

УДК 551.506.21:502.3(575.2-25)

4. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА БИШКЕКА В ЛЕТНИЙ СЕЗОН 2018 г.

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

Проанализирован характер и интенсивность загрязнения атмосферы города в летний сезон 2018 г. на основе данных мониторинга загрязнения воздушного бассейна г. Бишкек. Мониторинг проводился кафедрой метеорологии, экологии и охраны окружающей среды КРСУ с декабря 2017 г. с помощью современной автоматической станции контроля атмосферы СКАТ. Установлено, что летом основными загрязнителями атмосферы по средним месячным и средним суточным данным являются двуокись азота и озон. Средние суточные концентрации озона в июле достигли 2ПДК_{мр}, а двуокиси азота 1,3 ПДК_{мр}, что опасно для здоровья при постоянном нахождении в городе. Однако их текущие 20-минутные концентрации, как правило, в течение всех суток не превышают предельно допустимых максимальных разовых значений. Загрязнение мелкими фракциями пыли вредных дымов по сравнению с зимой понизилось в 5–10 раз и их концентрации стали меньше предельно допустимых и безопасными.

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

4. БИШКЕКТЕ 2018-ЖЫЛДЫН ЖАЙ МЕЗГИЛИНДЕ АТМОСФЕРАНЫН БУЛГАНУУСУ

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

Бул макалада Бишкек шаарынын аба бассейнинин булгануусуна жүргүзүлгөн мониторингдин маалыматтарынын негизинде 2018-жылдын жай мезгилинде шаардын атмосферасынын булгануу мүнөзү жана интенсивдүүлүгү талдоого алынды. Мониторинг КРСУнун метеорология, экология жана айлана-чөйрөнү коргоо кафедрасы тарабынан атмосфераны контролдоонун заманбап автоматтык станциясы СКАТтын жардамы менен 2017-жылдын декабрь айынан тартып жүргүзүлдү. Орточо бир айлык жана орточо суткалык маалыматтар боюнча жайында абанын негизги булгоочусу кош кычкыл азоттун жана озондун концентрациясы экендиги белгиленди. Озондун орточо суткалык концентрациясы июль айында 2ПДК_{мр}, ал эми азоттуку 1,3 ПДК_{мр}, бул шаарда туруктуу жашагандардын ден соолугу үчүн кооптуу. Бирок алардын учурдагы 20-мүнөттүк концентрациясы, адатта бардык суткалар ичинде жол берилген максималдуу бир жолку маанисинин чегинен ашпайт. Абанын зыяндуу түтүндүн майда бүртүкчөлөрү менен булгануусу кыш мезгилине салыштырганда 5–10 эсе төмөндөгөн жана алардын концентрациясы жол берилген чектен төмөн болуу менен, коркунучсуз.

Түйүндүү сөздөр: Бишкек; 2018-жылдын жай мезгили; абанын булгануусуна жүргүзүлгөн мониторингдин жыйынтыктары.

4. BISHKEK CITY ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN THE SUMMER SEASON OF 2018

О.А. Podrezov, А.О. Podrezov, V.E. Riazanov

According to the monitoring of air pollution in Bishkek by the Department of Meteorology, Ecology and Environmental Protection of KRSU since December 2017, the nature and intensity of atmospheric pollution of the city in the summer season of 2018 were analyzed using the modern automatic atmospheric monitoring station. Atmospheric pollutants according to monthly and average daily data are nitrogen dioxide and ozone. The average daily ozone concentrations in July reached 2PDC_{mr}, and nitrogen dioxide 1.3MPC_{mr}, which is dangerous for health while staying in the city. However, their current 20-minute concentrations, as a rule, during the whole day do not exceed the maximum permissible maximum single values. The contamination by fine fractions of dust of harmful fumes dropped by a factor of 5–10 compared with winter and their concentrations became less than the maximum permissible and harmless.

Keywords: Bishkek; the summer season of 2018; results of air pollution monitoring.

