

## ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЯ ДЛЯ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОТРЕБЛЕНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ

Тунакова Ю.А.<sup>1</sup>, Степанова Н.В.<sup>2</sup>, Файзуллин Р.И.<sup>2</sup>, Валиев В.С.<sup>3</sup>, Галимова А.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГОУ ВПО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ Министерства образования и науки РФ, Казань, Россия (420111, Казань, ул. К.Маркса,10), e-mail: kai@kstu-kai.ru;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт фундаментальной медицины и биологии Министерства образования и науки РФ, Казань, Россия (420008, Казань, ул. К.Маркса, 74), e-mail: public.mail@kpfu.ru;

<sup>3</sup>ГБУ "Институт проблем экологии и недропользования" АН РТ, Казань, Россия (420087, Казань, ул.Даурская, 28), e-mail: ipen-anrt@mail.ru

**В статье приведены результаты оценки канцерогенного и неканцерогенного риска здоровью детского населения, проживающих в различных зонах города Казани. Выделение зон исследования проводилось на основании расположения постоянных постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха и обслуживающих эти районы детских поликлиник с целью последующей комплексной оценки многосредового риска. Оценка риска здоровью населения проводилась в соответствии с действующими нормативными документами Р 2.1.10.1920-04 для перорального пути поступления в отношении химического состава потребляемых питьевых вод детским населением г. Казани. Результаты оценки риска при потреблении питьевой водопроводной воды самой чувствительной группой населения с локализованным местом проживания позволяют выделять на территории города зоны с повышенным уровнем риска для здоровья.**

Ключевые слова: риск, здоровье, питьевая водопроводная вода, химический состав.

## ASSESSMENT OF RISKS TO CHILDREN'S HEALTH WHEN CONSUMED DRINKING TAP WATER

Tunakova J.A.<sup>1</sup>, Stepanova N.V.<sup>2</sup>, Fajzullin R.I.<sup>2</sup>, Valiev V.S.<sup>3</sup>, Galimova A.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal State Government-Funded Educational Institution of Higher Professional Education Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – KAI of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Kazan, Russia (420111, Kazan, street K.Marx, 10), e-mail: kai@kstu-kai.ru

<sup>2</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan University, KFU, Institute of Biology and Fundamental Medicine of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Kazan, Russia (420008, Kazan, street K.Marx, 74), e-mail: public.mail@kpfu.ru

<sup>3</sup>Institute of Ecology and Mineral Sciences Academy of the Republic of Tatarstan (AS RT IPEN), Kazan, Russia (420087, Kazan, street Daur'skaya, 28), e-mail: ipen-anrt@mail.ru

**The article presents the results of the evaluation of the carcinogenic and non-carcinogenic health risk of the child population living in different areas of the city of Kazan. Highlight areas of research carried out on the basis of the location of the permanent monitoring stations for air pollution and serving these areas children's clinics for subsequent comprehensive assessment of the risk of the multimedia. Assessment of risk to human health was conducted in accordance with existing regulations and MR P 2.1.10.1920-04 oral route of exposure in relation to the chemical composition of drinking water consumed by the children's population of the city of Kazan. The results of the risk assessment in drinking tap water the most sensitive population group with localized place of residence allow you to highlight areas in the city with a high level of health risk.**

Keywords: risk, health, drinking tap water, chemical composition.

Наиболее чувствительным контингентом к действию неблагоприятных факторов окружающей среды являются дети, поэтому здоровье детского населения может служить надежным индикатором экологического благополучия региона [4]. В силу физиологических особенностей, по сравнению с взрослыми, дети более подвержены воздействию токсичных веществ в питьевой воде, потому что они потребляют больше воды на единицу веса тела

(мг/кг). Количество воды на единицу массы тела ребенка достигает максимума в течение первого месяца жизни и уменьшается с увеличением возраста. Разработка и применение информации для реализации оценки детского риска для здоровья является актуальной областью научного исследования, потому что многие эксперты по-прежнему используют значения экспозиции по умолчанию: для оценки уровня скрининга (для взрослых потребление 2 л / сут на 70 кг массы тела и потребление ребенком 1 л / сут на 10 кг соответственно) [2, 6, 7]. В тоже время, использование стандартных значений в питьевом режиме между детьми и взрослыми, может не обладать потенциально большой изменчивостью в экспозиции между возрастными группами [8].

