

УДК 614.72+547.912(477.62)

DOI 10.24412/2312-2935-2026-2-245-258

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДОВ ДОНБАССА

С.В. Грищенко, Е.Д. Зяблицев, Н.Г. Смутьская, В.С. Костенко, С.С. Праводелов

*ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Донецк*

Введение (актуальность). Атмосферный воздух относится к наиболее важным компонентам биосферы, оказывающим сильное влияние на здоровье человека. Одним из самых распространённых и опасных для населения аэрополлютантов является бенз(а)пирен, обладающий, помимо общетоксического, также выраженным мутагенным и канцерогенным действием. Вместе с тем, в настоящее время имеется недостаточно данных о загрязнении этим ксенобиотиком воздушного бассейна городов Донбасса, что не позволяет оценить степень его опасности для здоровья населения.

Цель исследования – гигиеническая оценка особенностей загрязнения бенз(а)пиреном атмосферного воздуха городов Донбасса по некоторым показателям техногенной контаминации им данного компонента окружающей среды.

Материалы и методы. Исследование особенностей техногенного загрязнения бенз(а)пирена воздушного бассейна проведено в восьми наиболее крупных городах Донбасса за 36-летний период (1985-2020 гг.). Материалами для изучения послужили результаты измерений, осуществлявшихся сотрудниками Госсанэпидслужбы, Госкомгидромета, Центральной геофизической обсерватории и стационарных постов контроля за состоянием атмосферы промышленных предприятий региона.

Результаты и их обсуждение. Изучены современные особенности загрязнения бенз(а)пиреном атмосферного воздуха городов Донбасса по показателям, отображающим уровни и динамику контаминации этим аэрополлютантом воздушного бассейна: максимальным за год атмосферным концентрациям, удельному весу анализов воздушного бассейна с превышением гигиенического норматива по данному ксенобиотику и его среднесуточным концентрациям в атмосфере в различные периоды года. Получены долговременные (1985-2020 гг.) закономерности статистики и динамики изучаемого явления, выявлены группы городов техногенного региона с максимальным и минимальным содержанием бенз(а)пирена в атмосферном воздухе.

Заключение. Результаты проведенной работы позволили установить волнообразный характер динамики содержания бенз(а)пирена в воздушном бассейне городов Донбасса: рост его в первой половине периода наблюдения и снижение во второй. Установлены сезонные особенности атмосферных концентраций изучаемого аэрополлютанта, заключающиеся в их максимальных значениях в холодный период года и минимальных - в тёплый. Дополнительная проработка проблемы антропогенной контаминации атмосферы бенз(а)пиреном позволит уточнить приоритеты и на этой основе скорректировать профилактические мероприятия по минимизации его негативного воздействия на здоровье населения.

Ключевые слова: гигиена, атмосферный воздух, бенз(а)пирен, Донбасс

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE FEATURES OF BENZ POLLUTION(A)PYRENE OF ATMOSPHERIC AIR IN THE CITIES OF DONBASS

S.V. Grishchenko , E.D. Zyablitshev , N.G. Smulskaya , V.S. Kostenko , S.S. Pravodelov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «M. Gorky Donetsk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Donetsk

Atmospheric air is one of the most important components of the biosphere that have a strong impact on human health. One of the most common and dangerous airborne pollutants for the population is benz(a)pyrene, which, in addition to its general toxic effect, also has pronounced mutagenic and carcinogenic effects. At the same time, there is currently insufficient data on the contamination of the air basin of Donbass cities with this xenobiotic, which makes it impossible to assess the degree of its danger to public health.

The purpose of the **study** is a hygienic assessment of the characteristics of BP pollution of the atmospheric air of the cities of Donbass according to some indicators of its anthropogenic contamination of this component of the environment.

Materials and methods. A study of the features of technogenic pollution of benz(a)pyrene in the air basin was conducted in eight of the largest cities of Donbass over a 36-year period (1985-2020). The materials for the study were the results of measurements carried out by employees of the State Sanitary and Epidemiological Service, the State Committee for Hydrometeorology, the Central Geophysical Observatory and stationary atmospheric monitoring posts of industrial enterprises in the region.