Введение. Настоящая статья является четвертой в серии из пяти работ, посвященных оценке загрязнения воздушного бассейна Бишкека в различные сезоны по данным первого

года мониторинга, проводимого кафедрой метеорологии, экологии и охраны окружающей среды КРСУ на базе современной автоматической станции контроля атмосферы СКАТ (приступила к работе в декабре 2017 г.). В работах [1–3] рассмотрены вопросы научно-технических возможностей такого мониторинга и анализируются полученные результаты по оценке загрязнения атмосферы города в зимний и весенний сезоны.

Оказалось, что зимой [2] главными загрязнителями атмосферы являются пыль общая и 4 ее мелкие фракции (ПМ1, ПМ2,5, ПМ4 и ПМ10 – цифры означают размеры пыли, равные соответственно менее 1, 2,5, 4 и 10 мкм), входящие в состав вредных дымов, выбрасываемых ТЭЦ и отопительными печами частного сектора, при крайне неблагоприятных для их рассеивания погодных условиях, характерных для зимы. При этом содержание этих фракций в воздухе превышало в среднем по зимнему сезону предельно допустимые средние суточные концентрации (ПДК_{сс}) до 5–10 раз, а в наиболее загрязненном месяце – январе до 7–12 раз. Из других загрязнителей зимы опасных концентраций достигали окись и двуокись азота, но они имели их много меньше, чем мелкие фракции пыли. При этом у двуокиси NO₂ она была более высокой: в среднем для зимы 1,8 ПДК_{сс}, составляя в отдельные месяцы 1,5–1,9 ПДК_{сс}. Такие, близкие к катастрофическим, условия загрязнения пылью зимой обуславливались также типично зимними, крайне не благоприятными для рассеивания вредных примесей, условиям погоды.

Весной, с окончанием отопительного сезона в конце марта, значительно снижаются выбросы пыли, в основном за счет печей частного сектора, так как ТЭЦ продолжает работать в режиме выработки электроэнергии. Одновременно, в наших широтах в теплый период года за счет значительных дневных высот Солнца и большой продолжительности дня подстилающая поверхность интенсивно прогревается. При этом существенно усиливаются процессы термической конвекции, при которой развиваются мощные вертикальные токи, рассеивающие вредные выбросы по высоте в значительную толщу приземной атмосферы, тем более в условиях большого города с его асфальтированными улицами и многоэтажной каменной застройкой.

Таким образом, 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 до 6 м/с и более; 3) значительным усилением рассеивания примесей по высоте за счет интенсивной термической конвекции при солнечном прогреве подстилающей поверхности. Кроме того, весной, летом и осенью при интенсивном движении автотранспорта повышается загрязнение атмосферы окислами азота NO и NO₂. Из них окисел NO₂ является также газом предшественником для образования еще одного загрязнителя – озона, который возникает под действием солнечных лучей [3].

К сожалению, в летний сезон 2018 г. имели место технические пропуски наблюдений. Так, данные за август месяц полностью отсутствуют по всем загрязнителям. Данные за июль для NO, NO₂, NH₃, SO₂ и H₂S получены только за 01–11 июня, имея 793 измерения вместо 2058 по остальным загрязнителям, по которым пропуски отсутствовали. Практическое сожаление вызывают пропуски наблюдений только по двум загрязнителям – NO и NO₂, концентрации которых достигают опасных значений. Как показали предыдущие измерения, концентрации NH₃, SO₂ и H₂S значительно ниже допустимых, и поэтому имевшие место пропуски по этим загрязнителям особого значения не имеют. Таким образом, летний сезон будет охарактеризован двумя первыми месяцами – июнем и июлем, к тому же по двуокиси азота, которая является опасным летним загрязнителем, в июле имеются данные только для первой декады.

Средние месячные и сезонные концентрации опасных загрязнителей летом

В таблице 1 из всех 15 измеряемых СКАТ загрязнителей атмосферы (CO, NO, NO₂, NH₃, SO₂, O₃, CH₄, HCN, пыль общая и 4 ее мелкие фракции: ПМ1, ПМ2,5, ПМ4 и ПМ10), приведены рассчитанные значения средних месячных и сезонных концентраций, а также коэффициентов вариации для тех из них, которые хотя бы в один из месяцев лета 2018 г. превысили

Таблица 1 – Средние значения концентраций (в долях ПДК_{сс}) и коэффициенты вариации опасных загрязнителей атмосферы Бишкека в летний сезон 2018 г.

