

УДК 616.63/.64:614.715

**РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ МАКСИМАЛЬНО РАЗОВЫХ  
КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ  
КРУПНОГО НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА ПРИ ДОЛГОСРОЧНОМ АНАЛИЗЕ ВЛИЯНИЯ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ**

Держинская Н.А.<sup>1</sup>, Гиндюк Л.Л.<sup>1</sup>, Гиндюк А.В.<sup>1</sup>, Сысоева И.В.<sup>1</sup>, Крупская Д.А.<sup>2</sup>, Урбан Ю.Е.<sup>2</sup>,  
Ермак С.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

<sup>2</sup>ГУ «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии», Минск, Беларусь

*В настоящее время широко распространены исследования влияния загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья, при этом на практике чаще осуществляется контроль за максимально разовыми концентрациями веществ, в то время как при долгосрочном анализе влияния загрязнения на здоровье приоритетными являются концентрации более длительных периодов осреднения.*

**Цель** исследования – установить и проанализировать взаимосвязь между максимальными и осредненными максимально разовыми концентрациями загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе г. Минска за 2009-2018 гг. и первичной заболеваемостью бронхиальной астмой детского населения, в том числе с развитием астматического статуса.

**Материалы и методы:** изучены данные с 40 маршрутных постов мониторинга качества атмосферного воздуха и первичная заболеваемость детского населения г. Минска бронхиальной астмой за 2009-2018 гг. В ходе исследования использованы лабораторно-инструментальный, ретроспективный эпидемиологический анализ, статистические методы.

**Результаты:** полученные результаты показали, что несмотря на то, что максимальные значения максимально разовых концентраций отражают картину загрязнения атмосферного воздуха в момент отбора пробы, они имеют схожие колебания, направление и выраженность тенденции с осредненными значениями концентраций, а также при определенных условиях могут отражать неблагоприятное долгосрочное влияние загрязнения на состояние здоровья.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, максимально разовые концентрации, анализ влияния на здоровье, бронхиальная астма.

**Для цитирования:** Держинская Н.А., Гиндюк Л.Л., Гиндюк А.В., Сысоева И.В., Крупская Д.А., Урбан Ю.Е., Ермак С.Л. Репрезентативность максимально разовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе крупного населенного пункта при долгосрочном анализе влияния загрязнения на состояние здоровья. Медицина труда и экология человека. 2022;2:84-99.

**Для корреспонденции:** Дзержинская Надежда Андреевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены труда Белорусского государственного медицинского университета, klishka@mail.ru.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10207>

## REPRESENTATIVENESS OF THE SHORT-TERM CONCENTRATIONS OF POLLUTANTS IN THE ATMOSPHERIC AIR OF A LARGE SETTLEMENT IN THE LONG-TERM ANALYSIS OF THE IMPACT OF POLLUTION ON THE HEALTH STATUS

Dziarzhynskaya N.A.<sup>1</sup>, Hindziuk L.L.<sup>1</sup>, Hindziuk A.V.<sup>1</sup>, Sysoeva I.V.<sup>1</sup>, Krupskaya D.A.<sup>2</sup>, Urban U.E.<sup>2</sup>, Ermak S.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Minsk City Center of Hygiene and Epidemiology, Minsk, Belarus

*Currently, studies of the impact of air pollution on health are widespread, while in practice, control over the short-term concentrations of substances is more often carried out, while in the long-term analysis of the impact of pollution on health, concentrations of longer averaging periods are the priority.*

*The purpose of the study is to establish and analyze the relationship between the maximum and average short-term concentrations of polluting chemicals in the atmospheric air of Minsk between 2009 and 2018 and incidence rate of bronchial asthma, including asthmatic status of the child population.*

**Materials and methods:** *data from 40 route posts for monitoring atmospheric air quality in Minsk and incidence rate of bronchial asthma in the children's population of Minsk between 2009 and 2018 were studied. Laboratory-instrumental, retrospective epidemiological analysis, statistical methods were used.*

**Results:** *The obtained results showed that, despite the fact that the maximum values of the short-term concentrations reflect the picture of atmospheric air pollution at the time of sampling, they have similar fluctuations, direction and severity of the trend with averaged concentrations, and also under certain circumstances can reflect the adverse long-term impact of pollution on health status.*

**Keywords:** *air pollution, maximum one-time concentrations, health impact analysis, bronchial asthma.*

**Citation:** *Dziarzhynskaya N.A., Hindziuk L.L., Hindziuk A.V., Sysoeva I.V., Krupskaya D.A., Urban U.E., Ermak S.L. Representativeness of the short-term concentrations of pollutants in the atmospheric air of a large settlement in the long-term analysis of the impact of pollution on the health status. Occupational health and human ecology. 2022;2: 84-99.*

**Correspondence:** *Nadzeya Dziarzhynskaya, PhD, assistant professor at the Department of Occupational Hygiene of Belarusian State Medical University, klishka@mail.ru.*

