

УДК 614.71

О ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ И НЕКОТОРЫХ ГОРОДАХ ЧУЙСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Касымова Р.О., ¹Ажиматова М.Р., ²Абдыгулова И.Б.

¹Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина, Бишкек,
e-mail: docha02@bk.ru, merimazhimatova@mail.ru

²Научно-производственное объединение «Профилактическая медицина»
Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, Бишкек,
e-mail: indiraabdygulova@yandex.ru

В рамках проводимого исследования рассмотрено поведение динамических кривых основных загрязнителей атмосферного воздуха как в Кыргызстане в целом, так и в некоторых городах Чуйской области, таких как Бишкек, Кара-Балта и Токмок. Данные для изучения ситуации за 2000–2019 гг. были взяты из различных статистических сборников Нацстаткома Кыргызской Республики. Рассмотрены темпы прироста показателей загрязнения и качества атмосферного воздуха в динамике, такие как индекс загрязнения атмосферы – ИЗА и концентрации основных поллютантов, характеризующих тенденцию процесса в целом и в пятилетних интервалах времени. А также другие показатели динамики – средние величины и их сравнение, отклонения от средних величин (коэффициенты вариации). Показано, что в последние годы наблюдается рост показателей динамики, особенно заметный в Чуйской области, где темп прироста составляет 38%. А также рассчитаны коэффициенты корреляции, указывающие на имеющую место связь средней силы между показателями загрязнения атмосферного воздуха, ИЗА и концентрациями загрязнителей в территориальном аспекте. Рассмотрено поведение пылевых частиц и микрочастиц (PM 2,5 и PM 10) в атмосферном воздухе, обуславливающих негативные явления, такие как появление смога в г. Бишкеке. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования ситуации, в учебном процессе – курсах экологии и гигиены, различными службами экологической направленности.

Ключевые слова: загрязнение, атмосферный воздух, смог, PM 2,5, PM 10, темпы прироста, коэффициенты корреляции

ON AIR POLLUTION IN THE KYRGYZ REPUBLIC AND SOME CITIES OF THE CHUI REGION

¹Kasymova R.O., ¹Azhimatova M.R., ²Abdygulova I.B.

¹B.N. Yelstin Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek,
e-mail: docha02@bk.ru, merimazhimatova@mail.ru

²Scientific and Production Centre for Preventive Medicine of the Ministry of Health
of the Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: indiraabdygulova@yandex.ru

This study investigated the behavior of the dynamic curves of the main air pollutants both in Kyrgyzstan as a whole and in some cities of the Chui region such as Bishkek, Kara-Balta and Tokmok. Data for the study of the situation over the period 2000–2019 were taken from various statistical collections of the National Statistical Committee of the Kyrgyz Republic. The growth rates of pollution and quality of atmospheric air, over time, such as the air pollution index – API and the concentration of the main pollutants characterizing the trend of the process in general and in five-year time intervals were assessed. The other dynamical parameters studied included: average values and their comparison, deviations from average values (coefficients of variation). It is shown that in recent years there has been an increase in the dynamical parameters, especially noticeable in the Chui region, with a growth rate of 38%. Also correlation coefficients were calculated, indicating an association of medium strength, between the indicators of atmospheric air pollution, API and pollutant concentrations, in a territorial aspect. The behavior of dust particles and microparticles (PM 2,5 and PM 10) in the atmospheric air, causing negative phenomena, such as smog in Bishkek was assessed. The data obtained can be used to predict the air pollution related situations, in the educational process: courses in ecology and hygiene, various environmental services.

Keywords: pollution, atmospheric air, smog, PM 2,5, PM 10, growth rates, correlation coefficients

В Кыргызской Республике в настоящее время наблюдается рост концентрации основных загрязнителей атмосферного воздуха, как из стационарных источников, так и вследствие увеличения численности автотранспорта, ухудшения качества топлива, особенно используемого в частном секторе и в автомобильном транспорте. При этом в Бишкеке часто наблюдается смог, вредный для здоровья населения,

особенно для уязвимых групп. Оценка ситуации и, соответственно, дальнейшего ее развития возможна на основе ретроспективного анализа, на основе данных, опубликованных в справочной литературе и других источниках. Опубликованные данные, хотя и охватывают довольно большие периоды времени, в основном пятилетние, однако не дают картины развития ситуации в целом.

■ МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ ■

Интересным является также поиск взаимосвязи ситуации, закономерностей ее проявления, в локальном, на уровне городов, и в глобальном, на уровне Республики, масштабах. Для поиска таких закономерностей рассчитываются коэффициенты корреляции, производится сглаживание динамических кривых, изучаются темпы роста и прироста показателей.

Целью данной работы являлось изучение закономерностей, в рамках системного подхода, процессов распространения основных загрязнителей в Кыргызской Республике и в некоторых городах Чуйской области, таких как Бишкек, Кара-Балта, Токмок.

Материалы и методы исследования

В работе использованы методы вариационной статистики, к числу которых относятся описательная статистика, анализ динамики изменения концентрации загрязнителей и индексов загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА), сглаживание данных, сравнение средних величин показателей динамики, корреляционный анализ и пр. и системного анализа, к числу которых относится ретроспективный анализ. Основой системного анализа, как известно, является системный подход, применяемый при анализе сложных объектов, явлений и примененный нами для анализа сложившейся ситуации с загрязнением атмосферного воздуха. Темпы прироста и коэффициенты вариации рассчитаны согласно справочнику по математической статистике [1].

Данные для анализа были взяты из различных источников, в том числе из сборников Нацстаткомитета Кыргызской Республики, посвященных охране окружающей среды, и др. [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрены валовые выбросы загрязнителей атмосферного воздуха из стационарных источников по Кыргызстану в целом, Бишкеку и по Чуйской области. Так, для валового выброса, тыс. т, с 2000 по 2019 г., найдены следующие значения коэффициентов корреляций: для пары КР – Бишкек $R = 0,686$, Бишкек – Чуйская обл. $R = 0,516$, КР – Чуйская обл. $R = 0,109$. Из этих данных видно, что между показателями для пар Бишкек и КР, а также между Бишкеком и Чуйской областью коэффициенты корреляции, указывающие на зависимость между переменными, находятся на среднем ($R = 0,516$) и немного выше среднего уровня ($R = 0,686$). Между показателями КР и Чуйской области связь довольно слаба ($R = 0,109$). Для выбросов, приходящихся на одного человека,

в кг, значение коэффициента корреляции для пары Бишкек – КР было на уровне несколько выше среднего ($R = 0,682$).

По темпам прироста показателей, в пятилетних интервалах, с 2000 по 2019 г., получены следующие значения, в отношении валовых выбросов, тыс. т (табл. 1).

Таблица 1

Темпы прироста показателей
для валовых выбросов
из стационарных источников
для Кыргызской Республики в целом
и в некоторых ее регионах, в %

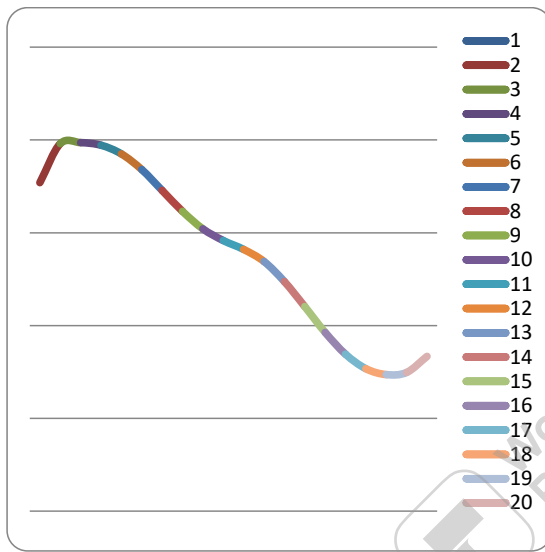
Интервал, годы	Темпы прироста, %		
	КР	Бишкек	Чуйская область
2000–2004	6,7	-5,5	18,4
2005–2009	242,6	61,0	-25,4
2010–2014	97,1	83,4	70,2
2015–2019	-17,6	-30,6	37,8

Здесь видно, что наиболее значимые показатели прироста загрязнителей для КР и Бишкека имели место в 2005–2014 гг., где темпы прироста составили значения, $T = 61\%$ и $T = 83,4\%$ соответственно. Для Чуйской области наибольшее значение темпа прироста в 2010–2014 гг. составило величину $T = 70,2\%$. С 2014 по 2019 г. имело место некоторое сокращение темпов прироста выбросов, в основном из стационарных источников, по КР и Бишкеку. А для Чуйской долины, наоборот, произошло увеличение объема выбросов. В 2009 г. произошел выброс загрязняющих веществ, на уровне 118,2 тыс. т, по Кыргызской Республике в целом, что и отразилось на значениях показателей темпа прироста в период с 2005 по 2009 г.

