

## **ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ**

*В работе представлены результаты мониторинга атмосферы воздуха Исык-Кульской котловины в конце августа 2017 года.*

*Ключевые слова: взвешенная частица, загрязнение воздуха, концентрация, двумерная программа.*

Sh. Zhusupkeldiev, B.K. Temirov, T.A. Chubakov  
Kyrgyz National University after the J. Balasagyn,  
J.E. Kulenbekov, AUSA

## **MEASUREMENT OF CONCENTRATION OF WEIGHED PARTICLES OF THE ISKYK-KUL'SKI KOTOLININ**

*The paper presents the results of monitoring the air atmosphere of the Issyk-Kul depression in late August 2017.*

*Key words: weighted particle, air pollution, concentration, two-dimensional program.*

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].

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].

Оценка качества жизни 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.

Довольно сложен выбор индикаторов для международных сравнений, позволяющих оценить экологическую компоненту качества жизни 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 (PM10) 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 городах и селах Иссык-Кульской котловины на содержание в воздухе частиц PM10 и PM2.5. Мониторинг проводился более 10 разных точках котловины 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 (PM10) и частиц диаметром менее 2.5 мкм (PM2.5). В PM2.5, 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. 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.

PM10 и PM2.5 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 лёгкого.

Имеются достаточные доказательства влияния кратковременной экспозиции PM10 на дыхательную систему, однако с точки зрения смертности (и особенно смертности в результате долговременной экспозиции) более значимым фактором риска, чем грубая фракция PM10 (частицы с диаметром в пределах 2.5–10 мкм), являются PM2.5. По имеющимся оценкам, при увеличении концентрации PM10 на 10 мкг/м<sup>3</sup> суточная смертность от всех причин возрастает на 0.2–0.6% [3,4]. В условиях хронической экспозиции PM2.5 каждое повышение концентрации PM2.5 на 10 мкг/м<sup>3</sup> сопряжено с ростом долговременного риска кардиопульмональной смертности на 6–13% [5,6]. 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 [7]. 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 [8]. Однако следует отметить, что фактические данные об опасном характере РМ, образующихся вследствие сгорания (как от мобильных, так и от стационарных источников), являются более последовательными и менее противоречивыми, нежели данные, касающиеся РМ из других источников [9].

Согласно имеющимся оценкам, в глобальном масштабе на счёт воздействия РМ относят приблизительно 3% случаев смерти от кардиопульмонарной 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% [10]. Полученные в одном из недавних исследований результаты показывают, что бремя болезней, обусловленное загрязнением атмосферного воздуха, может быть ещё выше.

Согласно расчётам, сделанным в этом исследовании, в 2010г. надолго загрязнения атмосферного воздуха, выражающегося в годовой концентрации РМ<sub>2.5</sub>, пришлось 3.1 млн. случаев смерти и около 3.1% числа утраченных лет здоровой жизни во всём мире [11].

#### **Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха**

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

- **по РМ<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 РМ<sub>10</sub>**: среднегодовая концентрация 20 мкг/м<sup>3</sup>, среднесуточная концентрация 50 мкг/м. [3]

**Содержание взвешенных частиц в городах и селах курортной зоны Иссык-Кульской котловины в период 24 – 29 –августа 2017 года.** 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 1998 году на посту 1 в центре города [12]. Среднегодовое значение всех взвешенных частиц, TSP, составляла 900 мкг/м<sup>3</sup> в 1998 году. Для сравнения годовые значения TSP были преобразованы в РМ<sub>10</sub> с формулой  $PM_{10} = 0.3 * TSP$  (рис.1). Сравнительный график показывает высокую концентрации взвешенных частиц (РМ<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 [13].

Мониторинг проводился в конце августа 2017 года в городах и селах Иссык-Кульской котловины в разных точках в разное время и в разное время суток. Замеры взвешенных частиц проводили при помощи аппарата 831 AerosolMassMonitor. Это портативный и очень удобный прибор, который обеспечивает данными сразу в пяти диапазонах (РМ<sub>1</sub>, РМ<sub>2.5</sub>, РМ<sub>4</sub>, РМ<sub>10</sub> и TSP).