**Financing:** *the study had no financial support.*

**Conflict of interest:** *The authors declare no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10207>

Загрязнение атмосферного воздуха является фактором риска развития многих экологически обусловленных заболеваний, в том числе тех, этиологический фактор которых может иметь инфекционную или иммунную природу. В крупных населенных пунктах данное влияние более выражено и может формировать значимое повышение частоты возникновения различных заболеваний [1-3]. Исследование зависимости изменений в состоянии здоровья населения под влиянием факторов окружающей среды является важным объектом многочисленных научных исследований [4-7]. Именно загрязнением атмосферного воздуха обусловлено до 30% общих заболеваний [8]. Считается доказанной связь между концентрациями атмосферных загрязнений и распространенностью болезней органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, бронхиальной астмы [9-15]. Результаты предыдущих исследований [16-17] позволили установить, что уровни первичной заболеваемости детского населения бронхиальной астмой и астматическим статусом г. Минска обусловлены в том числе и состоянием атмосферного воздуха. Таким образом, данный показатель может быть использован при изучении загрязнения атмосферного воздуха г. Минска и создаваемой им антропогенной нагрузки. При этом оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения является одним из наиболее распространенных и информативных исследований, при котором исследуемой группой часто является детское население как более чувствительное и не подверженное влиянию производственных факторов и вредных привычек [18-20].

В г. Минске мониторинг качества атмосферного воздуха осуществляется посредством 12 стационарных постов государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [21] и 40 маршрутных постов государственного учреждения «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии». Также контроль качества атмосферного воздуха осуществляется более чем в 300 контрольных точках в рамках подтверждения размеров санитарно-защитных зон и производственного контроля в зонах влияния выбросов промышленных предприятий [22]. Стационарные посты мониторинга проводят не менее четырех замеров в сутки, позволяя получить данные как о максимальных за день концентрациях, так и о среднесуточных. Маршрутные посты имеют более плотную территориальную сеть, однако позволяют получать исключительно максимально разовые концентрации веществ, так как периодичность проведения замеров на них значительно меньше – 1-2 раза в месяц. Вопрос использования данных с маршрутных постов мониторинга при долгосрочном анализе влияния загрязнения на состояние здоровья может решаться за счет отбора и осреднения данных за достаточно длительный период

**Цель** – установить и проанализировать взаимосвязь между максимальными и средними максимально разовыми концентрациями загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе г. Минска за 2009-2018 гг. и первичной заболеваемостью бронхиальной астмой детского населения, в том числе с развитием астматического статуса.

**Задачи:**

1. Провести оценку качества атмосферного воздуха г. Минска с учетом данных маршрутных постов мониторинга качества атмосферного воздуха по максимальным значениям концентраций.
2. Провести оценку качества атмосферного воздуха г. Минска с учетом данных маршрутных постов мониторинга качества атмосферного воздуха по средним значениям концентраций.
3. Проанализировать взаимосвязь изменений концентраций загрязняющих веществ с уровнем заболеваемости детского населения г. Минска.

**Материалы:** при анализе использованы данные о максимально разовых концентрациях загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе г. Минска за 2009-2018 гг. с маршрутных постов мониторинга.

Контрольные точки (36) расположены преимущественно в зонах влияния выбросов крупных магистралей города, так как максимальное влияние магистрали обнаруживается в непосредственной близости от нее, на открытых, проветриваемых со всех сторон площадках с непылящим покрытием: на асфальте, твердом грунте, газоне. Также исследования качества атмосферного воздуха посредством маршрутных постов организованы в 2 контрольных точках в парке Горького и в 2 контрольных точках в парке Челюскинцев (рис.1):

