

УДК 614.3:614

## **ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

**Бакиров А.Б.<sup>1</sup>, Сулейманов Р.А.<sup>1</sup>, Валеев Т.К.<sup>1</sup>, Бактыбаева З.Б.<sup>1</sup>, Рахматуллин Н.Р.<sup>1</sup>, Степанов Е.Г.<sup>2</sup>, Давлетнуров Н.Х.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия,

<sup>2</sup>Управление Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, Уфа, Россия

*Среди промышленных объектов, вызывающих высокое загрязнение окружающей среды, одно из ведущих мест занимают предприятия нефтехимического комплекса. В выбросах этих предприятий содержится широкий спектр органических токсичных веществ, из которых особую опасность представляют канцерогенные вещества, в том числе бензол, сажа, формальдегид, бенз(а)пирен и др. Установленные расчетные значения уровней канцерогенного риска, ассоциированные с загрязнением атмосферного воздуха и питьевой воды исследуемых территорий, свидетельствуют о существовании потенциальной опасности для здоровья населения. Приоритетными загрязнителями, формирующими канцерогенный риск, являются: в атмосферном воздухе – формальдегид, тетрахлорметан, шестивалентный хром, углерод, бензол; в питьевой воде – мышьяк, шестивалентный хром, пентахлорфенол, хлороформ, бромдихлорметан.*

**Ключевые слова:** *Канцерогеноопасные соединения, атмосферный воздух, питьевая вода, техногенные территории, риск здоровью населения, гигиенические мероприятия*

**Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.**

## **ECOLOGICAL-HYGIENIC ASSESSMENT OF HUMAN CARCINOGENIC HEALTH RISK OF TECHNOGENIC TERRITORIES IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN**

**Bakirov A.B.<sup>1</sup>, Suleimanov R.A.<sup>1</sup>, Valeev T.K.<sup>1</sup>, Baktybaeva Z.B.<sup>1</sup>, Rakhmatullin N.R.<sup>1</sup>, Stepanov E.G.<sup>2</sup>, Davletnurov N.Kh.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia,

<sup>2</sup>Department of Rospotrebnadzor in the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

*Petrochemical enterprises rank first among industrial facilities causing high environmental pollution. Emissions from these plants contain a wide range of organic toxicants including hazardous carcinogenic substances: benzene, soot, formaldehyde, benzopyrene, etc. The identified calculated values of carcinogenic risk levels associated with air and drinking water pollution in the study areas confirm potential hazards to public health. The priority pollutants, presenting carcinogenic risks are: formaldehyde, carbon tetrachloride, hexavalent chromium, carbon, benzene concentrations in ambient air; arsenic, hexavalent chromium, pentachlorophenol, chloroform, bromodichloromethane - in drinking water.*

**Key words:** *Cancirogenic compounds, atmospheric air, drinking water, technogenic areas, health risks of the population, hygienic measures*

**Authors declare lack of the possible conflicts of interests.**

Эколого-гигиеническое обоснование безопасности среды обитания с учетом факторов риска и состояния здоровья населения является важной социальной и медико-экологической проблемой [2, 3]. За последние годы в России и во всем мире наблюдается рост числа злокачественных новообразований. Ежегодно в мире регистрируется 10 млн. новых случаев злокачественных новообразований и более 6 млн. смертей от них. По данным Международного агентства по изучению рака, 85% всех случаев опухолей человека связано с особенностями образа жизни и воздействием канцерогенных факторов окружающей среды [1].

Республика Башкортостан (РБ) относится к одним из ведущих промышленно-развитых регионов Российской Федерации (РФ). Концентрация промышленного производства в РБ существенно превышает общероссийские показатели, особенно в части размещения предприятий нефтепереработки и нефтехимии. Высокая концентрация промышленных предприятий обуславливает значительную нагрузку на объекты окружающей среды [6, 7]. Объем валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от основных объектов отрасли на территории РБ составляет около 300 тыс. тонн в год. В выбросах этих предприятий содержатся химические соединения более 200 наименований, в т.ч. и вещества, обладающие канцерогенным действием.