Results and discussion. Modern features of benz(a)pyrene pollution of the atmospheric air of Donbass cities have been studied in terms of indicators reflecting the levels and dynamics of contamination by this airborne pollutant in the air basin: the maximum annual atmospheric concentrations, the specific gravity of air basin analyses exceeding the hygienic standard for this xenobiotic and its average daily concentrations in the atmosphere during various periods of the year. Long-term (1985-2020) patterns of statics and dynamics of the phenomenon under study were obtained, groups of cities in the technogenic region with the maximum and minimum content of benz(a)pyrene in the atmospheric air were identified.

Conclusion. The results of the work made it possible to establish the wave-like nature of the dynamics of the benz(a)pyrene content in the air basin of the cities of Donbass: it increased in the first half of the observation period and decreased in the second. Seasonal features of atmospheric concentrations of the aeropollutant under study have been established, consisting in their maximum values in the cold season and minimum in the warm season. Additional study of the problem of anthropogenic contamination of the atmosphere with benz(a)pyrene will make it possible to clarify priorities and, on this basis, adjust preventive measures to minimize its negative impact.

Key words: hygiene, atmospheric air, benz(a)pyrene, Donbass

Введение (актуальность). Воздушный бассейн является важнейшим компонентом окружающей среды, активно влияющим на жизнедеятельность всех живых организмов на нашей планете, в том числе человека [1,6,9,10]. В отличие от геохимических и алиментарно-ксенобиотических факторов, воздействие аэрополлютантов на здоровье человека можно считать наиболее мощным и безальтернативным, ибо в настоящее время невозможно

полностью заменить химический состав атмосферного воздуха в селитебных зонах, тогда как безопасные для организма питьевая вода и продукты питания вполне могут быть завезены из экологически благополучных территорий [2,3,7,8]. Одними из самых опасных для здоровья населения техногенных загрязнителей воздушного бассейна большинство учёных-гигиенистов считают образующиеся в процессе неполного сгорания органического топлива полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), среди которых наиболее распространённым и токсичным является бенз(а)пирен (БП) [2,7,8,10]. Это вещество обладает, кроме общетоксического, также выраженным мутагенным воздействием на человеческий организм, что обуславливает у него наличие определённого канцерогенного потенциала [2,10]. Основными естественными источниками контаминации окружающей среды изучаемым ксенобиотиком являются природные пожары (лесные, торфяные, степные и др.), а также извержения вулканов, в то время как техногенными – все виды сжигания углеводородного топлива [4,6,7,10]. Данный производственный процесс лежит в основе деятельности предприятий многих отраслей экономики, прежде всего металлургической, химической и коксохимической промышленности, теплоэнергетики, обогащения каменного угля и автотранспорта. Все эти производства составляют основу экономического потенциала крупнейших индустриальных регионов Российской Федерации – Уральского, Восточно-Сибирского, Забайкальского, Череповецкого, Кузбасса и Донбасса, в связи с чем антропогенная опасность загрязнения их воздушной среды БП – веществом, относящимся к первому (наивысшему) классу опасности для организма человека, чрезвычайно высока.

Отечественные экологи и гигиенисты отмечают, что среднегодовые концентрации данного аэрополлютанта в воздушном бассейне городов азиатской части России существенно (в 6,0 раз и более) выше, чем в европейской. Учёные объясняют это тем, что в восточной части нашей страны 80% тепловых электростанций (ТЭС) и практически все котельные работают на угле, в то время как в западной – преимущественно на природном газе и мазуте. При сжигании каменного угля образуется гораздо большее количество ПАУ, в том числе БП, а погодноклиматические условия и сложный рельеф местности во многих городах азиатской части России, в особенности в Восточной Сибири и Забайкалье, в холодный период (8-10 месяцев в году) значительно затрудняют рассеивание аэрополлютантов [1,3,6,7,8,9]. Так, по итогам наблюдений за 2023 г. абсолютное первенство по степени контаминации воздушной среды БП в Российской Федерации принадлежало столице Республики Тыва – городу Кызыл. Среднемесячное содержание в атмосфере этого ксенобиотика в данном году составило 116,1

нг/м³, что более, чем в сто раз выше среднесуточной предельно-допустимой концентрации (ПДК БП = 1,0 нг/м³). По мнению сотрудников Росгидромета, это обусловлено крайне неблагоприятным сочетанием двух обстоятельств: с одной стороны – нерационального размещения местной ТЭС в закрытой горной котловине без учёта розы ветров, а с другой – работы её исключительно на каменном угле [5,10].