Далее, нами было рассмотрено изменение значений показателей, таких как концентрации основных загрязняющих веществ и индексы загрязнения атмосферы (ИЗА), по г. Бишкеку в 2000–2019 гг. Напомним известные факты об индексе ИЗА [3, 4]. Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) применяется для информирования соответствующих государственных органов, общественных организаций и населения с целью принятия превентивных мер. При значении показателя ИЗА более 14 считается, что уровень загрязнения атмосферного воздуха очень высокий, обуславливающий риск различных заболеваний, в том числе бронхолегочных, онкологических, и детскую заболеваемость. При значениях ИЗА более 7, но менее 14 –

■ MEDICAL SCIENCES ■

уровень высокий, при ИЗА более 5, но менее 7 – относительно высокий, а при ИЗА менее 5 считается низким. Значения показателя ИЗА приведены на рисунке. По данным рисунка можно заключить, что уровень загрязнения атмосферного воздуха над Бишкеком за последние годы остается довольно высоким (ИЗА = 7,62 в 2016 г. и до ИЗА = 8,34 в 2019 г.). Возможен рост показателя и в последующие годы. В динамике кривая, приведенная на рисунке, напоминает затухающую экспоненту, в период с 2000 по 2015 г., с последующим возрастанием показателя начиная с 2016 г., от 7,62 до 8,93 (2018 г.) и 8,32 (2019 г.).



Значения показателя ИЗА
в Бишкеке с 2000 по 2019 г.
(значения сглажены, многократно)

Для определения зависимости между показателями ИЗА и концентрациями в атмосферном воздухе над Бишкеком некоторых основных загрязнителей, таких как диоксид серы, диоксид азота, оксид

азота, аммиак и формальдегид, рассчитаны коэффициенты корреляции, которые приведены в нижеследующей, корреляционной, табл. 2.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что наиболее высокие значения коэффициентов корреляции наблюдаются практически для всех пар ИЗА с основными загрязнителями. Это естественно, так как ИЗА рассчитывается исходя из концентраций основных загрязнителей атмосферного воздуха. За исключением диоксида азота, где связь отрицательна, близка к нулю. Для диоксида серы связи высоки с формальдегидом и аммиаком. У диоксида азота связь положительна и почти на среднем уровне только с оксидом азота. У формальдегида связь находится на среднем уровне с оксидом азота ($R = 0,498$) и с аммиаком ($R = 0,725$).

Темпы прироста значений показателей для основных загрязнителей атмосферного воздуха по г. Бишкеку приведены в табл. 3. Из данных, приведенных в табл. 3, следует, что наиболее высокие темпы изменения показателя ИЗА наблюдаются в периоды с 2010 по 2014 г. и с 2015 по 2019 г., где они составляют величины $T = 57,7$ и $46,8\%$ соответственно. Для диоксида серы наибольший показатель ($T = 50\%$) наблюдался в период с 2010 по 2014 г. У остальных наибольшие значения темпа прироста наблюдались с 2015 по 2019 г., за исключением формальдегида, где имело место снижение показателя в отрицательную сторону, что связано с убыванием концентрации загрязнителя.

Нами были проанализированы также динамические кривые загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами $PM_{2,5}$ и PM_{10} , которые, как известно из литературы, приводят к большому количеству преждевременных смертей и заболеваемости, в том числе сердечно-сосудистыми и бронхо-легочными болезнями [5].

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции для ИЗА
и концентрации основных загрязнителей атмосферного воздуха г. Бишкека

Показатели	ИЗА	Диоксид серы	Диоксид азота	Оксид азота	Формальдегид	Аммиак
ИЗА	1	0,782	-0,07	0,529	0,958	0,740
Диоксид серы	0,782	1	-0,455	0,112	0,801	0,609
Диоксид азота	-0,07	-0,455	1	0,354	-0,076	0,142
Оксид азота	0,529	0,112	0,354	1	0,498	0,638
Формальдегид	0,958	0,801	-0,076	0,498	1	0,725
Аммиак	0,740	0,609	0,142	0,638	0,725	1