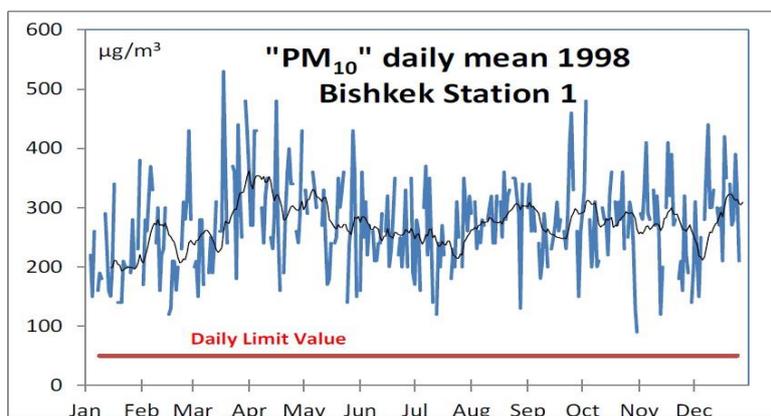


Рис.1. Годовые значения "PM10" (синяя линия) в 1998 году в Бишкеке.

Чёрная линия составляет 15-дневное среднее значение. Красная линия является суточным предельным значением в ЕС.

Прибор 831 подсчитывает размеры частиц в 4 различных диапазонах, затем использует собственный алгоритм для преобразования данных подсчёта для измерений масс частиц ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ). По существу, AEROCET 831 вычисляет объём для каждой обнаруженной частицы, затем назначает стандартную плотность для преобразования. Во время измерения на каждой точке проводились не менее трёх замеров за раз и высчитывали средний результат, причем в одном и том же месте измерение проводилась в двух расположениях измерительного прибора, т.е. на уровне земли и на высоте более  $2^x$  метров. Полученные данные по г. Балыкчы (первая точка мониторинга) в виде графика представлены на рисунках 2 и 4.

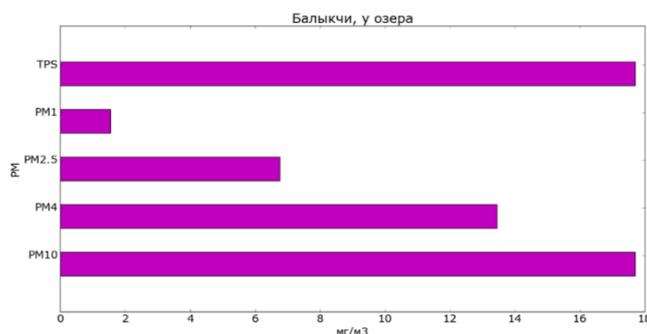


Рис.2. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в  $\text{мкг}/\text{м}^3$  у берега озера, 24.08.2017 года г. Балыкчы.

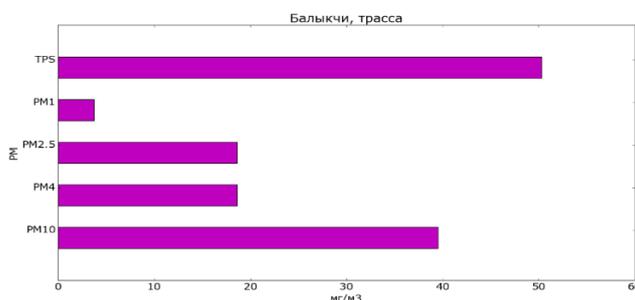


Рис.3. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в  $\text{мкг}/\text{м}^3$  вдоль трассы, 24.08.2017 года г. Балыкчы.

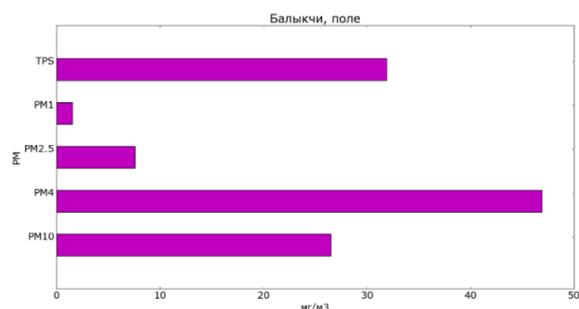


Рис.4. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup> над городом, 24 августа 2017 года г. Балыкчы.

