

УДК 551.506.21:502.3(575.2-25)

## 5. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА БИШКЕКА В ОСЕННИЙ СЕЗОН 2018 г.

*О.А. Подрезов, А.О. Подрезов, В.Е. Рязанов*

По данным мониторинга загрязнения воздушного бассейна г. Бишкек, проводимого кафедрой метеорологии, экологии и охраны окружающей среды КРСУ с декабря 2017 г., с помощью современной автоматической станции контроля атмосферы СКАТ проанализирован характер и интенсивность загрязнения атмосферы города в осенний сезон 2018 г. Установлено, что по средним месячным данным сентябрь характеризовался невысоким уровнем загрязнения диоксидом азота, озоном и мелкими фракциями пыли (1–1,5 ПДК<sub>сс</sub>). В третьей декаде октября, в связи резким похолоданием и ранним началом отопительного сезона, произошла одномоментная перестройка режима загрязнения атмосферы города на “зимний тип”, когда основным и сильным загрязнителями становятся пыль, особенно ее мелкие фракции, и в гораздо меньшей степени – двуокись азота. В ноябре среднее загрязнение пылью ПМ<sub>2,5</sub> составило 5,9 ПДК<sub>сс</sub>, а максимальное среднее суточное достигало 17 ПДК<sub>сс</sub>, что практически совпадает с уровнем загрязнения для февраля.

*Ключевые слова:* Бишкек; осенний сезон 2018 г.; результаты мониторинга загрязнения атмосферного воздуха.

---

## 5. БИШКЕКТЕ КҮЗ МЕЗГИЛИНДЕ АТМОСФЕРАЛЫК АБАНЫН БУЛГАНЫШЫ (2018-ж.)

*О.А. Подрезов, А.О. Подрезов, В.Е. Рязанов*

КРСУнун Метеорология, экология жана атмосфераны коргоо кафедрасы тарабынан 2017-жылдын декабрь айынан тартып атмосфераны текшерүүнүн заманбап автоматтык станциясы – СКАТтын жардамы менен Бишкек шаарынын аба бассейнинин булганышынын мониторингинин маалыматтары боюнча 2018-жылдын күз мезгилинде шаардын атмосферасынын булганышынын мүнөзүнө жана интенсивдүүлүгүнө талдоо жүргүзүлдү. Орточо бир айлык маалыматтар боюнча сентябрь айы абанын азоттун диоксиди, озон жана чаңдын майда бөлүкчөлөрү (1–1,5 ПДК<sub>сс</sub>) менен анча чоң эмес деңгээлде булгануусу менен мүнөздөлөт. Октябрдын үчүнчү декадасында абанын температурасынын кескин муздашына жана от жагуучу сезондун эрте башталгандыгына байланыштуу бир мезгилде эле шаардын абасынын булгануу режими “кышкы түргө” өттү, мында негизги жана күчтүү аба булгоочу зат чаң, өзгөчө анын майда бүртүкчөлөрү эсептелет, жана анча чоң эмес деңгээлде – азот двуокиси. Ноябрь айында ПМ<sub>2,5</sub> чаң менен орточо булгануу 5,9 ПДК<sub>сс</sub>, ал эми максималдуу орточо суткалык деңгээли 17 ПДК<sub>сс</sub> ге чейин жеткен, мунун өзү дээрлик февралдагы булгануу деңгээлине туура келет.

*Түйүндүү сөздөр:* Бишкек; 2018-жылдын күз мезгили; атмосфералык абанын булгануусуна мониторинг жүргүзүүнүн жыйынтыктары.