Наиболее крупные объекты – центры нефтепереработки и нефтехимии в РБ размещены в городах: Уфа, Стерлитамак и Салават, с общей численностью населения около 1,5 млн. человек. По данным Минздрава РБ уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями в этих городах выше среднереспубликанского в 1,1 - 1,7 раза. Заболеваемость злокачественными новообразованиями среди детей также характеризуется более высокими показателями в сравнении со среднереспубликанскими как по впервые выявленной, так и по распространенности [1].

Кроме того, наряду со стационарными источниками загрязнения крупных населенных пунктов, существенное значение имеют выбросы от автотранспорта – в республиканском автопарке насчитывается более 1,2 млн. единиц автотранспортных средств. В спектре загрязнителей, поступающих в окружающую среду за счет эксплуатационного износа дорожно-автомобильного комплекса (отработанные газы, дорожное покрытие, протекторы шин, тормозная система автомобилей), содержатся вещества 1 и 2 класса опасности, создающие высокую степень канцерогенного риска для здоровья населения [4].

Учитывая вышеизложенное, является актуальным проведение исследований, направленных на обоснование фактических уровней канцерогенного риска для здоровья населения техногенных территорий, обусловленных экспозицией потенциально опасных химических загрязнителей окружающей среды, с последующей разработкой санитарно-гигиенических рекомендаций и принятием управленческих решений.

**Материал и методы исследования.** Для оценки возможной связи присутствующих в объектах окружающей среды техногенных территорий РБ токсикантов с ростом злокачественных новообразований, был осуществлен анализ содержания в атмосферном воздухе и питьевой воде отдельных населенных пунктов основных канцерогеноопасных соединений за длительный период времени.

Оценка экспозиции при аэрогенном пути поступления канцерогеноопасных соединений проведена на основе динамического (2007-2016 годы) анализа данных мониторинговых наблюдений за качеством атмосферного воздуха ФГБУ «Башкирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» в городах Уфа, Стерлитамак, Салават, Благовещенск и Туймазы. Для оценки экспозиции перорального (водного) фактора проведен анализ данных социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора по РБ, лабораторных исследований ГУП «Башкоммунводоканал», ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» за 2007-2016 гг.

Расчеты и анализ риска для здоровья населения проводились в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04 «Оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [5]. Для оценки экспозиции поступления канцерогеноопасных соединений в организм при оценке рисков проведен расчет средних концентраций с 95%-ной вероятностной обеспеченности.

Статистическая обработка данных осуществлена с использованием программ «Microsoft Excel» и IBM SPSS Statistics 21.0.

**Результаты и обсуждение.** Исследованиями установлено, что в атмосферном воздухе и питьевой воде отдельных территорий РБ, на фоне широкого спектра химических веществ, присутствуют примеси канцерогеноопасных соединений около 30 наименований, наиболее значимые загрязнители из которых, представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Приоритетные канцерогеноопасные загрязнители атмосферного воздуха и питьевой воды на техногенных территориях РБ**

Вещество	Присутствие в среде		Классификация канцерогенов	
	атмосферный воздух	питьевая вода	МАИР <sup>1</sup>	ЕРА <sup>2</sup>
Формальдегид	+	-	2A	B1
Бенз(а)пирен	+	+	2A	B2
Бензол	+	+	1	A
Тетрахлорметан	+	+	2B	B2
Углерод (сажа)	+	-	2B	-
Хром (VI)	+	+	1	A
Свинец	+	+	2A	B2
Никель	+	+	2B	A
Кадмий	-	+	1	B1
Бромдихлорметан	-	+	2B	B2
Пентахлорфенол	-	+	2B	B2

Примечание: <sup>1</sup> – классификация Международного агентства по изучению рака; <sup>2</sup> – классификация степени доказанности канцерогенности для человека.

Проведенный анализ данных многолетних исследований качества атмосферного воздуха и питьевой воды (2007-2016 гг.) позволил установить уровни среднегодовых концентраций канцерогеноопасных соединений по отдельным территориям РБ, на основании которых были произведены расчеты риска.