Донбасс является одним из старейших, наряду с Уралом и Кузбассом, индустриальным регионом нашей страны, где все вышеперечисленные отрасли экономики получили приоритетное развитие на протяжении последних двух столетий. Вместе с тем, Центральный Донбасс (территория бывшей Донецкой области Украины, а ныне – Донецкая Народная Республика – ДНР в составе Российской Федерации) относится к наиболее урбанизированным (удельный вес городских жителей составляет около 95%) и плотно заселённым (плотность населения более 200 человек на 1 км²) регионам не только России, но и всей Восточной Европы. В связи с этим, потенциал антропогенной контаминации воздушного бассейна населённых мест Донбасса ПАУ и, в том числе, БП чрезвычайно высок и может быть опасным для здоровья их жителей.

Цель исследования – гигиеническая оценка особенностей загрязнения БП атмосферного воздуха городов Донбасса по некоторым показателям техногенной контаминации им данного компонента окружающей среды.

Материалы и методы. Изучение характера и уровня антропогенного загрязнения атмосферного воздуха БП проведено в восьми крупнейших городах ДНР (Донецк, Мариуполь, Макеевка, Горловка, Енакиево, Краматорск, Славянск, Дзержинск), где осуществлялось в период с 1985 г. по 2020 г. наблюдение за содержанием БП в воздушном бассейне. Исследованы и обобщены результаты измерений, проведенных сотрудниками Госкомгидромета, Центральной геофизической обсерватории Государственной службы по чрезвычайным ситуациям, Министерства охраны окружающей природной среды Украины, санитарно-эпидемиологической службы Донецкой области (ДНР) и стационарных постов контроля за состоянием атмосферы промышленных предприятий региона. Были определены следующие критерии контаминации БП атмосферного воздуха населённых мест Донбасса: максимальные за год атмосферные концентрации БП, их среднесуточные значения в воздушном бассейне городов Донбасса в различные периоды (сезоны) года, а также удельный вес анализов атмосферного воздуха, не соответствующих гигиеническому регламенту по содержанию БП. Исследуемый временный отрезок времени (1985-2020 гг.) для удобства изучения динамики

явления был разделён на четыре периода: 1985-1990гг., 1991-2000гг., 2001-2010гг. и 2011-2020 гг. Все полученные данные о загрязнении БП воздушного бассейна были проанализированы с помощью методов вариационной статистики в лицензионном статистическом пакете «MedStat» (Лях Ю.Е., Гурьянов В.Г., 2004) с расчётом средних величин (M), их ошибок (m) а также достоверности различий между ними (t) (Медик В.А., Токмачёв М.С., 2006).

Результаты и их обсуждение. Важным в гигиеническом отношении показателем, отображающим в известной мере потенциал и мощность техногенных источников поступления БП в воздушный бассейн селитебных территорий, а также, в определенной степени – уровень возможной опасности этого загрязнения для здоровья населения, является максимальная за год атмосферная концентрация данного ксенобиотика. Исследование её значений было проведено в динамике как за весь период с 1985 г. по 2020 г., так и за четыре составляющих его временных отрезка (табл.1).

Таблица 1

Максимальные концентрации бенз(а)пирена в атмосферном воздухе городов онецкого промышленного региона в динамике за период 1985-2020 гг. (нг/м³; $M \pm m$)

№ п/п	Наимено- вания городов	Временные периоды осреднения значений изучаемого показателя (годы)					Ранг
		1985- 1990	1991- 2000	2001- 2010	2011- 2020	1985- 2020	
1.	Донецк	38,2±3,4**	33,8±2,9**	42,5±5,1**	28,6±2,2**	36,2±3,1**	2
2.	Мариуполь	37,6±3,0**	32,6±2,7**	58,6±6,2**	49,7±3,5**	45,1±3,8**	1
3.	Макеевка	20,4±1,8	23,4±2,0	35,2±4,3	19,4±1,6	24,5±2,6	4
4.	Горловка	9,8±0,9*	17,5±1,8	28,6±3,0	18,3±1,4	18,4±1,7	5
5.	Енакиев	16,5±1,3	27,6±2,1**	40,2±4,2**	27,1±1,9**	27,9±1,9**	3
6.	Краматорск	9,3±0,8*	13,8±0,6*	19,8±1,7	18,4±1,3	15,4±1,2*	6
7.	Славянск	9,6±0,9*	12,9±0,8*	15,3±0,9*	14,5±1,2*	13,2±1,3*	7
8.	Дзержинск	7,5±0,7*	10,7±0,9*	12,3±1,1*	9,8±0,8	10,3±1,0*	8
9.	Средне- городской показатель	17,1±1,3	20,3±1,8	29,5±3,1	21,3±1,7	21,0±1,6	-