Таблица 3

Темпы прироста значений показателей с 2000 по 2019 г. по г. Бишкеку, %

Интервал, годы	Темпы прироста значений показателей, %					
	ИЗА	Диоксид серы	Диоксид азота	Оксид азота	Формальдегид	Аммиак
2000–2004	11,6	34	-16,7	-4	23,8	-40
2005–2009	2	-75	20	8,4	-30,8	-33,4
2010–2014	57,7	50	-34	-53,8	-44,5	-50
2015–2019	46,8	0	75	50	-10	100

Первые исследования концентрации таких микрочастиц в атмосферном воздухе г. Бишкека были произведены в НПО «Профилактическая медицина», а затем в КРСУ, на кафедре метеорологии, экологии и охраны окружающей среды [6, 7]. В этих исследованиях отмечено, что концентрация твердых микрочастиц увеличивается в осенне-зимний период, когда работает большинство котельных и печей в частном секторе, с целью отопления. В летний период концентрация микрочастиц снижается вплоть до нулевых значений. Распределение пылевых частиц по размеру описывается логнормальным законом. В отношении распределения концентраций загрязнителей в городской среде можно отметить их зависимость от скорости ветра и ее повторения («розы ветров»), орографии местности и близости к центру города, где загрязнение выше, чем в других районах города и пригородах. К настоящему времени выполнено большое число работ, в которых изучается корреляция между загрязнением атмосферы и соответствующими метеорологическими факторами [8, 9].

Распространение загрязнения в атмосферном воздухе нередко приводит к смогу, наблюдающемуся в крупных городах – мегаполисах, где содержание твердых частиц может быть повышено и в летнее время. Изучению смога в Бишкеке и устранению его причин был посвящен ряд статей [10–12]. Для сажевых частиц (копоти), содержащихся в составе автомобильных выбросов, при неполном сгорании топлива возможно канцерогенное действие, за счет адсорбции на их поверхности ряда соединений, в том числе и бенз(а)пирена – высокотоксичного вещества, обладающего мутагенным действием. Для снижения концентрации бенз(а)пирена в сажевых частицах предлагается способ, основанный на подборе режимов сгорания и определенного соотношения компонентов водноэмульсионной – воздушной смеси [13, 14].

В настоящее время в Бишкеке и в его пригородах применяются современные ин-

формационные технологии, где показатели качества атмосферного воздуха, рассчитанные по содержанию респираторных микрочастиц, может узнать каждый практически в любое время и наметить меры личной безопасности – ношение масок, выезд на дачи, изменение места жительства на другие районы города и т.д. А также подобная информация необходима властям, МЧС с целью регулирования ситуации [15, 16]. Так, к примеру, в реальном времени можно узнать про загрязнение атмосферного воздуха микрочастицами PM_{2,5}, с указанием значений индекса AQI-показателя вредности загрязнения атмосферы (США), для здоровья населения, особенно для уязвимых групп. Также приводятся карты распространенности загрязнения в виде значений показателя вредности – индекса AQI.

В отношении поведения концентрации загрязнителей в атмосферном воздухе г. Бишкека, при длительном наблюдении можно отметить периодический характер их изменения. И аналогию этого явления с поведением математического маятника (гармонического осциллятора), где имеются как простые, свободные колебания (синусоидальные), так и вынужденные, при наличии тенденции к росту, концентрации загрязнителей, особенно в пиковых ситуациях. Так, для PM_{2,5} (приведены усредненные значения) концентрации в атмосферном воздухе г. Бишкека в январе достигает 11,74 ПДК, затем снижается до нуля в мае – июле и далее идет повышение до 9,2 ПДК в декабре. Для PM₁₀ имеет место та же закономерность: в январе показатель составляет 6,97 ПДК, затем имеет место снижение до нуля в мае – июле и повышение до 5,52 ПДК в декабре [2]. Для периодических процессов, как известно, применимо разложение в ряды Фурье (гармонический, спектральный анализ). В некоторых случаях возможно найти и уравнение динамики процесса распространения поллютантов в атмосферном воздухе с целью прогноза [17].

Таблица 4

Сравнительная характеристика показателей уровня загрязнения атмосферного воздуха городов Чуйской области (сводная) в период с 2000 по 2019 г.

