УДК 574.2+616-001.28+614+504.064.4
DOI: 10.56871/MHCO.2025.42.39.007

Формирование канцерогенного риска для населения мегаполиса (на примере бенз(а)пирена)

© Виктор Геннадьевич Пузырев[1], Ирина Дмитриевна Ситдикова[1], Алла Олеговна Карчевская[1], Диана Борисовна Парамонова[2]

[1] Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация
[2] Набережночелнинский государственный педагогический университет. 423806, г. Набережные Челны, ул. имени Низаметдинова Р.М., д. 28, Российская Федерация

Контактная информация: Алла Олеговна Карчевская — ассистент кафедры общей гигиены.
E-mail: allakarchevskaya@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4361-3977 SPIN: 2000-7874

Для цитирования: Пузырев В.Г., Ситдикова И.Д., Карчевская А.О., Парамонова Д.Б. Формирование канцерогенного риска для населения мегаполиса (на примере бенз(а)пирена). Медицина и организация здравоохранения. 2025;10(1):64–72. DOI: https://doi.org/10.56871/MHCO.2025.42.39.007

Поступила: 26.12.2024 ***Одобрена: 19.01.2025*** ***Принята к печати: 28.03.2025***

РЕЗЮМЕ. ***Введение.*** Стремительный рост числа промышленных объектов в крупных городах, несомненно, отражается на качестве атмосферного воздуха в них. Ежегодно в результате деятельности предприятий в окружающую среду выбрасываются тонны химических соединений, имеющих в своем составе как канцерогенные, так и неканцерогенные вещества. Особого внимания требуют вещества канцерогенной природы, подлежащие постоянному мониторингу с последующим расчетом канцерогенного риска для здоровья населения. ***Цель исследования:*** провести анализ загрязненности атмосферного воздуха мегаполиса бенз(а)пиреном — веществом, относящимся к 1-му классу опасности. ***Материалы и методы.*** Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха мегаполиса проводилась с применением данных по мониторингу качества атмосферного воздуха. Был проведен также расчет индивидуального канцерогенного риска для населения при ингаляционном поступлении бенз(а)пирена согласно методике, представленной в Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания». ***Результаты и обсуждение.*** Результаты проведенного исследования показали, что уровень загрязнения атмосферного воздуха мегаполиса бенз(а)пиреном составлял от 1,2 $ПДК_{с.с.}$ до 2,0 $ПДК_{с.с.}$ При этом наиболее часто превышения предельно допустимых концентраций регистрировались в районах с наибольшим количеством промышленных объектов. Тем не менее расчет показателей индивидуального канцерогенного риска по бенз(а)пирену для населения показал, что его значения находятся в пределах первого диапазона, который соответствует допустимому риску, не требующему дополнительных профилактических мероприятий. ***Заключение.*** Таким образом, результаты исследования показали, что уровень загрязнения атмосферного воздуха бенз(а)пиреном в мегаполисе находится на достаточно низком уровне, несмотря на большое количество функционирующих промышленных объектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бенз(а)пирен, индивидуальный канцерогенный риск, здоровье населения, промышленная экология

DOI: 10.56871/MHCO.2025.42.39.007

The formation of carcinogenic risk for the population of a megalopolis (using the example of benz(a)pyrene)

© *Viktor G. Puzyrev[1], Irina D. Sitdikova[1], Alla O. Karchevskaya[1], Diana B. Paramonova[2]*

[1] Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation
[2] Naberezhnye Chelny State Pedagogical University. 28 Nizametdinov str., Naberezhnye Chelny Tatarstan Republic 423806 Russian Federation

Contact information: Alla O. Karchevskaya — Assistant of the Department of General Hygiene.
E-mail: allakarchevskaya@yandex.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4361-3977 SPIN: 2000-7874

For citation: Puzyrev VG, Sitdikova ID, Karchevskaya AO, Paramonova DB. The formation of carcinogenic risk for the population of a megalopolis (using the example of benz(a)pyrene). Medicine and Health Care Organization. 2025;10(1):64–72. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.56871/MHCO.2025.42.39.007

