

УДК 613.32: 556.3: 614.777

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/08>*Новиков Д.С., Фролова Ю.Д.*

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ, АССОЦИИРОВАННОГО С УПОТРЕБЛЕНИЕМ ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ АПШЕРОНСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИЭЛЬТОНЬЯ

Novikov D.S., Frolova J.D.

ESTIMATION OF HEALTH RISK ASSOCIATED WITH CONSUMPTION OF GROUNDWATER OF APSCHERONIA PROPINQUA AT A PRIELTON REGION

Аннотация. В современных условиях мероприятия по оценке риска здоровью стали ведущим направлением анализа потенциальной угрозы здоровью населения, проживающего на территории определенной гидрогеохимической провинции. На основе анализа отчетной документации государственных докладов в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, а также экологии и природных ресурсов Волгоградской области был отобран приоритетный перечень загрязнителей, обусловленный химической природой водоносных горизонтов Волгоградского Заволжья. Оценка риска здоровью осуществлялась на основе 19 проб, взятых из нецентрализованных источников водоснабжения Эльтонского сельского поселения с помощью методики, представленной в Р 2.1.10.1920-04. В настоящем исследовании впервые для подземных вод Волгоградской области был применен риск-ориентированный подход для оценки влияния растворенных токсикантов на состояние здоровья населения. Наибольший вклад в формирование неканцерогенного риска здоровью взрослых и детей имеет пероральная экспозиция натрия и нитратов. Сердечно-сосудистая система является основной критической системой, подверженной совместному влиянию указанных токсикантов. Суммарный риск неканцерогенной опасности (НИ) составил $NI=0,5262$ для взрослых и $1,2366$ для детей (с учетом стандартных факторов экспозиции). Превышение предельно допустимых концентраций наиболее значимых в формировании неблагоприятной санитарно-экологической ситуации обусловлено прежде всего геохимической природой натриево-хлоридно-сульфатных подземных вод юго-востока Волгоградской области, а также нерациональным ведением сельского хозяйства и отсутствием зон санитарной защиты источников водопользования. Выявленные риски целесообразно учитывать при разведке новых ресурсов подземных вод и организации систем водоснабжения на территории Эльтонского сельского поселения. Полученные данные планируется использовать в разработке рекомендаций к процедуре организации водоподготовки в отдаленных аридных районах Волгоградской области в контексте определения приоритетных очистных сооружений для источников нецентрализованного водоснабжения. Перспективы дальнейших исследований связаны с определением канцерогенных рисков, формируемых природными тяжелыми металлами и агрохозяйственными

Abstract. In modern conditions, health risk assessment activities have become the leading direction in the analysis of potential threats to the health of the population living on the territory of a certain hydrogeochemical province. Based on the analysis of the reporting documentation of state reports in the field of consumer protection and human well-being, as well as ecology and natural resources of the Volgograd region, a priority list of pollutants was selected, due to the chemical nature of the aquifers of the Volgograd Trans-Volga region. The health risk assessment was carried out on the basis of 19 samples taken from non-centralized water supply sources in the Elton rural settlement using the methodology presented in Р 2.1.10.1920-04. In this study, for the first time for groundwater in the Volgograd region, a risk-based approach was applied to assess the effect of dissolved toxicants on the health status of the population. The greatest contribution to the formation of a non-carcinogenic risk to the health of adults and children is made by oral exposure to sodium and nitrates. The cardiovascular system is the main critical system that is jointly affected by these toxicants. The total risk of non-carcinogenic hazard (HI) was $HI = 0.5262$ for adults and 1.2366 for children (taking into account standard exposure factors). The excess of the maximum permissible concentrations of the most significant in the formation of an unfavorable sanitary and ecological situation is primarily due to the geochemical nature of sodium-chloride-sulfate underground waters in the southeast of the Volgograd region, as well as irrational agriculture and the lack of zones of sanitary protection of water sources. The identified risks should be taken into account when exploring new groundwater resources and organizing water supply systems on the territory of the Elton rural settlement. The data obtained are planned to be used in the development of recommendations for the procedure for organizing water treatment in remote arid regions of the Volgograd region in the context of determining priority treatment facilities for sources of non-centralized water supply. Prospects for further research are related to the determination of carcinogenic risks formed by natural heavy

токсинами, связанными с нерациональным ведением сельского хозяйства.