Показатель	г. Бишкек			г. Кара-Балта			г. Токмок		
	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.
ИЗА	12,2	5,68	24,1	1,71	1	2,73	1,41	0,78	1,88
Диоксид серы, мг/м ³	4,17	2	12	3,89	2	9	3,63	1	10
Диоксид азота, мг/м ³	54,7	40	70	36,84	30	60	33,68	20	50
Оксид азота, мг/м ³	91,7	53	130	44,74	30	70	29,47	0	50
Аммиак, мг/м ³	20,5	10	30	–	–	–	–	–	–
Формальдегид, мг/м ³	16,1	8	31	–	–	–	–	–	–

В настоящее время МЧС приводятся сведения о ежеквартальных изменениях загрязнения атмосферного воздуха в Бишкеке и его пригородах [18]. По влиянию на здоровье человека твердых ультрамикрочастиц (наночастиц), находящихся в составе поллютантов, возможности их определения, число литературных источников пока незначительно [5].

В табл. 4 приводится сравнительная характеристика показателей между г. Бишкеком и городами Чуйской области, такими как Кара-Балта и Токмок.

Расчет отношения показателей, исходя из средних величин за период с 2000 по 2019 г., приведен в табл. 4. Показано, что для пары Бишкек – Кара-Балта наиболее высокое значение показателя наблюдается для ИЗА, где превышение показателя в г. Бишкеке, в сравнении с г. Кара-Балта, составляет величину в 7,17 раз большую. Для пары Бишкек – Токмок это же отношение составляет 8,7 раз, а для пары Кара-Балта – Токмок соотношение показателей ИЗА довольно незначительно (1,21 раз). Менее высоким является отношение показателей для концентраций оксида азота, где оно составляет: для пары Бишкек – Кара-Балта 2,05 раз, Бишкек – Токмок – 3,11 раз, Кара-Балта – Токмок – 1,52 раз. Отношение максимальных значений показателей к средней величине находится в пределах от 1,3 до 2,88. В случае диоксида серы, к примеру, по г. Бишкеку отношение максимума показателя к средней величине составляет 2,88, по г. Кара-Балте – 2,31, по г. Токмоку – 2,75. Для ИЗА это отношение в случае г. Бишкека равно 2, г. Кара-Балты – 1,6, г. Токмока – 1,34.

Аналогично ведут себя показатели вариации, характеризующие отклонение (разброс) значений максимальных и минимальных величин относительно средней

величины: для диоксида серы по г. Бишкеку – 40%, г. Кара-Балте – 30%, г. Токмоку – 41,3%. Для ИЗА показатели вариации составляют по г. Бишкеку – 25,2%, по г. Кара-Балте – 16,9%, по г. Токмоку – 13%.

Самым загрязненным в Чуйской области является г. Бишкек, который в настоящее время считается одним из наиболее загрязненных городов в мире.

Темпы прироста показателей динамики в городах Чуйской области наиболее высокими были в 2015–2019 гг. Так, для г. Кара-Балты в указанный период темп прироста показателя ИЗА составлял 122%, диоксида азота – 100%, а оксида азота – 50%. Для диоксида серы, наоборот, имело место уменьшение показателя на 34%.

Аналогичная закономерность прослеживается и для всех показателей г. Токмока. Здесь показатель ИЗА в 2015–2019 г. увеличился на 74,5%, диоксида азота – на 100%, оксида азота – на 150%, а диоксида серы, наоборот, уменьшился на 33,4%. Таким образом, в городах Чуйской области в период с 2015 по 2019 г. происходит увеличение показателей в соответствии с изменением уровня загрязнения.

Расчет парных коэффициентов корреляции, проведенный нами по г. Кара-Балте и г. Токмоку, показывает, что наиболее сильные связи имеют место для пар ИЗА – ИЗА (0,542), ИЗА – диоксид азота (0,608 и 0,722) соответственно, в этих городах ИЗА – оксид азота (0,520 и 0,642), т.е. все связи находятся на среднем уровне. Для пары диоксид азота – оксид азота коэффициенты корреляции составляют значения 0,245 и 0,391 соответственно, т.е. связь находится ближе к среднему уровню.

Заключение

1. Корреляционный анализ выявил наличие средней силы связи в отношении ве-

личины валовых выбросов из стационарных источников, для пар Бишкек – КР ($R = 0,686$), Бишкек – Чуйская обл. – $R = 0,516$. Для пары КР – Чуйская обл. связь незначительна – $R = 0,109$.

2. В городах Чуйской области в период с 2015 по 2019 г. происходило увеличение показателей, соответствующее изменению уровня концентрации загрязнителей в данный период. Имеется тенденция роста индекса загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА) по г. Бишкеку, наблюдаемая в тот же период.