Received: 26.12.2024 ***Revised: 19.01.2025*** ***Accepted: 28.03.2025***

ABSTRACT. ***Introduction.*** A rapid growth of the number of industrial facilities in large cities undoubtedly affects the quality of their atmosphere air. Every year, as a result of the activities of enterprises, tons of chemical compounds containing both carcinogenic and non-carcinogenic substances are released into the environment. Substances of carcinogenic nature that are subject to constant monitoring and subsequent calculation of the carcinogenic risk to public health require special attention. ***The purpose of the study:*** to analyze the pollution of the atmospheric air of the megalopolis with benz(a)pyrene, a substance belonging to the 1st hazard class. ***Materials and methods.*** The assessment of the level of atmospheric air pollution in the megalopolis was carried out using data on monitoring the quality of atmospheric air. The calculation of the individual carcinogenic risk to the population was also carried out with the inhalation intake of benz(a)pyrene according to the methodology presented in R 2.1.10.3968-23 “Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment”. ***Results and discussion.*** The results of the study showed that the level of atmospheric air pollution of the megalopolis with benz(a) pyrene ranged from 1.2 to 2.0 of the average daily maximum permissible concentration. At the same time, the most frequent exceedances of the maximum permissible concentrations were recorded in areas with the largest number of industrial facilities. Nevertheless, the calculation of indicators of individual carcinogenic risk for benz(a) pyrene for the population showed that its values are within the first range, which corresponds to an acceptable risk that does not require additional preventive measures. ***Conclusion.*** Therefore, the results of the study showed that the level of atmospheric air pollution with benz(a)pyrene in the megapolis is at a fairly low level, despite the large number of functioning industrial facilities.

KEYWORDS: benz(a)pyrene, individual carcinogenic risk, public health, industrial ecology

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение атмосферного воздуха — одна из ключевых проблем в нашей стране в настоящее время, решение которой осуществляется на национальном уровне благодаря разработке и внедрению министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации национального проекта «Экология». Одной из основных причин увеличения количества загрязнителей окружающей среды является стремительный рост числа урбанизированных территорий. Особенно остро данная проблема стоит в мегаполисах, где сосредоточены и осуществляют свою деятельность большое количество промышленных объектов, функционирование которых приводит к выбросу в атмосферный воздух химических соединений [1, 2]. Антропогенные загрязнители, образующиеся в ходе технологического процесса, способны оказывать на проживающее на территории мегаполиса население неблагоприятное воздействие, выражающееся в развитии канцерогенных и неканцерогенных эффектов [3, 4]. Специфичность данного воздействия будет обусловлена ведущей отраслью промышленности для данной территории, а также перечнем приоритетных загрязнителей, образующихся в результате деятельности промышленных предприятий [5].

Значительный интерес представляют крупные города, в которых большая доля выбросов в атмосферный воздух приходится на химические соединения, обладающие канцерогенным эффектом [6, 7]. В качестве одного из таких промышленно развитых мегаполисов можно рассмотреть город Санкт-Петербург, ведущими отраслями промышленности которого являются машиностроение и химическая промышленность [8, 9].

Согласно данным об экологической ситуации в Санкт-Петербурге, в перечень приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха, содержание которых подлежит постоянному мониторингу, вошли такие химические вещества, как оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, взвешенные вещества, а также канцерогенное вещество первого класса опасности — бенз(а)пирен [10, 11]. Наличие данного канцерогенного химического вещества в воздухе мегаполиса является фактором риска развития у населения новообразований [12, 13]. Именно поэтому концентрации бенз(а)пирена как вещества 1-го класса опасности в атмосферном воздухе должны подвергаться регулярному мониторингу и находиться в пределах допустимых значений, установленных требованиями СанПиН 1.2.3685-21 [14]. Превышение предельно допустимых концентраций бенз(а)пирена помимо канцерогенного эффекта, приводящего к развитию у населения злокачественных новообразований, способно также оказывать мутагенное, эмбриотоксическое и гематотоксическое воздействие [15, 16]. И поэтому данное химическое соединение представляет опасность не только для проживающего в мегаполисе в настоящее время населения, но и для последующих поколений.

Анализ заболеваемости населения Санкт-Петербурга показал, что заболевания, относящиеся к классу новообразований, входят в число наиболее часто встречающихся и занимают десятое место в общей структуре [17].

