

УДК 614.777 (571.63)

ОЦЕНКА РИСКА САНИТАРНО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ХАСАНСКОГО РАЙОНА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

© 2018 г. ¹П. Ф. Кикү, ²Л. В. Кислицына, ^{1,2}В. Д. Богданова, ^{1,2}К. М. Сабирова¹ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Школа биомедицины, г. Владивосток; ²ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае», г. Владивосток

Цель – провести оценку риска санитарно-химических показателей воды для населения и установить влияние качества централизованной питьевой воды на здоровье. *Методы*. Для оценки опасности питьевой воды использовались базы данных результатов исследований проб воды за 2014–2016 годы. Общие принципы расчетов взяты из руководства и методических рекомендаций. Анализ воды проведен согласно санитарным правилам и нормам. Риск санитарно-химических показателей рассчитывался для условий длительного и комбинированного перорального воздействия нескольких химических веществ исходя из ежедневного потребления населением воды с разнообразным элементным составом. При расчетах использованы стандартные значения потребления воды для взрослых (на 70 кг массы тела 2 л/сут.) и детей (на 15 кг массы тела 1 л/сут.). Для установления статистической связи применялся коэффициент корреляции Спирмена при степени значимости $p < 0,05$. *Результаты*. Анализ химических веществ в питьевой воде выявил превышения предельно допустимых концентраций по марганцу (в 1,4 раза) и железу (от 4,1 до 13,0 раза). При расчете суммарного риска определились такие наиболее подверженные влиянию химических веществ в составе воды критические органы, как кожа, органы систем кровообращения, мочеполовой и иммунной. Наибольший вклад в развитие риска патологий этих систем вносят железо и мышьяк. На уровень патологий системы кровообращения среди взрослых оказывает влияние мышьяк ($R = 0,61$), а среди детей – железо ($R = 0,79$). Коэффициент опасности был максимален для железа ($HQ = 0,833$) и мышьяка ($HQ = 0,426$) в питьевой воде для детского населения. Выявлена прямая положительная корреляционная связь между концентрацией мышьяка и патологиями кожи и подкожной клетчатки для взрослого населения района и между концентрацией железа в воде и болезнями системы кровообращения для детей. *Выводы*. Полученные результаты позволяют определить направления санитарно-гигиенических мероприятий по улучшению качества питьевой воды и сохранению здоровья населения.

Ключевые слова: оценка риска, питьевая вода, социально-гигиенический мониторинг, заболеваемость, санитарно-химические показатели

RISK ASSESSMENT SANITARY-CHEMICAL INDICATORS OF WATER FOR THE POPULATION OF THE KHASAN DISTRICT IN PRIMORSKY KRAI

¹P. F. Kiku, ²L. V. Kislitsina, ^{1,2}V. D. Bogdanova, ^{1,2}K. M. Sabirova¹Far Eastern Federal University, School of biomedicine, Vladivostok;²Center of hygiene and epidemiology in Primorsky region, Vladivostok, Russia

The aim - to conduct a risk assessment of the sanitary and chemical indicators of water for the population and to determine the impact of the quality of centralized drinking water on health. *Methods*. To assess the risk of drinking water, the database of water test results for 2014–2016 was used. General principles of calculations are taken from the manual and guidelines. The analysis of water is carried out according to sanitary rules and norms. The risk of sanitary and chemical indicators was calculated for the conditions of prolonged and combined oral exposure of several chemicals based on the daily consumption of water by the population with a diverse elemental composition. The calculations used the standard values of water intake for adults (70 kg of body 2 l/day) and children (15 kg of body 1 l/day). To establish the statistical relationship, the Spearman correlation coefficient was used at a significance level of $p < 0.05$. *Results*. Analysis of chemicals in drinking water revealed exceedances of maximum permissible concentrations for manganese (by 1.4 times) and iron (from 4.1 to 13.0 times). In calculating the total risk, the critical organs that are most susceptible to the influence of chemicals in the water, such as the circulatory system, skin, genitourinary and immune systems, have been identified. The greatest contribution to the development of the risk of diseases of these systems is made by iron and arsenic. The level of morbidity in the circulatory system among adults is affected by arsenic ($R = 0.61$), and among children iron ($R = 0.79$). The hazard ratio was maximum for iron ($HQ = 0.833$) and arsenic ($HQ = 0.426$) in drinking water for the child population. A direct positive correlation was found between arsenic concentration and the incidence of adult population in the area for skin and subcutaneous tissue, and for children between the concentration of iron in water and diseases of the circulatory system. *Conclusions*. The results allow to determine the directions of sanitary-hygienic measures aimed at improving the quality of drinking water and preserving the health of the population.

