

Кику П.Ф.¹, Кислицына Л.В.², Богданова В.Д.^{1,2}, Сабирова К.М.^{1,2}

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И РИСКИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

¹ФГАОУ ВПО Дальневосточный федеральный университет, Школа биомедицины, 690950, Владивосток;

²ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае», 690091, Владивосток

Введение. Проведена оценка качества и безопасности воды централизованных систем водоснабжения Приморского края с целью гигиенической оценки уровней риска здоровью населения, связанных с употреблением питьевой воды из распределительной сети.

Материал и методы. Гигиеническая оценка питьевой воды проводилась согласно нормативным требованиям, был рассчитан эффект суммации биологического действия. В работе применялись методические рекомендации для расчёта показателя химического загрязнения воды и коэффициента полезности, а также руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ неканцерогенного и канцерогенного характера. Неканцерогенные и канцерогенные риски рассчитывались по всей питьевой воде централизованного водоснабжения исходя из среднесуточной поступающей дозы и референтной дозы химических веществ, поступающих с питьевой водой. Характеристика риска по канцерогенным и неканцерогенным эффектам осуществлялась путём сопоставления уровней экспозиции с референтными (безопасными) для здоровья человека концентрациями. Характеристика риска при комбинированном воздействии химических соединений проведена на основе расчёта индекса опасности (НИ). Исследование по канцерогенному риску проводилось по веществам, которые идентифицированы как канцерогены в соответствии с классификацией международного агентства по изучению рака.

Результаты. Показано, что наиболее высокий вклад в неблагоприятное воздействие в питьевой воде мышьяка, нитратов, железа, кремния и нефтепродуктов. По значениям индексов опасности неблагоприятно действуют от химических веществ в питьевой воде подвергаются кожа и слизистые оболочки, центральная нервная система, иммунная система, эндокринная система, органы кровообращения и пищеварения. Индивидуальный канцерогенный риск колеблется в пределах от пренебрежительно малого до верхней границы приемлемого канцерогенного риска. Оценка показателя полноценности питьевой воды выявила дефицитную ситуацию по кальцию, натрию, фтору и общей минерализации воды. Оценка риска по мышьяку, тетрахлоэтилену и хлороформу, обладающих канцерогенными свойствами и являющихся наиболее приоритетными загрязнителями питьевой воды, показала, что индивидуальные уровни рисков по этим веществам относятся к первому и второму диапазонам, что соответствует допустимому и предельно-допустимому риску.

Заключение. Санитарно-гигиеническая оценка централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения на территории Приморского края показала, что качество питьевой воды зависит от концентрации мышьяка, нитратов, железа, кремния и нефтепродуктов.

Ключевые слова: централизованное водоснабжение; питьевая вода; риск здоровью населения.

Для цитирования: Кику П.Ф., Кислицына Л.В., Богданова В.Д., Сабирова К.М. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 94-101.

Для корреспонденции: Кику Павел Фёдорович, доктор мед. наук, канд. тех. наук, проф., зав. каф. общественного здоровья и профилактической медицины Школа биомедицины, Дальневосточный федеральный университет. E-mail: lme@list.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 12.02.2018

Принята к печати 18.10.2018

Kiku P.F.¹, Kisliitsyna L.V.², Bogdanova V.D.^{1,2}, Sabirova K.M.^{1,2}

HYGIENIC EVALUATION OF THE QUALITY OF DRINKING WATER AND RISKS FOR THE HEALTH OF THE POPULATION OF THE PRIMORYE TERRITORY

¹Far Eastern Federal University, School of biomedicine, Vladivostok, 690950, Russian Federation;

²Center of hygiene and epidemiology in Primorsky region, Vladivostok, 690091, Russian Federation

Introduction. The assessment of water quality and safety of centralized water supply systems in the Primorsky Krai was carried out in order to assess hygiene levels of public health risks associated with drinking water from the distribution network.

Material and methods. The data of laboratory studies on sanitary and chemical parameters in drinking water of the distribution network of the Primorsky region were used. Hygienic assessment of drinking water was carried out according to regulatory requirements, the effect of summation of biological effect was calculated. The work used methodological recommendations for calculating the index of chemical water pollution and the utility coefficient, as well as a guide for assessing the health risks of the population when exposed to chemicals of a non-carcinogenic and carcinogenic nature. Non-carcinogenic and carcinogenic risks were calculated for all potable water of centralized water supply based on the average daily intake dose and the reference dose of chemicals supplied with drinking water. The risk profile for carcinogenic and non-carcinogenic effects was achieved by comparing exposure levels with reference concentrations (safe) for human health. The risk profile for the combined effects of chemical compounds is based on the calculation of the hazard index (HI). A study on carcinogenic risk was carried out for substances that are identified as carcinogens according to the classification of an international agency for the study of cancer. For the analysis and statistical processing of information, the program "MS Excel" was used.

Results. An assessment of the sanitary and epidemiological safety of centralized systems of domestic and drinking water supply in the region showed that the highest contribution to poor health is made by the content of arsenic,

nitrates, iron, silicon, and petroleum products in drinking water. According to the values of hazard indices, the skin and mucous membranes, the central nervous system, the immune system, the endocrine system, the circulatory and digestive organs are exposed to adverse effects from chemicals in drinking water. The individual carcinogenic risk ranges from negligibly small to the upper limit of acceptable carcinogenic risk. Assessment of the potable water value indicator revealed a deficit situation in calcium, sodium, fluorine and general mineralization of water. The risk assessment for arsenic, tetrachlorethylene, and chloroform, which have carcinogenic properties and are the most important pollutants of drinking water, has shown that the individual risk levels for these substances are within the first and second ranges, which corresponds to the allowable and maximum allowable risk.