Из рис.2, 3 и 4 видно, что содержание взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS в г. Балыкчы существенно отличаются по количеству плотностей, у берега, у трассы и за городом, например, за городом в возвышенности PM4 больше накапливаются, аTSP вдоль трассы 1,5 раза больше чем за городом и т.д.

В целом, качество атмосферного воздуха в г. Балыкчы, в конце курортного сезона в норме. Вторая точка мониторинга атмосферы проведены в с.Бозтери, где расположены множество пансионатов вдоль озера. Следует отметить, что вдоль трассы анализируемый периодом села Кара-Ой и до конца села Бозтери осуществлялись дорожно - транспортные работы, поэтому в дневное время вдоль трассы была видна пыль. Результаты анализа представлены на рис.13 – 15.

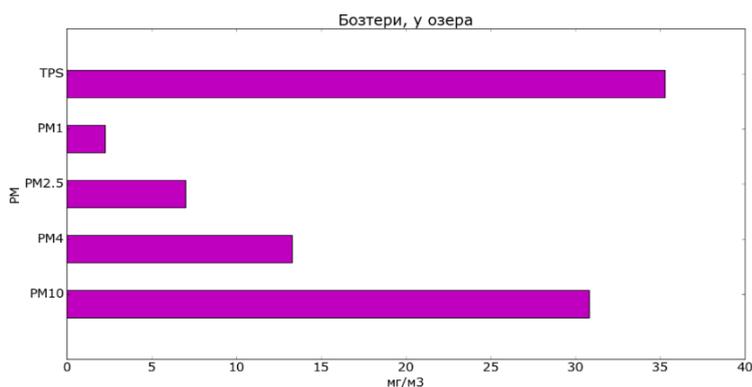


Рис.5. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup> у берега озера, 25.08.2017 года село Бозтери.

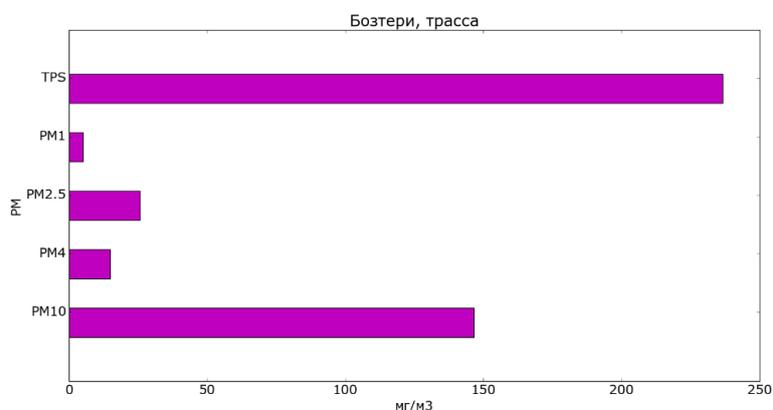


Рис.6. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup> вдоль трассы, 25.08.2017 года село Бозтери.

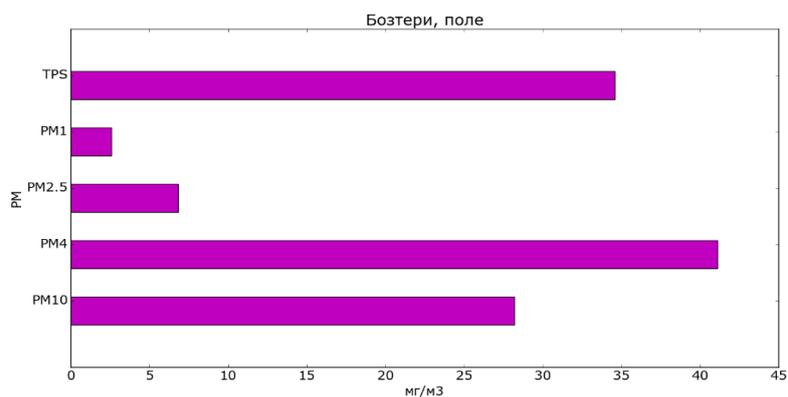


Рис.7. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup> над городом, 25 августа 2017 года с. Бозтери.