По результатам расчетов уровень суммарного канцерогенного риска, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха, для населения городов: Уфы, Стерлитамака и Салавата составил от  $6,4E-04$  до  $8,9E-04$ , что в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 [5], классифицируется, как приемлемый для профессиональных групп и неприемлемый для населения в целом (таблица 2).

В структуре канцерогенного риска, наибольшее значение имеют формальдегид (Уфа, Стерлитамак), бензол (Салават), тетрахлорметан (Уфа, Стерлитамак, Салават), углерод (Уфа), шестивалентный хром (Уфа, Стерлитамак, Салават). Уровень популяционного аэрогенного канцерогенного риска для населения исследуемых территорий составил: в Уфе – 984, Стерлитамаке – 198, Салавате – 100 дополнительных (к фоновому) случаев злокачественных новообразований.

**Таблица 2**

**Канцерогенный риск здоровью населения отдельных территорий РБ, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха**

Наименование канцерогенов	Уровень индивидуального канцерогенного риска в городах РБ		
	Уфа	Стерлитамак	Салават
Формальдегид	$1,10E-04$	$1,30E-04$	$6,00E-05$
Бенз(а)пирен	$2,00E-06$	$1,90E-06$	$1,70E-06$
Бензол	$8,40E-05$	$7,60E-05$	$1,10E-04$
Тетрахлорметан	$1,80E-04$	$1,80E-04$	$1,50E-04$
Трихлорметан	$1,90E-05$	$3,20E-05$	$3,00E-05$
Углерод (сажа)	$2,40E-04$	–	–
Этилбензол	$9,20E-06$	$5,00E-06$	$3,80E-06$
Хром (VI)	$2,60E-04$	$2,80E-04$	$2,80E-04$
Свинец	$3,10E-07$	$1,70E-07$	$5,90E-08$
Никель	$2,60E-06$	$3,40E-06$	$2,30E-06$
<b>Суммарный канцерогенный риск</b>	$8,9E-04$	$7,1E-04$	$6,4E-04$
<b>Популяционный канцерогенный риск*</b>	984	198	100

Примечание: «-» отсутствуют данные для расчета; \*- при численности населения (человек) в Уфе – 1105667, Стерлитамаке – 278678, Салавате – 155655.

Расчетные значения суммарных канцерогенных рисков, обусловленных питьевой водой, для населения исследуемых территорий составили от  $1,2E-04$  до  $3,4E-04$  – неприемлемый уровень риска для населения и допустимый для профессиональных групп (таблица 3).

Расчитанные уровни риска находятся в одном диапазоне на всех территориях и обусловлены в первую очередь экспозицией мышьяка ( $6,9E-05$ - $1,4E-04$ ) и шестивалентного хрома (до  $7,6E-05$ - $1,9E-04$ ).

Существенный вклад в суммарные величины канцерогенного риска при пероральном пути поступления вносят ряд хлор- и броморганических соединений, образующихся в процессе обеззараживания (хлорирования) природной воды: пентахлорфенол, хлороформ, бромдихлорметан и др.

**Таблица 3**

**Канцерогенный риск здоровью населения отдельных территорий РБ,  
обусловленного загрязнением питьевой воды**

Наименование канцерогенов	Уровень индивидуального канцерогенного риска в городах РБ		
	Уфа	Стерлитамак	Салават
Свинец	1,7E-06	1,0E-06	1,2E-06
Хром (VI)	7,6E-05	1,9E-04	1,1E-05
Бенз(а)пирен	1,3E-07	1,3E-08	–
Кадмий	6,8E-07	9,9E-07	–
Мышьяк	1,4E-04	1,1E-04	6,9E-05
Хлороформ*	2,0E-06	6,7E-07	6,7E-07
Бромдихлорметан*	4,5E-06	4,5E-06	4,5E-06
Пентахлорфенол*	1,1E-05	1,1E-05	1,1E-05
Тетрахлорметан*	4,8E-07	4,8E-07	4,8E-07
Трихлорэтилен*	1,0E-07	1,0E-07	1,0E-07
2.4 Д	7,0E-07	7,0E-07	–
Бензол	5,1E-06	5,1E-07	8,2E-07
Бериллий	7,7E-06	7,7E-06	–
<b>Суммарный канцерогенный риск</b>	<b>2,6E-04</b>	<b>3,4E-04</b>	<b>1,2E-04</b>
<b>Популяционный канцерогенный риск**</b>	<b>287</b>	<b>95</b>	<b>19</b>