Key words: risk assessment, drinking water, socio-hygienic monitoring, morbidity, sanitary-chemical indicators

Библиографическая ссылка:

Кикү П. Ф., Кислицына Л. В., Богданова В. Д., Сабирова К. М. Оценка риска санитарно-химических показателей воды для населения Хасанского района Приморского края // Экология человека. 2018. № 6. С. 12–17.

Kiku P. F., Kislitsina L. V., Bogdanova V. D., Sabirova K. M. Risk Assessment Sanitary-Chemical Indicators of Water for the Population of the Khasan District in Primorsky Krai. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 6, pp. 12–17.

Влияние водного фактора на заболеваемость популяции является очень значимым для сохранения здоровья населения. По данным ряда исследований [12, 14, 16], в целом по стране 1 % объема исходной воды поверхностных источников соответствует показателям питьевой воды надлежащего качества. В России существует проблема обеспечения водой населения: 12–14 % водных объектов России можно отнести к экологически благополучным [18]. Положение с сельским водоснабжением считается критическим [13]. Более 50 % сельского населения используют колодезную воду, где контролируемые параметры её качества значительно хуже, чем в централизованных системах, особенно по содержанию нитратов. Поэтому сельское население по доступности к качественной питьевой воде входит в группы риска. Совершенно идентичные проблемы существуют и в Приморском крае, питьевые воды которого относятся к слабо минерализованным, а значит, помимо некачественного питьевого режима население страдает и нарушениями минерального обмена [6, 8]. По данным Минвостокразвития, 20 % населения Дальнего Востока обеспечивается недоброкачественной питьевой водой. В настоящее время для оценки качества воды недостаточно руководствоваться сравнением результатов исследований вредных химических показателей воды с предельно допустимыми значениями, необходимо установить возможность вредных эффектов для здоровья человека [1, 4, 20].

Цель работы — провести оценку риска санитарно-химических показателей воды для населения Хасанского района Приморского края и установить влияние качества централизованной питьевой воды на здоровье.

Методы

В качестве объекта исследования за период 2014–2016 годов взята питьевая вода из распределительной сети Хасанского района на 11 мониторинговых точках, пять из которых — из поверхностных источников водоснабжения, шесть — из подземных (рис. 1). Для оценки опасности питьевой воды использовались базы данных результатов исследований проб воды по органолептическим и санитарно-химическим показателям за 2014–2016 годы по Хасанскому району Приморского края. Источником информации о качестве питьевой воды являлись первичные данные ИЛЦ ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае». Риск санитарно-химических показателей рассчитывался для условий длительного и комбинированного перорального воздействия (без учета кожной абсорбции) нескольких химических веществ исходя из ежедневного потребления населением воды с разнообразным элементным составом. Для установления статистической связи применялся коэффициент корреляции Спирмена при степени значимости $p < 0,05$.



Рис. 1. Карта Хасанского района с указанием точек исследования проб воды. МТ — мониторинговая точка.