Вещество	Июнь		Июль		Лето (июнь-июль)	
	ср. знач.	вариация	ср. знач.	вариация	ср. знач.	вариация
NO ₂	1,50	0,43	1,26	0,35	1,38	0,39
O ₃	1,87	0,66	1,97	0,67	1,92	0,67
ПМ1	0,61	0,67	0,74	0,74	0,68	0,71
ПМ2,5	0,69	0,67	0,83	0,71	0,76	0,69
ПМ4	0,72	0,67	0,88	0,69	0,80	0,68
ПМ10			0,60	0,65	0,60	0,65

среднюю месячную концентрацию в 0,5 ПДК_{сс}. Как видно, таких загрязнителей было 6: NO₂, O₃ и 4 мелкие фракции пыли – ПМ1, ПМ2,5, ПМ4 и ПМ10. Летом, как и весной, средние концентрации трех мелких фракций пыли (ПМ1, ПМ2,5, ПМ4 и ПМ10) оказались ниже предельно допустимой средней суточной и составили в среднем за июнь и июль 0,61–0,88 ПДК_{сс}, являясь не опасными загрязнителями. При этом более высокие концентрации наблюдались для фракций ПМ2,5 и ПМ4 (в июле до 0,83–0,88 ПДК_{сс}).

Как видно из таблицы 1, летом основными загрязнителями атмосферы Бишкека по средним месячным данным явились озон и двуокись азота. При этом озон в июне и июле имел средние концентрации в 1,9 и 2 ПДК_{сс}, а двуокись азота соответственно 1,5 и 1,3 ПДК_{сс}. Отметим, что в качестве основных загрязнителей атмосферы Бишкека озон и двуокись азота вышли в конце весны, но теперь летом они прочно заняли это место и, скорее всего, эта картина сохранится до середины осени.

Еще раз напомним, что для двуокиси азота NO₂ Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует два предельных средних уровня концентрации: среднегодовой уровень 0,04 мг/м³ и среднечасовой уровень 0,20 мг/м³. Как загрязнитель воздуха NO₂ воздействует несколькими взаимосвязанными путями:

- при кратковременном превышении уровня концентрации до 0,20 мг/м³ двуокись азота является токсичным газом, вызывающим сильное воспаление дыхательных путей;
- NO₂ служит основным источником нитратных аэрозолей, образующих одну из опасных фракций пыли ПМ_{2,5}, а в присутствии

прямого солнечного света достаточной интенсивности является еще и местным источником образования другого загрязнителя – озона.

В Кыргызстане для NO₂ приняты следующие значения предельных допустимых концентраций: среднее суточное значение ПДК_{сс} = 0,04 мг/м³ и максимальное разовое ПДК_{мр} – 0,085 мг/м³.

Озон в приземной атмосфере городов возникает двумя путями: 1) основной – это возможный его вертикальный перенос вниз из стратосферы (слой 15–55 км), где при фотохимических реакциях, происходящих при поглощении ультрафиолетовой радиации Солнца молекулами кислорода, образуется его основная масса в атмосфере Земли; 2) дополнительно озон образуется в загрязненной атмосфере городов, как уже отмечалось, из двуокиси азота NO₂ (газ-предшественник озона) под действием прямого солнечного света. Считается, что максимальной величиной стратосферного переноса озона может быть значение около 0,12 мг/м³. При этом предельно допустимой максимальной разовой концентрацией приземного озона является 0,16 мг/м³, а средней суточной – 0,03 мг/м³. ВОЗ рекомендует для него предельный средний уровень концентрации за 8 часов (рабочий день), равный 0,10 мг/м³. Суть теории образования озона в загрязненной окислами азота атмосфере городов изложена в [3].

Следует также специально отметить, что окружающие Чуйскую долину с запада и севера пустыни, полупустыни и сухие степи Центральной Азии, видимо, не создают летом, как этого можно было ожидать, постоянный высокий уровень загрязнения почвенной пылью, приносимой из их пределов. Однако такие загрязнения

возможны при погодах с пыльными бурями, которые развиваются при скоростях ветра 6–10 м/с и более. При наступающих после таких бурь слабых скоростях и затишьях, самые мелкие фракции пыли еще в течение нескольких дней могут оставаться в воздухе, создавая устойчивые помутнения в атмосфере в виде пыльной мглы.