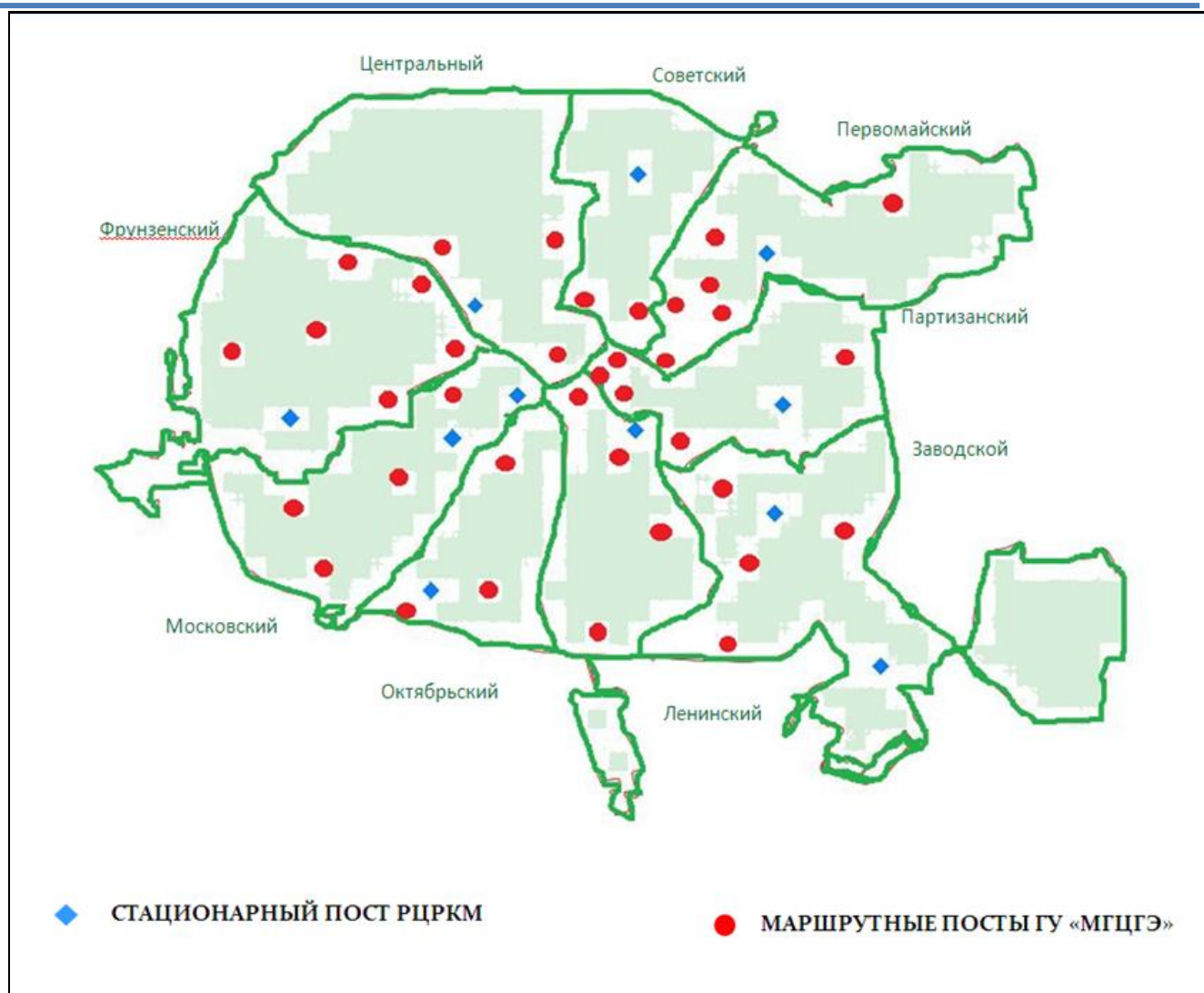


Рис. 1. Организация лабораторных исследований качества атмосферного воздуха в г. Минске  
Figure 1. Organization of laboratory studies of atmospheric air quality in Minsk

Перечень контролируемых веществ:

- диоксид азота;
- акролеин;
- бензол;
- ксилолы;
- углерода оксид;
- фенол;
- диоксид серы;
- твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/ аэрозоль);
- 1,3 бутадиен;
- формальдегид.

Были исследованы уровни первичной заболеваемости детского населения г. Минска бронхиальной астмой, астматическим статусом (J45, J46 по МКБ-10) за 2009-2018 гг. по

возрастным группам: все детское население (0-17 лет), до года, 1-4 года, 5-9 лет, 10-14 лет и 15-17 лет.

**Методы.** Анализ проводился с учетом административного деления г. Минска – для отдельных административных районов и для города в целом. Были определены максимальные за год, рассчитаны средние за год значения максимально разовых концентраций анализируемых загрязняющих веществ, темп роста и темп прироста концентраций. Была проведена оценка уровней первичной заболеваемости детского населения г. Минска бронхиальной астмой, астматическим статусом, корреляционный анализ для установления наличия взаимосвязи между исследуемыми показателями проводился путем расчета коэффициента корреляции Пирсона  $R_{\text{пирсона}}$ , критический уровень значимости  $p$  при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

**Результаты.**

При анализе максимальных и средних за анализируемый период значений максимально разовых концентраций загрязняющих веществ было установлено, что максимальные концентрации каждого вещества значительно превышали его средние значения, однако динамика колебаний имела схожий характер. Кроме того, отмечались факты превышения нормативного содержания как среди средних, так и среди максимальных концентраций. Наибольшее содержание было характерно для формальдегида, монооксида углерода и фенола (рис. 2).