Результаты

Питьевая вода Хасанского района, поступающая из поверхностных источников (оз. Хасан, реки Гладкая, Пойма, Амба), на которых наблюдаются сезонные колебания качества воды, входит в группу риска. Рассчитанная суммарная оценка рефлекторной реакции в динамике показала, что наибольший риск отмечается в точке № 6 за 2016 год, приоритетным фактором оценки является мутность. В качестве уровня приемлемого риска рефлекторно-ольфакторных неблагоприятных эффектов следует использовать величину на уровне 0,1. Точка № 6 относится к пос. Хасан на юге Приморского края. Данная мониторинговая точка имеет поверхностный источник водоснабжения — оз. Хасан. Этот объект относится ко второй категории водопользования; для получения питьевой воды, соответствующей ГОСТ 2874-82, для водисточника требуется коагулирование, отстаивание, фильтрование и обеззараживание. Риск по мутности превысил приемлемое значение: в 2014 году на 16 %, в 2015-м — на 24, а в 2016-м — на 89,7 (рис. 2).

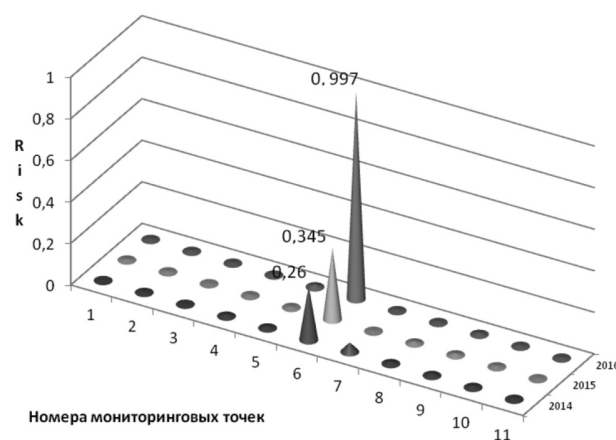


Рис. 2. Риск по органолептическим показателям в различных мониторинговых точках; расчеты проведены согласно МР 2.1.4.0032-11

Было проведено более тщательное исследование химического состава воды в распределительной сети пос. Хасан, в результате которого обнаружен

Таблица 1

Средняя концентрация химических веществ и коэффициенты опасности (НҚ) в условиях перорального воздействия химических веществ, поступающих с питьевой водой в пос. Хасан

Показатель	Среднее значение			НҚ						Поражаемые органы
				2014		2015		2016		
	2014	2015	2016	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети	
Алюминий	0,04	0,04	0,02	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,001	ЦНС
Железо	1,36	1,23	3,91	0,124	0,290	0,112	0,262	0,357	0,833	Слизистые, кожа, кровь, им- мунная система
Марганец	0,14	0,14	0,1	0,027	0,064	0,027	0,064	0,020	0,046	ЦНС, кровь
Мышьяк	0	—	0,002	0,183	0,426	—	—	0,183	0,426	Кожа, ЦНС, ССС, иммунная и гормональная системы, ЖКТ
Нефтепродукты	0,01	0,008	0,005	0,005	0,011	0,008	0,018	0,005	0,011	Почки
Никель	0	—	0,001	0,001	0,003	—	—	0,001	0,003	Печень, ССС, ЖКТ, кровь, масса тела
Нитраты	0,82	0,8	0,8	0,014	0,033	0,014	0,032	0,014	0,032	Кровь, ССС
Нитриты	0,07	0,07	—	0,019	0,045	0,019	0,045	0	0	Кровь

Примечание. «—» — отсутствие исследований.

риск рефлекторно-ольфакторных эффектов. При ориентации на среднюю тенденцию в качестве меры интенсивности воздействия использовались средние величины концентраций вещества в изучаемых средах. Обнаружены пробы с превышением предельно допустимых концентраций (ПДК) по железу (в 2014 году — в 4,5 раза, в 2015-м — в 4,1, в 2016-м — в 13) и марганцу (в 2014, 2015-х годах — в 1,4 раза). Вода, взятая из мониторинговой точки № 6, не обрабатывается такими веществами. Анализ воды из источников показал, что в пробах, взятых на водопроводной насосной станции, наблюдаются неудовлетворительные результаты с превышением ПДК по железу и марганцу (97,3 и 47,2 % соответственно) до поступления воды в распределительную сеть.