Ключевые слова: неканцерогенный риск, пероральная экспозиция, подземные воды, гидрогеохимия, токсиканты, нецентрализованное водоснабжение.

Сведения об авторах: Новиков Денис Сергеевич, ORCID: 0000-0002-2886-5431, Волгоградский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Волгоград, Россия, dennov89@mail.ru; Фролова Юлия Денисовна, ORCID: 0000-0001-9382-9755, Волгоградская областная клиническая больница №1, г. Волгоград, Россия, udfrol@mail.ru

metals and agricultural toxins associated with irrational agriculture.

Keywords: non-carcinogenic risk, oral exposure, groundwater, hydrogeochemistry, toxicants, non-centralized water supply.

About the authors: Novikov Denis Sergeevich, ORCID: 0000-0002-2886-5431, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, dennov89@mail.ru. Frolova Julia Denisovna, ORCID: 0000-0001-9382-9755, Volgograd Regional Clinical Hospital No. 1, Volgograd, Russia, udfrol@mail.ru

Новиков Д.С., Фролова Ю.Д. Оценка риска здоровью, ассоциированного с употреблением воды подземных источников Апшеронского комплекса Приэльтона // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2022. № 1(57). С. 73–81. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/08>

Novikov, D.S. & Frolova, J.D. (2022). Estimation of Health Risk Associated with Consumption of Groundwater of Apscheronia Propinqua at a Prielton Region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1(57)), 73–81. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/22-1/08>

Введение. Рельеф Волгоградской области носит уникальный характер - территория, занимаемая регионом, располагается в зоне сочленения двух крупных тектонических структур: Воронежской антеклизы и Прикаспийской синеклизы, разделенных глубинным Волгоградским разломом. Геоморфологические особенности региона оказывают влияние на химическую природу подземных вод, играющих значительную роль в социальном и экономическом развитии восточной (заволжской) части Волгоградской области. Типичный для волгоградского Заволжья субаридный климат, сменяющийся на восточных границах региона аридным, а также отсутствие достаточного количества поверхностных источников водоснабжения вынуждают значительную часть сельского населения (74,4%) использовать нецентрализованные подземные источники водоснабжения, 27,5% из которых не соответствуют гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям [9]. Северо-каспийский артезианский бассейн, занимающий восточную часть Волгоградской области в пределах Прикаспийской синеклизы является закрытой бессточной геологической структурой, в которой формируются преимущественно соленые воды и рассолы. Высокая минерализация подземных вод может служить источником рисков здоровью населения, постоянно проживающего на территории Палласовского административного района. Значительная часть района перекрыта четвертичными плиоценовыми морскими отложениями (N₂-Q), лишь в районе озера Эльтон на поверхность выходят более древние юрские, меловые и палеоценовые породы (рис. 1). Расположенное на востоке от озера одноименное сельское поселение является одной из двух (наряду с г. Палласовкой) наиболее крупных в районе агломераций (2723 чел.).

Подземные воды, залегающие здесь, относятся к *хазарско-хвалынскому аллювиально-морскому* водоносному горизонту. Почти повсеместно везде на территории Палласовского района основными проблемами эксплуатации этого горизонта являются: неглубокое залегание верхних водоносных слоев (3-7 м), а также слабая дренированность водовмещающих пород (песков, супесей, суглинков, глин). В районе Эльтонского сельского поселения складывается иная ситуация – реки, впадающие в озеро Эльтон, хорошо дренируют хазарский горизонт, формируя депрессионную воронку. В результате чего уровень подземных вод опускается более чем на 20 м. Верхний

хазарский комплекс высокоминерализован (5,8-5,9 г/л) и его воды непригодны для использования в хозяйственно-питьевых целях [5].



Рис. 1. Геологическая карта заволжской части Волгоградской области в районе Эльтонского сельского поселения [5]

По результатам геологоразведочных работ в залегающем ниже *апшеронском* комплексе был выявлен участок, значительно отличающийся по гидрогеохимическим показателям от доминирующего в регионе *хазарского* комплекса, что позволило оценить перспективы его использования в хозяйственно-питьевых целях. *Цель работы:* на основе процедуры анализа риска здоровью произвести санитарно-экологическую оценку качества подземных вод хозяйственно-питьевого назначения в районе Эльтонского сельского поселения.