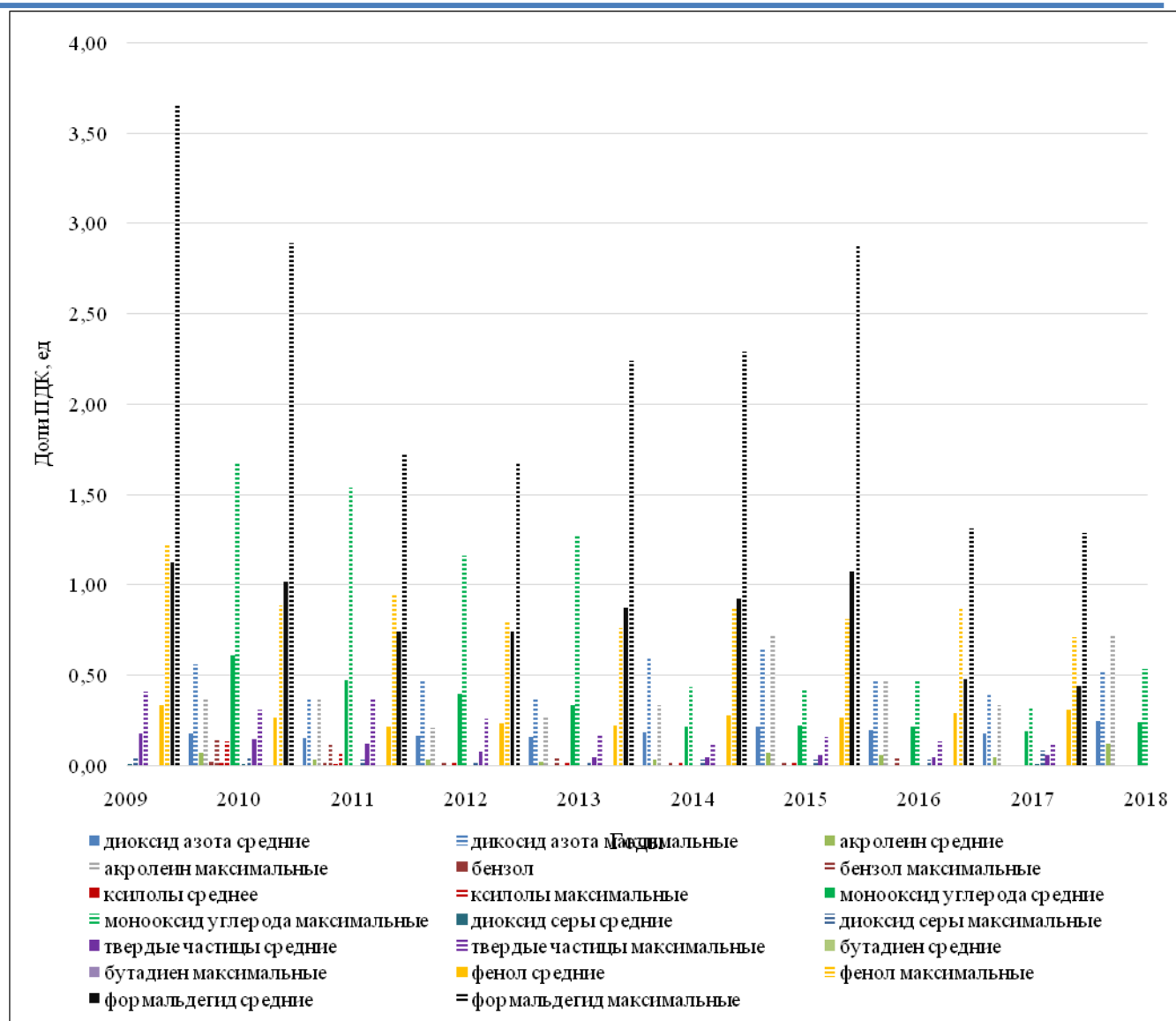


Рис. 2. Среднее и максимальное содержание загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе г. Минска за 2009-2018 гг.

Figure 2. Average and maximum content of polluting chemicals in Minsk atmospheric air between 2009 and 2018

Максимальные концентрации следующих анализируемых веществ превышали значения гигиенических нормативов: диоксида азота – в 3,3% случаев, монооксида углерода – в 28,93%, фенола – в 27,3%, формальдегида – в 90,91%. Для средних концентраций в 28% случаев концентрации формальдегида превышали значения предельно допустимой концентрации. Необходимо также отметить, что в пробах атмосферного воздуха в 36,4% случаев не был обнаружен бензол, в 6,06% случаев – ксилолы.

Средние значения темпов прироста и характеристика многолетней тенденции концентраций представлены в таблице 1:

Таблица 1

Средний темп прироста средних и максимальных концентраций загрязняющих веществ г. Минска за 2009-2018 гг.

Table 1

The average growth rate of average and maximum concentrations of pollutants in Minsk between 2009 and 2018

Вещество/концентрации		Темп прироста	Характеристика многолетней эпидемической тенденции
Диоксид азота	Средние	3,83%	Умеренная к росту
	Максимальные	3,75%	Умеренная к росту
Акролеин	Средние	20,25%	Выраженная к росту
	Максимальные	15,27%	Выраженная к росту
Ксилолы	Средние	-19,36%	Выраженная к снижению
	Максимальные	-15,48%	Выраженная к снижению
Монооксид углерода	Средние	-10,96%	Выраженная к снижению
	Максимальные	-10,29%	Выраженная к снижению
Диоксид серы	Средние	32%	Выраженная к росту
	Максимальные	25,6%	Выраженная к росту
Твердые частицы	Средние	2,76%	Умеренная к росту
	Максимальные	5,81%	Выраженная к росту
Бутадиен	Средние	-1,27%	Относительно стабильная
	Максимальные	-5,61%	Выраженная к снижению
Фенол	Средние	5,07%	Выраженная к росту
	Максимальные	-1,27%	Умеренная к снижению
Формальдегид	Средние	-5,69%	Выраженная к снижению
	Максимальные	-9,45%	Выраженная к снижению

Динамика колебаний средних и максимальных концентраций анализируемых веществ в большинстве случаев имела одинаковую или схожую характеристику и направленность (за исключением фенола и бутадиена). Темп прироста не был рассчитан для бензола, так как по результатам лабораторного контроля в более чем трети проб атмосферного воздуха бензол обнаружен не был. Наличие тенденции к росту отмечалось у четырех веществ – диоксида азота, акролеина, диоксида серы и твердых частиц.