Расчеты коэффициентов для взрослого населения по пос. Хасан не выявили превышения допустимых значений. За допустимый уровень принимались значения неканцерогенных эффектов до 1,0. В 2016 году по железу для детей наибольший НҚ = 0,833 (табл. 1). Он мог оказаться одним из факторов в развитии заболеваний крови, кожи, слизистых оболочек и иммунной системы. По марганцу максимальный НҚ = 0,064 в детской популяции, превышение ПДК этого элемента не оказало влияния на его безопасность в воде.

Концентрация мышьяка, которая не превышала ПДК, оказалась существенна при расчете коэффициента и индекса опасности, особенно для детского населения (в 2016 году у детей НІ = 0,43). При расчете суммарного риска определились такие наиболее подверженные влиянию химических веществ в составе воды критические органы, как кожа и иммунная система (табл. 2). Наибольший вклад в развитие риска заболеваний этих систем вносят железо и мышьяк. Мышьяк не превышал уровень ПДК в воде (0,01 мг/л), однако его концентрация была выше, чем референтная доза при оценке параметров опасности развития неканцерогенных эффектов (RfD = 0,0003 мг/л) у детей. Суммарный индекс опасности для кожи

сложился из превышений коэффициентов опасности по мышьяку и железу.

Таблица 2

Индексы опасности (НІ) в условиях перорального поступления веществ с питьевой водой

Органы и системы	НІ					
	2014		2015		2016	
	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети	Взрослые	Дети
ЦНС	0,213	0,496	0,028	0,066	0,203	0,473
Слизистые	0,124	0,290	0,112	0,262	0,357	0,833
Кожа	0,307	0,716	0,112	0,262	0,540	1,259
Кровь	0,188	0,438	0,173	0,403	0,392	0,914
Иммунная система	0,307	0,716	0,112	0,262	0,540	1,259
Нервная система	0,183	0,426	—	—	0,183	0,426
ССС	0,198	0,462	0,014	0,032	0,198	0,461
Гормональная система	0,184	0,429	—	—	0,183	0,426
ЖКТ	0,184	0,429	—	—	0,184	0,429
Масса тела	0,001	0,003	—	—	0,001	0,003
Печень	0,003	0,007	—	—	0,001	0,003
Почки	0,006	0,014	0,008	0,018	0,005	0,011
Общий суммарный риск (ТНІ)	1,897	4,427	0,559	1,305	2,785	6,499

Между средней концентрацией мышьяка и железа в питьевой воде и заболеваемостью населения всего Хасанского района проведен корреляционный анализ за 2011–2015 годы. Определено, что концентрация железа в большей степени коррелирует с патологиями мочеполовой системы у детей (табл. 3). Связь развития заболевания кожи и подкожной клетчатки у взрослых с концентрацией мышьяка в воде подтверждается высоким индексом опасности для этого органа (в 2016 году НІ = 1,259). На патологии системы кровообращения у взрослых влияние оказывает мышьяк (P = 0,61), а у детей — железо (P = 0,79), при p < 0,05.

Таблица 3

Динамика заболеваемости населения Хасанского района в сопоставлении с динамикой средней концентрации по железу и мышьяку

Показатель/класс болезней	Год/численность					Коэффициент корреляции
	2011	2012	2013	2014	2015	
Железо	0,36	0,46	0,27	0,2	0,25	Коэффициент корреляции
Количество детей с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. нас.)						
Болезни мочеполовой системы	22,64	25,58	18,07	16,99	17,82	
Болезни системы кровообращения	0,75	0,66	0,16	0,15	0,46	
Болезни органов пищеварения	30,19	21,14	19,16	15,13	16,29	
Показатель/класс болезней	Концентрация, мг/л					Коэффициент корреляции
	2011	2012	2013	2014	2015	
Мышьяк	0,002	0,0047	0,0069	0,007	0,006	Коэффициент корреляции
Количество взрослых с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. нас.)						
Болезни кожи и подкожной клетчатки	9,57	8,83	11,05	14,57	12,9	
Болезни системы кровообращения	19,53	16,31	51,92	26,86	50,3	0,61 (p < 0,05)