---

## 5. BISHKEK CITY ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN THE AUTUMN SEASON OF 2018

*O.A. Podrezov, A.O. Podrezov, V.E. Riazanov*

According to the data of monitoring of air pollution in Bishkek, realized by the Meteorology, Ecology and Environmental Protection Department of the KRSU from December 2017, using modern automatic atmospheric controlling station (SAC), the nature and intensity of air pollution in the city were analyzed for the autumn season of 2018. It was found by the average month data that during September the concentration of nitrogen dioxide, ozon, and small dust fractions (1–1.5 AAS) were on the low level. In the third decade of October due to the cold snap and early beginning of heating the instant alteration of air pollution regime of Bishkek atmosphere to “winter type” was happened, when the main source of air pollution are dust, especially it small dust fractions, and less extent – are nitrogen dioxide. In the November an average pollution of the air by the dust PM<sub>2.5</sub> were 5.9 AAS, and maximum day average were achieved 17 AAS, that is close to the mean air pollution level for February.

*Keywords:* Bishkek; autumn season 2018; results of air pollution monitoring.

**Введение.** Настоящая статья является заключительной в серии из 5 работ, посвященных оценке загрязнения воздушного бассейна Бишкека по данным первого года мониторинга, проводимого на базе современной автоматической станции контроля атмосферы СКАТ (приступила к работе в декабре 2017 г.) кафедрой метеорологии, экологии и охраны окружающей среды КРСУ. В четырех предыдущих работах [4–7] рассмотрены вопросы научно-технических возможностей такого мониторинга и проведен анализ полученных результатов по загрязнению атмосферы города в зимний (2017–2018 гг.), весенний и летний сезоны 2018 г.

Оказалось, что в зимний сезон главным загрязнителем атмосферы является пыль (вредные дымы от ТЭЦ и отопительных печей частного сектора), особенно четыре ее мелкие фракции – ПМ1, ПМ2,5, ПМ4 и ПМ10. Цифры при обозначении фракций соответствуют предельным размерам частиц пыли, равным соответственно менее 1; 2,5; 4 и 10 мкм. Содержание этих фракций в воздухе превышало, например, в январе предельно допустимые средние суточные концентрации (ПДК<sub>сс</sub>) до 7–12 раз, а максимальные в отдельные сутки достигали 22 ПДК<sub>сс</sub>, что можно охарактеризовать как исключительно опасный уровень загрязнения. Это объясняется как высокой степенью интенсивности отопительного сезона, так и неблагоприятными для рассеивания примесей погодными условиями зимы. Они характеризуются мощными (в среднем до 300–500 м толщиной) и интенсивными (до 3–5 °С перепада температур) приземными инверсиями температуры, повторяемость которых достигает в районе Бишкека 90 %. Инверсии “как крышка” накрывают приземные слои атмосферы, гася все вертикальные токи, и препятствуя эффективному рассеиванию выбросов по высоте. В результате, все они скапливаются в этом подинверсионном слое, создавая высокие концентрации загрязнения.

В начале весны с улучшением погодных условий и, прежде всего, усилением вертикальных токов термической конвекции, возникающих за счет прогрева солнцем земной поверхности, значительно усиливаются процессы рассеивания выбросов в большую толщу атмосферы до одного и даже нескольких км. В марте снижается интенсивность отопительного сезона, а с апреля

отопление от ТЭЦ прекращается. В результате, в марте загрязнение пылью быстро падает, составляя 1,5–2 ПДК<sub>сс</sub>, и опускаясь в мае ниже 1 ПДК<sub>сс</sub>. Поэтому загрязнение пылью становится со второй половины весны не опасным. Но одновременно, начиная с апреля, в ранг опасных загрязнителей, с уровнем 1–1,5 ПДК<sub>сс</sub> выходят двуокись азота NO<sub>2</sub> и озон O<sub>3</sub>. При этом местный озон образуется из NO<sub>2</sub> под воздействием прямых солнечных лучей. Поэтому его опасные концентрации сохраняются с конца весны до начала–середины осени, когда велика интенсивность и продолжительность солнечного сияния.