При анализе уровней первичной заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом по всем возрастным группам с учетом административного деления г. Минска было установлено, что наиболее высокие средние за 2009-2018 гг. показатели заболеваемости отмечались среди детей 5-9 лет – рисунок 2:



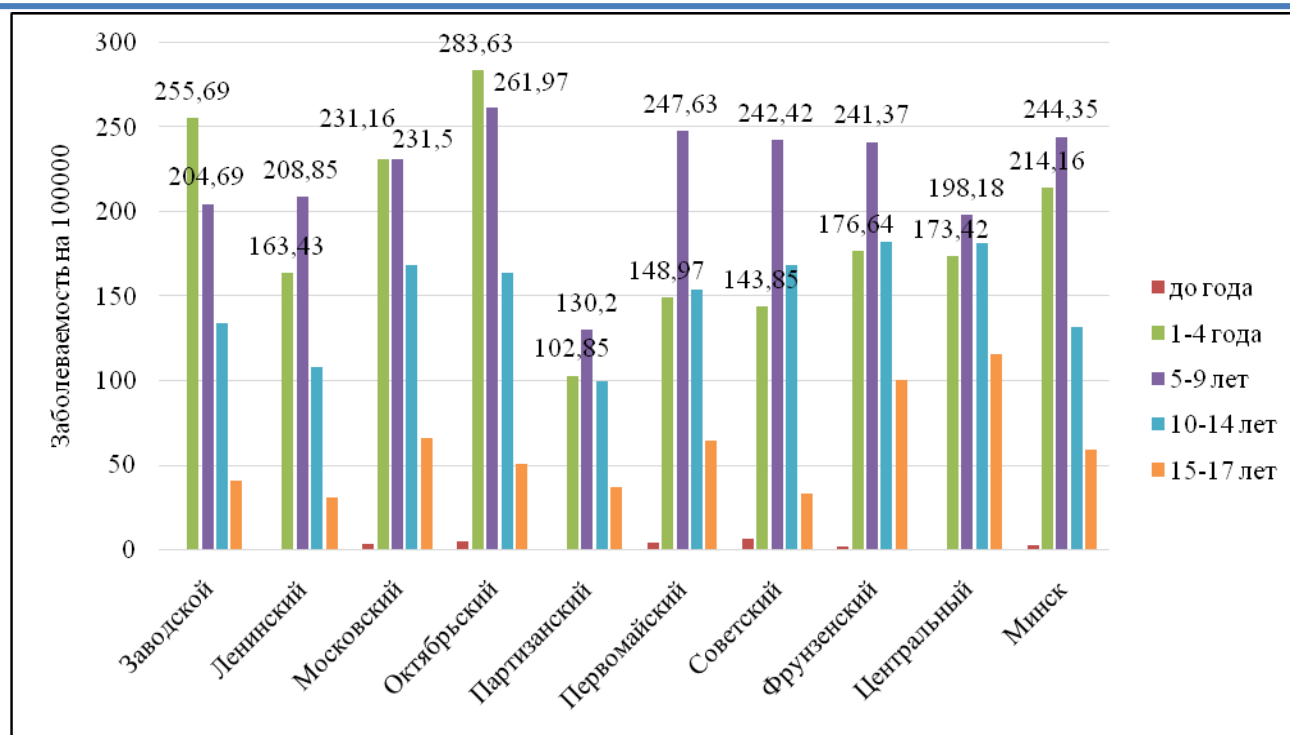


Рис. 2. Средние уровни первичной заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом детского населения по административным районам г. Минска за 2009-2018 гг.

Figure 2. Average levels of primary incidence of bronchial asthma and asthmatic status of the child population by Minsk administrative districts between 2009 and 2018

Также достаточно высокие уровни заболеваемости были характерны для возрастных групп 1-4 года и 10-14 лет. Уровни заболеваемости в группе 1-4 года, которая находилась на первом ранговом месте в Заводском и Октябрьском районах, на втором ранговом месте находилась в Партизанском, Ленинском и Московских районах. В целом по городу Минску данная группа находилась на третьем ранговом месте по средним уровням заболеваемости. Изменения уровней первичной заболеваемости по районам имели схожий характер колебаний по годам, по городу Минску в целом многолетняя динамика первичной заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом всего детского населения (0-17 лет) характеризовалась наличием умеренной тенденции к росту ( $T_{пр}=1,33\%$ ). Динамика первичной заболеваемости среди детей 1-4 года, 5-9 лет характеризовалась относительно стабильной тенденцией ( $T_{пр}=0,8\%$  и  $-0,32\%$  соответственно), в возрастной группе 10-14 лет – умеренной тенденцией к росту ( $T_{пр}=1,75\%$ ), 15-17 лет – выраженной тенденцией к росту ( $T_{пр}=13,19\%$ ).

По результатам корреляционного анализа между содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по данным маршрутных постов мониторинга и уровнями первичной заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом были получены следующие результаты (табл. 2):

Таблица 2

Значения коэффициента корреляции R и критического уровня значимости p по результатам корреляционного анализа между средним и максимальным содержанием вредных веществ в атмосферном воздухе и первичной заболеваемостью бронхиальной астмой и астматическим статусом в г. Минске за 2009-2018 гг.