В городе Каракол (третья точка), где содержание PM10 намного больше чем в других измерениях, рис.8, что характерно для оживленной автомобильной трассы.

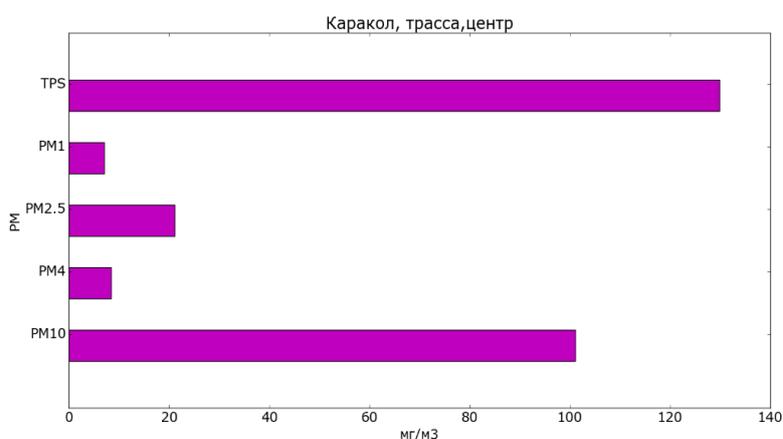


Рис.8. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup> вдоль трассы, 25-26 августа 2017 года г. Каракол.

Промежуточные измерения между городами Каракол – Кажы-Сай, показали следующие результаты, рис.9 и 10.

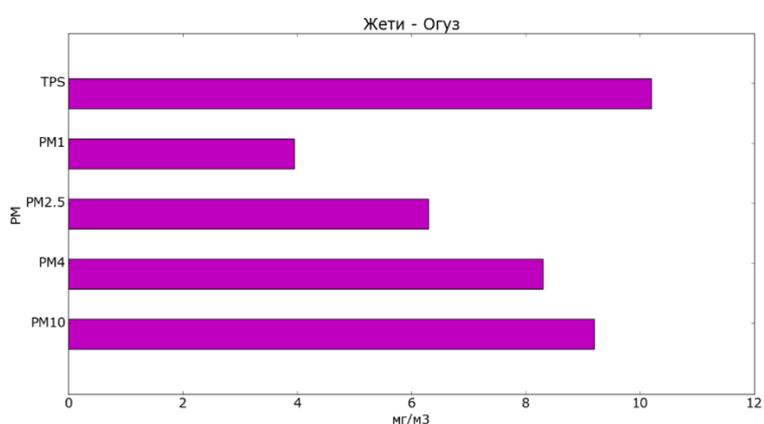


Рис.9. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup> вдоль трассы, 26-27 августа 2017 года село Жети-Огуз.

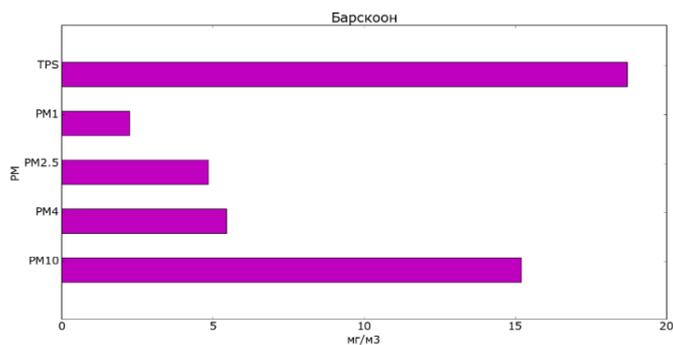


Рис.10. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup> вдоль трассы, 27-28 августа 2017 года село Барскоон. В городе Кажы-Сай измерения взвешенных частиц таковы (рис.11-13).

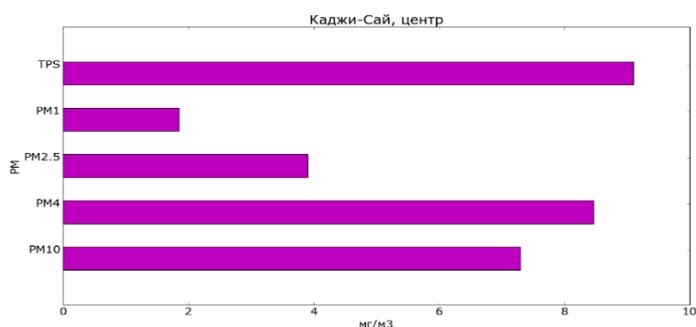


Рис.11. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup>, 28-29 августа 2017 года г. Каджи-Сай.