Летом загрязнение атмосферы Бишкека определяется следующими разнонаправленными процессами: 1) снижением выбросов вредных дымов за счет прекращения отопительного сезона; 2) усилением загрязнения за счет дорожной пыли, поднимаемой автотранспортом при преобладающих штилевых погодах и пыли, приносимой из окружающих сухих степей, полупустынь и пустынь при усилениях ветра; 3) значительным увеличением рассеивания примесей по высоте за счет интенсивной термической конвекции при сильном солнечном прогреве подстилающей поверхности. Кроме того, в теплый период года при интенсивном движении автотранспорта повышается загрязнение атмосферы окислами азота NO и NO<sub>2</sub>. Из них окисел NO<sub>2</sub> является также газом-предшественником для образования еще одного загрязнителя – озона, который возникает под действием солнечных лучей [6]. Главными загрязнителями атмосферы Бишкека летом становятся двуокись азота NO<sub>2</sub> и озон O<sub>3</sub> со средними концентрациями соответственно около 1,3 и 1,5 ПДК<sub>сс</sub>. Концентрации пыли, начиная со второй половины весны, все лето и начало осени продолжают оставаться неопасными, ниже уровня 1 ПДК<sub>сс</sub>.

Начало осени – это продолжение лета, с характерными для него загрязнителями двуокисью азота NO<sub>2</sub> и озоном O<sub>3</sub>. Однако окончание сезона может происходить одномоментным переходом на зимние условия с высоким пылевым загрязнением, если наблюдаются резкие похолодания, когда “внезапно” начинает работать на полную мощность отопление от ТЭЦ, значительно ослабляется конвекция и рассеивание примесей в толщу приземной атмосферы. Одновременно усиливаются инверсии температуры, создавая

Таблица 1 – Средние значения концентраций (в долях ПДК<sub>сс</sub>) и коэффициенты вариации опасных загрязнителей атмосферы Бишкека в осенний сезон 2018 г.

Вещество	Сентябрь (25–30)		Октябрь		Ноябрь		Осень	
	ср. знач.	вариаци.	ср. знач.	вариаци.	ср. знач.	вариаци.	ср. знач.	вариаци.
NO <sub>2</sub>	1,51	0,19	1,29	0,31	1,30	0,35	1,37	0,28
O <sub>3</sub>	0,95	1,19	0,52	1,24	0,31	1,46	0,75	1,30
Пыль общ.	0,35	0,54	0,51	1,02	1,39	1,07	0,75	0,88
ПМ1	1,24	0,56	1,92	1,07	5,72	1,07	2,96	0,90
ПМ2,5	1,35	0,56	2,05	1,05	5,89	1,08	3,09	0,90
ПМ4	1,40	0,55	2,09	1,04	5,91	1,07	3,13	0,89
ПМ10	0,87	0,54	1,26	1,02	3,46	1,07	1,86	0,88

эффект плотной “крышки” для тонкого слоя приземной атмосферы, где концентрируются все выбросы. Это, например, имело место осенью 2018 г., когда отопление от ТЭЦ было включено в 20-х числах ноября (частный сектор затопил печи еще ранее), и по характеру загрязнения атмосферы с этого момента сразу же началась “зима” с очень высокими концентрациями мелких фракций пыли: в среднем до 3–6 ПДК<sub>сс</sub>, а в отдельные дни до 10–15 ПДК<sub>сс</sub> и даже более.

**Средние месячные и сезонные концентрации опасных загрязнителей осенью**

В таблице 1 из всех 15 измеряемых СКАТ загрязнителей атмосферы (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CH, CH<sub>4</sub>, HCN, пыль общая и 4 ее мелкие фракции: ПМ1, ПМ2,5, ПМ4 и ПМ10) приведены рассчитанные значения средних месячных и сезонных концентраций и коэффициентов вариации для тех из них, которые хотя бы в один из месяцев осени 2018 г. достигли или превысили среднюю месячную концентрацию в 1 ПДК<sub>сс</sub>. При этом данные по сентябрю получены по периоду за 25–30 числа, но далее проинтерполированы на весь месяц. Как видно, таких загрязнителей было 7: двуокись азота, озон и все 5 фракций пыли. Хорошо виден характер изменения средних концентраций от месяца к месяцу. Наиболее стабильные концентрации имеет двуокись азота: для нее они лишь немного снизились при переходе от сентября 1,5 ПДК<sub>сс</sub> (еще продолжается лето) к октябрю и ноябрю до 1,3 ПДК<sub>сс</sub>. Концентрации озона снизились при аналогичном переходе от 1 ПДК<sub>сс</sub> до неопасных значений 0,3–0,5 ПДК<sub>сс</sub>. Это связано со снижением скорости фотохимических реакций его образования из NO<sub>2</sub>, при

снижении интенсивности и продолжительности солнечного сияния [6].

