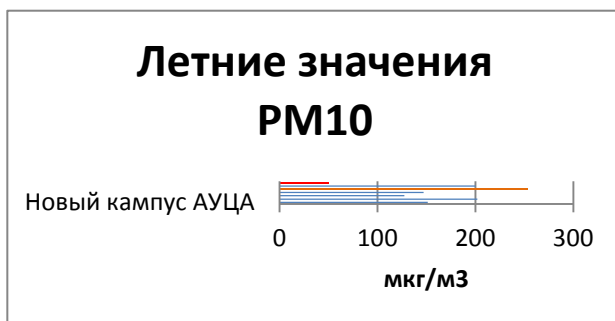


Рис. 2. Диаграмма содержания взвешенных частиц PM10 в мкг/м<sup>3</sup> в летний период.

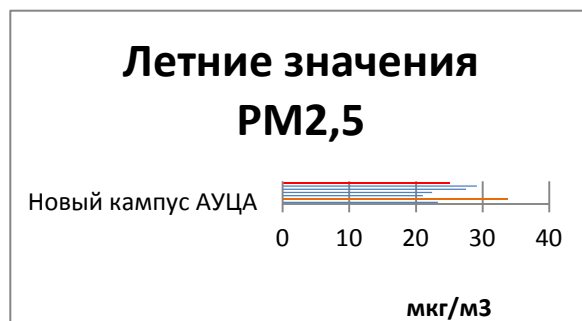


Рис. 3. Диаграмма содержания взвешенных частиц PM2.5 в мкг/м<sup>3</sup> в летний период

Содержание взвешенных частиц PM10 в осеннее время во всех 6 точках превышает в несколько раз среднесуточные и среднегодовые значения рекомендаций по качеству атмосферного воздуха. Самое большое превышение PM10 в осенний период также, как и в летний период наблюдается на пересечении проспекта Чуй с улицей Шабдан Баатыра. Превышение рекомендованного значения почти более чем в десять раз. Содержание PM2.5 в отличие от летнего периода во всех точках превышает рекомендованные значения. На рисунке 4 почти в более чем трёхкратном превышении выделяется пересечение проспекта Чуй с улицей Шабдан Баатыра. Данные на рисунках 4 и 5.

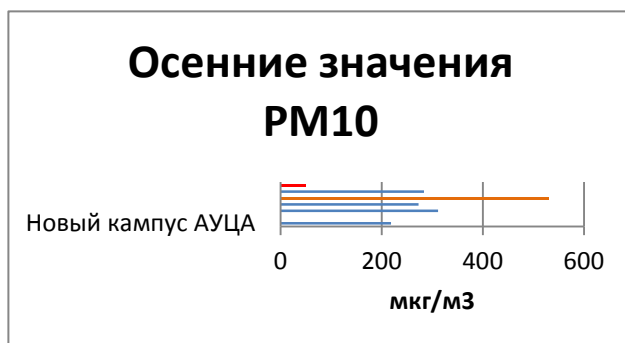


Рис. 4. Диаграмма содержания взвешенных частиц PM10 в мкг/м<sup>3</sup> в осенний период.

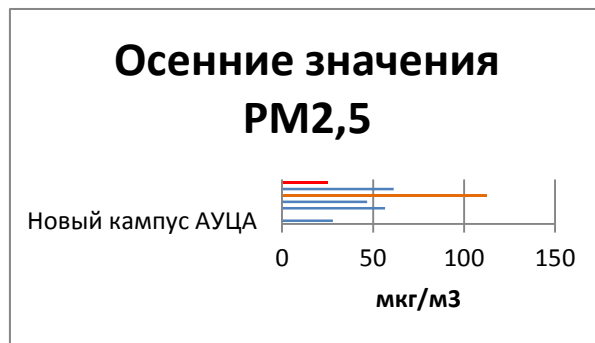


Рис. 5. Диаграмма содержания взвешенных частиц PM2.5 в мкг/м<sup>3</sup> в осенний период.

В зимний период содержание всех взвешенных частиц выше рекомендованных значений. Также как и в летний и осенний периоды, пересечение проспекта Чуй с улицей Шабдан Баатыра остаётся самой загрязнённой. Содержание PM10 на этой точке превышает рекомендованные нормы почти в 14 раз, а PM2.5 почти в 2.5 раза. На пересечении проспекта Чуй с улицами Фучика и Абдрахманова превышение рекомендованной нормы PM10 в 8 и 10 раз соответственно, а PM2.5 более чем в 2 раза. Графики представлены на рисунках 6 и 7.