Discussion. Arsenic concentration in adults was found to be not detected with risks greater than one, while for children, the non-carcinogenic risk from arsenic exceeded the level of safe exposure ($HQ > 1$), because children are more susceptible to toxic substances due to their relatively large volume of respiration and the rate of gastrointestinal absorption (due to greater permeability of the intestinal epithelium), and also due to the immature system of detoxification enzymes and a relatively lower rate of excretion of toxic chemicals. According to the level of non-carcinogenic risk for children, nitrates follow arsenic. Nitrates have a hypoxic effect, increasing the concentration of the irreversible form of hemoglobin - methemoglobin. The toxicity of nitrates is related to their transformation into the human body into nitrosamines. As a result, the child's organism responds more sharply than in adults to the presence of chemicals in the water. The general mineralization of drinking water is one of the integral index of the quality of drinking water. Calcium and magnesium deficiency can be an independent risk factor for the development of various diseases and manifest pathologies of the cardiovascular system: coronary heart disease, hypertensive disease, myocardial infarction, etc. The tap water is known to be is not overloaded with carbonates, since they can lead to spoilage of water pipes. Therefore, to enrich the water with calcium and magnesium, the technology of creating bottled water uses mineral additives, which means that such water can become an additional source of minerals.

Conclusion. Sanitary and hygienic assessment of centralized systems of domestic and drinking water supply in the Primorsky Territory has shown that the quality of drinking water depends on the concentration of arsenic, nitrates, iron, silicon and petroleum products. It should be noted that with the daily use of water from the distribution network throughout life, the likelihood of developing harmful effects on the health of adults and children is insignificant.

Key words: centralized water supply; drinking water; risk to public health.

For citation: Kiku P.F., Kislitsyna L.V., Bogdanova V.D., Sabirova K.M. Hygienic evaluation of the quality of drinking water and risks for the health of the population of the Primorye territory. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(1): 94-101. (In Russ.).

For correspondence: Pavel F. Kiku, MD, Ph.D., DSci., Professor, head of the Department of public health and preventive medicine, Far Eastern Federal University, School of biomedicine, Vladivostok, 690950, Russian Federation. E-mail: lme@list.ru

Information about authors:

Kiku P.F., <https://orcid.org/0000-0003-3536-8617>; Bogdanova V.D., <https://orcid.org/0000-0002-5580-5442>; Sabirova K.M., <http://orcid.org/0000-0003-4217-4829>

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received: 12 February 2018

Accepted: 18 October 2018

Введение

Питьевая вода – это основной компонент среды обитания, содержание вредных веществ в которой негативно отражается на здоровье людей. Проблема питьевого водоснабжения является чрезвычайно актуальной, а обеспечение населения доброкачественной водой – одной из главных составляющих качества жизни населения [3, 18, 21, 24, 27, 29].

К качеству питьевой воды предъявляют строгие требования, поскольку недоброкачественная вода может быть причиной возникновения инфекционных болезней и гельминтозов [5, 28]. Также вода может быть источником ряда заболеваний неинфекционной природы, обусловленных химическим природным составом и загрязнением водоёмов химическими веществами [7, 10, 17].

Наиболее значимым для задач санитарно-эпидемиологического надзора представляется обеспечение населения качественной питьевой водой [11, 22]. В настоящее время активное использование водных ресурсов приводит к увеличению антропогенной нагрузки на источники питьевой воды, что, в свою очередь, сказывается на усложнении методов очистки воды, водоотведении и повышении эффективности работы водопроводно-канализационных предприятий [1, 2, 9, 13, 26].

Во многих странах мира оценка риска здоровью человека признаётся как один из наиболее приоритетных методов в системе химической безопасности по охране окружающей среды здоровья населения. В настоящее время концепция оценки риска практически во всех странах мира и международных организациях рассматривается в качестве главного механизма разработки и принятия управленческих решений как на международном, государственном или региональном уровнях, так и на уровне от-

дельного производства или другого потенциального источника загрязнения окружающей среды [6, 12, 19]. Методология оценки риска, главным образом, предназначена для определения приоритетов среди целого спектра негативных воздействий вредных веществ, содержащихся в окружающей среде, на здоровье человека, что закладывает научную основу управления риском. Использование концепции риска позволяет делать количественный прогноз последствий загрязнения окружающей среды, в том числе и гидросферы [17, 23, 25]. Наряду с нормативным подходом в РФ широко используется методология оценки риска для здоровья населения, обусловленного неблагоприятным воздействием факторов окружающей среды, в том числе питьевой воды неудовлетворительного качества [1, 2–4, 7, 15].

В Приморском крае на текущее время обеспечены питьевой водой надлежащего качества 87,7% населения. На 2016 год из общего количества водопроводов (397) в Приморском крае на 18(4,5%) водопроводах отсутствует необходимый комплекс очистных сооружений; на 27 водопроводах отсутствуют обеззараживающие установки¹. В этой связи было проведено гигиеническое исследование качества потребления воды населением Приморского края.

Цель работы – гигиеническая оценка уровней риска здоровью населения Приморского края, связанных с употреблением питьевой воды из распределительной сети.

¹ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Приморском крае в 2016 году». Владивосток: Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Приморскому краю, 2017. С. 9.

Материал и методы

В основу проведённого анализа легли данные лабораторных исследований за 2016 год по санитарно-химическим показателям в питьевой воде распределительной сети Приморского края, выполненные ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае». Гигиеническая оценка питьевой воды проводилась согласно нормативным требованиям СанПин 2.1.4.1074–01² и ГН 2.1.5.1315–03³. Согласно пункта 3.4.4. СанПиНа 2.1.4.1074–01 для данных веществ был рассчитан эффект суммации биологического действия. В работе применялись методические рекомендации МР № 01-19/17–17⁴ для расчёта показателя химического загрязнения воды и коэффициента полезности, а также руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ неканцерогенного и канцерогенного характера Р 2.1.10.1920–04⁵. Для анализа и статистической обработки информации использовалась программа «MS Excel».

Среди санитарно-химических показателей для оценки риска учитывались 12 химических веществ, которые в концентрациях, находящихся выше пороговых значений, могли бы нанести неканцерогенный риск здоровью населения. Из них 3 вещества отнесены к первому классу опасности (мышьяк, тетрахлорэтилен и хлороформ). Ко второму классу опасности относится кремний и никель. Другие 5 веществ отнесены к третьему классу опасности (алюминий, железо, марганец, нитраты и магний). К четвёртому классу относятся аммиак и нефтепродукты, они считаются умеренно опасными (ГН 2.1.5.1315–03).