Обсуждение результатов

Установленные проблемы с питьевым водоснабжением в исследуемом районе показывают, что отмечаются сезонные колебания качества питьевой воды, связанные с органолептическими показателями: цветностью, мутностью. Причиной мутности воды в реках и озерах, особенно в период паводков, является бактериальная загрязненность и высокая минерализация воды. На качество воды в местах водозабора влияют характер геологического строения бассейна, почва, растительность, промышленные предприятия вблизи источника, а также расстояние от места спуска стоков до водозабора [2, 16]. Выявленное превышение ПДК железа и марганца говорит о том, что мутность, выявленная при оценке риска органолептических показателей, могла образоваться из-за коллоидов железа и марганца, сформировавшихся в результате окисления их соединений. Осадок, образуемый этими соединениями, устраняется методом отстаивания в резервуарах чистой воды, поэтому другой причиной наличия железа в воде могут быть изношенность труб систем водоснабжения или использование при очистке железосодержащих коагулянтов, применяемых для осветления поступающей воды. Подобные результаты были получены и другими исследователями [3, 5]. Наличие в питьевой воде в повышенных концентрациях железа влияет на кроветворную систему и показатели периферической крови, на иммунную систему, включая развитие аллергических реакций, иммунотоксическое действие, на кожу, слизистые оболочки; марганца — на центральную нервную, кроветворную системы. Исследования водных источников, используемых при поливке риса, также подтверждают высокие неканцерогенные и канцерогенные эффекты [24]. В работах других авторов [7] было показано, что содержание железа в воде является приоритетным фактором в развитии не только этих, но и других заболеваний. Повышенные концентрации марганца вызывают и ряд других патологических состояний [3, 9]. Установлены статистически значимые раз-

личия химических показателей воды в точках разбора в различных зонах, которые определяют риск для здоровья населения от присутствия тяжелых металлов в воде [19, 21, 24]. В то же время проведена оценка риска загрязнения химическими веществами, включая 47 видов тяжелых металлов, летучих органических соединений, пестицидов и органических химических веществ с вычислением индекса опасности воздействия водопроводной воды, воды бутилированной и очищенной. Избыточный канцерогенный риск из образцов определен на сравнительно приемлемом уровне: 10^{-6} на риск рака и фактор опасности (HQ) 1.0 для риска неонкологического. Однако в трех видах воды (водопроводной, бутилированной, очищенной) был определен приемлемый уровень допустимого риска, превышения ПДК химических веществ были обнаружены в водопроводной и очищенной воде [20]. Необходимо отметить, что в нашей работе не оценивался фактор хлорирования воды, хотя имеется потенциальная возможность развития онкологических заболеваний у людей, употребляющих для питья хлорированную воду, чаще всего рака мочевого пузыря и прямой кишки [22]. Заслуживает внимания метод математической оценки по качеству воды здоровья и риска опасности для него в источниках питьевой воды, вызванного воздействием химических канцерогенов, радиоактивных загрязняющих веществ, а также неканцерогенных загрязняющих веществ. Результаты исследований показали, что значения рисков для здоровья, вызванных химическими канцерогенами, выше, чем стандарт рекомендуемого максимально допустимого Международной комиссией по радиологической защите, и гораздо выше, чем неканцероген-индуцированная степень риска. К тому же данный метод позволяет провести ранжирование значений рисков воздействия химических веществ [23]. Этот подход планируется использовать нами в дальнейших исследованиях.

Проведенный корреляционный анализ между концентрациями железа в воде и заболеваемостью показал, что имеется связь содержания железа и

патологии мочеполовой системы у детей. Данная зависимость отмечена и в других работах [6]. Необходимо отметить, что в исследовании [8] определена связь мочекаменной болезни с содержанием кальция и магния, так как здесь отмечаются патогенетические механизмы другой направленности, в то же время в работе [15] выявлено, что дефицит кальция и магния также вызывает высокий уровень заболеваемости. Мышьяк как токсический элемент при длительной экспозиции вызывает поражение ряда органов и систем [10, 11, 17], в том числе и кожи, как выявлено и в нашем исследовании.