*Примечание: показатель достоверно ($p < 0,05$) выше (**) или ниже (*) среднегогородского значения*

Анализируя результаты исследований, представленные в табл.1, необходимо констатировать, что ведущей закономерностью хронодинамики изучаемого показателя в городах Донецкого промышленного региона являлась её возрастающая тенденция в период 1985-2010 гг. и убывающая – в 2011-2020 гг. Ранговое распределение мест исследованных городов по среднемноголетней величине максимальной за год атмосферной концентрации БП показало, что последние ранговые места занимают Краматорск, Славянск и Дзержинск (6,7 и 8 соответственно), а первые два места принадлежат крупнейшим индустриально-городским агломерациям – Донецку и Мариуполу. При этом обращает на себя внимание то, что, в отличие от среднемноголетнего показателя содержания БП в воздушном бассейне, его максимальные за год атмосферные концентрации являлись наибольшими в период с 2001 г. по 2020 г. в г. Мариуполь (1 место), а не в г. Донецк (2 место), причём это превышение было довольно существенным (на 37,9-73,8%). Кроме этого, в г. Енакиеве, где, как и в г. Мариуполь, расположен крупный металлургический комбинат, максимальные за год атмосферные концентрации БП были достоверно ($p < 0,05$) выше среднегогородского уровня ($20,3-21,0 \text{ нг/м}^3$) в 1991-2020гг. и находились на третьем месте по итогу 1985-2020 гг., опередив города Макеевку (4 место) и Горловку (5 место).

Еще одним важным с гигиенической точки зрения показателем, характеризующим степень контаминации БП атмосферного воздуха городов Донецкого промышленного региона, является удельный вес его анализов с превышением установленного норматива изучаемого ксенобиотика. Результаты исследования этого критерия отображены в табл.2.

Данные, представленные в табл.2, позволяют сделать вывод о том, что закономерности динамики оцениваемого показателя значительно отличаются от таковых для ранее проанализированного критерия. Из табл. 2 видно, что абсолютно во всех восьми исследованных городах Центрального Донбасса в период с 1985 г. по 2020 г. наблюдалось неуклонное снижение удельного веса анализов воздушного бассейна, не соответствующих гигиеническому нормативу по содержанию БП. Однако, если в среднем по городам техногенного региона оно составило 2,1 раза, то в Мариуполе и Дзержинске было минимальным (1,4 раза), а в остальных колебалось от 2,3 до 2,7 раз. Ранговый анализ среднемноголетних (1985-2020г.г.) значений изучаемого показателя даёт возможность констатировать наличие территориальных закономерностей распределения его уровней в городах Донбасса, практически аналогичных таковым для максимальных за год атмосферных концентраций БП. Так, лидирующее первое место по данному критерию принадлежит городу

Мариуполью ($56,7 \pm 4,3\%$), второе – г. Донецку ($54,2 \pm 3,2\%$), при этом различие между ними недостоверно ($p > 0,05$). Также отсутствует достоверное различие ($p > 0,05$) между минимальными значениями анализируемого показателя, определёнными в городах Славянск (7 место: $31,6 \pm 3,4\%$) и Дзержинск (8 место: $29,7 \pm 2,8\%$). При этом установлено статистически достоверное ($p < 0,05$) отличие самых высоких (Мариуполь, Донецк) и самых низких (Славянск, Дзержинск) уровней изучаемого критерия от среднегородского значения.