Неканцерогенные и канцерогенные риски рассчитывались по всей питьевой воде централизованного водоснабжения Приморского края исходя из среднесуточной поступающей дозы и референтной дозы химических веществ, поступающих с питьевой водой. При отсутствии данных по величине референтной дозы для кремния использовалась величина предельно-допустимой концентрации. Характеристика риска по канцерогенным и неканцерогенным эффектам осуществлялась путём сопоставления уровней экспозиции с референтными (безопасными) для здоровья человека концентрациями. На этом этапе были исключены алюминий, марганец и никель, так как их концентрации не превышали безопасную для здоровья дозу. Характеристика риска при комбинированном воздействии химических соединений проведена на основе расчёта индекса опасности (ИО). Исследование по канцерогенному риску проводилось по веществам, которые идентифицированы как канцерогены в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920–04 по классификации МАИР (международное агентство по изучению рака).

Результаты

По результатам анализа данных Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга из 30 территорий Приморского края выделены 13 территорий, где удельный вес проб питьевой воды превышает краевой по санитарно-химическим показателям не соответствующим гигиеническим нормативам (табл. 1). Наибольшее количество неудовлетворительных проб воды по санитарно-химическим показателям обнаружено в Хорольском районе – 43,7% (59 из 135 проб превысили ПДК по цветности, мутности, железу и кремнию).

На 20 территориях Приморского края в питьевой воде было обнаружено превышение нормативов либо санитарно-химических, либо микробиологических показателей, или тех и других.

Проведённый расчёт величины антропогенной нагрузки на распределительную сеть Приморского края выявил районы с

Таблица 1

Процент неудовлетворительных проб воды по санитарно-химическим показателям на территории края

Административные территории	Количество исследований	Несоответствие гигиеническим нормативам	
		абс.	%
г. Дальнегорск	404	0	0
Кавалеровский р-н	312	0	0
Красноармейский р-н	37	37	0
Пожарский р-н	144	0	0
Тернейский р-н	88	0	0
Ольгинский р-н	224	4	1,8
г. Партизанск	243	5	2,06
Яковлевский р-н	220	7	3,2
г. Находка	643	25	3,9
Шкотовский р-н	660	37	5,6
г. Артём	243	17	6,9
Анучинский р-н	176	14	7,9
Партизанский р-н	708	70	9,9
г. Дальнереченск	140	16	11,4
Лазовский р-н	216	25	11,6
Хасанский р-н	472	57	12,1
Приморский край	9826	1198	12,2
г. Лесозаводск	69	10	14,5
Чугуевский р-н	184	28	15,2
Пограничный р-н	259	41	15,8
г. Спасск-Дальний	910	144	15,8
г. Уссурийск	562	96	17,1
Надеждинский р-н	480	84	17,5
г. Арсеньев	216	42	19,4
Кировский р-н	91	22	24,2
Октябрьский р-н	368	91	24,7
Михайловский р-н	404	110	27,2
Ханкайский р-н	336	96	28,5
Черниговский р-н	168	48	28,6
Хорольский р-н	135	59	43,7

наиболее высоким показателем химического загрязнения воды (табл. 2). Наиболее высокая величина антропогенной нагрузки на распределительную сеть определилась в Хорольском и Кировском районах $K_{\text{вода}} = 13$. Наиболее благоприятными в этом отношении районами оказались Кавалеровский и Тернейский, в которых $K_{\text{вода}} < 1$.

Коэффициент опасности для взрослых, по которому возможно было бы обнаружить вредный эффект, не превысил уровень ни по одному из химических веществ, определяемых в питьевой воде (железо, мышьяк, нефтепродукты, нитраты, тетрахлорэтилен, хлороформ, аммиак, кремний). Для взрослых максимальное значение коэффициента опасности HQ от мышьяка составил 0,6.

Оценка трёх химических веществ (мышьяка, тетрахлорэтилена и хлороформа), обладающих канцерогенными свойствами и являющихся наиболее приоритетными загрязнителями питьевой воды, выявила, что индивидуальные уровни рисков по этим веществам относятся к первому и второму диапазонам, что соответствует допустимому и предельно-допустимому риску.

По результатам исследования оценки риска питьевой воды, поступающей из распределительной сети на территории Приморского края, получено, что формируемые уровни неканцерогенного риска характеризуются как допустимые ($HQ < 1$, $HI < 1$). На этапе оценки риска неканцерогенного воздействия выделено пять химических веществ с наиболее высоким коэффициентом

² СанПин 2.1.4.1074–01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

³ ГН 2.1.5.1315–03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

⁴ МР № 01-19/17–17 «Методические рекомендации. Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения».

⁵ Р 2.1.10.1920–04 «Оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

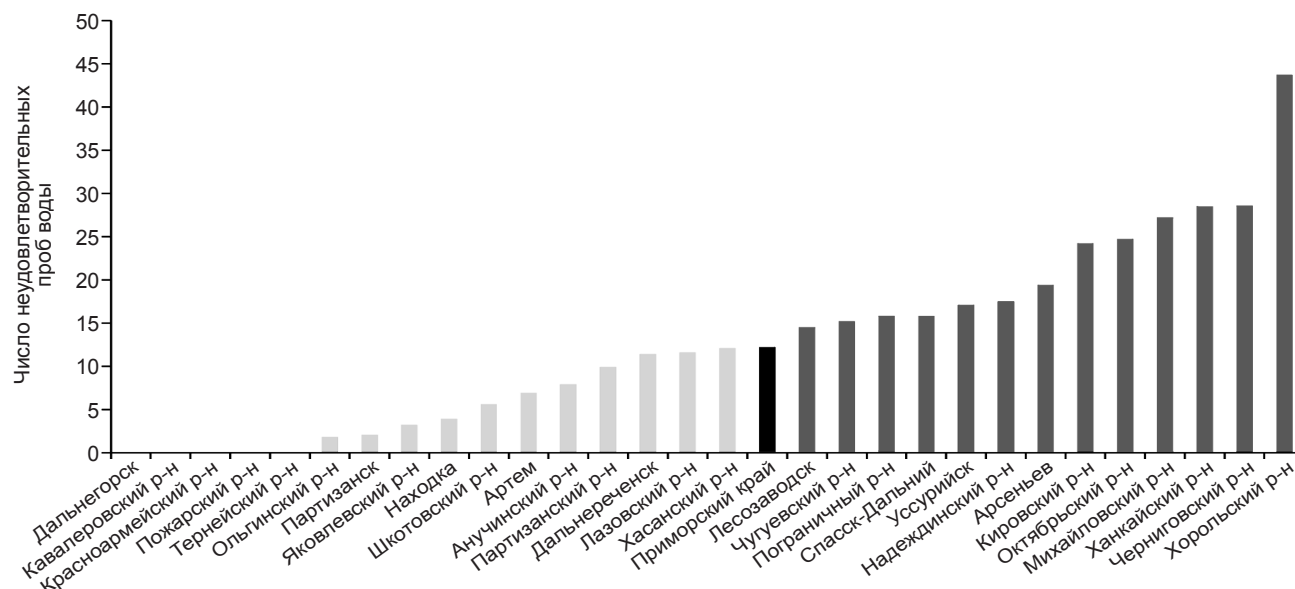


Рис. 1. Процент неудовлетворительных проб воды по санитарно-химическим показателям на территориях края.