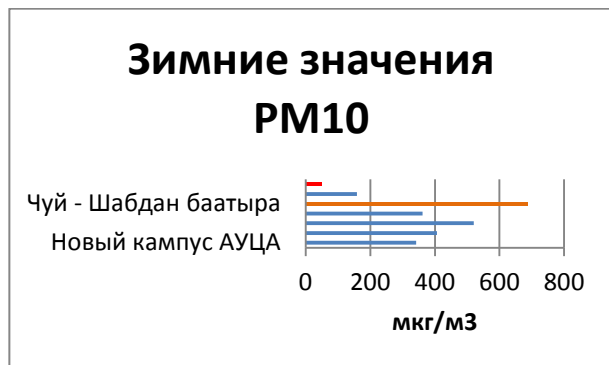


Рис. 6. Диаграмма содержания взвешенных частиц PM10 в мкг/м<sup>3</sup> в зимний период.

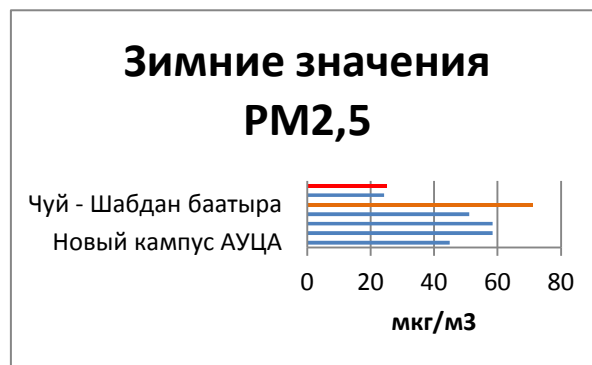


Рис. 7. Диаграмма содержания в мкг/м<sup>3</sup> взвешенных частиц PM2.5 в зимний период.

С наступлением весны содержание взвешенных частиц в воздухе падает по сравнению с зимними и осенними результатами. В отличие от других времён года, где максимальные превышения PM10 и PM2.5 были на пересечении проспекта Чуй с улицей Шабдан Баатыра, весной максимальные превышения наблюдаются на пересечении проспекта Чуй с улицей Фучика. Значения PM10 весной превышают рекомендованные значения почти в пять раз. Диаграмму содержания можно увидеть на рисунках 8 и 9.

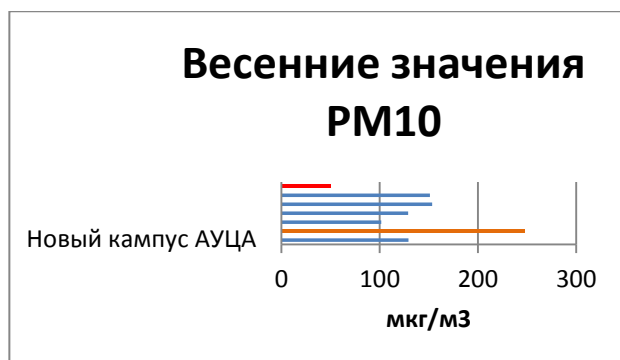


Рис. 8. Диаграмма содержания взвешенных частиц PM10 в мкг/м<sup>3</sup> в весенний период.

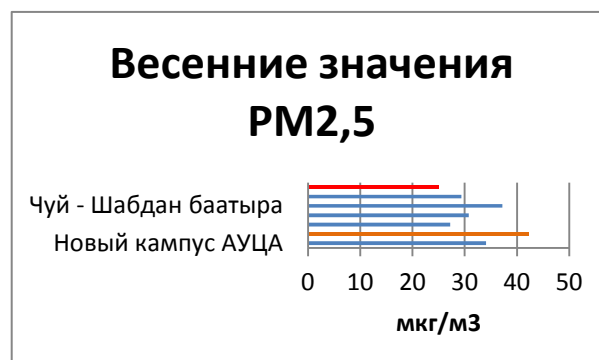


Рис. 9. Диаграмма содержания взвешенных частиц PM2.5 в мкг/м<sup>3</sup> в весенний период.

Важным показателем качества жизни населения является состояние атмосферного воздуха. В 2014 г. объём выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от контролируемых стационарных источников составил 60.5 тыс. тонн, увеличившись по сравнению с 2010 г. в 2 раза, а по сравнению с предыдущим годом - на 3.4 процента. Такое резкое увеличение объёма выбросов по сравнению с 2010 г. связано с увеличившимся использованием угля котельными и отмечавшимся маловодием. Около половины выбросов загрязняющих атмосферу веществ, в расчёте на один квадратный километр, приходится на г. Бишкек [1].