Таблица 2

Удельный вес анализов воздушного бассейна городов Донецкого промышленного региона с превышением ПДК бенз(а)пирена в динамике за период 1985-2020 гг. (%; $M \pm m$)

№ п/п	Наимено- вания городов	Временные периоды осреднения значений изучаемого показателя (годы)					Ранг
		1985- 1990	1991- 2000	2001- 2010	2011- 2020	1985- 2020	
1.	Донецк	$78,3 \pm 5,4^{**}$	$58,6 \pm 4,0$	$47,6 \pm 3,1^{**}$	$32,8 \pm 2,5$	$54,2 \pm 3,2^{**}$	2
2.	Мариуполь	$68,5 \pm 5,3$	$52,7 \pm 4,3$	$53,8 \pm 4,5^{**}$	$48,9 \pm 3,8^{**}$	$56,7 \pm 4,3^{**}$	1
3.	Макеевка	$70,3 \pm 6,1$	$51,0 \pm 4,8$	$43,5 \pm 3,9$	$30,4 \pm 2,8$	$49,5 \pm 4,7$	3
4.	Горловка	$71,5 \pm 5,9$	$55,1 \pm 3,9$	$41,2 \pm 3,6$	$28,3 \pm 3,0$	$47,4 \pm 4,6$	4
5.	Енакиево	$67,2 \pm 6,1$	$49,9 \pm 4,7$	$38,7 \pm 2,9$	$25,2 \pm 2,6$	$45,3 \pm 5,0$	5
6.	Краматорск	$62,3 \pm 5,4$	$46,3 \pm 4,5$	$35,9 \pm 3,1$	$26,4 \pm 2,7$	$42,7 \pm 4,8$	6
7.	Славянск	$48,4 \pm 3,0^*$	$36,5 \pm 3,0^*$	$28,4 \pm 2,2^*$	$21,0 \pm 1,9^*$	$31,6 \pm 3,4^*$	7
8.	Дзержинск	$40,2 \pm 3,6^*$	$32,1 \pm 2,8^*$	$25,3 \pm 2,4^*$	$18,7 \pm 1,7^*$	$29,7 \pm 2,8^*$	8
9.	Средне- городской показатель	$61,8 \pm 6,0$	$47,2 \pm 4,0$	$38,9 \pm 2,8$	$29,1 \pm 2,7$	$42,3 \pm 4,0$	-

Примечание: показатель достоверно ($p < 0,05$) выше (***) или ниже (*) среднегородского значения

При оценке уровней техногенной контаминации атмосферного воздуха БП необходимо, помимо погодной динамики показателей загрязнённости, изучить территориальные закономерности распределения среднесуточных концентраций исследуемого аэрополлютанта по периодам (сезонам) года. Такая необходимость обусловлена тем, что интенсивность поступления ПАУ, в том числе БП, в воздушный бассейн населённых мест по мнению многих авторов [4,7,8,9] зависит от интенсивности производственной деятельности объектов ряда

ведущих отраслей индустрии и коммунального хозяйства. Специалисты отмечают, что один из основных источников техногенных выбросов БП в воздушный бассейн – теплоэнергетика и связанные с ней отопление и теплоснабжение – имеет ярко выраженную сезонность работы. В связи с этим, в холодный период года (зимние, частично осенние и весенние месяцы), когда резко возрастает количество сжигаемого топлива, атмосферные выбросы углеводородов, в том числе БП, увеличиваются в несколько раз [7,8].

Результаты многолетнего (1985-2020 гг.) исследования содержания БП в воздушном бассейне городов Донецкого промышленного региона в различные периоды года представлены в табл. 3.

Таблица 3

Среднесуточные концентрации бенз(а)пирена в воздушном бассейне городов Донецкого промышленного региона в различные периоды года (1985-2020 гг.; $M \pm m$, $n=36$; $нг/м^3$)

№ n/n	Наимено- вания городов	Периоды года				$\frac{N_2}{N_1}$	Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена	Ранг
		теплый (N1) апрель- сентябрь	Ранг	холодный (N2) октябрь- март	Ранг			
1.	Донецк	6,9±0,4**	2	20,8±2,1**	1	3,0	12,3±1,3**	2
2.	Мариуполь	8,3±0,8**	1	17,3±1,5**	2	1,4	10,9±0,9**	1
3.	Макеевка	5,9±0,6	3	12,7±1,2	4	2,2	9,8±0,9	3
4.	Горловка	5,2±0,5	4	12,4±1,1	6	2,3	8,2±0,8	4
5.	Енакиево	5,0±0,7	5	11,8±1,4	7	2,1	7,9±0,6	5
6.	Краматорск	3,3±0,6*	6	15,8±1,6	3	4,8	7,3±0,9	6
7.	Славянск	2,2±0,4*	7	12,3±1,3	5	5,6	5,1±0,5	7
8.	Дзержинск	1,9±0,3*	8	11,6±1,1	8	6,1	4,2±0,7*	8
9.	Средне- городской показатель	5,1±0,6	-	14,5±1,3	-	2,8	7,8±1,1	-