опасности. Ведущим химическим загрязнителем, влияющим на здоровье как детей, так и взрослых является мышьяк.

Для детского населения коэффициент опасности мышьяка был обнаружен в 12 районах края выше порогового значения ($HQ > 1$). Максимальный коэффициент равный 1,34 от воздействия мышьяка определен в Партизанском районе при концентрации равной 0,0063 мг/л, что составляет 0,13 ПДК ($HQ = 0,30$ в 2015 г., $HQ = 0,26$ в 2014 г.). Коэффициент опасности при длительных воздействиях воды с данным элементом составом превысил безопасный уровень (табл. 3).

По уровню неканцерогенного риска для детского населения следующим за мышьяком идут нитраты. Нитраты обладают гипоксическим действием, увеличивая концентрацию необратимой формы гемоглобина – метгемоглобина. Токсичность нитратов связана с превращением их в организме человека в нитрозамины [14].

Превышения ПДК нитратов в питьевой воде (45 мг/л) ни в одном из районов не выявлено. Проведенный расчёт по средним концентрациям нитратов в Приморском крае выявил наиболее высокий показатель риска для детей в Красноармейском районе $HQ = 0,84$ при средней концентрации нитратов в распределительной сети 21 мг/л ($HQ = 0,40$ в 2015 г., $HQ = 0,12$ в 2014 г.).

Третьим показателем по значимости неканцерогенного эффекта в Приморском крае является общее железо, для которого референтная концентрация равна 0,3 мг/л. Наибольшая величина средней концентрации в распределительной сети определена в Кировском районе и составила 1,51 мг/л (5 ПДК), что выше уровня концентрации железа по Приморскому краю. Коэффициент опасности $HQ = 0,14$, что означает незначительный неканцерогенный риск от железа ($HQ = 0,05$ в 2015 г., 2014 г.).

Для кремния концентрация данного элемента приравнивается к ПДК, и максимальный коэффициент опасности определен в Надеждинском районе при результате 1,99 ПДК $HQ = 0,13$ ($HQ = 0,11$ в 2015 г., $HQ = 0,12$ в 2014 г.).

Нефтепродукты с незначительным превышением ПДК выявлены в Черниговском районе, неканцерогенный риск при референтном значении 0,03 мг/л и средней обнаруженной концентрации в 0,1 мг/л дали коэффициент опасности для детского населения равный 0,22, что не является показателем для принятия мер ($HQ = 0,01$ в 2015 г., $HQ = 0,06$ в 2014 г.).

В Кировском районе определен максимальный индекс опасности развития патологий у детей со стороны кожи, слизистых и иммунной системы ($HI = 1,8$) при пероральном поступлении с питьевой водой, что связано с высокими концентрациями мышьяка и железа в этом районе. На втором месте оказался Партизанский район: максимальный риск развития заболеваний цен-

Таблица 2

Показатель суммарного химического загрязнения воды (К) в Приморском крае

Административная территория	$K_{\text{вода}}$
Кавалеровский р-н	0,10
Тернейский р-н	0,16
г. Дальнегорск	0,18
Ольгинский р-н	0,59
г. Находка	1,38
Лазовский р-н	2,14
Яковлевский р-н	2,16
г. Партизанск	2,20
Пожарский р-н	2,45
Ханкайский р-н	2,48
Анучинский р-н	2,66
Шкотовский р-н	2,75
г. Лесозаводск	3,02
г. Артём	3,04
Дальнереченск	3,50
Черниговский р-н	3,56
Партизанский р-н	3,86
г. Владивосток	3,98
Пограничный р-н	4,00
г. Арсеньев	4,14
Хасанский р-н	4,28
Надеждинский р-н	4,58
Красноармейский р-н	4,68
Чугуевский р-н	4,82
г. Уссурийск	4,98
Спасск-Дальний	5,07
Михайловский р-н	6,00
Октябрьский р-н	8,34
Кировский р-н	13,00
Хороловский р-н	13,08

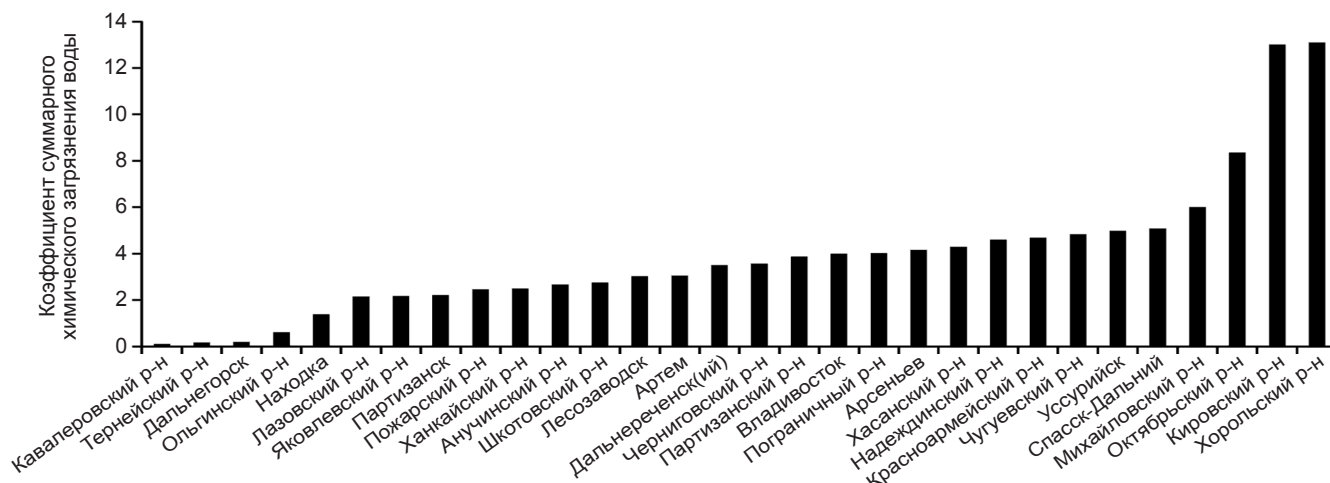


Рис. 2. Показатель суммарного химического загрязнения воды в Приморском крае.