Примечание: «-» отсутствуют данные для расчета; \*-вещества присутствуют в питьевых водах, подвергающихся обеззараживанию (хлорированию); \*\*- при численности населения (человек) в Уфе–1105667, Стерлитамаке–278678, Салавате –155655.

Уровни популяционных канцерогенных рисков для населения отдельных территорий РБ составили: в Уфе – 287, Стерлитамаке – 95, Салавате – 19 дополнительных случаев.

Результаты расчетов общего суммарного многосредового канцерогенного риска от воздействия аэрогенного и перорального (водного) фактора для населения исследуемых территорий позволили установить следующие уровни риска: в Уфе – 1,1E-03, Стерлитамаке – 1,0E-03, Салавате – 7,6E-04 (таблица 4). Наибольшие уровни канцерогенного риска, ассоциированного с комбинированным воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды, определены на территории гг. Уфа и Стерлитамак – полученные значения определяются четвертым диапазоном риска и классифицируются как «неприемлемый уровень ни для населения, ни для профессиональных групп». В г. Салават уровень канцерогенного риска для населения несколько меньше и относится к третьему диапазону – «приемлемый для профессиональных групп и неприемлемый риск для населения в целом».

**Таблица 4**

**Многосредовой канцерогенный риск здоровью населения, обусловленный  
аэрогенным пероральным (водным) факторами**

Факторы риска	Уровень суммарного индивидуального канцерогенного риска		
	Уфа	Стерлитамак	Салават
Атмосферный воздух	8,9E-04	7,1E-04	6,4E-04
Питьевая вода	2,6E-04	3,4E-04	1,2E-04
Общий многосредовой суммарный индивидуальный канцерогенный риск	1,1E-03	1,0E-03	7,6E-04
Суммарный популяционный канцерогенный риск	1216	279	118
Ожидаемое число дополнительных случаев рака в течение года	17	4	2

Ведущий вклад в формирование многосредового канцерогенного риска на всех исследуемых территориях вносит аэрогенный фактор среды обитания: в Уфе – 81%, Стерлитамаке – 71%, Салавате – 84%.

Величина суммарного популяционного многосредового канцерогенного риска от воздействия аэрогенного и водного перорального факторов составила: в Уфе – 1216, Стерлитамаке – 279, Салавате – 118 дополнительных (к фоновому) случаев злокачественных новообразований. Данные величины популяционных канцерогенных рисков отражают дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть на протяжении всей жизни (70 лет) вследствие воздействия содержащихся в питьевой воде канцерогеноопасных соединений. Расчетное значение ожидаемого (вероятного) числа дополнительных случаев рака в течение года составила: 17 случаев – для населения Уфы, 4 – Стерлитамака, 2 – Салавата.

**Выводы.** Таким образом, проведенным исследованием установлено, что наиболее существенным фактором негативного влияния на здоровье населения является неудовлетворительное качество атмосферного воздуха. Качество питьевых вод вносит вклад в формирование суммарного канцерогенного риска здоровью населения и, как следствие, в формирование повышенной онкологической заболеваемости населения, однако приоритетной задачей следует считать улучшение качества атмосферы населенных мест.

Наиболее значимыми (приоритетными) загрязнителями объектов окружающей среды исследуемых территорий, формирующими повышенный (неприемлемый) уровень канцерогенного риска, являются: в атмосферном воздухе – формальдегид, тетрахлорметан, шестивалентный хром, углерод (сажа), бензол; в питьевой воде централизованного водоснабжения – мышьяк, шестивалентный хром и ряд галогенсодержащих соединений (продуктов водоподготовки при обеззараживании воды): пентахлорфенол, хлороформ, бромдихлорметан.