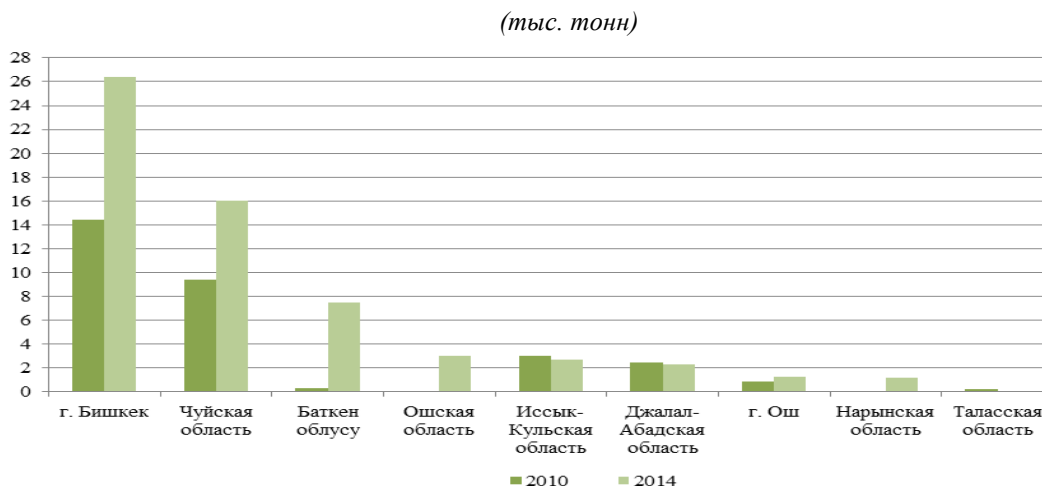


Рис. 10. Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников по территории

На рисунках 11 и 12 показаны графики значений PM10 и PM2.5 во всех 4 временах года. На них можно отчётливо заметить, что в осенний и зимний периоды содержание взвешенных частиц намного выше, чем в летний или весенний периоды. Это наверно можно объяснить тем, что в связи с похолоданием начинается отопительный сезон и как ТЭЦ, так и частный сектор увеличивает выбросы в атмосферу. В летнее время, как всем известно, количество транспортных средств намного уменьшается, что сказывается и на уменьшении взвешенных частиц в воздухе. А также зелёные растения вносят свою лепту в уменьшении взвешенных частиц в воздухе.

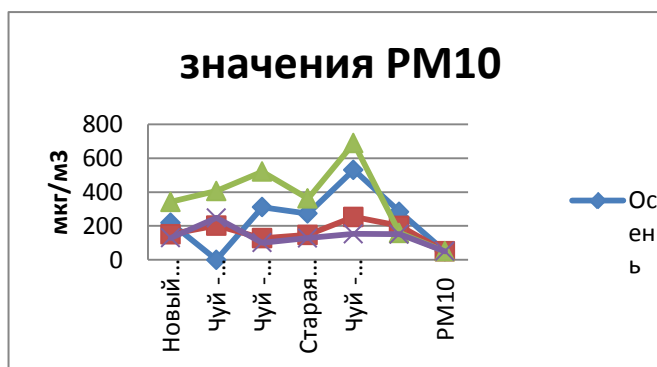


Рис.11. Диаграмма содержания взвешенных частиц PM10 в мкг/м<sup>3</sup>.

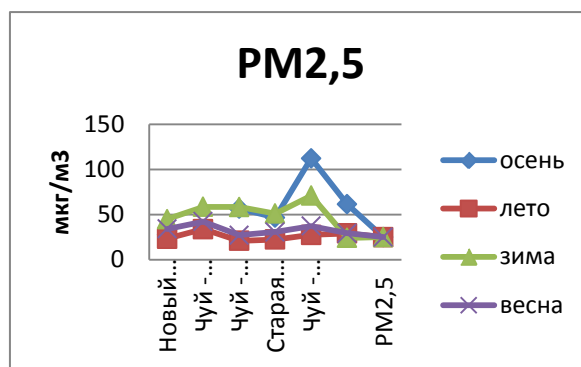


Рис.12. Диаграмма содержания взвешенных частиц PM2.5 в мкг/м<sup>3</sup>.

По данным Национального статистического комитета и Госагентства охраны окружающей среды, основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в Кыргызской Республике являются предприятия энергетики, горнодобывающей и перерабатывающей отраслей промышленности, стройматериалов, коммунального хозяйства, частный сектор, а также передвижные источники загрязнения, такие как автомобильный транспорт [17].