Таблица 3

Коэффициент опасности для детского населения под воздействием мышьяка в Приморском крае в 2014–2016 гг.

Административная территория	Мышьяк HQ (коэффициент опасности)		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Красноармейский р-н	0,00	0,00	0,00
г. Лесозаводск	0,04	0,00	0,00
г. Спасск-Дальний	0,23	0,15	0,00
Хорольский р-н	0,00	0,00	0,00
Черниговский р-н	0,00	0,43	0,00
Дальнереченский р-н	0,00	0,00	0,00
Тернейский р-н	0,00	0,00	0,00
Кавалеровский р-н	0,00	0,00	0,00
г. Дальнегорск	0,00	0,00	0,00
Ханкайский р-н	0,00	0,30	0,03
Ольгинский р-н	0,47	0,43	0,15
г. Находка	0,15	0,19	0,17
г. Владивосток	0,47	0,53	0,43
Надеждинский р-н	0,43	0,49	0,43
г. Партизанск	0,47	0,43	0,43
г. Артём	0,43	0,40	0,43
Лазовский р-н	0,43	0,43	0,53
г. Арсеньев	1,07	1,07	1,07
Кировский р-н	0,04	0,04	1,07
Михайловский р-н	1,07	1,07	1,07
Октябрьский р-н	1,07	1,07	1,07
Пограничный р-н	1,07	1,07	1,07
г. Уссурийск	1,07	1,07	1,07
Анучинский р-н	1,07	1,07	1,07
Пожарский р-н	0,04	0,04	1,07
Яковлевский р-н	0,00	0,00	1,07
Хасанский р-н	1,53	1,30	1,17
Шкотовский р-н	0,66	0,47	1,21
Чугуевский р-н	1,07	1,07	1,28
Партизанский р-н	0,32	0,30	1,49

тральной нервной и эндокринной систем ($HI = 1,4$) проявился за счёт мышьяка и хлорсодержащих веществ в воде.

На формирование сердечно-сосудистых заболеваний и нарушения в работе желудочно-кишечного тракта могут оказывать мышьяк и нитраты, риск от их влияния подтверждается высоким индексом опасности по этим заболеваниям в Партизанском и Чугуевском районах. Результаты расчёта эффекта суммации биологического действия по веществам, отнесённым к первому классу опасности, выявил превышение нормативного показателя (≤ 1) в Арсеньеве в 1,35 раз, во Владивостоке – в 1,6 раз и в Октябрьском районе – в 4,6 раз.

Индивидуальный канцерогенный риск здоровью населения Приморского края обусловлен пероральным поступлением с питьевой водой химических веществ канцерогенной природы. Значимым показателем при оценке влияния мышьяка, хлороформа и тетрахлорэтилена является индекс опасности поражения органов центральной и периферической нервных систем детей (наибольший $HI = 1,4$ в Партизанском районе). В Красноармейском, Хорольском, Черниговском и Тернейском районах анализ канцерогенного риска не проводился, так как в воде этих районов мышьяк не был обнаружен, результаты лабораторных исследований были зафиксированы с нулевым значением, а также не были проведены исследования на хлорсодержащие вещества.

Исследования на тетрахлорэтилен, хлороформ и мышьяк проводятся в 26 районах края. В Октябрьском районе вместо тетрахлорэтилена зафиксирован трихлорэтилен, что было определено исходя из результатов ежемесячного мониторинга прошлых лет обоих соединений. В Ханкайском, Дальнереченском, Ольгинском, Кавалеровском, Лесозаводском районах рассчитанный суммарный канцерогенный риск не превышает $1,0 \cdot 10^{-6}$ и оценивается как пренебрежимо малый, что не требует дополнительных мер по его снижению.

На 21 территории Приморского края индивидуальный канцерогенный риск в течение всей жизни колеблется от $1,0 \cdot 10^{-6}$ до $1,0 \cdot 10^{-5}$, что соответствует пределам приемлемого риска, верхней границей которого для питьевой воды, по рекомендациям ВОЗ, является уровень $1,0 \cdot 10^{-5}$, при котором требуется проведение постоянного контроля (табл. 4). Наиболее высокое значение суммарного канцерогенного риска ($TCR = 7,0 \cdot 10^{-6}$) отмечено в г. Арсеньев.

По рассчитанному для населения края уровню популяционных канцерогенных рисков, который составил 3,8 дополнительных случаев злокачественных новообразований при суммарном воздействии канцерогенов, был выделен на первое место город Владивосток. Это связано с тем, что население города Владивостока на 96,2% обеспечено водой из централизованных систем питьевого водоснабжения.

Оценивая сложившуюся санитарно-гигиеническую ситуацию и наличие в питьевой воде химических элементов, необходимых для нормальной жизнедеятельности человеческого

Таблица 4

Административные территории Приморского края с диапазоном индивидуального канцерогенного риска, соответствующим предельно-допустимому