3. Темпы прироста показателя, характеризующего качество атмосферного воздуха (ИЗА), неравномерны и наиболее высоки для г. Кара-Балты ($T = 122\%$). По г. Токмоку темп прироста составляет величину $T = 74,5\%$. По г. Бишкеку темп прироста ИЗА составляет величину $T = 46,8\%$, несмотря на более высокий уровень в атмосферном воздухе концентрации загрязнителей.

Список литературы

1. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе: Справочник. 2-е изд. М.: Статистика, 1979. 448 с.
2. Национальные доклады о состоянии окружающей среды Кыргызстана с 2001 по 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://aarhus.kg/ru/sostoyanie-okruzhayushhej-sredy-kr> (дата обращения: 29.04.2022).
3. Индекс загрязнения атмосферы / Студопедия. Опубл. 27.02.2015. [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/5_145813_indeks-zagryazneniya-atmosferi.html (дата обращения: 30.05.2022).
4. Расчет индекса загрязнения атмосферного воздуха / Мегаобучалка. [Электронный ресурс]. URL: <https://megaobuchalka.ru/6/6596.html> (дата обращения: 29.04.2022).
5. Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Колпаков Ф.А. О роли загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами в патогенезе хронических неинфекционных заболеваний // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2018. Т. 33. № 1. С. 7–13.
6. Шахматова А.К. Оценка качества атмосферного воздуха и метеорологических параметров и их влияние на неинфекционную заболеваемость населения Бишкека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Бишкек, 2014. 26 с.
7. Подрезов О.А., Подрезов А.О., Рязанов В.Е. Загрязнение атмосферного воздуха Бишкека в зимний сезон 2017–2018 гг. // Вестник КРСУ. 2018. Т. 18. № 12. С. 126–133.
8. Шахматова А.К. Гигиеническая оценка содержания основных поллютантов в атмосферном воздухе города Бишкек // Вестник КАЗНМУ. 2013. № 1. С. 247–250.
9. Янковская Л.К. Статистические модели и методы исследования переноса загрязнений в приземном слое атмосферы: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Ставрополь, 2002. 170 с.
10. Воздух в Бишкеке: гражданский мониторинг качества воздуха в Бишкеке. Бишкек: Общественное Объединение «МувГрин», 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://movegreen.kg/wp-content/uploads/2018/05/air-bishkek-report-rus.pdf> (дата обращения: 29.04.2022).
11. Моисеева С. Госагентство охраны окружающей среды: загрязнение воздуха в Бишкеке в пределах нормы // Kaktus.media. 19 ноября 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: https://kaktus.media/doc/382683_gosagentstvo_ohrany_okruzhayushhej-sredy_zagryaznenie_vozduha_v_bishkeke_v_predelakh_normy.html (дата обращения: 29.04.2022).
12. Исакова Г. Экологическая катастрофа в Бишкеке: необходимо внедрять лучшие модели поведения для обеспечения чистого воздуха: аналитическое исследование Центра политико-правовых исследований (ЦППИ). 4 февраля 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://center.kg/article/295> (дата обращения: 29.04.2022).
13. Атабеков К.К. Анализ современного состояния атмосферного воздуха г. Бишкек // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. Вып. 7. Ч. 2. С. 192–196.
14. Самбаева Д.А., Кемелов К.А., Маймеков З.К. Деструкция бенз(а)пирена в среде вода – кислород и прогнозирование образования низкомолекулярных компонентов и частиц в газовой фазе // Известия КТУ им. И. Раззакова. 2019. № 2. Ч. 2. С. 260–265.
15. Качество воздуха в Бишкеке [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iqair.com/ru/kyrgyzstan/bishkek> (дата обращения: 29.04.2022).
16. Экологическая обстановка и проблема загрязнения воздуха в г. Бишкек / Исследование живой природы Кыргызстана. 2020. № 2. С. 34–41. URL: <https://ib.naskr.kg/live/index.php/journal/article/view/42/43> (дата обращения: 29.04.2022).
17. Железняк А.О. Системный подход и его применение в медицине // Здравоохранение Кыргызстана. 2016. № 1. С. 8–10.
18. Информационный бюллетень «О состоянии загрязнения атмосферного воздуха г. Бишкека в весенний период». 2 квартал 2021 г. / Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики; Агентство по гидрометеорологии. Бишкек, 2021. 9 с. [Электронный ресурс]. URL: http://upload.meteo.kg/attachment/72_70_47fdb8ac631234c3b39f2901edc895f0.pdf (дата обращения: 29.04.2022).