Динамика средних суточных концентраций опасных загрязнителей атмосферы в летний сезон

Кроме средних месячных показателей степени загрязнения атмосферы Бишкека озоном и двуокисью азота весьма важно знать, как менялись их средние суточные концентрации n_{cc} в течение летних месяцев, т. е. динамику изменений n_{cc} день ото дня. Графики такого месячного хода для июня и июля для O_3 и NO_2 представлены на рисунке 1. Концентрации на нем даны в долях ПДК_{сс}, поэтому экологический безопасный уровень для кривых обоих загрязнителей лежит ниже горизонтальной линии 1,0, которая специально выделена на рисунке. Как видно, обе кривые в месячном ходе показывают сильно колебательный характер и, за редким исключением, лежат выше уровня в 1 ПДК_{сс}. Так, например, в июне концентрация двуокиси азота (среднее месячное значение 1,5 ПДК_{сс}), на самом деле менялась от 0,98 ПДК_{сс} (24.06) до 2,11 ПДК_{сс} (14.06), а концентрация озона (среднее месячное значение 1,87 ПДК_{сс}) менялась в пределах от 0,70 ПДК_{сс} (15.06) до 2,87 ПДК_{сс} (18.06), т. е. еще сильнее. В целом за июнь концентрация NO_2 не опускалась ниже 1 ПДК_{сс}, а для O_3 число дней, когда она падала до 0,7–0,8 ПДК_{сс}, равнялось всего трем (03, 04 и 15.06). Таким образом, практически все дни июня средние суточные концен-

трации NO_2 и O_3 были экологически опасными для здоровья.

В июле месяце средние суточные концентрации озона еще несколько повысились, так что экологически безопасных дней не наблюдалось. Данные по двуокиси азота за 01–11 июля позволяют предполагать, что его средние суточные концентрации остались примерно такими же, как в июне. Следует также отметить, что на графиках месячного хода обе кривые изменялись в противофазе, когда рост одной из них сопровождался понижением другой. Все это объясняется уже указанным фактом образования озона из двуокиси азота под действием прямого солнечного света, когда при росте концентрации O_3 , концентрация NO_2 должна снижаться.

Повторяемость и суммарная за сезон и по месяцам продолжительность максимальных 20-минутных концентраций загрязняющих веществ

Не менее важно, чем по средним месячным и суточным данным, охарактеризовать уровень загрязнения атмосферы Бишкека в летний сезон 2018 г., используя все измеренные текущие 20-минутные концентрации n_{20} по каждому ингредиенту и сравнивая их с предельно допустимыми максимальными разовыми концентрациями (ПДК_{мр}), которые в 3–10 раз выше, чем средние суточные ПДК_{сс}. Это позволит судить о том, насколько вредным для здоровья являлось даже кратковременное, в пределах до 0,5 ч, пребывание в атмосфере Бишкека в различные дни лета 2018 г. Такие данные о числе случаев превышений уровня кПДК_{мр} и их повторяемостях (%) приведены в таблице 2.

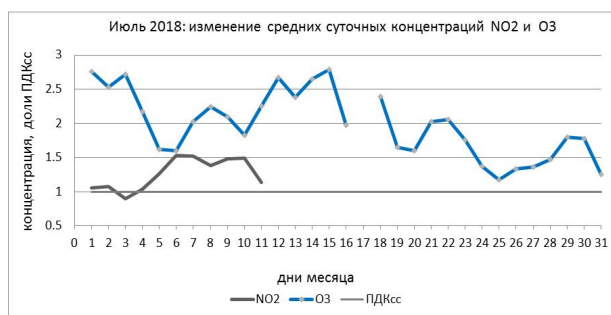


Рисунок 1 – Динамика хода средних суточных n_{cc} концентраций NO_2 и O_3 в долях ПДК_{сс} в июне (вверху) и в июле (внизу) 2018 г.