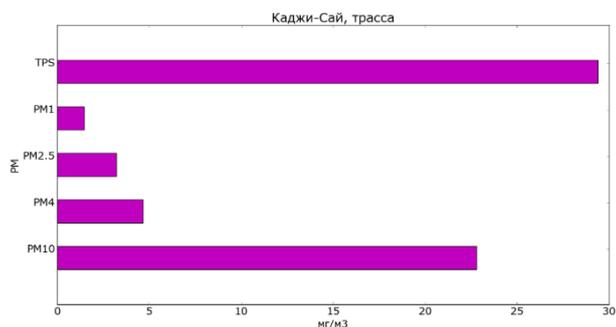


Рис.12. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup> вдоль трассы, 28-29 августа 2017 года г. Каджи-Сай.

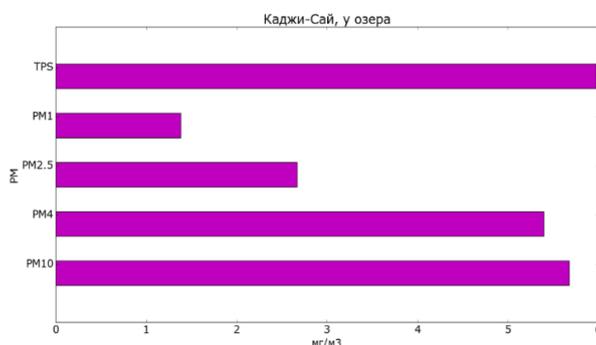


Рис.13. Суточная диаграмма содержания взвешенных частиц PM1-PM10 и общее содержание частиц TPS, в мкг/м<sup>3</sup> у берега, 28-29 августа 2017 года г. Каджи-Сай.

### Заключение

Полученные результаты показали, что в конце августа 2017 года в двух местах г. Каракол и в селе Бозтери наблюдается некоторое превышение нормы взвешенных частиц, что требует проведение дальнейшего мониторинга Иссык-Кульской котловины.

#### Литература:

1. **Куленбеков, Ж.Э.** Оценка качества атмосферного воздуха в г. Бишкек, как индикатор устойчивого развития. [Текст] / Асанов Б. Д., Султаналиев К. // Вестник Института сейсмологии НАН КР, №2(8), 2016г., стр.36-44.
2. **Тоон, О.В.** A multidimensional model for aerosols: description of computational analogs. [Text] / J. Atmos, Turco R.P. Westphal D.etal // Sci., v.45, No.15, p.2123 – 2143, 1988.
3. **Израэль, Ю.А.** Кислотные дожди. [Text] / Назаров И.М., Прессман А.Я., и др. // – Л.: Гидрометеиздат, 270с., 1989.
4. Национальный доклад о состоянии окружающей среды 1998 – 1999 гг. КР, Мин. охр. окр. Среды, г. Бишкек, 160с., 2000.
5. **Janssen NAH et al.** Health effects of black carbon. Copenhagen [Text] 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).
6. **Samoli E et al.** Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA. [Text] Study. Environmental Health Perspectives, 2008, 116(11): pp.1480–1486.
7. **Beelen R et al.** Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR Study). [Text] Environmental Health Perspectives, 2008, 116(2);pp.196–202.
8. **Pope CA III et al.** Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. [Text] Journal of the American Medical Association, 2002, 287(9): pp. 1132–1141.
9. **Laden Fetal.** Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended followup of the Harvard Six Cities Study. [Text] American Journal for Respiratory Critical Care Medicine, 2006, 173(6):667–672.
10. Воздействие взвешенных частиц на здоровье. Значение для разработки политики в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. [Text] Всемирная организация здравоохранения, 2013 г. ISBN: 978 92 890 00062.
11. [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).
12. 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).
13. Exposure to air pollution (particulate matter) in outdoor air. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2011 (ENHIS Factsheet 3.3). July\_2 011.pdf, accessed 28 October 2012).