Таким образом, высокие темпы развития промышленных предприятий оказывают неблагоприятное влияние на качество атмосферного воздуха крупных городов, приводя к выбросу в окружающую среду химических веществ, обладающих канцерогенным эффектом [18]. Высокие концентрации данных соединений при хроническом ингаляционном воздействии способны приводить к повышению риска возникновения злокачественных новообразований, а также влиять на здоровье подрастающего поколения [19–23]. Данный факт свидетельствует о том, что концентрации химических веществ, особенно канцерогенных, должны подвергаться постоянному мониторингу с последующим расчетом и прогнозированием риска для здоровья проживающего на территории мегаполиса населения [24, 25].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить качество атмосферного воздуха с точки зрения загрязнения бенз(а)пиреном с последующим расчетом канцерогенного риска для населения.

ЗАДАЧИ

Для оценки качества атмосферного воздуха Санкт-Петербурга по содержанию бенз(а)пирена в ходе проведения исследования были поставлены следующие задачи.

1. Провести оценку техногенного потенциала Санкт-Петербурга.
2. Проанализировать качество атмосферного воздуха мегаполиса по уровню содержания в нем бенз(а)пирена.
3. Рассчитать индивидуальные канцерогенные риски для проживающего в мегаполисе населения по бенз(а)пирену при ингаляционном поступлении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является атмосферный воздух промышленно развитого мегаполиса, загрязняющийся выбросами от стационарных источников. Для проведения оценки техногенного потенциала Санкт-Петербурга был проведен анализ сведений, представленных министерством промышленности и торговли Российской Федерации. По данным атласа промышленности, на территории города расположены и функционируют порядка четырехсот промышленных объектов различных отраслей. В информационную базу нашего исследования вошли 392 промышленных предприятия, которые были распределены с учетом района их расположения, отрасли промышленности и вида экономической деятельности.

Качество атмосферного воздуха оценивалось по данным, полученным в ходе проведения мониторинга качества атмосферного воздуха на 25 автоматических станциях Санкт-Петербурга. Результаты мониторинга опубликованы Правительством Санкт-Петербурга в государственных докладах об экологической ситуации. Учитывалось общее количество выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников, а также доля отдельных ингредиентов в них. В частности, уровень содержания в атмосферном воздухе твердых веществ, летучих органических соединений (ЛОС), углеводородов (без ЛОС), оксида азота (NO_2), оксида углерода и диоксида серы. Также фиксировались превышения предельно допустимых концентраций химических веществ в атмосферном воздухе за весь период исследования в соответствии с нормативным документом СанПиН 1.2.3685-21 [14]. В ходе формирования информационных баз данных первичного материала было проанализировано 3100 информационных единиц.

Расчет индивидуального канцерогенного риска по бенз(а)пирену с учетом данных о величине экспозиции и значениях факторов канцерогенного потенциала проводился согласно методике, представленной в Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» [26]. При оценке канцерогенных рисков были использованы средние суточные дозы бенз(а)пирена (LADD — Lifetime average daily dose), входящего в состав выбросов, усредненные с учетом продолжительности жизни человека. В ходе расчета также учитывались такие показатели, как: концентрация бенз(а)пирена в атмосферном воздухе (C), скорость его поступления (CR), продолжительность воздействия (ED), частота воздействия (EF), масса тела человека (BW), период усреднения экспозиции (AT), который для канцерогенов составляет 70 лет, число дней в году равное 365. Вычисление средней суточной дозы проводилось по формуле 1:

$$LADD = (C \cdot CR \cdot ED \cdot EF) / (BW \cdot AT \cdot 365).$$

Расчет среднесуточной дозы в течение жизни (LADD) в последующем позволил определить индивидуальный канцерогенный риск (CR) с учетом таких показателей, как фактор наклона при ингаляционном воздействии (SFI) и коэффициент тяжести злокачественных новообразований. Индивидуальный канцерогенный риск для населения мегаполиса рассчитывался по формуле 2:

$$CR = LADD \cdot SFI \cdot g.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа данных министерства промышленности и торговли Российской Федерации позволили сформировать базу данных промышленных объектов, функционирующих на территории Санкт-Петербурга с учетом района их расположения. Было установлено, что в городе осуществляют свою деятельность свыше 300 промышленных объектов, ведущими отраслями которых являются машиностроение, химическая промышленность, легкая и фармацевтическая промышленность. На первом этапе исследования было произведено распределение районов Санкт-Петербурга на группы в зависимости от количества промышленных объектов в каждом. 18 районов Санкт-Петербурга были разделены на четыре группы. Результаты данного распределения представлены в таблице 1.