Примечание: показатель достоверно ($p < 0,05$) выше (**) или ниже (*) среднегогородского значения

Анализ данных вышеприведенной таблицы даёт возможность утверждать, что в 1985-2020 гг. абсолютно во всех восьми изученных городах Центрального Донбасса максимальное загрязнение БП атмосферного воздуха наблюдалось в холодный период года (октябрь-март), что убедительно свидетельствует о довольно высокой величине вклада выбросов в атмосферу от отопительных систем в формирование общего уровня контаминации данным ксенобиотиком воздушного бассейна и полностью согласуется с результатами других исследований [3,5,6,7,9]. При этом, доля этого вклада существенно варьирует в различных

городах техногенного региона. Так, в индустриально – городских агломерациях с высокоразвитыми металлургической, химической и коксохимической промышленностью, коммунальной инфраструктурой, в том числе отоплением и теплоснабжением, интенсивным движением автотранспорта, соотношение между среднесуточными атмосферными концентрациями БП в холодный и тёплый периоды года колеблется от 1,4 в Мариуполе до 3,0 в Донецке. В то же время в городах, не имеющих предприятий вышеуказанных отраслей, соотношение иное: от 4,8 в Краматорске до 6,1 в Дзержинске, что объясняется значительно большим удельным весом (а в холодный период – доминированием) отопительных систем, теплоснабжения и теплоэнергетики в валовом выбросе углеводородов, в том числе и БП, в воздушный бассейн.

В связи с вышеизложенным, можно сделать следующие **выводы**:

1. Максимальные за год атмосферные концентрации БП в исследованных городах Донбасса были наибольшими в 2001-2010 гг. и составили в среднем $21,0 \pm 1,6$ нг/м³, достоверно ($p < 0,05$) выше этого значения они находились в Енакиево, Донецке и Мариуполе (27,9 - 45,1 нг/м³), ниже - в Дзержинске, Славянске и Краматорске (10,3 - 15,4 нг/м³); к концу периода наблюдений (2020г.) анализируемый показатель снизился в среднем на 38,5%, максимально (на 48,3-81,4%) - в городах Енакиево, Донецк, Горловка и Мариуполь, минимально (на 5,5 - 17,9%) - в Славянске, Краматорске и Мариуполе.

2. В течение исследованного 36-летнего периода времени (1985-2020 гг.) во всех восьми изученных городах техногенного региона наблюдалось непрерывное снижение удельного веса анализов воздушного бассейна с превышением ПДК БП. Темпы этого снижения существенно различались: при среднегородском значении 2,1 раза в Мариуполе и Дзержинске оно было минимальным (1,4 раза), а в остальных городах колебалось в пределах 2,3 – 2,7 раза. Максимальные уровни анализируемого показателя (54,2-56,7%) были установлены в городах Мариуполь и Донецк.

3. Сравнительный анализ уровней загрязнения атмосферного воздуха БП по месяцам года в 1995-2020г. показал, что во всех изученных восьми городах Центрального Донбасса максимальными они были в холодный период года (с октября по март) и превышали соответствующие значения для теплого периода (апрель-сентябрь) в среднем в 2,8 раза, максимально (в 4,8-6,1 раза) - в Краматорске, Славянске и Дзержинске, минимально (в 1,4 раза) - в Мариуполе.