Заключение

- Исследованием установлено, что в Хасанском районе органолептические показатели воды соответствуют приемлемым значениям. В поверхностном водоисточнике и в распределительной сети приоритетными загрязнителями являются марганец и железо по причине того, что отсутствует система очистки воды, используется только отстаивание.

- Оценка риска по химическим веществам, способным оказывать неблагоприятное воздействие, выявила увеличение коэффициента опасности по концентрациям железа и мышьяка в питьевой воде, которые, в свою очередь, влияют на развитие заболеваний кожи и иммунной системы.

- Анализ заболеваемости населения Хасанского района за 2011–2015 годы и средней концентрации мышьяка и железа в питьевой воде Хасанского района выявил прямую положительную корреляционную связь между содержанием мышьяка в воде и патологией кожи и подкожной клетчатки взрослого населения, а также сильную прямую связь между концентрацией железа в воде и заболеваемостью мочеполовой системы у детей.

- Полученные результаты были использованы для принятия управленческих решений по разработке санитарно-гигиенических, медико-профилактических мероприятий по сохранению здоровья населения.

Работа поддержана Дальневосточным федеральным университетом (проект «Глобальное здравоохранение в социокультурном ландшафте Азиатско-Тихоокеанского региона»).

Список литературы

1. Бобун И. И., Иванов С. И., Унгурияну Т. Н., Гудков А. Б., Лазарева Н. К. К вопросу о региональном нормировании химических веществ в воде на примере Архангельской области // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 91–95.
2. Государственный доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Приморском крае (2011–2015). Владивосток. Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Приморскому краю. Владивосток, 2016. 531 с.
3. Зайцева Н. В., Землянова М. А., Мазунина Д. Л. Особенности изменений биохимических и гематологических показателей у детей, потребляющих питьевую воду с по-

вышенным содержанием марганца // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 2. С. 41–44.

4. Зайцева Н. В., Май И. В., Шур П. З. Анализ риска здоровью населения на современном этапе // Здравоохранение Российской Федерации. 2013. № 2. С. 20–24.

5. Землянова М. А., Мазунина Д. Л., Рудакова Л. В. Оценка химического загрязнения питьевой воды централизованных источников водоснабжения токсичными металлами (на примере Пермского края) // Вода: химия и экология. 2014. № 10. С. 113–118.

6. Кикун П. Ф., Горбуркова Т. В., Ананьев В. Ю. Распространение экологозависимых заболеваний мочеполовой системы в биоклиматических зонах Приморского края // Гигиена и санитария. 2013. № 5. С. 87–91.

7. Клейн С. В., Вековщина С. А., Сбоев А. С. Приоритетные факторы риска питьевой воды и связанный с этим экономический ущерб // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 1. С. 10–14.

8. Ковальчук В. К. Особенности обеспеченности Са, Mg, Р населения Приморского края // Гигиена и санитария. 2011. № 1. С. 61–66.

9. Лужецкий К. П., Маклакова О. А., Палагина Л. Н. Нарушения жирового и углеводного обмена у детей, потребляющих питьевую воду ненормативного качества // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 1. С. 66–70.

10. Лыжина А. В., Бузинов Р. В., Унгурияну Т. Н., Гудков А. Б. Химическое загрязнение продуктов питания и его влияние на здоровье населения Архангельской области // Экология человека. 2012. № 12. С. 3–9.

11. Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Гудков А. Б. Влияние морской капусты и напитка «Альгапект» на минеральный состав крови у детей — жителей г. Мончегорска // Экология человека. 2004. № 2. С. 30–32.

12. Онищенко Г. Г. Государственная политика по укреплению здоровья российской нации // Экология человека. 2016. № 11. С. 59–64.

13. Орлов А. А. Гигиенические особенности сельского водоснабжения в современных условиях (обзор) // Гигиена и санитария. 2010. № 4. С. 25–28.

14. Рахманин Ю. А., Доронина О. Д. Стратегические подходы управления рисками для снижения уязвимости человека вследствие изменения водного фактора // Гигиена и санитария. 2010. № 2. С. 8–13.