Административная территория	Мышьяк	Тетрахлорэтилен*	Хлороформ	Канцерогенный риск	
				суммарный	популяционный
г. Дальнегорск	0	0	1,2E-06	1,2E-06	0,05
г. Находка	5,7E-07	3,7E-07	3,4E-07	1,3E-06	0,20
г. Спасск-Дальний	0	1,2E-07	1,2E-06	1,3E-06	0,06
Лазовский р-н	1,8E-06	0	0	1,8E-06	0,02
г. Партизанск	1,4E-06	3,7E-07	3,6E-07	2,2E-06	0,10
Надеждинский р-н	1,4E-06	3,7E-07	7,2E-07	2,5E-06	0,10
г. Артём	1,4E-06	3,7E-07	1,4E-06	3,2E-06	0,37
Кировский р-н	3,6E-06	0	0	3,6E-06	0,07
Пограничный р-н	3,6E-06	0	0	3,6E-06	0,08
Анучинский р-н	3,6E-06	0	0	3,6E-06	0,05
Михайловский р-н	3,6E-06	3,7E-07	7,0E-08	4,0E-06	0,12
Чугуевский р-н	4,3E-06	0	0	4,3E-06	0,10
г. Уссурийск	3,6E-06	3,7E-07	4,2E-07	4,4E-06	0,85
Хасанский р-н	3,9E-06	3,7E-07	9,3E-08	4,4E-06	0,14
Шкотовский р-н	4,1E-06	3,7E-07	0	4,4E-06	0,11
Пожарский р-н	3,6E-06	3,7E-07	1,1E-06	5,0E-06	0,15
Яковлевский р-н	3,6E-06	3,7E-07	1,1E-06	5,1E-06	0,07
Партизанский	4,5E-06	3,7E-07	3,6E-07	5,2E-06	0,15
г. Владивосток	1,4E-06	3,7E-06	8,6E-07	6,0E-06	3,77
Октябрьский р-н	3,6E-06	2,5E-6	1,4E-07	6,2E-06	0,17
г. Арсеньев	3,6E-06	6,1E-07	2,8E-06	7,0E-06	0,37

Примечание. * – для Октябрьского района был просчитан риск, связанный с содержанием трихлорэтилена.

организма, выявлены сниженные концентрации сухого остатка в сравнении с оптимальными значениями. Проведённая оценка показателя полноценности питьевой воды, несмотря на отсутствие в некоторых районах исследований воды по кальцию, натрию и фтору, выявила дефицитную ситуацию по краю. Самая низкая минерализация определилась в Хорольском районе и составила 3,3% от оптимальной величины 500 мг/л, установленной по расчётам МР № 01-19/17-17. Согласно этому нормативному документу результаты питьевой воды в Хорольском районе показывают отсутствие фтора. Во всей питьевой воде Приморского края содержание фтора, кальция и натрия не соответствует норме, регламентируемой с позиции физиологической полноценности воды.

Обсуждение

Оценки риска питьевой воды по концентрации мышьяка показала, что для взрослых не были обнаружены риски, превышающие единицу, в то же время для детей неканцерогенный риск от мышьяка превысил уровень безопасного воздействия ($HQ > 1$), т. к. дети более чувствительны к токсичным веществам из-за их относительно большего объёма дыхания и скорости желудочно-кишечной абсорбции (вследствие большей проницаемости эпителия кишечника), а также из-за незрелой системы детоксикационных ферментов и относительно меньшей скорости экскреции токсичных химических веществ [14, 16]. По уровню неканцерогенного риска для детского населения следующим за мышьяком идут нитраты. Нитраты обладают гипоксическим действием, увеличивая концентрацию необратимой формы гемоглобина – метгемоглобина. Токсичность нитратов связана с превращением их в организме человека в нитрозамины [14]. Вследствие этого организм ребенка более остро реагирует, чем у взрослых на присутствие химических веществ в воде. По результатам исследований, выполненных в 2016 году, неканцерогенного риска было выявлено, что у детского населения Приморского края при пероральном поступлении токсикантов с питьевой водой могут раз-

виться некоторые заболевания кожи и слизистых оболочек, центральной нервной системы, иммунной и эндокринной систем, органов кровообращения и пищеварения. Это подтверждается исследованиями других авторов [17, 23].

Оценка трёх химических веществ (мышьяка, тетрахлорэтилена и хлороформа), обладающих канцерогенными свойствами и являющихся наиболее приоритетными загрязнителями питьевой воды, показала, что индивидуальные уровни рисков по этим веществам относятся к первому и второму диапазонам, что соответствует допустимому и предельно-допустимому риску.

Общая минерализация питьевой воды является одним из интегральных показателей качества питьевой воды [8]. Для аналитической оценки общей минерализации воды используют показатель сухого остатка, определяемый посредством упаривания и взвешивания, однако при использовании этого метода результат оказывается существенно заниженным по сравнению с фактическим значением общей минерализации примерно наполовину содержания гидрокарбонат-ионов в воде. В процессе упаривания бикарбонаты подвергаются термическому разложению с выделением углекислого газа. Дефицит кальция и магния может являться самостоятельным фактором риска развития различных заболеваний и проявляться патологиями сердечно-сосудистой системы: ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью, инфарктом миокарда и др. [19, 30]. Известно, что водопроводную воду не перенагружают карбонатами, так как они могут приводить к порче водопроводов. Поэтому для обогащения воды кальцием и магнием в технологии создания бутилированной воды используют минеральные добавки, а значит такая вода может стать дополнительным источником минералов [20].

Заключение

Санитарно-гигиеническая оценка централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения на территории Приморского края показала, что качество питьевой воды зависит от концентрации мышьяка, нитратов, железа, кремния и нефтепродук-

тов. Следует отметить, что при ежедневном употреблении воды из распределительной сети Приморского края в течение всей жизни вероятность развития вредных эффектов для здоровья взрослого и детского населения незначительна.

Л и т е р а т у р а (пп. 25–30 см. References)