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

$kПДК_{мр}$	NO_2	O_3	ПМ1	ПМ2,5	ПМ4	ПМ10
Июнь						
$k>1$	250 (13,1)	3(0,14)	1(0,05)	2(0,09)	2(0,09)	
$k>2$	1(0,05)					
Числ. изм.	1904	2159	2159	2159	2159	2159
Июль						
$k>1$	13(1,64)	6(0,29)	2(0,10)	3(0,15)	3(0,15)	1(0,05)
$k>2$			1(0,05)	1(0,05)	1(0,05)	
Числ. изм.	793	2058	2058	2058	2058	2058
Лето						
$k>1$	263 (9,8)	9 (0,21)	3 (0,07)	5 (0,12)	5(0,12)	1 (0,02)
$k>2$	1 (0,04)		1 (0,02)	1 (0,02)	1 (0,02)	
Числ. изм.	2697	4217	4217	4217	4217	4217

Из данных таблицы 2 следует, что в июне и июле текущие концентрации всех фракций пыли могли только в единичных случаях превышать уровень в $1ПДК_{мр}$, что дает повторяемости не более 0,15 %. Такими повторяемостями на практике следует пренебречь и считать, что в каждом из летних месяцев и в летнем сезоне в целом, опасных разовых концентраций всех фракций пыли не наблюдалось.

Текущие разовые концентрации озона и двуокиси азота (которые по средним месячным данным были определены как основные загрязнители летней атмосферы) также редко превышали уровни в $1ПДК_{мр}$. Если для двуокиси азота превышения $1ПДК_{мр}$ в июне (по которому имеются данные за полный месяц) наблюдались в 250 случаях (13,1 %), то за 01–11 июля их повторяемость упала до 1,6 %, где она рассчитана относительно этого фактического периода наблюдений. Если эти повторяемости пересчитать в суммарную за месяц длительность превышений $1ПДК_{мр}$, то получим для июня 3,5 суток, а для июля 0,2 суток. Что касается озона, то в июне и июле уровень в $1ПДК_{мр}$ превышался им лишь в единичных случаях с месячной повторяемостью не более 0,3 %, которой следует пренебречь.

Таким образом, можно считать, что в начале лета (июнь) разовые концентрации двуокиси азота еще создавали опасность превышения ими уровня в $1ПДК_{мр}$ примерно в 13 % случаев или

суммарно 3,5 суток за месяц. В середине лета – июле эти показатели снизились до практически незначительных – 1,6 % и 0,2 суток. Разовые 20-минутные концентрации озона и все остальных веществ практически не создавали опасных загрязнений.

Динамика изменений в течение суток средних часовых концентраций озона и двуокиси азота

Характер изменений текущих разовых концентраций NO_2 и O_3 течение суток (как опасных месячных и средних суточных загрязнителей лета) нагляднее всего можно представить по усредненным за каждый месяц кривым суточного хода средних часовых концентраций n_{60} , сравнивая эти значения с предельно допустимыми максимальными разовыми $ПДК_{мр}$, которые в несколько раз больше средних суточных значений $ПДК_{сс}$. Осредненные за месяц графики такого суточного хода для июня и июля показаны на рисунке 2.

На рисунке 2 видно, что кривые суточного хода n_{60} как для O_3 , так и NO_2 в оба летних месяца лежат значительно ниже своих $ПДК_{мр}$. Экологически это означает, что средние часовые концентрации озона и двуокиси азота для условных средних суток лета были меньше их предельно допустимых разовых значений, т. е. короткие пребывания в городе, длительностью менее 0,5 часа, летом по этим загрязнителям были не опасны. Заметим, что это не отменяет опасности