Материалы и методы. Объектом настоящего исследования являются подземные воды хозяйственно-питьевого назначения, используемые населением Эльтонского сельского поселения Палласовского административного района Волгоградской области. Информация о геологическом строении исследуемой территории и основана на ГИС-пакетах оперативной геологической информации Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ГИС-атлас «Недра России», дата актуализации базы данных – 01.09.2020). Выбор наблюдательных скважин апшеронского комплекса производился на основе отчета о результатах работ по поиску и оценке подземных вод на участке «Приозерный», представленного на сайте Российского федерального геологического фонда [7] (рис. 2).

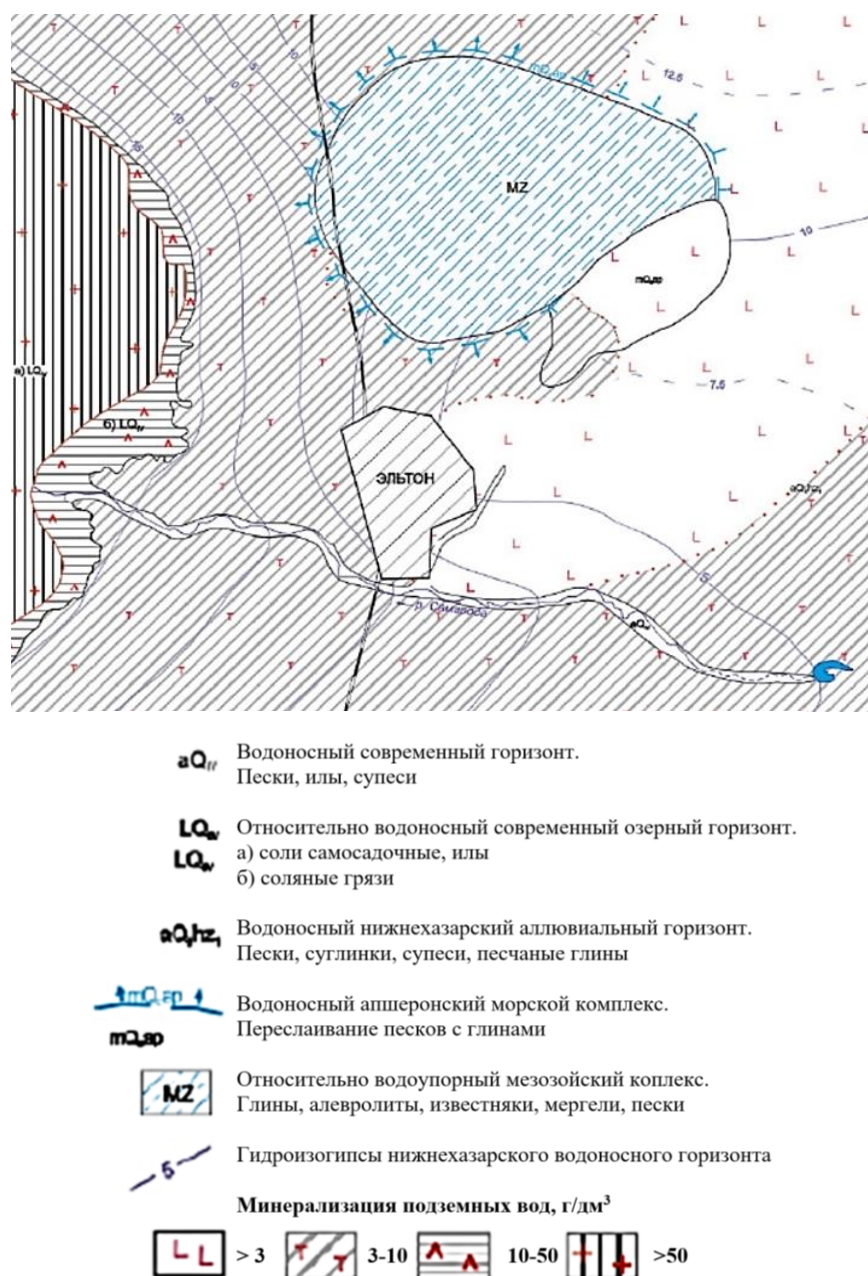


Рис. 2. Карта минерализации подземных вод в районе Эльтонского сельского поселения [7]