Цель работы – провести оценку риска для здоровья детского населения при пероральном поступлении химических соединений с питьевой водопроводной водой

### **Материал и методы исследования**

Проведение оценки риска для детей в возрасте 3-6 лет позволило минимизировать неопределенности, связанные со специфическими региональными параметрами в оценке экспозиции: дети дошкольного возраста в меньшей степени, чем взрослые, подвержены внутригородской миграции, они теснее привязаны к территории проживания, что позволяет учесть все аспекты сезонной и суточной деятельности детского организма. Выделение зон исследования проводилось на основании расположения постоянных постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха и обслуживающих эти районы детских поликлиник (№ 4, 6, 10, 11) с целью последующей комплексной оценки многосредового риска. Выбранные зоны имеют достоверные различия по сложившейся эколого-гигиенической ситуации по тяжелым металлам в почве и снеговом покрове [5]. Для оценки химического состава водопроводной воды был проведен отбор проб в конечной точке потребления по выбранным зонам исследования, охватывающий 127 квартир, расположенных в зонах обслуживания детских поликлиник г.Казани. Оценка химического состава в водопроводных водах проводилось методом атомно-абсорбционной спектрометрии (AAS), отвечающим таким характеристикам, как точность, воспроизводимость, высокая избирательность и быстрота исполнения анализа. Определение концентраций нитратов, нитритов, хлоридов, сульфатов, фторидов и фосфатов, проводилось методом ионной хроматографии, обладающим схожими достоинствами метода AAS. Всего было проведено более 1200 определений. Статистический анализ полученных данных реализован в операционной системе Windows 2007, с использованием стандартных прикладных пакетов Excel 2007 и «STATISTICA v.6.0». Оценка неканцерогенного риска здоровью осуществлялась в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 [3]. Расчет средних суточных доз при хроническом пероральном поступлении анализируемых ионов с питьевой водой для детского населения в

выделенных зонах г.Казани проводили с использованием стандартных значений факторов экспозиции для детей 3 - 6 лет. Коэффициент опасности HQ определяли отношением величины потенциальной суточной дозы вещества, поступающего пероральным путем, и уровня безопасного воздействия при этом же пути поступления. За допустимый уровень неканцерогенных эффектов принимались значения HQ в диапазоне от 0,11 до 1,0, а HI – от 1,1 до 3,0. Суммарный индекс опасности (HI), который является характеристикой риска развития неканцерогенных эффектов при комбинированном и комплексном воздействии химических соединений для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем, рассчитывался как сумма коэффициентов опасности (HQ) для отдельных компонентов смеси воздействующих ионов и химических веществ [2].

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате анализа установлено, что средние концентрации химических элементов в разных зонах города не превышают гигиенических регламентов (ПДК), хотя колеблются в широких пределах. По нашему мнению, это обусловлено как принадлежностью к подземным и поверхностным источникам водоснабжения, так и различной степенью изношенности разводящих магистралей. Состав питьевой воды влияет на формирование суммарного риска здоровью населения, способствует повышенной заболеваемости населения [1]. Концентрации хлоридов, сульфатов, фторидов и фосфатов по зонам исследования не имели статистически значимых различий (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения концентраций химических веществ в питьевой водопроводной воде по зонам исследования (мг/л)

Название вещества	ПДК, мг/л СанПиН 2.1.4.1074-01	Зоны (M ± m)			
		4	6	10	11
Стронций	7,0	0,110±0,007	0,209±0,007	0,105 ± 0,28	0,170±0,017
Медь	1,0	0,0015±0,0015	0,0022±0,0003	0,0015 ±0,0002	0,0016±0,004
Свинец	0,03	0,013±0,0012	0,012±0,0009	0,016±0,0042	0,013±0,0022
Цинк	5,0	0,017±0,0016	0,019±0,0019	0,017±0,0035	0,030±0,0079
Хром <sup>(6+)</sup>	0,05	0,0035±0,0014	0,0021±0,0002	0,0026±0,0016	0,0043±0,0018
Железо	0,3	0,079±0,006	0,107±0,0046	0,099±0,018	0,084±0,19
Нитриты	0,1	0,0034±0,0005	0,004±0,0008	0,0036±0,0007	0,004±0,0004
Нитраты	45,0	1,03±0,08	0,97±0,09	0,92±0,07	1,05±0,08
Сульфаты	500,0	86±9	84±9	87,2±9,6	83,4±9,2

Фториды	0,06	0,24±0,015	0,24±0,011	0,24±0,011	0,24±0,013
Хлор	0,1	22,0±1,76	22,2±1,67	24,2±1,58	21,8±1,81
Фосфаты	-	0,051±0,0044	0,049±0,0043	0,048±0,0052	0,043±0,0055