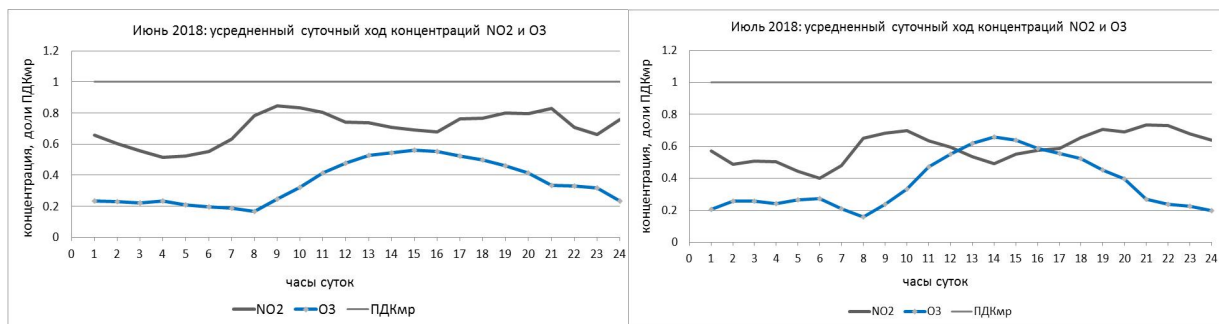


Рисунок 2 – Усредненный за июнь и июль суточный ход средних часовых p_{60} концентраций O_3 и NO_2 в долях ПДК_{мр} за июнь (вверху) и июль (внизу) в 2018 г.

повышенных средних месячных и средних суточных концентраций озона и двуокиси азота (о чем говорилось выше) и, следовательно, вредности для здоровья более длительного, например, постоянного пребывания в городе.

На графиках суточного хода средних часовых концентраций кривая озона имеет хорошо выраженный дневной максимум в 13–16 ч, когда наиболее интенсивна прямая солнечная радиация, под действием которой он образуется днем путем фотохимических реакций из выбрасываемого ТЭЦ и автомобильными двигателями NO_2 . Одновременно в ночное время имеет место широкий и устойчивый минимум, когда озон не образуется. На кривой хода диоксида азота четко видны два максимума и два минимума: а) максимумы NO_2 соответствуют 9–10 ч утра (время накопления NO_2 в воздухе до начала интенсивного образования озона) и около 21 ч вечера (время прекращения образования озона); б) минимумы NO_2 наблюдаются в конце ночи и рано утром в 5–6 ч (малые выбросы NO_2 от автотранспорта) и в 13–16 ч дня, когда расход NO_2 на образование озона максимален. Следовательно, кривые суточного хода для озона и двуокиси азота также идут в противофазе, что соответствует фотохимической теории дневного образования озона в атмосфере городов. При этом при возможных значительных переносах его вниз из стратосферы, что происходит при процессах интенсивного вертикального перемешивания атмосферы, могут возникать случайные по характеру вспышки его повышенного содержания у земной поверхности, значительно превышающие предельно допустимые концентрации.

Рассмотрим теперь графики суточного хода (рисунок 3) средних часовых концентраций

p_{60} для летних дней с максимальными средними суточными концентрациями NO_2 (14.06 – 2,11ПДК_{сс}) и O_3 (18.06 – 2,87ПДК_{сс}). Видно, что даже в день с наибольшими загрязнениями кривая суточного озона лежит ниже уровня 1ПДК_{мр} за исключением 19 ч, где она чуть превышает этот уровень. В то же время кривая NO_2 превышает уровень в 1ПДК_{мр} в течение полусуток, причем сплошным образом с 13 до 19,5 ч, когда, казалось бы, должен наблюдаться минимум концентрации этого окисла. При этом если ход кривой O_3 за 18.06 типичен для средних суток, то ход кривой NO_2 с 7 до 17 ч показывает необычный для типичного суточного хода рост ее концентрации. Конкретные причины этого частного случая могут быть различны и кроются в суточной динамике выбросов этого дня.

Экологически все это означает, что концентрация озона даже 18.06 была безопасна с точки зрения кратковременного пребывания в городе в периоды до 0,5 ч в течение всех суток (только в 19 ч имело место минимальное превышение уровня в 1ПДК_{мр}, равное 1,09). Однако двуокись азота, напротив, 14.06 в часы, когда она превышала уровень ПДК_{мр} (в сумме это составило полусуток), представляла опасность для здоровья даже при таком кратковременном пребывании в Бишкеке. Отметим, что этого еще не наблюдалось в последнем месяце весны мае, когда для дней с максимальным загрязнением, обе кривые не превышали уровня в 1ПДК_{мр}.