Для анализа были отобраны пробы воды из 19 наблюдательных скважин наименее минерализованного (L) *апшеронского* комплекса, залегающего на глубине 20 метров. Пробы отбирались в стабильный в гидрогеохимическом плане период времени во избежание влияния талых вод на водонасыщенные линзы. Химический состав воды был проанализирован на базе аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Волгоградской области» (номер аккредитации № RA.RU.21BO03). Гидрогеохимический анализ исследуемой территории позволил определить перечень приоритетных санитарно-токсикологических показателей качества подземных Приэльтона, формирующих наиболее высокий потенциальный риск здоровью населения. Всего было оценено 17 показателей качества питьевой воды нецентрализованных подземных источников водоснабжения. Отбор приоритетных показателей осуществлялся на основе

данных, представленных в ежегодных отчетах Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области, а также Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области [8; 9]. Оценка неканцерогенных рисков здоровью взрослых и детей осуществлялась с использованием методики, представленной в Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920-04) по верхней границе 95% доверительного интервала (ДИ) концентраций обнаруженных в воде поллютантов [12]. Методика оценки риска здоровью, обусловленного совместным воздействием на одну критическую систему группы загрязнителей, позволяет выявить риски здоровью для веществ, обнаруживаемых в концентрациях, не превышающих предельно допустимые (ПДК). Метод ДИ позволяет точнее определить диапазон средних значений с 95%-ной надежностью и является более предпочтительным при малом объеме выборки, чем точечная оценка [1]. В работе была оценена пероральная экспозиция токсикантов, ингаляторное и кожное поступление для нецентрализованных источников водоснабжения не рассматривалось согласно Р 2.1.10.1920-04. Для взрослого и детского населения выбирались стандартные значения факторов экспозиции (массы тела, периода осреднения и объема потребляемой воды) для расчета дозы поступающих в организм загрязнителей.

Результаты и их обсуждение. В соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к воде, воздуху, отходам, содержанию территорий и зданий...», процедура контроля качества питьевой воды должна включать в себя оценку следующего минимального перечня санитарно-химических показателей: рН, жесткость общая, общая минерализация, нитраты, окисляемость перманганатная, сульфаты и хлориды. Иные токсиканты могут быть проанализированы в зависимости от местных природных и санитарных условий, а также эпидемической обстановки в населенном месте [11]. Т.Н. Унгурияну и С.М. Новиков, основываясь на результатах метаисследования публикаций, посвященных оценке рисков здоровью, обусловленных пероральным поступлением загрязнителей, отмечают необходимость исследования достаточно широкого перечня токсикантов: щелочных, щелочноземельных и тяжелых металлов [13]. Особое внимание при контроле качества высокоминерализованной питьевой воды волгоградского Заволжья необходимо обратить на неорганические вещества, вносящие наибольший вклад в общую минерализацию подземных вод: хлориды, сульфаты, кальций, магний, калий и натрий. Такой подход видится актуальным для территориально изолированного Эльтонского сельского поселения, не имеющего промышленных предприятий. Основными факторами, обуславливающими формирование риска здоровью в подобных условиях, видится геохимическая природа водоносных горизонтов, а также нерациональное ведение сельского хозяйства.

Подземные воды *хазарско-хвалынского аллювиально-морского* горизонта, типичного для Приэльтона, по анионному составу являются сульфатно-хлоридными, по катионному – натриевыми, характеризуются повышенной жесткостью (в отдельных участках – до 23,2 мг-экв/л). Согласно данным, представленным в ежегодных отчетах Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области, наиболее часто на территории всего Северо-каспийского артезианского бассейна отмечается превышение ПДК натрия, магния, железа, аммиака, хлоридов, сульфатов, а также общей минерализации и жесткости. В целом, химический состав