На этапе оценки экспозиции установлено, что рассчитанные дозы при хроническом пероральном поступлении анализируемых химических соединений и элементов с водопроводной водой не превышают верхней границы референтного уровня (RfD) для детского населения. Расчет среднесуточного перорального поступления химических веществ с водопроводной водой для детей в возрасте 3-6 лет по выделенным зонам на территории г.Казани проводился в соответствии с фактором экспозиции при водопотреблении детей 380 мл/сут., (95% ДИ 1,078 мл / сут), что составляет 22 мл/кг/сут (95% ДИ 61 мл/кг/сут), на основании отечественных и зарубежных рекомендаций [3, 8]. Результаты расчета коэффициентов опасности (HQ) здоровью детского населения при поступлении рассматриваемых ионов с водопроводной водой приведены в табл.2.

Таблица 2

Коэффициенты опасности здоровью детского населения по зонам исследования

Название вещества	CAS	HQ в отдельных зонах города			
		4 зона	6 зона	10 зона	11 зона
Стронций	7440-24-6	0,012	0,023	0,014	0,02
Медь	7440-50-8	0,01	0,008	0,006	0,007
Свинец	7439-92-1	0,259	0,236	0,369	0,278
Цинк	7440-66-6	0,004	0,004	0,004	0,008
Хром <sup>(3+)</sup>	16065-83-1	0,089	0,042	0,077	0,111
Железо	7439-89-6	0,018	0,024	0,025	0,022
Нитриты	14797-55-8	0,012	0,012	0,012	0,012
Нитраты	14797-65	0,036	0,036	0,036	0,036
Фториды	-	0,25	0,25	0,25	0,25
HI		0,69	0,635	0,793	0,744

Результаты оценки неканцерогенного риска при поступление химических веществ с питьевой водой показали, что величина риска во всех зонах соответствует минимальному уровню риска (HI < 1). Наибольший уровень суммарного коэффициента опасности (HI = 0,79) отмечается в зоне 10. Основной вклад в величину риска вносят свинец - 46,5%, фториды - 31,5% и хром - 9,7%. Второе место по уровню риска занимает 11 зона, где

основная доля величины риска определяется свинцом, фторидами и хромом, соответственно 37,4%, 33,6% и 14,9%. Такая же тенденция характерна для остальных зон города: на свинец, фториды и хром приходится 83,1-87,8% от величины суммарного риска. В соответствии с критериями уровней риска при  $HQ < 0,1$ , риск оценивается как минимальный (пренебрежимый). Практически во всех зонах большинство анализируемых химических веществ, поступающих с питьевой водопроводной водой, оказывают данный уровень риска. Исключение составляют свинец, фториды и хром, уровень риска каждого определяется как низкий ( $HQ = 0,1-1,0$ ). Анализ комбинированного поступления химических веществ с питьевой водой показал, что основное воздействие и риск на органы - мишени, обусловлены критическим воздействием свинца (ЦНС, нервная система, кровь, развитие, гормональная и репродуктивная системы, развитие) фторидами (зубы, костная система) и хромом (печень, почки, ЖКТ, слизистые), (табл.3).

Таблица 3

Критические органы и системы по результатам оценки  
неканцерогенного риска при поступлении химических веществ с питьевой водой

Критические органы /системы	Коэффициенты опасности (HI) в зонах				%, от величины ТНІ в отдельных зонах			
	4	6	10	11	4	6	10	11
Слизистая	0,11	0,07	0,11	0,13	4,14	2,95	3,33	4,50
Кожа	0,02	0,02	0,03	0,02	0,75	0,84	0,91	0,69
Кровь	0,33	0,32	0,45	0,36	12,41	13,50	13,64	12,46
Иммунитет	0,02	0,02	0,03	0,02	0,75	0,84	0,91	0,69
ЖКТ	0,09	0,05	0,08	0,12	3,38	2,11	2,42	4,15
Печень	0,11	0,05	0,08	0,12	4,14	2,11	2,42	4,15
Почки	0,09	0,04	0,08	0,11	3,38	1,69	2,42	3,81
ЦНС	0,26	0,24	0,37	0,28	9,77	10,13	11,21	9,69
Б/хим.показ.	0,26	0,24	0,37	0,29	9,77	10,13	11,21	10,03
Развитие	0,26	0,24	0,37	0,28	9,77	10,13	11,21	9,69
Репродуктивная система	0,26	0,24	0,37	0,28	9,77	10,13	11,21	9,69
Эндокринная система	0,26	0,24	0,37	0,28	9,77	10,13	11,21	9,69
Костная система	0,28	0,29	0,28	0,29	10,53	12,24	8,48	10,03
Зубы	0,27	0,27	0,27	0,27	10,15	11,39	8,18	9,34
Серд-	0,04	0,04	0,04	0,04	1,50	1,69	1,21	1,38