Table 2

The values of the correlation coefficient R and the critical significance level p according to the results of the correlation analysis between the average and maximum content of harmful substances in the atmospheric air and the primary incidence of bronchial asthma and status asthmaticus in Minsk between 2009 and 2018

Район	Возраст	Вещество	R	p
Заводской	1-4	Монооксид углерода, средние	0,66	0,037
		Монооксид углерода, максимальные	0,66	0,037
		Твердые частицы, максимальные	0,7	0,024
Ленинский	1-4	Бензол, средние	0,72	0,019
		Бензол, максимальные	0,78	0,008
		Ксилолы, средние	0,75	0,012
		Ксилолы, максимальные	0,72	0,018
		Монооксид углерода, средние	0,68	0,029
		Монооксид углерода, максимальные	0,82	0,004
		Твердые частицы, средние	0,75	0,012
		Твердые частицы, максимальные	0,92	0,00016
		Формальдегид, максимальные	0,64	0,045
Октябрьский	1-4	Монооксид углерода, максимальные	0,81	0,0049
	15-17	Диоксид азота, максимальные	0,66	0,038
Партизанский	0-17	Акролеин, средние	0,68	0,029
		Фенол, средние	0,76	0,011
	5-9	Акролеин, средние	0,69	0,028
	10-14	Фенол, средние	0,85	0,002

Первомайский	1-4	Твердые частицы, максимальные	0,74	0,015
		Бутадиен, максимальные	0,7	0,023
	5-9	Ксилолы, максимальные	0,66	0,037
Советский	15-17	Акролеин, средние	0,64	0,047
		Акролеин, максимальные	0,79	0,006
Фрунзенский	5-9	Формальдегид, средние	0,67	0,033
		Формальдегид, максимальные	0,65	0,04
Центральный	1-4	Бензол, максимальные	0,67	0,035
		Монооксид углерода, максимальные	0,65	0,04
	10-14	Диоксид серы, максимальные	0,65	0,04
	15-17	Диоксид серы, максимальные	0,82	0,004

Среди полученных результатов наибольшее количество корреляционных взаимосвязей было выявлено в Ленинском районе (в 31% случаев), среди возрастных групп наиболее часто взаимосвязи были обнаружены для группы 1-4 года (58,62% случаев). Кроме того, 62,1% установленных взаимосвязей были получены для максимальных значений концентраций загрязняющих веществ. Среди полученных взаимосвязей 19% приходилось на монооксид углерода, по 14,28% - на твердые частицы и акролеин, по 9,52% - на бензол, ксилолы, формальдегид и фенол. В 51,72% случаев было выявлено наличие высокой по силе корреляционной связи ( $R$  от 0,7 и выше). Все взаимосвязи были получены при анализе на уровне административных районов, при изучении данных по городу в целом корреляционный анализ не дал результатов.

**Обсуждение.** Максимальные значения максимально разовых концентраций веществ являются характеристикой только того состояния атмосферного воздуха, которое отмечалось в момент отбора проб, считается, что они не могут быть репрезентативными для длительного периода осреднения. В практике государственного санитарного надзора они широко используются как отражение принципа аггравации – учета наиболее неблагоприятных условий воздействия вредного фактора для достижения максимального уровня защиты здоровья населения. Тем не менее проведенный авторами данной статьи анализ позволяет утверждать, что максимальные значения концентраций имеют схожие со среднемноголетними концентрациями колебания, направления и выраженность многолетней эпидемической тенденции, а также являются более результативными при проведении корреляционного анализа между загрязнением атмосферного воздуха и уровнями первичной заболеваемости бронхиальной астмой детского населения. Таким

образом, максимальные значения максимально разовых концентраций могут применяться и для долгосрочного анализа состояния атмосферного воздуха. Однако такой способ должен быть подтвержден в каждом отдельном случае (для каждого населенного пункта) предварительными расчетами.

#### **Выводы:**

1. Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Минска в 2009-2018 гг. по значениям максимальных и средних концентраций имело схожий характер колебаний, многолетняя эпидемическая тенденция имела схожие характеристики и направление в большинстве случаев.
2. Превышения значений гигиенических нормативов отмечались при оценке по максимальным концентрациям для 4 веществ (диоксид азота, монооксид углерода, фенол, формальдегид), при оценке по средним – для одного (формальдегид).
3. Наибольшее количество корреляционных взаимосвязей (до 58,62%) между загрязнением атмосферного воздуха и первичной заболеваемостью бронхиальной астмой и астматическим статусом отмечалось среди возрастной группы детского населения 1-4 года. При этом до 62,1% выявленных взаимосвязей были определены для максимальных значений концентраций загрязняющих веществ.
4. Среди загрязняющих веществ наиболее часто отмечалось влияние на уровни первичной заболеваемости бронхиальной астмой монооксида углерода (19% установленных взаимосвязей), твердых частиц (14,28%) и акролеина (14,28%). Влияние загрязнения атмосферного воздуха на эпидемический процесс первичной заболеваемости бронхиальной астмой преимущественно характеризовалось высокой силой взаимосвязей на уровне административных районов.
5. Использование максимальных значений максимально разовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для долгосрочного анализа влияния загрязнения на состояние здоровья может быть допустимым при условии проведения дополнительных предварительных расчетов.