15. Скальная М. Г., Нотова С. В. Макро- и микро-элементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты. М.: РОСМЭМ, 2004. 310 с.

16. Федорович Н. Н., Федорович А. Н., Нагерняк М. Г. и др. Мониторинг качества питьевой воды // Фундаментальные исследования. 2013. № 10 (часть 15). С. 3423–3427.

17. Ширяева И. А. Оценка влияния природных геохимических провинций Пермского края на качество питьевых вод и формирование канцерогенного риска для здоровья населения // Здоровье семьи — 21 век. 2013. № 3 (3). С. 159–175.

18. Эльпинер Л. И. Медико-экологические подходы к управлению водными ресурсами // Гигиена и санитария. 2012. № 5. С. 15–19.

19. Ab Razak N. H., Praveena S. M., Aris A. Z., Hashim Z. Drinking water studies: A review on heavy metal, application of biomarker and health risk assessment (a special focus in Malaysia) // Journal of Epidemiology and Global Health. 2015. N 5. P. 115–118.

20. Chung Y., Beck Y. S., Beck Y. M. Risk Assessment of Drinking Water Pollutants // Epidemiology. 2006. Vol. 17, N 6. P. 331–333.

21. Preston B. L. Risk-based analysis of environmental monitoring data: application to heavy metals in North Carolina surface water // *Environ. Manage.* 2002. Vol. 30, N 2. P. 279–293.

22. Villanueva C. M., Cantor K. P., Cordier S., Jaakkola J. J., King W. D., et al. Disinfection byproducts and bladder cancer: a pooled analysis // *Epidemiology*. 2004. Vol. 15, N 3. P. 357–367.

23. Xue L., Wu Ch., Geng F., Wu Y. Water Quality Health and Hazard Risk Assessment on Drinking Water Sources // 3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE 2009), Beijing, China, 11–13 June 2009, P. 5589–5592.

24. Zhang L., Mo Z., Qin J., Li Q., Wei Y., et al. Change of water sources reduces health risks from heavy metals via ingestion of water, soil, and rice in a riverine area, South China // *Science of the Total Environment*. 2015. N 5. P. 163–170.

References

1. Bobun I. I., Ivanov S. I., Unguryanu T. N., Gudkov A. B., Lazareva N. K. On the issue of regional normalization of chemicals in water as an example of the Arkhangelsk Region. *Gigiena i Sanitariya*. 2011, 3, pp. 91–95. [In Russian]

2. State report on sanitary and epidemiological conditions in Primorsky Krai (2011–2015). Vladivostok. *Upravlenie federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ei i blagopoluchiya cheloveka po Primorskoy krayu*. Vladivostok, 2016. 531 p. [In Russian]

3. Zaitseva N. V., Zemlyanova M. A., Mazunina D. L. Especially changes of biochemical and hematologic indicators in children drinking potable water with high content of manganese. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Health of the population and habitat]. 2014, 2, pp. 41–44. [In Russian]

4. Zaitseva N. V., Mai I. V., Shur P. Z. Analysis of health risk to population at the present stage. *Zdravookhranenie Rossijskoi Federatsii* [Health Care of the Russian Federation]. 2013, 2, pp. 20–24. [In Russian]

5. Zemlyanova M. A., Mazunina D. L., Rudakova L. V. Assessment of the chemical contamination of drinking water from centralized water sources with toxic metals (on the example of Perm Krai). *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology]. 2014, 10, pp. 113–118. [In Russian]

6. Kiku P. F., Gorborkova T. V., Anan'ev V. Yu. The spread of ecology-dependent diseases of the genitourinary system in bioclimatic zones of the Primorsky Krai. *Gigiena i sanitariya*. 2013, 5, pp. 87–91. [In Russian]

7. Klein S. V., Vekovshina S. A., Sboev A. S. Priority risk factors of drinking water and the related with it economical loss. *Gigiena i sanitariya*. 2016, 95 (1), pp. 10–14. [In Russian]