Список литературы

1. Акимов Л.М., Акимов Е.Л. Сезонная динамика и пространственное распределение концентрации антропогенных загрязнителей в воздухе г. Воронеж. Региональные геосистемы. 2021;45(4):545-557. DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-4-545-557
2. Дементьев А.А. Загрязнение атмосферного воздуха областного центра веществами, обладающими канцерогенным действием. Российский медико-биологический вестник им. Академика И.П. Павлова. 2014;(2):78-83
3. Холодов А.С., Кириченко К.Ю., Задорнов К.С., и др. Влияние твёрдых взвешенных частиц атмосферного воздуха населённых пунктов на здоровье человека. Вестник Камчатского Государственного Университета. 2019;(49):81-88. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-49-81-88
4. Кожуховский И.С., Алешинский Р.Е., Говсиевич Е.Р. Проблемы и перспективы угольной генерации в России. Уголь. 2016;(2):4-15. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-2-4-15
5. Крылов А.Д. Негативное влияние элементов-примесей от угольных ТЭС на окружающую среду и здоровье людей. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017;(12):77-87. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-0-77-87
6. Загороднов С.Ю. Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека. Вестник Пермского национального исследовательского университета; Сер. Прикладная экология. Урбанистика. 2018;(2):124-133. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.10
7. Сергина Н.М., Саломахина Л.Я., Лазуренко К.И., и др. О загрязнении атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге взвешенными веществами. Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2019;(1):157. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5568
8. Бердешева Г.А., Амлаев К.Р., Жубаниязова А.С., и др. Создание шумовой карты города Актобе. Санитарный врач. 2018; 9:50-53.
9. Талалай Т.О., Лебедева М.Г., Крымская О.В., и др. Содержание загрязняющих веществ в атмосфере города Белгорода в различных синоптических условиях. Региональные геосистемы. 2021; 45(1):107-117. DOI 10.18413/2712-7443 -2021-45-1-107-117
10. Давидов Д.Р., Москвичева А.С., Шикина И.Б. Эффективность мероприятий по гигиеническому обучению сельского населения старше трудоспособного возраста Московской области. Профилактическая медицина. 2025;28(6): 48-52. DOI: 10.17116/profmed20252806148

References

1. Akimov L.M., Akimov E.L. Sezonnaya dinamika i prostranstvennoe raspredelenie koncentracii antropogennyh zagryaznitelej v vozduhe g. Voronezh [Seasonal Dynamics and Spatial Distribution of Anthropogenic Pollutants Concentrations in the Air of Voronezh]. Regional'nye geosistemy [Regional geosystems]. 2021;45(4):545-557. DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-4-545-557 (In Russian)
2. Dement'ev A.A. Zagryaznenie atmosfernogo vozduha oblastnogo centra veshchestvami, obladayushchimi kancerogennym dejstviem [Air pollution of the central city of the region by carcinogens]. Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik im. akademika I.P. Pavlova [I. P. Pavlov russian medical biological herald]. 2014;(2):78-83 (In Russian)
3. Holodov A.S., Kirichenko K.Yu., Zadornov K.S., i dr. Vliyanie tvyordyh vzveshennyh chastic atmosfernogo vozduha naselyonnyh punktov na zdorov'e cheloveka [Effect of particulate matter in the air of residential areas on human health]. Vestnik Kamchatskogo Gosudarstvennogo Universiteta [Bulletin of Kamchatka State Technical University]. 2019;(49):81-88. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-49-81-88 (In Russian)
4. Kozhukhovskiy I.S., Alechinsky R.E., Govsievich E.R. Problemy i perspektivy ugol'noj generacii v Rossii [Challenges and prospects of coal-fired generation in Russia]. Ugol' [Coal]. 2016;(2):4-15. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-2-4-15 (In Russian)
5. Krylov A.D. Negativnoe vliyanie elementov-primesej ot ugol'nyh TES na okruzhayushchuyu sredu i zdorov'e lyudej [Negative effects of impurities from coal-fired thermal power stations on the environment and health]. Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' [Mining informational and analytical bulletin]. 2017;(12):77-87. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-0-77-87 (In Russian)
6. Zagorodnov S.Yu. Pylevoe zagryaznenie atmosfernogo vozduha goroda kak nedoocenennyj faktor riska zdorov'yu cheloveka [Dust contamination of the atmospheric air of the city as an undervalued risk factor to human health]. Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo universiteta; Ser. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika [Bulletin of the Perm national research polytechnic university. Applied ecology. Urban studies]. 2018;(2):124-133. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.10 (In Russian)
7. Sergina N.M., Salomahina L.Ya., Lazurenko K.I., i dr. O zagryaznenii atmosfernogo vozduha v Sankt-Peterburge vzveshennymi veshchestvami [On atmospheric air pollution in St. Petersburg with suspended substances]. Elektronnyj nauchnyj zhurnal «Inzhenernyj vestnik Dona»

[Electronic scientific Journal "Engineering journal of Don"]. 2019;(1):157. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5568 (In Russian)