#### **Список литературы:**

1. Liu H., Tian Y., Song J., Cao Y., Xiang X., Huang C. et al. Effect of ambient air pollution on hospitalization for heart failure in 26 of China's largest cities. *The American Journal of Cardiology*. 2018;121(5):628-633.
2. Сергеев А. К. Многосредовая оценка воздействия вредных факторов на здоровье населения крупного промышленного города. *Аспирантский вестник Поволжья*. 2016;1-2:263-265.
3. Khomenko S., Cirach M., Pereira-Barboza E., Mueller N., Barrera-Gómez J., Rojas-Rueda D. et al. Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *The Lancet Planetary Health*. 2021;5(3):e121-e134.

4. Чанчаева Е. А., Гвоздарева, О. В., Гвоздарев, А. Ю. Состояние атмосферного воздуха и здоровье детей в условиях возрастающей транспортной и теплоэнергетической нагрузки. *Экология человека*. 2019;11. DOI 10.33396/1728-0869-2019-11-12-19
5. Gouveia N., Junger W. L., Romieu I., Cifuentes L. A., de Leon A. P., Vera J. et al. Effects of air pollution on infant and children respiratory mortality in four large Latin-American cities. *Environmental Pollution*. 2018;232:385-391.
6. Карамаликова Х. Ю., Плынов А. А., Осипов Д. Г. Проблемы возникновения экологически обусловленных заболеваний. *РОСТ-Развитие, Образование, Стратегии, Технологии*. 2019:87-93.
7. Пичужкина Н. М., Чубирко М. И., Михалькова Е. В. Социально-гигиенические аспекты экологически обусловленных заболеваний. *Прикладные информационные аспекты медицины*. 2018;21:19-22.
8. Оганова Е. В. Экологические факторы роста распространенности аллергических заболеваний: дис. Кубанский государственный аграрный университет, 2006.
9. Mo Z., Fu Q., Zhang L., Lyu D., Mao G., Wu L. et al. Acute effects of air pollution on respiratory disease mortalities and outpatients in Southeastern China. *Scientificreports*. 2018;8(1):1-9.
10. Маклакова О. А. Оценка риска развития заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения (когортное исследование). *Анализ риска здоровью*. 2019;2:56-63. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.06.
11. Tiotiu A. I., Novakova P., Nedeva D., Chong-Neto H. J., Novakova S., Steiropoulos P. Et al. Impact of air pollution on asthma outcomes. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(17):6212.
12. Rajagopalan S., Al-Kindi S. G., Brook R. D. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018;72(17):2054-2070.
13. Мизерницкий Ю. Л. Значение экологических факторов при бронхиальной астме у детей. *Пульмонология*. 2021;1.:56-62.
14. Агарков Н. М., Пошибайлова А. В., Иванов В. А. Атмосферные загрязнители и распространенность бронхиальной астмы среди детей: обзор литературы. *Экология человека*. 2020;5:45-49. DOI 10.33396/1728-0869-2020-5-45-49
15. Garcia E., Berhane K. T., Islam T., McConnell R., Urman R., Chen Z. et al. Association of changes in air quality with incident asthma in children in California, 1993-2014. *Jama*. 2019;321(19):1906-1915.
16. Dziarzhynskaya N, Hindziuk A, Hindziuk L, Sysoeva I, Krupskaya D, Urban U. et al. Airborne chemical pollution and children's asthma incidence rate in Minsk. *J Prev Med Hyg* 2021;4(62):E871-E878. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2021.62.4.1568>.
17. Дзержинская Н. А., Гиндюк Л. Л., Ермак С. Л., Чернявская Н. В., Крупская Д. А., Сысоева И. В. и др. Многолетняя динамика заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом детского населения. *БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: рецензир. ежегод. сб. науч. тр.*. 2021;11:327-333.

18. Karimi B., Shokrinezhad B. Air pollution and mortality among infant and children under five years: A systematic review and meta-analysis. *Atmospheric Pollution Research*. 2020;11(6):61-70.
19. Kim D., Chen Z., Zhou L. F., Huang, S. X. Air pollutants and early origins of respiratory diseases. *Chronic diseases and translational medicine*. 2018;4(02):75-94.
20. World Health Organization. Air pollution and child health: prescribing clean air: summary (No. WHO/CED/PHE/18.01). WorldHealthOrganization. 2018. – Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275545/WHO-CED-PHE-18.01-eng.pdf> – Дата доступа: 12.04.2022.
21. Схема размещения пунктов мониторинга атмосферного воздуха в г. Минске [Электронный ресурс]. Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды РБ. – Режим доступа: <https://rad.org.by/snob/air.minsk.html> – Дата доступа: 12.04.2022.
22. Качество атмосферного воздуха г. Минска по данным маршрутных постов государственного учреждения «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии» [Электронный ресурс]. Информ. бюл. Санитарно-эпидемиологическая служба города Минска. – Режим доступа: <http://www.minsksanepid.by/node/18231>. – Дата доступа: 12.04.2022.