Ранжирование районов города в зависимости от количества промышленных объектов в них позволило выдвинуть гипотезу о том, какие районы в большей мере будут подвержены техногенной нагрузке и характеризоваться наиболее высокими значениями канцерогенного риска по бенз(а)пирену для здоровья проживающего населения.

На втором этапе исследования был проведен анализ государственных докладов Правительства Санкт-Петербурга по уровню загрязнения атмосферного воздуха бенз(а)пиреном, концентрации которого в городе определялись при помощи автоматизированной системы мониторинга. В ходе обработки данных было установлено, что за десятилетний период концентрации

Таблица 1

Распределение районов Санкт-Петербурга на группы в зависимости от количества промышленных объектов

Table 1

The distribution of Saint Petersburg districts into groups depending on the number of industrial facilities

Группа, № / Group, No.	**Количество промышленных объектов / Number of industrial facilities**	**Район Санкт-Петербурга / District of Saint Petersburg**
I	до 10 / up to 10	Красносельский / Krasnoselsky Кронштадский / Kronshtadtsky Курортный / Kurortny Пушкинский / Pushkin
II	до 20 / up to 20	Колпинский / Kolpinsky Петродворцовый / Petrodvorets Фрунзенский / Frunzensky Центральный / Central
III	до 30 / up to 30	Василеостровский / Vasileostrovsky Калининский / Kalininsky Красногвардейский / Krasnogvardeysky Приморский / Primorsky
IV	30 и более / 30 or more	Адмиралтейский / Admiralteysky Выборгский / Vyborgsky Кировский / Kirovsky Московский / Moskovsky Невский / Nevsky Петроградский / Petrogradsky

Таблица 2

Показатели индивидуального канцерогенного риска по бенз(а)пирену для населения Санкт-Петербурга

Table 2

Indicators of individual carcinogenic risk for benz(a)pyrene for the population of Saint Petersburg

Район Санкт-Петербурга / District of Saint Petersburg	**LADD**	**SFI**	**CR (Carcinogenic Risk)**	**Диапазон / Range**
Адмиралтейский / Admiralteysky	$6{,}0\times10^{-8}$	3,9	$2{,}3\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Василеостровский / Vasileostrovsky	$6{,}28\times10^{-8}$	3,9	$2{,}4\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Выборгский / Vyborgsky	$7{,}43\times10^{-8}$	3,9	$2{,}9\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Калининский / Kalininsky	$4{,}86\times10^{-8}$	3,9	$1{,}9\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Кировский район / Kirovsky district	$8{,}57\times10^{-8}$	3,9	$3{,}3\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Колпинский / Kolpinsky	$6{,}57\times10^{-8}$	3,9	$2{,}6\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Красногвардейский / Krasnogvardeysky	$8{,}28\times10^{-8}$	3,9	$3{,}2\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Красносельский / Krasnoselsky	$6{,}86\times10^{-8}$	3,9	$2{,}7\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Кронштадский / Kronshtadtsky	$6{,}0\times10^{-8}$	3,9	$2{,}3\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Курортный / Kurortny	$2{,}28\times10^{-8}$	3,9	$8{,}9\times10^{-8}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Московский / Moskovsky	$7{,}43\times10^{-8}$	3,9	$2{,}9\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$

Окончание табл. 2 / Ending of the Table 2

Район Санкт-Петербурга / District of Saint Petersburg	LADD	SFI	CR (Carcinogenic Risk)	Диапазон / Range
Невский / Nevsky	$1{,}11\times10^{-7}$	3,9	$4{,}3\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Петроградский / Petrogradsky	$2{,}85\times10^{-8}$	3,9	$1{,}1\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Петродворцовый / Petrodvorets	$6{,}0\times10^{-8}$	3,9	$2{,}3\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Приморский / Primorsky	$6{,}57\times10^{-8}$	3,9	$2{,}6\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Пушкинский / Pushkin	$6{,}0\times10^{-8}$	3,9	$2{,}3\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Фрунзенский / Frunzensky	$6{,}0\times10^{-8}$	3,9	$2{,}3\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$
Центральный / Central	$9{,}43\times10^{-8}$	3,9	$3{,}7\times10^{-7}$	1-й диапазон / 1st range CR $\leq1\times10^{-6}$

Примечание / Note: LADD — lifetime average daily dose / среднесуточная пожизненная доза; SFI — slope factor inhalation / фактор канцерогенного потенциала при ингаляции; CR — carcinogenic risk / величина индивидуального канцерогенного риска.