сосуд.система								
Суммарный индекс опасности(ТНІ)	2,66	2,37	3,3	2,89	100	100	100	100

По величине суммарного риска выделяются 10 и 11 зоны с суммарным коэффициентом опасности ТНІ 3,3 и 2,89, что соответствует критериям среднего (ТНІ в пределах 3-7) и низкого уровня риска (ТНІ от 1-3). Ранжирование по величине риска и в процентном значении показало, что основными критическими органами и системами при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой являются: кровь (12,41 – 13,64 %), костная система (8,48 – 12,24 %) и зубы (8,18 – 11,39 %); ЦНС, биохимические показатели, развитие, репродуктивная и эндокринная системы, уровень риска которых определяется в пределах значений НІ от 0,26 до 0,37.

**Заключение** Результаты оценки неканцерогенного риска при поступлении химических веществ с питьевой водой показали, что величина риска во всех зонах соответствует минимальному допустимому уровню неканцерогенного риска (НІ < 1). Однако показатель суммарного индекса опасности (ТНІ) при комбинированном пероральном поступлении химических соединений и элементов с питьевой водой в выделенных зонах г.Казани свидетельствует о среднем уровне риска для детского населения, проживающего в 10 зоне и низком уровне – для детей из 4, 6 и 11 зон, и представляет опасность для здоровья. По результатам анализа во всех зонах были определены основные критические органы и системы: кровь (НІ от 0,32 до 0,45), ЦНС, биохимические показатели, развитие, репродуктивная и эндокринная системы, уровень риска которых колебался в пределах значений НІ от 0,26 до 0,37. Особого внимания заслуживают показатели суммарного индекса опасности в 10 и 11 зонах. Они превышают в 1,3 - 1,5 раза показатели по всем перечисленным критическим органам мишеням и системам, и самые высокие уровни риска определяются в 10 зоне. Наибольшую опасность для детского организма изучаемых зон г.Казани представляет постоянное присутствие и поступление химических веществ с питьевой водой. Однако совместное длительное воздействие, даже в установленных гигиеническими регламентами пределах, создает опасность химической нагрузки для организма и является фактором риска для здоровья детского населения.

*«Публикация осуществлена при финансовой поддержке РГНФ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 15-16-16008 а(р) 06».*

### Список литературы

1. Березин И. И. Региональные особенности химического состава питьевой воды хозяйственно-питьевого водоснабжения города Самары / И.И.Березин, Г.И.Мустафина // Известия Самарского научного центра РАН. - 2011. №1-8. - С. 1837-1840.
2. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, С.Л. Авалиани [и др.] - М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. - 408 с.
3. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920-04) / Ю. А. Рахманин, Г. Г. Онищенко, А. В. Киселев и др.. М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. - 143 с.
4. Степанова Н.В. Основные тенденции здоровья детского населения республики Татарстан / Н.В.Степанова, Э.Р.Валеева // Гигиена и санитария. – 2015. - №1. - С.92-97.
5. Степанова Н.В., Валеева Э.Р., Фомина С.Ф. Подходы к ранжированию городской территории по уровню загрязнения тяжелыми металлами // Гигиена и санитария. – 2015. - № 5. – С. 56-61.
6. Унгурияну Т.Н. Риск для здоровья населения при комплексном действии веществ, загрязняющих питьевую воду // Экология человека. - 2011. - №3. - С.14-20
7. Margot T. B. Assessing children's exposures and risks to drinking water contaminants: a manganese case study/ T. B. Margot, B.P.Foos// Human and Ecological Risk Assessment. – 2009. vol. 15, № 5. - P. 923-947.
8. U.S. EPA 2008. Child-Specific Exposure Factors Handbook, National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development [Электронный ресурс] // EPA 600-R-06-096F Режим доступа: <http://cfpub.epa.gov/ncea/CFM/recordisplay.cfm?deid=199243> (дата обращения 17.11.2015).

**Рецензенты:**

Фролова О.А., д.м.н., должность, профессор кафедры Общей гигиены Государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Казанская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Казань;

Тафеева Е.А., д.м.н., доцент кафедры гигиены, медицины труда Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Казань.