8. Koval'chuk V. K., Ivanova I. L. The specific features of calcium, magnesium, and phosphorus supply of the population in the Primorye Territory. *Gigiena i sanitariya*. 2011, 1, pp. 61–66. [In Russian]

9. Luzhetskii K. P., Maklakova O. A., Palagina L. N. Disorders of lipid and carbohydrate metabolism in children consuming drinking water of a non-normative quality on the content of organochlorines. *Gigiena i sanitariya*. 2016, 95 (1), pp. 66–70. [In Russian]

10. Lyzhina A. V., Buzinov R. V., Unguryanu T. N., Gudkov A. B. Chemical contamination of food and its impact on population health in Arkhangelsk region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 12, pp. 3–9. [In Russian]

11. Nikanov A. N., Krivosheev U. K., Gudkov A. B.

Influence of laminaria and the drink Algapekt on blood mineral composition in children - residents of Monchegorsk. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 2, pp. 30–32. [In Russian]

12. Onishchenko G. G. State policy on health promotion of the Russian nation. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 11, pp. 59–64. [In Russian]

13. Orlov A. A. Hygienic features of rural water supply under the present conditions (a review). *Gigiena i sanitariya*. 2010, 4, pp. 25–28. [In Russian]

14. Rakhmanin Yu. A., Doronina O. D. Strategic approaches to risk management to reduce human vulnerability due to water factor changes. *Gigiena i sanitariya*. 2010, 2, pp. 8–13. [In Russian]

15. Skal'naya M. G., Notova S. V. *Makro- i mikroehlementy v pitanii sovremennogo cheloveka: ehkologo-fiziologicheskie i social'nye aspekty* [Macro- i micronutrients in the diet of modern man: ecological physiological and social aspects]. Moscow, 2004, 310 p.

16. Fedorovich N. N., Fedorovich A. N., Nagernyak M. G. et al. Drinking water quality monitoring. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2013, 10 (15), pp. 3423–3427. [In Russian]

17. Shiryayeva I. A. Assessment of the influence of perm natural geochemical provinces on the quality of drinking water and formation of cancerogenic risk for population health. *Zdorov'e sem'i - 21 vek* [Family Health - the 21 Century]. 2013, 3 (3), pp. 159–175. [In Russian]

18. El'piner L. I. Medico-ecological approaches to the integrated management of water resources. *Gigiena i sanitariya*. 2012, 5, pp. 15–19. [In Russian]

19. Ab Razak N. H., Praveena S. M., Aris A. Z., Hashim Z. Drinking water studies: A review on heavy metal, application of biomarker and health risk assessment (a special focus in Malaysia). *Journal of Epidemiology and Global Health*. 2015, 5, pp. 115–118.

20. Chung Y., Beck Y. S., Beck Y. M. Risk Assessment of Drinking Water Pollutants. *Epidemiology*. 2006, 17 (6), pp. 331–333.

21. Preston B. L. Risk-based analysis of environmental monitoring data: application to heavy metals in North Carolina surface water. *Environmental Management*. 2002, 30 (2), pp. 279–293.

22. Villanueva C. M., Cantor K. P., Cordier S., Jaakkola J. J., King W. D., et al. Disinfection byproducts and bladder cancer: a pooled analysis. *Epidemiology*. 2004, 15 (3), pp. 357–367.

23. Xue L., Wu Ch., Geng F., Wu Y. Water Quality Health and Hazard Risk Assessment on Drinking Water Sources. *3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*. 2009, pp. 5589–5592.

24. Zhang L., Mo Z., Qin J., Li Q., Wei Y., et al. Change of water sources reduces health risks from heavy metals via ingestion of water, soil, and rice in a riverine area, South China. *Science of the Total Environment*. 2015, 5, pp. 163–170.

Контактная информация:

Кику Павел Фёдорович — доктор медицинских наук, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и профилактической медицины, Школа биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

Адрес: 690922, г. Владивосток, о-в Русский, пос. Аякс, Кампус ДВФУ, Школа биомедицины, корп. М25

E-mail: lme@list.ru