без(а)пирена, превышающие предельно допустимые значения, установленные гигиеническим нормативом СанПиН 1.2.3685-21, варьировали в пределах от 1,2 $ПДК_{с.с.}$ до 2,0 $ПДК_{с.с.}$. Обращает на себя внимание тот факт, что наиболее часто превышения фиксировались в Калининском и Московском районах Санкт-Петербурга, относящихся к III и IV ранжированным группам соответственно. Следует отметить, что десятилетняя динамика измерений концентраций бенз(а)пирена характеризуется отсутствием превышения среднегодовых концентраций данного соединения в атмосферном воздухе Санкт-Петербурга с 2012 по 2018 год. Однако превышение $ПДК_{с.с.}$ было зарегистрировано с 2019 по 2021 год. Так, $ПДК_{с.с.}$ в 2019 году была превышена в 2 раза по сравнению с гигиеническим нормативом, а в 2020 и 2021 году данное значение составило 1,2 $ПДК_{с.с.}$. Кроме того, в большинстве случаев изменение концентрации бенз(а)пирена характеризуется сезонностью (годовой ход). Так, наиболее часто повышение концентраций в течение года наблюдается в холодное время в отопительный период: с ноября по февраль.

Следующим этапом исследования было проведение расчета среднесуточной дозы в течение жизни (LADD) и индивидуального канцерогенного риска (CR) для жителей районов Санкт-Петербурга. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

В результате статистической обработки полученных данных при помощи коэффициента корреляции Пирсона было установлено, что между двумя показателями — количеством промышленных объектов на территории района и полученным значением индивидуального канцерогенного риска — наблюдается средняя положительная линейная корреляционная связь (r=0,3736).

Согласно данным Управления Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области, заболеваемость населения по новообразованиям имеет тенденцию к росту за период с 2016 по 2019 год. При этом наибольшее значение показателя заболеваемости по новообразованиям было достигнуто в 2019 году и составило 6875,5 на 100 000 населения г. Санкт-Петербурга. В 2020 году снижение заболеваемости обусловлено низкой обращаемостью населения, связанной с эпидемиологической обстановкой. Начиная с 2021 года вновь отмечается тенденция к росту числа новообразований.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что показатели индивидуального канцерогенного риска по уровню бенз(а)пирена в атмосферном воздухе для населения, проживающего на территории Санкт-Петербурга, находятся в пределах первого диапазона, что относится к допустимому уровню риска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование позволило установить, что на территории Санкт-Петербурга функционируют свыше 300 крупных и средних промышленных объектов, которые формируют техногенный потенциал мегаполиса.

Ежегодно в ходе технологического процесса стационарные источники выбрасывают в атмосферный воздух тонны химических веществ, в том числе канцерогенной природы. В данной статье был рассмотрен уровень загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга таким канцерогенным веществом, как бенз(а)пирен. Результаты показали, что уровень загрязнения атмосферного воздуха бенз(а)пиреном в мегаполисе находится на достаточно низком уровне, несмотря на большое количество функционирующих на территории Санкт-Петербурга промышленных объектов.