#### References:

1. Liu H., Tian Y., Song J., Cao Y., Xiang X., Huang C. et al. Effect of ambient air pollution on hospitalization for heart failure in 26 of China's largest cities. *The American Journal of Cardiology*. 2018;121(5):628-633.
2. Sergeev A. K. Multienvironment evaluation of harmful factors impact on the public health of large industrial city. *Aspirantskiy vestnik Povolzhiya*. 2016;1-2:263-265. (in Russian)
3. Khomenko S., Cirach M., Pereira-Barboza E., Mueller N., Barrera-Gómez J., Rojas-Rueda D. et al. Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *The Lancet Planetary Health*. 2021;5(3):e121-e134.
4. Chanchaeva E. A., Gvozdareva, O. V., Gvozdarev, A. Yu. Air quality and children's health: the role of increasing transport-related and thermal air pollution. *Ekologiya cheloveka=Human Ecology*. 2019;11. (in Russian) DOI 10.33396/1728-0869-2019-11-12-19
5. Gouveia N., Junger W. L., Romieu I., Cifuentes L. A., de Leon A. P., Vera J. et al. Effects of air pollution on infant and children respiratory mortality in four large Latin-American cities. *Environmental Pollution*. 2018;232:385-391.
6. Karamalikova H.Y., Polynov A.A., Osipov D.G. The problem of origin of environmentally caused illnesses. *ROST-Razvitiye, Obrazovaniye, Strategii, Tekhnologii*. 2019:87-93. (in Russian)
7. Pichuzhkina N.M., Chubirko M.I., Mikhalkova E.V. Socially-hygienic aspects of environment-related diseases. *Prikladnyye informatsionnyye aspekty meditsiny*. 2018;21:19-22. (in Russian)

8. Oganova E. V. Ecological factors of growth in the prevalence of allergic diseases : dis. Kubanskiy gosudarstvenny agrarny universitet, 2006. (in Russian)
9. MoZ., FuQ., ZhangL., LyuD., MaoG., WuL. etal. Acute effects of air pollution on respiratory disease mortalities and outpatients in Southeastern China. *Scientific reports*.2018;8(1):1-9.
10. Maklakova O. A. Assessing risk of respiratory organs diseases and co-morbid pathology in children caused by ambient air contamination with technogenic chemicals (cohort study). *Analiz riska zdorov'yu=Health risk analysis*. 2019;2:56-63.DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.06(in Russian)
11. TiotiuA. I., NovakovaP., NedevaD., Chong-NetoH. J., NovakovaS., SteiropoulosP. etal. Impact of air pollution on asthma outcomes. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(17):6212.
12. Rajagopalan S., Al-Kindi S. G., Brook R. D. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018;72(17):2054-2070.
13. Mizernitsky Yu.L. An importance of ecology factors in childhood bronchial asthma. *Pul'monologiya=Pulmonologiya*. 2021;1.:56-62. (in Russian)
14. Agarkov N. M., Poshibailova A. V., Ivanov V. A. Atmospheric pollutants and prevalence of asthma among children: a review. *Ekologiya cheloveka*. 2020;5:45-49. DOI 10.33396/1728-0869-2020-5-45-49 (in Russian)
15. Garcia E., Berhane K. T., Islam T., McConnell R., Urman R., Chen Z. et al. Association of changes in air quality with incident asthma in children in California, 1993-2014. *Jama*. 2019;321(19):1906-1915.
16. Dziarzhynskaya N, Hindziuk A, Hindziuk L, Sysoeva I, Krupskaya D, Urban U. et al. Airborne chemical pollution and children's asthma incidence rate in Minsk. *J Prev Med Hyg* 2021;4(62):E871-E878. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2021.62.4.1568>.
17. Dziarzhynskaya N.A., Hindziuk L.L., Ermak S.L., Chernyavskaya N.V., Krupskaya D.A., Sysoeva I.V. et al. Long-term dynamics of children's bronchial asthma and asthmatic status prevalence. *BGMU v avangarde meditsinskoy nauki i praktiki : retsenzir. yezhegod. sb. nauch. tr.* 2021;11:327-333. (in Russian)
18. Karimi B., Shokrinezhad B. Air pollution and mortality among infant and children under five years: A systematic review and meta-analysis. *Atmospheric Pollution Research*. 2020;11(6):61-70.
19. Kim D., Chen Z., Zhou L. F., Huang, S. X. Air pollutants and early origins of respiratory diseases. *Chronic diseases and translational medicine*. 2018;4(02):75-94.
20. World Health Organization. Air pollution and child health: prescribing clean air: summary (No. WHO/CED/PHE/18.01). World Health Organization. 2018. – Access mode: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275545/WHO-CED-PHE-18.01-eng.pdf> – Access date: 04/12/2022.
21. Scheme of placement of atmospheric air monitoring points in Minsk [Electronic resource]. State Institution Republican Center for Hydrometeorology, Radioactive Contamination Control and Environmental Monitoring of the Ministry of Natural Resources of the Republic

- of Belarus. – Access mode: <https://rad.org.by/snob/air.minsk.html> – Access date: 04/12/2022. (inRussian)
22. Atmospheric air quality in Minsk according to the route posts of the state institution "Minsk City Center for Hygiene and Epidemiology" [Electronic resource]. Inform. bul. Sanitary and epidemiological service of the city of Minsk. – Access mode: <http://www.minsksanepid.by/node/18231>. – Access date: 04/12/2022. (inRussian)

**Поступила/Received: 15.04.2022**

**Принята в печать/Accepted: 24.04.2022.**