1. Абрамкин А.В., Рахманов Р.С. К вопросу о качестве питьевой воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения республики Мордовия. *Здоровье населения и среда обитания*. 2017; 2(287):41-43.
2. Алферов И.Н., Яковенко Н.В. Проблема обеспечения качественной питьевой водой населения водоемного региона Оренбургской области. *Экология человека*. 2016; (4): 3-8.
3. Бурлибаев М.Ж., Неронова Т.И., Саидов И.И., Мирхашимов И.Х., Кайдарова Р.К. и др. *Перспективы гармонизации стандартов и норм качества вод в странах Центральной Азии и Водной рамочной директивы Европейского союза*. Алматы: ОО «OST-XXI век», 2010. 240 с.
4. Заводова Е.И., Леонова А.А., Оськина О.Ф. Характеристика риска для здоровья населения города Саранска Республики Мордовия, связанного с качеством питьевой воды централизованного водоснабжения. *Анализ риска здоровью*. 2014; (4): 47-51.
5. Загайнова А.В., Рахманин Ю.А., Талаева Ю.Г., Иванов С.И., Артемова Т.З., Недачин А.Е. и др. Оценка микробного риска для установления зависимости между качеством воды и заболеваемостью населения кишечными инфекциями. *Гигиена и санитария*. 2010; (3): 28-31.
6. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью населения на современном этапе. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2013; (2): 20-24.
7. 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): 113-118.
8. Кенесариев У.И., Досмухаметов А.Т., Амрин М.К., Ержанова А.Е., Баймухамедов А.А. Интегральная оценка риска здоровью при использовании питьевой воды, производимой опреснительным заводом «Каспий». *Анализ риска здоровью*. 2013; (1): 58-64.
9. Коньшина Л.Г., Лежнин В.Л. Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(3):5-10.
10. Мазаев В.Т., Ильницкий А.П., Шлепина Т.Г. *Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения*. М.: Медицинское информационное агентство; 2008.
11. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(3): 5-9.
12. Онищенко Г.Г. Оценка и управление рисками для здоровья как эффективный инструмент решения задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации. *Анализ риска здоровью*. 2013; (1): 4-14.
13. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Особенности питьевой воды Магадана и здоровье населения. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (3): 241-6.
14. Лужецкий К.П., Шур П.З., Устинова О.Ю., Долгих О.В., Кирьянов Д.А., Чигвинцев В.М. Оценка индивидуального риска метаболических нарушений у детей при экспозиции хлороформом с питьевой водой. *Анализ риска здоровью*. 2015; (4): 28-35.
15. Савельев С.И., Трухина Г.М., Бондарев В.А., Нахичеванская Н.В. Развитие социально-гигиенического мониторинга на региональном уровне. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11):1033-6.
16. Степанова Н.В., Валеева Э.Р., Фомина С.Ф., Зиятдинова А.И. Оценка неканцерогенного риска для здоровья детского населения при потреблении питьевой воды. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11): 1079-83.
17. Стёпкин Ю. И., Мамчик Н. П., Платунин А. В., Колнет И. В., Русин В. И. Оценка риска здоровью населения Воронежской области, связанная с загрязнением питьевой воды химическими веществами. *Гигиена и санитария*. 2012; (5):105-6.
18. Рахманин Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А. 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспективы. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(2):5-18.
19. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Сеницына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования. *Анализ риска здоровью*. 2015; (2): 4-11.
20. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Алексеева А.В. Бутилированные питьевые воды как фактор повышения качества жизни. *Контроль качества продукции*. 2015; (9):14-9.
21. Тулакин А.В., Цыплакова Г.В., Амплеева Г.П. Региональные проблемы обеспечения гигиенической надежности питьевого водопользования. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11):1025-8.
22. Федорович Н.Н., Федорович А.Н., Нагерьняк М.Г. и др. Мониторинг качества питьевой воды. *Фундаментальные исследования*. 2013; (10-15): 3423-7.
23. Фридман К.Б., Новикова Ю.А., Белкин А.С. Оценка риска для здоровья в целях гигиенической характеристики систем водоснабжения. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(7): 686-9.
24. Эльпинер Л.И. Медико-экологические аспекты кризиса питьевого водоснабжения. *Гигиена и санитария*. 2013; (6): 38-44.

References

1. Abramkin A.V., Rakhmanov R.S. To the question about the quality of drinking water system of centralized drinking water supply of Republic of Mordovia [K voprosu o kachestve pit'evoy vody sistem tsentralizovannogo khozyaystvenno-pit'evogo vodosnabzheniya respubliki Mordoviya]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2017; 2(287): 41-43. (in Russian)
2. Alferov I.N., Yakovenko N.V. Drinking water supply to the population of the water scarce region the Orenburg region [Problema obespecheniya kachestvennoy pit'evoy vodoy naseleniya vododefitsitnogo regiona Orenburgskoy oblasti]. *Ekologiya cheloveka*. 2016; (4): 3-8. (in Russian)
3. Burlibaev M. Zh., Neronova T. I., Saidov I. I., Mirkhashimov I.Kh., Kaydarova R.K., et al. Prospects of harmonizing standards and quality of water in Central Asia and the Water Framework Directive of the European Union [Perspektivy garmonizatsii standartov i norm kachestva vod v stranakh Tsentral'noi Azii i Vodnoi ramochnoi direktivy Evropeiskogo soyuza]. *Almaty*, 2010, 240 p. (in Russian)
4. Zavadova E.I., Leonova A.A., Os'kina O.F. Characteristics of public health risk for the citizens of Saransk (republic of Mordovia) associated with the quality of drinking water from the central water supply. [Harakteristika riska dlja zdorov'ja naselenija goroda Saranska Respubliki Mordovija, svjazannogo s kachestvom pit'evoy vody tsentralizovannogo vodosnabzhenija]. *Analiz riska zdorov'ju*. 2014; (4): 47-51. (in Russian)
5. Zagaynova A.V., Rakhmanin Yu.A., Talaeva Yu.G., Ivanov S.I., Artemova T.Z., Nedachin A.E. et al. Microbiological risk assessment for establishment of dependence between water quality and intestinal infections incidence among population [Ocenka individual'nogo riska metabolicheskikh narushenij u detej pri jekspozicii hlороformom s pit'evoy vodoj]. *Gigiena i sanitariya*. 2010; (3): 28-31. (in Russian)
6. Zaytseva N.V., May I.V., Shur P.Z. Analysis of health risk to population at the present stage [Analiz riska zdorov'ju naseleniya na sovremenno etape]. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2013; (2): 20-24. (in Russian)
7. 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) [Otsenka khimicheskogo zagryazneniya pit'evoy vody tsentralizovannykh istochnikov vodosnabzheniya toksichnymi metallami (na primere Permskogo kraja)]. *Voda: khimiya i ekologiya*. 2014; (10): 113-118. (in Russian)
8. Kenessaryev U.I., Dosmukhametov A.T., Amrin M.K., Yerzhanova A.E., Baimukhamedov A.A. Assessment of integrated health risk while using drinking water produced by desalination plant «Caspian» [Integral'naja ocenka riska zdorov'ju pri ispol'zovanii pit'evoy vody, proizvodimoj opresnitel'nyim zavodom «Kaspij.]. *Analiz riska zdorov'ju*. 2013; (1): 58-64. (in Russian)