Данный факт подтверждают результаты, полученные в ходе расчета индивидуального канцерогенного риска для жителей каждого из районов мегаполиса. Значения индивидуального канцерогенного риска находятся в пределах первого диапазона и соответствуют допустимому уровню риска.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костылева Л.Н. Оценка канцерогенного риска на примере крупного промышленного города. Наука и здоровье. 2020;1:8–11.
2. Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Андрюшин И.Б., Иванова С.В., Сковронская С.А., Мацюк А.В. Оценка опасности воздействия химических веществ на здоровье населения крупного промышленного города. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019;4:121–129.
3. Федотов В.Н., Горбачева А.А., Дородникова А.А., Ерохина М.В. Индикатор состояния атмосферного воздуха промышленной агломерации (на примере Санкт-Петербурга). Евразийский союз ученых. 2016;31(1):81–83.
4. Гребенкина А.С., Свидерский Н.Г. Бензапирен как один из факторов загрязнения атмосферного воздуха. Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020;1(5):197–200.
5. Ефимова Н.В., Мыльникова И.В. Оценка вклада онкогенных факторов в риск развития злокачественных новообразований у городского населения трудоспособного возраста. Анализ риска здоровью. 2021;3:99–107.
6. Пузырев В.Г., Халфиев И.Н., Музаффарова М.Ш., Григорьева Л.В., Ситдикова И.Д., Имамов А.А., Колпакова М.В., Павлов Д.В., Антипов М.С. Оценка сравнительной канцерогенной опасности в условиях воздействия факторов промышленной экологии. Медицина и организация здравоохранения. 2022;2:60–68.
7. Бакиров А.Б., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Бактыбаева З.Б., Рахматуллин Н.Р., Степанов Е.Г., Давлетнуров Н.Х. Эколого-гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения техногенных территорий Республики Башкортостан. Медицина труда и экология человека. 2018;3(15):5–12.
8. Халфиев И.Н., Пузырев В.Г., Музаффарова М.Ш., Григорьева Л.В., Ситдикова И.Д., Имамов А.А., Колпакова М.В., Павлов Д.В., Орел А.В. Влияние факторов техногенеза на формирование показателей заболеваемости городского населения. Медицина и организация здравоохранения. 2022;1:51–59.
9. Халфиев И.Н., Пузырев В.Г., Музаффарова М.Ш., Григорьева Л.В., Ситдикова И.Д., Колпакова М.В., Шарапова О.В., Иванова М.К., Павлов Д.В., Ченцов Д.В. Динамика показателей онкологической заболеваемости в условиях антропогенного прессинга. Медицина и организация здравоохранения. 2022;3:44–51.
10. Кряжева Е.А., Боев В.М., Кряжев Д.А., Тулина Л.М. Гигиеническая оценка состояния атмосферного воздуха Оренбурга с оценкой риска здоровью населения. Альманах молодой науки. 2018;1:3–14.
11. Боев В.М., Зеленина Л.В., Кряжев Д.А., Тулина Л.М., Неплохов А.А. Анализ канцерогенного риска при воздействии факторов окружающей среды на здоровье населения крупного промышленного города и заболеваемость злокачественными новообразованиями. Здоровье населения и среда обитания — ЗНИСО. 2016;6(279):4–7.
12. Куролап С.А., Клепиков О.В., Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Сюрин С.А., Енин А.В. Канцерогенный риск,

связанный с загрязнением атмосферного воздуха промышленных городов Центрального Черноземья. Гигиена и санитария. 2023;8:853–860.
13. Сучков В.В., Семаева Е.А. Оценка риска здоровью населения Самары и Новокуйбышевска от загрязнения атмосферного воздуха. Гигиена и санитария. 2017;8:729–733.
14. Постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Доступен по: https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=m4i3vydhu5776621035 (дата обращения: 25.08.2024).
15. Воронцова А.А., Харина Г.В. Проблема загрязнения атмосферного воздуха в Свердловской области. В кн.: Сборник материалов Четвертой Международной научно-практическая конференция преподавателей, молодых ученых и студентов: статья в сборнике докладов. Екатеринбург; 2021:50–56.
16. Попельницкая И.М., Крылова В.А., Шилина Н.Г., Попельницкий Е.В., Почекутов С.И., Геращенко С.М., Бухаров А.В. Анализ динамики индивидуальных ингаляционных канцерогенных рисков здоровью населения г. Красноярска. Мониторинг. Наука и технологии. 2022;2(52):54–59. DOI: 10.25714/MNT.2022.52.006.
17. Статистический сборник «Здравоохранение, образование, культура в Санкт-Петербурге в 2020 году». Доступен по: https://78.rosstat.gov.ru/folder/32168?ysclid=m4jrlohwj7326767954 (дата обращения: 25.08.2024).
18. Бутаев Т.М., Цирихова А.С., Кайтуков А.О. Онкологические заболевания, связанные с неблагоприятной экологической обстановкой в Республике Северная Осетия — Алания. Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2022;4:5–9.
19. Белых Л.И., Будько Т.И. Бенз(а)пирен в атмосфере и его канцерогенные риски для здоровья населения городов Южного Прибайкалья. XXI век. Техносферная безопасность. 2020;3(19):243–252. DOI: 10.21285/2500-1582-2020-3-243-252.
20. Андреева Е.Е., Шур П.З., Клименко А.Р., Фокин В.А. Гигиеническая характеристика приоритетных объектов обитания и оценка риска, связанного с их воздействием на примере г. Москвы. Анализ риска здоровью. 2015;8:62–72.
21. Строев Ю.И., Агафонов П.В., Коровин А.Е., Рябкова В.А., Соболевская П.А., Федоткина Т.В., Чурилов Л.П., Шенфельд И. Медицинская география и экология аутоиммунного тироидита хасимото и связанных с ним заболеваний. Российские биомедицинские исследования. 2022;7(2):69–90.
22. Кешишев И.А., Орел О.В., Смирнова В.И. Окружающая среда и здоровье детского населения. Педиатр. 2013;4(2):24–27. DOI: 10.17816/PED4224-27.
23. Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М. и др. Здоровье, обучение и воспитание детей: история и современность (1904–1959–2004). М.: Династия; 2006. EDN: QLMLXV
24. Ракитский В.Н., Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания. Гигиена и санитария. 2021;3:188–195.
25. Ибраева Л.К. Влияние экологических факторов окружающей среды на развитие заболеваний у населения. Медицина труда и промышленная экология. 2014;8:38–43.
26. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания Р 2.1.10.3968-23 (утв. Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения от 5 сентября 2023 г.). Доступен по: https://base.garant.ru/408644981/ (дата обращения: 25.08.2024).