При этом, как и следовало ожидать, средняя концентрация как пыли общей, так и четырех ее мелких фракций, по сравнению с летом, превысила уровень 1 ПДК<sub>сс</sub> уже в сентябре и резко возросла до особо опасных значений в ноябре, составив для фракций ПМ1, ПМ2,5 и ПМ4 почти 6 ПДК<sub>сс</sub>. Такие и несколько большие концентрации наблюдались, например, зимой в феврале [5]. Это связано с началом отопительного сезона от ТЭЦ, что произошло 18–20 октября, а также печей частного сектора. Напомним еще раз, что более низкие концентрации пыли общей и ПМ10 объясняются более высокими для них значениями ПДК<sub>сс</sub> [4].

В результате, по средним месячным данным основным и очень опасным загрязнителем атмосферы осенью становится пыль общая и все ее четыре мелкие фракции. Причем с началом отопительного сезона, в ноябре, концентрации ПМ1, ПМ2,5 и ПМ4 увеличиваются скачком от 2 до 6 ПДК<sub>сс</sub>, достигая экологически особо опасного уровня.

**Динамика средних суточных концентраций опасных загрязнителей атмосферы в осенний сезон**

Весьма важно знать динамику изменений концентраций опасных средних суточных загрязнителей для каждого из трех месяцев осеннего сезона, которая в климатологии носит название месячного хода величины. По режиму загрязнения сентябрь это еще практически лето с низким уровнем загрязнения пылью. Поэтому на рисунках 1 и 2 такие графики приведены для двух опасных загрязнителей атмосферы –



Рисунок 1 – Динамика средних суточных концентраций пыли PM2,5 и двуокиси азота NO2 (в долях ПДКсс) в октябре 2018 г.



Рисунок 2 – Динамика средних суточных концентраций пыли PM2,5 и двуокиси азота NO2 (в долях ПДКсс) в ноябре 2018 г.

PM2,5 и двуокиси азота – для октября и ноября, которые в полной мере характеризуют осень (графики для всех фракций пыли повторяют график для PM2,5). На рисунке 1 хорошо видно, что кривая концентрации пыли PM2,5 резко возросла с 17 на 18 октября – с 1 до 4 ПДК<sub>сс</sub>. В связи с ранним сильным похолоданием началось отопление от ТЭЦ, и по характеру и интенсивности загрязнения атмосферы Бишкека вредными дымами, одномоментно наступила “зима”. На рисунке 2 (динамика для ноября) кривая PM2,5 имеет резко колебательный характер, а в 6-дневный период с 14 по 19 ноября лежит выше особо опасного уровня в 10 ПДК<sub>сс</sub>, достигая 15 ноября максимального значения в 17 ПДК<sub>сс</sub>. Такой исключительно высокий уро-

вень загрязнения был характерен для зимнего месяца – февраля 1918 г. При этом загрязнение двуокисью азота в течение октября и ноября оставалось относительно стабильным и низким, колеблясь в пределах, близких 1–1,5 ПДК<sub>сс</sub>, а концентрация озона устойчиво перешла на неопасный зимний уровень – ниже 1 ПДК<sub>сс</sub>.

**Повторяемость и суммарная по месяцам сезона продолжительность максимальных 20-минутных концентраций загрязняющих веществ**

Не менее важно, чем по средним суточным, месячным и сезонным данным охарактеризовать уровень загрязнения атмосферы Бишкека в осенний сезон 2018 г., используя все измеренные текущие 20-минутные концентрации  $n_{20}$

Таблица 2 – Число случаев и повторяемости (в скобках, %) превышений текущими концентрациями  $n_{20}$  различных уровней максимальных разовых  $kПДК_{мр}$  осенью 2018 г.