подземных вод Приэльтонья типичен для Северо-каспийского артезианского бассейна. Однако, в большинстве проб отмечались более высокие, чем кларковые, значения содержания кальция, что может объясняться как химической природой водоносных горизонтов, так и сельскохозяйственной нагрузкой. Концентрации тяжелых металлов не превышали предельно допустимых значений (значительно ниже рефератных концентраций, представленных в Р 2.1.10.1920-04) и не являлись факторами, вносящими вклад в формирование индексов неканцерогенной опасности. По результатам анализа показателей качества питьевой воды, оцененных на верхней границе 95% ДИ, наблюдается превышение нормативов по перманганатной окисляемости (1,22 ПДК), общей минерализации (1,27 ПДК), жесткости (1,22 ПДК), магнию (1,06 ПДК), натрию (1,63 ПДК), хлоридам (1,28 ПДК) (табл.).

Таблица

Показатели неканцерогенной опасности обнаруженных в воде приоритетных загрязнителей

Показатель качества	Концентрация на верхней границе 95% ДИ, мг/л	ПДК	Класс опасности	Референтная доза (RfD), мг/кг	Коэффициент неканцерогенной опасности HQ	
					Взрослые	Дети
Запах, балл	1	2	-	-	-	-
Цветность, град	4	20	-	-	-	-
Мутность, мг/л	0,58	1,5	-	-	-	-
Величина pH, ед. pH	7,0	6-9	-	-	-	-
Железо, мг/л	0,05	0,3	3	0,3	0,005	0,01
Перманганатная окисляемость, мг O ₂ /л	6,1	5,0	-	-	-	-
Общая минерализация, мг/л	1275	1000	-	-	-	-
Жесткость, мг-экв/л	8,6	7	-	-	-	-
Аммиак, мг/л	0,5	1,5	4	0,98	0,0146	0,0341
Калий, мг/л	6,4	20*	4э	-	-	-
Кальций, мг/л	83,4	100*	4э	41,4	0,0573	0,1316
Марганец, мг/л	0,005	0,1	3	0,14	0,0011	0,0021
Магний, мг/л	53,4	50*	3	11	0,1387	0,3236
Натрий, мг/л	326	200	2	34,3	0,2762	0,6491
Нитраты, мг/л	14,1	45	3	1,6	0,2500	0,5875
Сульфаты, мг/л	277	500	4	-	-	-
Хлориды, мг/л	448	350	4	-	-	-
Суммарный неканцерогенный риск HI (per os):					0,7429	1,7380

Примечание: * – нормативы, рекомендованные ВОЗ (для веществ, не указанных в СанПиН 2.1.3684-21)

Расчет коэффициентов опасности (HQ) отдельных загрязнителей показал низкий (кальций, магний, натрий, нитраты) или минимальный (железо, аммиак, марганец) уровень риска здоровью. Суммарный индекс неканцерогенного риска здоровью (HI) составил 0,74 (низкий) для взрослого населения и 1,74 (средний) для детей. Наибольший вклад в формирование риска здоровью взрослых/детей, обусловленного пероральным поступлением химических веществ с питьевой водой на исследуемой территории, вносили нитраты (HQ=0,2500/0,5875) и натрий (HQ=0,2762/0,6491).

Необходимо отметить однонаправленный механизм токсического действия указанных двух токсикантов. Длительное употребление воды с повышенным содержанием нитратов способно вызвать метгемоглобинемию, а также изменение функций сердечной деятельности. Попадая в организм, под воздействием микрофлоры желудочно-кишечного тракта нитраты восстанавливаются до нитритов и связываются с гемоглобином, образуя метгемоглобин, неспособный фиксировать и переносить кислород [15; 18]. При хроническом же воздействии

возможно формирование риска развития онкологических заболеваний (через стадию превращения нитритов в нитрозамины под воздействием кислой среды желудочного сока) [19]. Установлено, что поступление нитратов с водой оказывает более выраженное отрицательное влияние на состояние здоровья человека, чем прием эквивалентной дозы с продуктами питания, что обусловлено биокинетикой нитратов, а также хорошей растворимостью в воде, увеличивающей скорость их всасывания в кровь [14]. Результаты эпидемиологических исследований свидетельствуют о повышенном риске развития ишемической болезни сердца и артериальной гипертензии у лиц, избыточно потребляющих натрий, обусловленный нарушением водно-солевого баланса. Длительное потребление натрий-избыточных вод способно вызвать заболевания почек и мочевыводящей систем: повышенное поступление натрия в организм способствует развитию гиперкальциурии [16; 17].