REFERENCES

1. Kosty`leva L.N. Assessment of carcinogenic risk on the example of a large industrial city. Science time. 2020;8(80):8–11. (In Russian).
2. Meshkov N.A., Val`ceva E.A., Andryushin I.B., Ivanova S.V., Skovronskaya S.A., Maczyuk A.V. Assessment of the risk of exposure to chemicals on the health of the population of a large industrial city. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2019;4:121–129. (In Russian).
3. Fedotov V.N., Gorbacheva A.A., Dorodnikova A.A., Eroxina M.V. An indicator of the atmospheric air condition of an industrial agglomeration (using the example of St. Petersburg). Eurasian Union of Scientists. 2016;31(1):81–83. (In Russian).
4. Grebenkina A.S., Sviderskij N.G. Benzapyrene as one of the factors of atmospheric air pollution. Fire and technosphere safety: problems and ways of improvement. 2020;1(5):197–200. (In Russian).
5. Efimova N.V., My`l`nikova I.V. Assessment of the contribution of oncogenic factors to the risk of developing malignant neoplasms in the urban population of working age. Health risk analysis. 2021;3:99–107. (In Russian).
6. Puzyrev V.G., Xalfiev I.N., Muzaffarova M.Sh., Grigorieva L.V., Sitdikova I.D., Imamov A.A., Kolpakova M.V., Pavlov D.V., Antipov M.S. Assessment of the comparative carcinogenic hazard under the influence of industrial environmental factors. Medicine and Health Care Organization. 2022;2:60–68. (In Russian).
7. Bakirov A.B., Sulejmanov R.A., Valeev T.K., Bakty`baeva Z.B., Raxmatullin N.R., Stepanov E.G., Davletnurov N.X. Ecological and hygienic assessment of the carcinogenic risk to the health of the population of technogenic territories of the Republic of Bashkortostan. Occupational medicine and human ecology. 2018;3(15):5–12. (In Russian).