$kПДК_{мр}$	СО	NO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Пыль об.	ПМ1	ПМ2,5	ПМ10
Сентябрь (25–30)							
$k>1$		1(0,05)			2(0,09)	2(0,09)	
Октябрь							
$k>1$	10(0,45)	3(0,15)	1(0,11)	11(0,49)	154(6,90)	177(8,80)	56(2,51)
$k>3$					11(0,49)	12(0,54)	
Ноябрь							
$k>1$	35(1,62)	51(3,23)	48(2,54)	204(9,45)	887(41,1)	914(42,6)	482(22,3)
$k>3$					206(9,54)	211(9,77)	51(2,36)
$k>5$					61(2,83)	69(3,20)	1(0,05)
$k>7$					16(0,74)	19(0,88)	
$k>9$						1(0,05)	

по каждому ингредиенту, и сравнивая их с предельно допустимыми максимальными разовыми концентрациями, которые в 3–10 раз выше, чем средние суточные ПДК<sub>сс</sub>. Если  $n_{20} > ПДК_{мр}$ , то становится вредным для здоровья даже кратковременное, в пределах до 0,5 ч, пребывание в атмосфере Бишкека в это время.

Данные о числе случаев превышений  $kПДК_{мр}$  различными загрязнителями и их повторяемости (%) приведены в таблице 2, из которых, прежде всего, следует, что осенью общее число таких загрязнителей было 8: СО, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и все 5 фракций пыли (данные о фракции ПМ4 в таблице опущены). В сентябре, для Бишкека еще летнем месяце, все повторяемости были нулевыми или близкими к ним. Начиная с октября, существенными становятся превышения мелких фракций пыли уровня в 1 ПДК<sub>мр</sub>, которые составляют от 2,5 до 8,8 %. Но особенно увеличиваются повторяемости более 1 ПДК<sub>мр</sub> для мелких фракций в ноябре, достигая 22–43 %, а для пыли общей – почти 10 %. При этом повторяемости, имеющие опасные ( $k>3ПДК_{мр}$ ) и особо опасные ( $k>5ПДК_{мр}$ ) значения, достигают соответственно 2,4–9,8 и около 1 %. Все остальные загрязнители хотя и превышали в ноябре уровень в 1ПДК<sub>мр</sub> (в диапазоне повторяемостей 1,6–2,5 %), но оставались по значениям концентраций ниже 2 ПДК<sub>мр</sub>.

Таким образом, по отношению к максимальным разовым концентрациям ноябрь месяц

характеризуется высокими типично зимними значениями загрязнения пылью и особенно ее мелкими фракциями.

Число случаев превышений уровня в  $kПДК_{мр}$ , приведенное в таблице 2, можно легко пересчитать в суммарную за каждый месяц продолжительность таких превышений, так как каждое измерение  $n_{20}$  имеет 20-минутное осреднение. Результаты таких расчетов приведены в таблице 3, где суммарные продолжительности даны в сутках. Видно, что в сентябре суммарная длительность превышений уровня в 1 ПДК<sub>мр</sub> для всех загрязнителей или нулевая или очень мала, так что ею можно пренебречь. Уже в октябре все фракции пыли превышают этот уровень примерно в течение 1–3 суток, однако повторяемостью превышений для них уровня в 2 ПДК<sub>мр</sub> можно пренебречь. Но в ноябре продолжительности превышения мелкими фракциями пыли уровня в 1 ПДК<sub>мр</sub> значительно увеличиваются, и достигают округленно 7–13 суток, а опасных и особо опасных уровней в 3 и 5 ПДК<sub>мр</sub> соответственно до 3 и до 1 суток. Экологически это означает, что суммарно за ноябрь набирается такая длительность превышений периодов с указанными максимальными разовыми концентрациями, когда было вредным для здоровья даже кратковременное пребывание в городе в течение более 0,5 ч (с соответствующим уровнем опасности).