8. Berdesheva G.A., Amlaev K.R., Zhubaniarova A.S., i dr. Creation of a Noise Map of the City of Aktobe. [Creating a noise map of the city of Aktobe]/ Sanitary Doctor. [Sanitary doctor] 2018; 9:50-53 (In Russian)

9. Talalaj T.O., Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., i dr. Soderzhanie zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfere goroda Belgoroda v razlichnyh sinopticheskikh usloviyah [Influence of synoptic conditions on the content of pollutants in the atmosphere of Belgorod]. Regional'nye geosistemy [Regional geosystems]. 2021; 45(1):107-117. DOI 10.18413/2712-7443 -2021-45-1-107-117 (In Russian)

10. Davidov DR, Moskvicheva AS, Shikina IB. Effectiveness of hygienic training measures in the over the working age rural population of the Moscow region. [The effectiveness of hygienic education for the rural population over the working age in the Moscow Region.] Russian Journal of Preventive Medicine. Profilakticheskaya meditsina. [Russian Journal of Preventive Medicine]. 2025;28(6):48-52. DOI 10.17116/profmed20252806148 (In Russian)

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Acknowledgments. The study did not have sponsorship.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Сергей Владимирович Грищенко – профессор, доктор медицинских наук, профессор кафедры общественного здоровья, здравоохранения, экономики здравоохранения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 283003, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр-кт Ильича, д.16, E-mail: innagrishchenko1@gmail.com, SPIN-код: 6773-9341, ORCID 0009-0005-2912-8088

Зяблицев Евгений Дмитриевич – ассистент кафедры общественного здоровья, здравоохранения, экономики здравоохранения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 283003, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр-кт Ильича, д.16, E-mail: evgyzyablitsev@yandex.ru, SPIN-код: 8811-3498, ORCID 0009-0009-1574-8592

Смутьская Надежда Геннадиевна – ассистент кафедры общественного здоровья, здравоохранения, экономики здравоохранения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации,

283003, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр-кт Ильича, д.16, E-mail: nadyusha_smulskaya@mail.ru, SPIN-код: 4479-5172; ORCID 0009-0003-7164-660X

Костенко Владимир Сергеевич - доцент, кандидат медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии ФИПО, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 283003, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр-кт Ильича, д.16, E-mail: donkvs@gmail.com, SPIN-код: 8000-8133, ORCID 0009-0006-3261-0067

Праводелов Сергей Сергеевич – студент 6 курса Лечебного факультета №1, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 283003, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр-кт Ильича, д.16, E-mail: s.p.q.r.7218@mail.ru

Information about the authors

Sergey Vladimirovich Grishchenko - Professor, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Public Health, Public Health, and Health Economics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «M. Gorky Donetsk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, 283003, Donetsk People's Republic, Donetsk, 16 Ilyich Ave., E-mail: innagrishchenko1@gmail.com, SPIN code: 6773-9341, ORCID 0009-0005-2912-8088

Evgeny Dmitrievich Zyablitshev - Assistant Professor at the Department of Public Health, Public Health, and Health Economics Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «M. Gorky Donetsk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, 283003, Donetsk People's Republic, Donetsk, 16 Ilyich Ave., E-mail: evgyzyablitshev@yandex.ru, SPIN code: 8811-3498, ORCID 0009-0009-1574-8592

Smulskaya Nadezhda Gennadievna - Assistant Professor at the Department of Public Health, Public Health, and Health Economics Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «M. Gorky Donetsk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, 283003, Donetsk People's Republic, Donetsk, 16 Ilyich Ave., E-mail: nadyusha_smulskaya@mail.ru, SPIN-код: 4479-5172; ORCID 0009-0003-7164-660X

Vladimir Sergeevich Kostenko - Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care Medicine of the Faculty of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «M. Gorky Donetsk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, 283003, Donetsk People's Republic, Donetsk, 16 Ilyich Ave., E-mail: donkvs@gmail.com, SPIN-код: 8000-8133, ORCID 0009-0006-3261-0067

Sergey Sergeevich Pravodelov - is a 6th-year student of the Faculty of Medicine No. 1, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «M. Gorky Donetsk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, 283003, Donetsk People's Republic, Donetsk, 16 Ilyich Ave., E-mail: s.p.q.r.7218@mail.ru, SPIN-код: , ORCID 0009-0006-0234-6541

Статья получена: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 25.06.2026 г.