Суммарная оценка неканцерогенного риска для критических систем выявила наивысшие значения для сердечно-сосудистой системы: $HI=0,5262$ для взрослых и $1,2366$ для детей. В диапазоне низкого уровня для детей ($HI=0,1418$) оказались риски неканцерогенной опасности для почек (алкалоз и гиперкальциемия, обусловленные кальцием), остальные критические системы находились на уровне пренебрежимого риска. В литературе, посвященной анализу риска здоровью, связанного с пероральным поступлением токсикантов значительная доля публикаций посвящена оценке качества централизованных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Однако поиск новых альтернативных источников водоснабжения заставляет авторов все чаще обращать внимание на децентрализованные источники [2-4; 6; 10]. Особенно актуальным данное направление является в условиях осложненных климатических и гидрологических условий водопользования в субаридных и аридных территориях юга России. Отсутствие доброкачественных поверхностных вод заставляют искать альтернативные ресурсы, обращая внимание на подземные воды. Понимание природы рисков здоровью, ассоциированных с химическим составом подземных вод может помочь в организации водоподготовки и разведке новых ресурсов подземных вод – одних из приоритетных направлений улучшения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, обозначенных администрацией Эльтонского сельского поселения.

Выводы: 1. Проанализированные на верхней границе 95% ДИ концентрации содержавшихся в питьевой воде токсикантов могут оказывать полифакторное неблагоприятное воздействие на состояние здоровья человека. Использование методики, отраженной в Р2.1.10.1920-04, выявило формирование значимых уровней неканцерогенного риска для веществ, обнаруженных в воде в концентрациях, не превышающих ПДК по СанПиН 2.1.3684-21.

2. Наибольший неканцерогенный риск употребления подземных вод создает натрий и нитраты ($HQ>1$ – средний риск), наибольшей опасности (в соответствии со стандартными факторами экспозиции: период осреднения, объем водопотребления, масса тела) подвержены дети. Риски здоровью, формируемые кальцием и магнием находятся в пределах низких величин ($0,1<HQ<1$).

3. Основной критической системой, подвергающейся неканцерогенной опасности, является сердечно-сосудистая система (с учетом рисков развития нитратной метгемоглобиновой анемии). Геохимическая природа водоносных горизонтов, а также отсутствие зон санитарной защиты источников водоснабжения являются ведущими факторами формирования неблагоприятной санитарно-экологической ситуации в исследуемом регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абубекеров М.К., Гостев Н.Ю. Вероятностная связь между оценками ошибок, полученных разными способами для значений физических величин // Вычислительные методы и программирование. 2014. №4 (15). С. 677-684.
2. Анисимов И.С., Малькова И.Л. Некондиционные подземные питьевые воды Кезского района Удмуртской республики как фактор риска здоровью населения // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2018. 28 (4). С. 384-391.
3. Артемьева А.А. Оценка риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения, связанного с загрязнением подземных вод в районах нефтедобычи // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2015, № 1. С. 122-133.
4. Безгодов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области // Гигиена и санитария. 2015. 2 (12). С. 15-19.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Восточно-Европейская. Лист М38. Волгоград. 2009.
6. Коньшина Л.Г. Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения МО город Екатеринбург и его окрестностей // Гигиена и санитария. 2016. 95 (5). С. 413-416. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-5-413-416>
7. Крючков С.Н. Поиски и оценка подземных вод на участке недр «Приозерный» в Палласовском районе Волгоградской области (отчет по договору №20/9-2010/46-2010 от 20.09.2011). Волгоград. 2011.
8. О состоянии окружающей среды в Волгоградской области в 2020 году. Ижевск: Принт. 2020. 300 с.
9. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2020 году. Волгоград. 2020.
10. Попов А.А. Характеристика риска, связанного с химическим составом питьевой воды, для здоровья населения, в сельских районах юга Амурской области // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2017. №63. С. 85-90. https://doi.org/10.12737/article_58e45af0046c22.12950196
11. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21» «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (Зарегистрирован 29.01.2021 № 62297).
12. Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: 2004.
13. Унгурияну Т.Н., Новиков С.М. Результаты оценки риска здоровью населения России при воздействии химических веществ питьевой воды (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2014. 93 (1). С. 19-24.
14. International Agency for Research on Cancer et al. Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42. Lyon, France: IARC, 1987. P. 53.
15. Mukhopadhyay S., Ghosh D., Chatterjee A., Sinha S., Tripathy S., Chandra A.K. Evaluation of Possible Goitrogenic and Antithyroidal Effect of Nitrate, A Potential Environmental Pollutant // Indian Journal of Physiology and Pharmacology. 2005. Vol. 49. №3. P. 284.
16. Rossier B. C. Negative regulators of sodium transport in the kidney: Key factors in understanding salt-sensitive hypertension? // The Journal of clinical investigation. 2003. Vol. 111. №7. P. 947-950. <https://doi.org/10.1172/JCI18232>
17. Stamler J. The INTERSALT Study: background, methods, findings, and implications // The American journal of clinical nutrition. 1997. Vol. 65. №2. P. 626S-642S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/65.2.626S>
18. Til H.P., Falke H.E., Kuper C.F., Willems M.I. Evaluation of the oral toxicity of potassium nitrite in a 13-week drinking-water study in rats // Food and chemical toxicology. 1988. Vol. 26. №10. P. 851-859. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(88\)90026-9](https://doi.org/10.1016/0278-6915(88)90026-9)
19. Zaki A., Chaoui A.A., Talibi A., Derouiche A.F., Aboussaouira T., Zarrouck K., Himmi T. Impact of nitrate intake in drinking water on the thyroid gland activity in male rat // Toxicology letters. 2004. Vol. 147. №1. P. 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2003.10.010>