Таблица 3 – Суммарная месячные продолжительность (в сутках) превышений текущими концентрациями  $n_{20}$  различных уровней максимальных разовых  $kПДК_{мр}$  осенью 2018 г

$kПДК_{мр}$	СО	NO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Пыль об.	ПМ1	ПМ2,5	ПМ10
Сентябрь							
k>1		0,02			0,03	0,03	
Октябрь							
k>1	0,14	0,05	0,03	0,15	2,14	2,73	0,78
k>3					0,15	0,17	
Ноябрь							
k>1	0,45	0,97	0,76	2,84	12,3	12,8	6,67
k>3					2,83	2,93	0,71
k>5					0,85	0,96	0,02
k>7					0,22	0,26	
k>9						0,02	

**Динамика изменений в течение суток средних часовых концентраций пыли и двуокиси азота**

Характер изменений концентраций мелкой фракции пыли ПМ2,5, а также NO<sub>2</sub> в течение суток (как опасных загрязнителей осени) нагляднее всего можно представить по усредненному за каждый месяц кривым суточного хода средних часовых значений  $n_{60}$ , сравнивая их с предельно допустимыми максимальными разовыми ПДК<sub>мр</sub>. Графики такого усредненного за ноябрь суточного хода, как наиболее загрязненного месяца осени, показаны на рисунке 3, на котором концентрации представлены в долях ПДК<sub>мр</sub>. На рисунке 4 показаны аналогичные графики для дней с наибольшими в ноябре средними суточными значениями концентраций для этих веществ.

Графики на этих рисунках, прежде всего, показывают, что для двуокиси азота средняя за ноябрь кривая часовых концентраций целиком лежит ниже уровня в 1 ПДК<sub>мр</sub>, слабо колеблясь в области значений 0,5–0,75 ПДК<sub>мр</sub>. Даже в день с наибольшим средним суточным загрязнением 17 ноября эта кривая очень слабо колеблется вблизи уровня в 1 ПДК<sub>мр</sub>, практически совпадая с ним. Экологически это означает, что в отношении максимальных разовых концентраций окисел NO<sub>2</sub> не представлял особой опасности ни в какие часы суток ноября.

Иное дело – мелкие фракции пыли. Из рисунка 3 видно, что в ноябре, как и зимой, усредненная кривая суточного хода ПМ2,5 имеет два хорошо выраженных максимума: 1) около полуночный в 23 ч со значением 2,1 ПДК<sub>мр</sub>

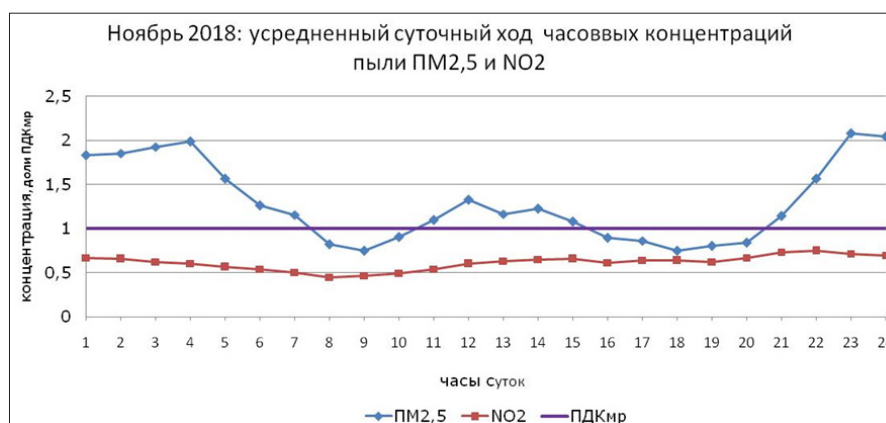


Рисунок 3 – Усредненный за ноябрь 2018 г. суточный ход средних часовых концентраций (в долях ПДК<sub>мр</sub>) пыли ПМ2,5, NO<sub>2</sub> и O<sub>3</sub>.