### Заключение

Как уже выше было упомянуто в глобальном масштабе на счёт воздействия РМ относят приблизительно 3% случаев смерти от кардиопульмонарной патологии и 5% случаев смерти от рака лёгкого. Как уже доказано, то что с точки зрения смертности более значимым фактором риска являются частицы с диаметром в пределах 2.5–10 мкм, т. е. РМ2.5. По имеющимся оценкам, при увеличении концентрации РМ10 на 10 мкг/м<sup>3</sup> суточная смертность от всех причин возрастает на 0.2–0.6% [4-5]. В условиях хронической экспозиции РМ2.5 каждое повышение концентрации РМ2.5 на 10 мкг/м<sup>3</sup> сопряжено с ростом долговременного риска кардиопульмональной смертности на 6–13% [6-7]. Особенно уязвимыми являются чувствительные группы людей, страдающих заболеваниями лёгких или сердца, а также люди пожилого возраста и дети. Имеются достаточные доказательства влияния кратковременной экспозиции РМ10 на дыхательную систему, однако с точки зрения смертности (и особенно смертности в результате долговременной экспозиции) более значимым фактором риска, чем грубая фракция РМ10 (частицы с диаметром в пределах 2.5–10 мкм), являются РМ2.5. Как показывают результаты проведённых исследований в определённых точках в г. Бишкек, наблюдается множественное превышение нормы загрязнения в воздухе как по взвешанным частицам РМ2.5, так и РМ10, особенно это касается взвешанных частиц РМ10. Вышесказанное является предупреждением населения г. Бишкек о важности качества атмосферного воздуха и о влиянии загрязнителей на состояние здоровья городского населения. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения ещё большего количества исследований и мониторинга в г. Бишкек, поскольку качество воздуха является индикатором устойчивого развития города.

### Литература

1. [www.stat.kg/media/publicationarchive/a26f5821-ced5-4085-8747-e50fcc88b982.pdf](http://www.stat.kg/media/publicationarchive/a26f5821-ced5-4085-8747-e50fcc88b982.pdf).
2. Janssen NAH et al. Health effects of black carbon. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2012 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmentand-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon>, accessed 28 October 2012).
3. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. Значение для разработки политики в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. Всемирная организация здравоохранения, 2013 г. ISBN: 978 92 890 0006 2. ([http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0007/189052/Health-effects-of-particulate-matter-final-Rus.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/189052/Health-effects-of-particulate-matter-final-Rus.pdf)).
4. Air quality guidelines: global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2006 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>, accessed 28 October 2012).
5. Samoli E et al. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA Study. *Environmental Health Perspectives*, 2008, 116(11): pp. 1480–1486.
6. Beelen R et al. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR Study). *Environmental Health Perspectives*, 2008, 116(2): pp.196–202.
7. Pope CA III et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*, 2002, 287(9): pp. 1132–1141.

8. Exposure to air pollution (particulate matter) in outdoor air. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2011 (ENHIS Factsheet 3.3). ([http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0018/97002/ENHIS\\_Factsheet\\_3.3\\_July\\_2011.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/97002/ENHIS_Factsheet_3.3_July_2011.pdf), accessed 28 October 2012).
9. Stanek LW et al. Attributing health effects to apportioned components and sources of particulate matter: an evaluation of collective results. *Atmospheric Environment*, 2011,45:5655–5663.
10. Health relevance of particulate matter from various sources. Report of a WHO Workshop. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2007. ([www.euro.who.int/document/E90672.pdf](http://www.euro.who.int/document/E90672.pdf), accessed 28 October 2012).
11. Cohen AJ et al. Urban air pollution. In: Ezzati M et al., eds. Comparative quantification of health risks. Global and regional burden of disease attributable to selected major factors. Geneva, World Health Organization, 2004, 2(17):1354–1433 ([http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/cra/en/index.html](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/cra/en/index.html), accessed 28 October 2012).
12. Lim SS et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 2012, 380: 2224–2260.
13. Dockery DW et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *The New England Journal of Medicine*, 1993, 329(24):1753–1759.
14. Laden F et al. Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended followup of the Harvard Six Cities Study. *American Journal for Respiratory Critical Care Medicine*, 2006, 173(6):667–672.
15. Lepeule J et al. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard Six Cities Study from 1974 to 2009. *Environmental Health Perspectives*, 2012, 120:965–970.
16. Bayer-Oglesby L et al. Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113:1632–1637.0550993317.
17. Отчёт по показателям воздуха и качества воды в Кыргызстане. Компонент МОНЕСА проекта FLERMONECA, Эксперт: Людмила Нишанбаева, Январь 2015.