Следует отметить, что на надежность итоговых оценок канцерогенного риска оказывает влияние недостаточная степень полноты и репрезентативности химико-аналитических данных, а также охват мониторинговыми исследованиями только части имеющихся в объектах окружающей среды химических примесей. Так, по отдельным территориям РБ отсутствуют данные о количественном содержании ряда

приоритетных канцерогеноопасных соединений в объектах окружающей среды (углерод, трихлорметан, бензол, никель, кадмий и др.).

Кроме того, поскольку оценка риска проводилась в отношении максимально экспонированного индивида (гипотетически подвергающегося максимально возможному воздействию канцерогеноопасными соединениями в течение всей жизни) и полученные величины превышают уровни приемлемого риска, целесообразно проведение расширенных исследований на основе данных о реальных экспозиционных нагрузках, которым подвергаются жители территорий Башкортостана. При этом требуется выявление относительного вклада каждого источника загрязнения в риск развития онкологических заболеваний с целью создания наиболее благоприятных условий для последующего процесса управления риском.

Выявленные приоритетные факторы внешнесредового канцерогенного риска здоровью населения, проживающего в условиях неприемлемого канцерогенного риска, целесообразно учитывать при планировании программ натуральных исследований качества среды обитания для задач социально-гигиенического мониторинга, проведении исследований, расследований, санитарно-эпидемиологических экспертиз в работе органов и служб Роспотребнадзора, планировании и проведении диагностических и лечебно-профилактических мероприятий в отношении контингентов риска и др.

По результатам исследования был разработан комплекс санитарно-гигиенических мероприятий, направленный на осуществление эффективного контроля и надзора за состоянием объектов окружающей среды, снижение канцерогенных рисков здоровью и улучшение медико-демографических показателей населения РБ.

Полученные данные могут быть положены в основу создания адресных мер по обеспечению гигиенической безопасности отдельных территорий РБ путем внедрения в деятельность органов, осуществляющих федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, природоохранных организаций.

*Финансирование.* В статье содержится описание исследований, проведенных при финансовой поддержке гранта РГНФ №17-16-02010-ОГН «Эколого-гигиеническое обоснование канцерогенных рисков здоровью населения Республики Башкортостан от загрязнения объектов окружающей среды».

#### **Список литературы:**

1. Заболеваемость злокачественными новообразованиями как индикатор медико-экологической безопасности территорий (на примере Республики Башкортостан) / Н. Х. Давлетнуров, Е. Г. Степанов, А. С. Жеребцов, Г. Я. Пермина // Медицина труда и экология человека. – 2017. - № 2. – С. 53 - 64.
2. Анализ риска здоровью в задачах совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации / Г. Г. Онищенко, А. Ю. Попова, Н. В. Зайцева, И. В. Май, П. З. Шур // Анализ риска здоровью. - 2014. - №2. - С.4 -13.
3. О развитии системы риск-ориентированного надзора в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей / А. Ю. Попова, Н. В. Зайцева, И. В. Май, Д. А. Кирьянов // Анализ риска здоровью. - 2015. - № 4 (12). - С.4 - 12.
4. Рахманин, Ю.А. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха в районах с различной степенью развития дорожно-автомобильного комплекса / Ю. А. Рахманин, А. В. Леванчук // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95(11), С. 1021 - 1024.

5. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду : Р 2.1.10.1920-04. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
6. Научно-исследовательская деятельность института в решении экологических проблем Республики Башкортостан / Р. А. Сулейманов, А. Б. Бакиров, Т. К. Валеев, З. Б. Бактыбаева, Н. Р. Рахматуллин, Н. Н. Егорова //Медицина труда и экология человека. - 2017. – № 4. – С. 10 - 17.
7. Питьевая вода как фактор риска здоровья населения / Р. А. Сулейманов, Н. Н. Егорова, Т. К. Валеев, З. Б. Бактыбаева, Н. Р. Рахматуллин //Профилактическая медицина. - 2018. - № 2 (21). - С. 63 - 64.

Поступила/Received: 05.06.2018  
Принята в печать/Accepted: 18.06.2018