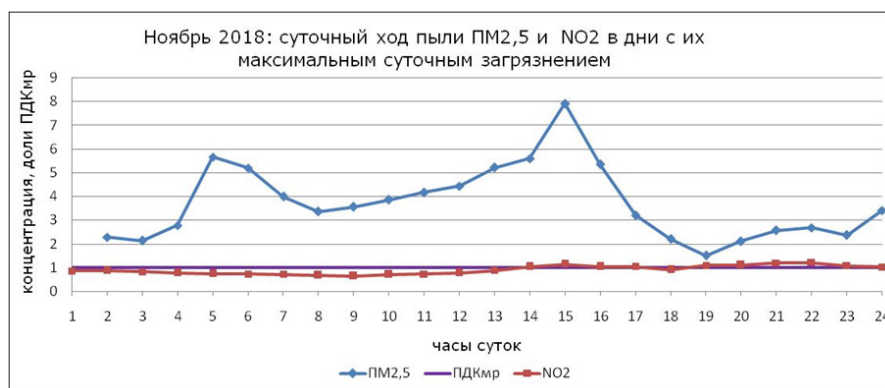


Рисунок 4 – Суточный ход часовых концентраций  $\text{PM}_{2,5}$  (15.11.18) и  $\text{NO}_2$  (17.11.18) в ноябре 2018, когда наблюдались их максимальные средние суточные концентрации

и с сохранением высоких концентраций до 04 часов ночи, после чего они начинают снижаться; 2) более слабый дневной в 12 ч со значениям около 1,4 ПДК<sub>мр</sub>. Минимумов также два: утренний в 09 ч, равный 0,8 ПДК<sub>мр</sub>, и более широкий дневной в 18–19 ч с таким же значением около 0,8 ПДК<sub>мр</sub>. Таким образом, точно в ноябре также, как и зимой, дневные концентрации пыли с 11 до 18 ч заметно ниже ночных концентраций с 23 ч до 04–05 ночи. Возможные причины такого суточного хода мелких фракций пыли подробно рассмотрены в работе [6]. В день с наибольшим средним суточным загрязнением (рисунок 4 – 15.11.18) максимальная разовая концентрация пыли  $\text{PM}_{2,5}$  имела два максимума: наиболее высокий в 15 ч (8 ПДК<sub>мр</sub>) и более низкий в 05 ч (около 6 ПДК<sub>мр</sub>). Основной минимум имел место в вечерние и ночные часы, с 19 вечера до 03 ч ночи, со значением 1,5 ПДК<sub>мр</sub> в 19 ч, и второй минимум – утром в 08 ч со значением в 3,3 ПДК<sub>мр</sub>. Причины такого суточного хода часовых концентраций пыли 15.11.18 объясняются особенностями режима погоды и отопления, т. е. выбросами вредных дымов в эти сутки.

#### Выводы

1. Результаты анализа загрязнения атмосферы Бишкека за сентябрь–ноябрь 2018 г., говорят о том, что в течение этих месяцев произошла обычная сезонная перестройка режима погод, характерного для теплого периода года на тип погод холодного периода. В третьей декаде октября, в связи с резким похолоданием, начался отопительный сезон, когда было включено отопление от ТЭЦ. Это привело, по существу к одномоментной

(18–20 октября) аналогичной перестройке режима загрязнения атмосферы Бишкека – основным загрязнителем стала пыль, особенно ее мелкие фракции. Вторым загрязнителем оставалась двуокись азота, загрязнение которой колеблется от слабого до умеренного в течение всего года.