9. Konshina L.G., Lezhnin V.L. Assessment of the quality of drinking water in the industrial city and risk for public health [Ocenka kachestva pit'evoy vody i riska dlja zdorov'ja naselenija.]. *Gigiena i Sanitariya*. 2014; 93(3): 5-10. (in Russian)
10. Mazaev V.T., Il'inskiy A.P., Shlepina T.G. *Guidelines for Drinking Water Hygiene and Drinking Water Supply [Rukovodstvo po gigiene pit'evoy vody i pit'evogo vodosnabzheniya]*. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2008. (in Russian)
11. Onischenko G. G. Health risk assessment and management as an effective tool to solve issues to ensure the health and epidemiological well-being of the Russian Federation population. [Ocenka i upravlenie riskami dlja zdorov'ja kak jeffektivnyj instrument reshenija zadach obespechenija sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija Rossijskoj federacii]. *Analiz riska zdorov'ju*. 2013; (1): 4-14. (in Russian)
12. Onishchenko G.G. Actual problems of hygiene science and practice in the preservation of public health [Aktual'nye zadachi gigienicheskoy nauki i praktiki v sokhranении zdorov'ya naseleniya]. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94 (3): 5-9. (in Russian)
13. Lugovaja E.A., Stepanova E.M. Features of the content of drinking water in the city of Magadan and population health [Osobennosti pit'evoy vody Magadana i zdorov'e naselenija]. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95 (3): 241-6. (in Russian)
14. Luzhetskiy K.P., Shur P.Z., Ustinova O.Yu., Dolgikh O.V., Kir'yanov D.A., Chigvintsev V.M. Individual risk assessment of metabolic disorders in children at exposure to chloroform in drinking water [Otsenka individual'nogo riska metabolicheskikh narusheniy u detey pri ekspozitsii khloroformom s pit'evoy vodoy]. *Analiz riska zdorov'ju*. 2015; (4): 28-35. (in Russian)
15. Savel'ev S.I., Trukhina G.M., Bondarev V.A., Nakhichevskaya N.V. Development of social and hygienic monitoring at the regional level [Razvitie sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa na regional'nom urovne]. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95 (11):1033-6. (in Russian)
16. Stepanova N.V., Valeeva E.R., Fomina S.F., Ziyatdinova A.I. Assessment of non-carcinogenic risk for the health of the child population under the consumption of drinking water [Ocenka nekancerogenogo riska dlja zdorov'ja detskogo naselenija pri potreblenii pit'evoy vody.]. *Gigiena i Sanitaria*. 2016; 95 (11): 1079-83. (in Russian)
17. Stepkin Yu.I., Mamchik N.P., Platunin A.V., Kolnet I.V., Rusin V.I. Assessment of health risks of the population of the Voronezh region associated with the contamination of drinking water by chemicals [Ocenka riska zdorov'ju naselenija Voronezhskoj oblasti, svyazannaya s zagryazneniem pit'evoy vody himicheskimi veshchestvami.]. *Gigiena i sanitariya*. 2012 (5): 105-6. (in Russian)
18. Rakhmanin Yu.A., Krasovskiy G.N., Egorova N.A. 100 years of drinking water regulation. retrospective review, current situation and prospects [100 let zakonodatel'nogo regulirovaniya kachestva pit'evoy vody. Retrospektiva, sovremennoe sostoyanie i perspektivy]. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93 (2):5-18. (in Russian)
19. Rakhmanin Yu.A., Mikhaylova R.I., Alekseeva A.V. Bottled drinking water as a factor in improving the quality of life [Butilirovannye pit'eve vody kak faktor povysheniya kachestva zhizni]. *Kontrol' kachestva produktii*. 2015; (9):14-9. (in Russian)
20. Rakhmanin Yu.A., Novikov S.M., Avaliani S.L., Sinitsyna O.O., Shashina T.A. Actual problems of Environmental factors risk assessment on human and ways to improve it [Sovremennyye problemy ocenki riska vozdeystviya faktorov okruzhajushhej sredy na zdorov'e naselenija i puti ee sovershenstvovaniya]. *Analiz riska zdorov'ju*. 2015; 2: 4-11. (in Russian)
21. Tulakin A.V., Tsyplakova G.V., Ampleeva G.P. Regional problems of the provision of hygienic reliability of drinking water consumption [Regional'nye problemy obespecheniya gigienicheskoy nadezhnosti pit'evogo vodopol'zovaniya]. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(11):1025-8. (in Russian)
22. Fedorovich N.N., Fedorovich A.N., Nagernyak M.G., et al. Drinking water quality monitoring [Monitoring kachestva pit'evoy vody]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013; (10-15): 3423-7.
23. Fridman K.B., Novikova Yuliya A., Belkin A.S. On the issue of the use of health risk assessment techniques for hygienic characteristics of water supply systems [Ocenka riska dlja zdorov'ja v celjah gigienicheskoy harakteristiki sistem vodosnabzheniya]. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96(7): 686-9. (in Russian)
24. Jel'piner L.I. Medical and environmental aspects of the drinking water supply crisis [Mediko-jekologicheskie aspekty krizisa pit'evogo vodosnabzheniya]. *Gigiena i sanitariya*. 2013; (6): 38-44. (in Russian)
25. 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: 115-8.
26. Ander EL, Watts MJ, Smedley PL, et al. Variability in the chemistry of private drinking water supplies and the impact of domestic treatment systems on water quality. *Environmental Geochemistry and Health*. 2016;38 (6):1313-32.
27. Bain RE, Gundry SW, Wright JA, Yang H, Pedley S, Bartram JK. Accounting for water quality in monitoring access to safe drinking-water as part of the Millennium Development Goals: lessons from five countries. *Bulletin of the World Health Organization*. 2012; 90(3): 228-235A.
28. De Roos AJ, Gurian PL, Robinson LF, Rai A, Zakeri I, Kondo MC. Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness. *Environmental Health Perspectives*. 2017; 125 (8): 086003.
29. *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum*. Geneva: World Health Organization; 2017.
30. Kanadhia KC, Ramavaram DV, Nilakhe SP. A study of water hardness and the prevalence of hypomagnesaemia and hypocalcaemia in healthy subjects of Surat district (Gujarat). *Magnes Res*. 2014; 27(4): 165-174.