Выводы. 1. Результаты анализа загрязнения атмосферы Бишкека летом 2018 г. по имеющимся данным за июнь и июль месяцы, прежде всего, говорят том, что в связи с установившимися типично летними погодными условиями (резкое усиление термической конвекции днем



Рисунок 3 – Суточный ход n_{60} (доли ПДК_{мр}) для дней с максимальными в июне 2018 г. концентрациями NO₂ (14.06), O₃ (18.06)

и рассеивания примесей по высоте), а также значительного уменьшения выбросов вредных дымов за счет прекращения отопительного сезона, произошло устойчивое снижение концентраций всех фракций пыли, которые создавали исключительно сильное загрязнение атмосферы Бишкека зимой и в начале весны, ниже своих предельно допустимых как средних суточных, так и текущих разовых значений.

2. По средним месячным данным основным загрязнителем атмосферы Бишкека в течение июня и июля (и, с высокой степенью вероятности, также августа) были озон и двуокись азота. Средняя концентрация озона в июне и июле была соответственно равна 1,9 и 2 ПДК_{сс}, а двуокиси азота – 1,5 и 1,3 ПДК_{сс}, что незначительно больше, чем весной. Видимо, такие устойчивые по величине концентрации этих загрязнителей, характерные для теплого периода, устанавливаются в Бишкеке с мая и держатся до конца августа – середины сентября. Все фракции пыли в июне и июле имели средние месячные концентрации ниже предельно допустимых, находясь в диапазоне 0,61–0,88 ПДК_{сс}.

3. В течение июня средняя суточная концентрация двуокиси азота менялась от 0,98 ПДК_{сс} до 2,11 ПДК_{сс}, а концентрация озона от 0,70 ПДК_{сс} до 2,87 ПДК_{сс}, т. е. еще сильнее. В целом за июнь концентрация NO₂ не опускалась ниже 1 ПДК_{сс}, а для O₃ число дней, когда она падала до 0,7–0,8 ПДК_{сс} равнялось всего трем. В результате, практически все дни июня средние суточные концентрации NO₂ и O₃ были экологически опасными для здоровья. В июле средние суточные концентрации озона еще несколько повысились, так что экологически безопасных дней не наблю-

далось. Данные по двуокиси азота за 01–11 июля позволяют предполагать, что его средние суточные концентрации оставались примерно такими же, как в июне. С высокой степенью вероятности можно предполагать, что для этих двух основных летних загрязнителей аналогичные июню–июлю условия наблюдались и в августе.

4. Текущие значения средних 20-минутных концентраций n_{20} в течение июня–июля превышали уровень предельно допустимых максимальных разовых концентраций ПДК_{мр} для 6 загрязняющих веществ. Однако их суммарные месячные продолжительности, кроме двуокиси азота, носили ничтожный кратковременный характер и ими можно пренебречь, как это видно из следующей таблицы, где суммарные длительности даны в сутках:

Месяц	NO ₂	O ₃	ПМ1	ПМ2,5	ПМ4	ПМ10
Июнь	3,5	0,04	0,01	0,03	0,03	
Июль	0,02	0,08	0,03	0,04	0,04	0,01
Июнь и июль	3,7	0,13	0,04	0,07	0,07	0,01

Следовательно, только двуокись азота в течение июня эпизодически (за месяц 3,5 суток или 36 ч) создавала опасные для здоровья ситуации даже для кратковременного до 0,5 ч пребывания в городе.

5. В усредненном за июнь и июль месяцы суточном ходе текущих средних часовых концентраций n_{60} для NO₂ и O₃, наблюдается следующая картина: на графике суточного хода озона имеет хорошо выраженный дневной максимум в 12–16 ч, когда наиболее интенсивна прямая солнечная радиация, а на кривой хода NO₂ четко видны два

максимума: в 9–10 ч утра и около 21 ч вечера, и два минимума: в 5–6 ч и в 12–16 ч (следовательно, кривые O_3 и NO_2 идут в противофазах, что соответствует теории образования O_3); даже в дни, когда по средним суточным данным загрязнение от NO_2 и O_3 было наибольшим, текущие концентрации O_3 , практически не превышали максимально допустимые разовые, а для NO_2 такое превышение имело место с 14 до 19 ч (до 1,4 ПДК_{мр}).

Литература

1. *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.
2. *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.
3. *Подрезов О.А.* Загрязнение атмосферного воздуха Бишкека в весенний сезон 2017–2018 гг. / О.А. Подрезов, А.О. Подрезов, В.Е. Рязанов // Вестник КРСУ. 2019. Т. 19. № 4.