2. По средним месячным данным основным загрязнителем атмосферы Бишкека в сентябре, октябре и ноябре 2018 г. были мелкие фракции пыли, при этом средние месячные концентрации  $\text{PM}_{2,5}$  составляли соответственно 1,35, 2,05 и 5,89 ПДК<sub>сс</sub> (для остальных фракций качественная картина аналогична). Двуокись азота всю осень оставалась вторым, но гораздо более слабым загрязнителем атмосферы со средними месячными значениями концентраций в 1,3–1,5 ПДК<sub>сс</sub>. Озон только в сентябре давал уровень загрязнения в 1 ПДК<sub>сс</sub>, а в октябре–ноябре устойчиво перешел в разряд безопасных загрязнителей, имея концентрации всего в 0,3–0,5 ПДК<sub>сс</sub>. В месячной динамике средних суточных загрязнений выделяется период с 14 по 19 ноября, когда в течение 6 дней средние суточные концентрации были выше 10 ПДК<sub>сс</sub>, а максимальная концентрация достигла значения в 17 ПДК<sub>сс</sub> (15.11.18).
3. В наиболее загрязненном месяце ноябре суммарно за месяц длительности периодов, когда уровень загрязнения текущими 20-минутными значениями концентраций превышал пороги в 1, 3 и 5 ПДК<sub>мр</sub> составил в сутках:

кПДК <sub>мр</sub>	СО	NO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Пыль общ.	ПМ1	ПМ2,5	ПМ10
k>1	0,45	0,97	0,76	2,84	12,3	12,8	6,67
k>3					2,83	2,93	0,71
k>5					0,85	0,96	0,02

4. В усредненном за ноябрь суточном ходе средних часовых концентраций основного загрязнителя атмосферы осени – пыли ПМ2,5 (а также всех ее других фракций) наблюдается следующая картина:

- максимумы пыли имеют высокие значения, характерные для зимнего месяца февраля, при этом их число и положение на кривой суточного хода остается таким же, как и зимой;
- основной максимум наблюдается около полуночи в 23 ч со значением 2,1 ПДК<sub>мр</sub>, и с сохранением высоких концентраций до 04 часов ночи, после чего они начинают снижаться; второй более слабый дневной максимум в 1,4 ПДК<sub>мр</sub> имеет место в 12 ч;
- минимумов, как и зимой, также два – утренний в 09 ч, равный 0,8 ПДК<sub>мр</sub>, и более широкий дневной в 18–19 ч с таким же значением около 0,8 ПДК<sub>мр</sub>.

Таким образом, осенью точно так же, как и зимой, дневные концентрации пыли с 11 до 18 ч заметно ниже ночных концентраций с 23 ч до 04–05 ночи.

#### *Литература*

1. Климат Киргизской ССР / под ред. З.А. Рязанцевой. Фрунзе: Илим, 1965. 279 с.
2. Павлова И.А. Опасные метеорологические явления на территории Кыргызстана. Книга 2. Режим циркуляции атмосферы и загрязнение городов Чуйской долины / И.А. Павлова, А.О. Подрезов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2003. 138 с.
3. Подрезов О.А. Современный климат Бишкека, Чуйской долины и северного склона Киргизского хребта / О.А. Подрезов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 202 с.
4. Подрезов О.А. 1. Научно-технические возможности мониторинга загрязнения воздушного бассейна Бишкека с помощью станции контроля атмосферы СКАТ / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов, В.Е. Рязанов // Вестник КРСУ. 2018. Т. 18. № 12. С. 118–125.
5. Подрезов О.А. 2. Загрязнение атмосферного воздуха Бишкека в зимний сезон 2017–2018 гг. / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов, В.Е. Рязанов // Вестник КРСУ. 2018. Т. 18. № 12. С. 126–133.
6. Подрезов О.А. 3. Загрязнение атмосферного воздуха Бишкека в весенний сезон 2018 г. / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов, В.Е. Рязанов // Вестник КРСУ. 2019. Т. 19. № 4. С. 114–122.
7. Подрезов О.А. 4. Загрязнение атмосферного воздуха Бишкека в летний сезон 2018 г. / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов, В.Е. Рязанов // Вестник КРСУ. 2019. Том 19. № 4. С. 123–130.