8. Khalfiyev I.N., Puzyrev V.G., Muzaffarova M.Sh., Grigorieva L.V., Sitdikova I.D., Sharapova O.V., Ivanova M.K., Pavlov D.V., Orel A.V. The influence of technogenesis factors on the formation of morbidity indicators of the urban population. Medicine and Health Care Organization. 2022;1:51–59. (In Russian).
9. Khalfiyev I.N., Puzyrev V.G., Muzaffarova M.Sh., Grigorieva L.V., Sitdikova I.D., Kolpakova M.V., Sharapova O.V., Ivanova M.K., Pavlov D.V., Chencov D.V. Dynamics of indicators of oncological morbidityin the conditions of anthropotechnogenicpressure. Medicine and Health Care Organization. 2022;3:44–51. (In Russian).
10. Kryazheva E.A., Boev V.M., Kryazhev D.A., Tulina L.M. Hygienic assessment of the state of atmospheric air in Orenburg with an assessment of the risk to public health. The Almanac of Young Science. 2018;1:3–14.
11. Boev V.M., Zelenina L.V., Kryazhev D.A., Tulina L.M., Neploxov A.A. Analysis of carcinogenic risk under the influence of environmental factors on the health of the population of a large industrial city and the incidence of malignant neoplasms. Public Health and Life Environment — PH&LE. 2016;6(279):4–7. (In Russian).
12. Kurolap S.A., Klepikov O.V., Kul`nev V.V., Kizeev A.N., Syurin S.A., Enin A.V. Carcinogenic risk associated with atmospheric air pollution in industrial cities of the Central Chernozem region. Hygiene and sanitation. 2023;8:853–860. (In Russian).
13. Suchkov V.V., Semaeva E.A. Assessment of the risk to the health of the population of Samara and Novokuibyshevsk from atmospheric air pollution. Hygiene and sanitation. 2017;8:729–733. (In Russian).
14. Postanovlenie glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federacii ot 28.01.2021 N 2 Ob utverzhdenii sanitarny`x pravil i norm SanPiN 1.2.3685-21 "Gigienicheskie normativy` i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy` obitaniya". Available at: https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=m4i3vydhu5776621035 (accessed: 25.08.2024). (In Russian).
15. Voronczova A.A., Xarina G.V. The problem of atmospheric air pollution in the Sverdlovsk region. In: Collection of materials of the Fourth International Scientific and Practical Conference of teachers, young scientists and students: an article in the collection of reports. Yekaterinburg; 2021:50–56. (In Russian).
16. Popelnitskaya I.M., Krylova V.A., Shilina N.G., Popelnitskiy E.V., Pochekutov S.I., Gerashchenko S.M., Bukharov A.V. Analysis of the dynamics of individual inhaled carcinogenic risks to the health of the population of Krasnoyarsk. Monitoring. Science and technology. 2022;2(52):54–59. (In Russian). DOI: 10.25714/MNT.2022.52.006.
17. Statisticheskij sbornik "Zdravooxranenie, obrazovanie, kul`tura v Sankt-Peterburge v 2020 godu". Available at: https://78.rosstat.gov.ru/folder/32168?ysclid=m4jrlohwj7326767954 (accessed: 25.08.2024). (In Russian).
18. Butaev T.M., Cirixova A.S., Kajtukov A.O. Oncological diseases associated with the unfavorable environmental situation in the Republic of North Ossetia — Alania. Medical and pharmaceutical journal Pulse. 2022;4:5–9. (In Russian).
19. Belykh L.I., Budko T.I. Benz(a)pyrene in the atmosphere and its carcinogenic risks to the health of the population of the cities of the Southern Baikal region. XXI century. Technosphere safety. 2020;3(19):243–252. (In Russian). DOI: 10.21285/2500-1582-2020-3-243-252.
20. Andreeva E.E., Shur P.Z., Klimenko A.R., Fokin V.A. Hygienic characteristics of priority habitats and assessment of the risk associated with their impact on the example of Moscow. Health risk analysis. 2015;8:62–72. (In Russian).
21. Stroev Yu.I., Agafonov P.V., Korovin A.E., Ryabkova V.A., Sobolevskaya P.A., Fedotkina T.V., Churilov L.P., Schoenfeld I. Medical geography and ecology of Hashimoto's autoimmune thyroiditis and related diseases. Russian Biomedical Research. 2022;7(2):69–90. (In Russian).
22. Keshishev I.A., Orel O.V., Smirnova V.I. Environment and health of the child population. Pediatrician. 2013;4(2):24–27. (In Russian). DOI: 10.17816/PED4224-27.
23. Baranov A.A., Kuchma V.R., Sukhareva L.M. and others. Health, education and upbringing of children: History and modernity (1904–1959–2004). Moscow: Dynasty; 2006. (In Russian). EDN: QLMLXV.
24. Rakitskij V.N., Styopkin Yu.I., Klepikov O.V., Kurolap S.A. Assessment of the carcinogenic risk to the health of the urban population due to the effects of environmental factors. Hygiene and sanitation. 2021;3:188–195. (In Russian).
25. Ibraeva L.K. The influence of environmental environmental factors on the development of diseases in the population. Occupational medicine and industrial ecology. 2014;8:38–43. (In Russian).
26. Rukovodstvo po ocenke riska zdorov`yu naseleniya pri vozdejstvii ximicheskix veshhestv, zagryaznyayushhix sredu obitaniya R 2.1.10.3968-23 (utv. Federal`noj sluzhboj po nadzoru v sfere zdravooxraneniya ot 5 sentyabrya 2023 g.). Available at: https://base.garant.ru/408644981/ (accessed: 25.08.2024). (In Russian).