REFERENCES

1. Abubekеров, M.K., & Gostev, N.Yu. (2014). Veroyatnostnaya svyaz' mezhdu otsenkami oshibok, poluchennykh raznymi sposobami dlya znachenii fizicheskikh velichin. *Vychislitel'nye metody i programmirovaniye*, (4 (15)), 677-684. (in Russ.).

2. Anisimov, I.S., Malkova, I.L. (2018). Substandard underground drinking water of the Kezsky district of the Udmurt Republic as a risk factor for the health of the population *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya "Biologiya. Nauki o Zemle"*, 28(4), 384-391. (in Russ.).
3. Artemyeva, A.A. (2015). Assessment of the risk of development of non-carcinogenic effects for public health associated with groundwater pollution in oil production areas. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya "Biologiya. Nauki o Zemle"*, 1, 122-133. (in Russ.).
4. Bezgodov, I.V., Efimova, N.V., & Kuz'mina, M.V. (2015). Assessment of the quality of drinking water and risk for the population's health in rural territories in the Irkutsk region. *Hygiene and Sanitation*, 94(2), 15-19. (in Russ.).
5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (tret'e pokolenie). Seriya Vostochno-Evropeiskaya. List M38 (2009). Volgograd. (in Russ.).
6. Konshina, L.G. (2016). The assessment of the quality of water from sources of decentralized water supply of Ekaterinburg and surrounding areas. *Gigiena i sanitariya*, 95 (5), 413-416 (In Russ.). doi:10.18821/0016-9900-2016-95-5-413-416
7. Kryuchkov, S.N. (2011). Prospecting and assessment of groundwater at the Priozerny subsoil site in the Pallasovsky district of the Volgograd region (report under contract No20/9-2010/46-2010 of 20.09.2011). Volgograd. (in Russ.).
8. O sostoyanii of the environment in the Volgograd region in 2020. (2020). Izhevsk. (in Russ.).
9. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Volgogradskoi oblasti v 2020 godu (2020). Volgograd. (in Russ.).
10. Popov, A.A. (2017). Characterization of the risk associated with the chemical composition of drinking water for public health in rural areas of the south of the Amur region. *Byulleten' fiziologii i patologii dyhaniya*, 63, 85-90 (In Russ.). https://doi.org/10.12737/article_58e45af0046c22.12950196
11. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiiskoi Federatsii ot 28.01.2021 № 3 "Ob utverzhdenii sanitarnykh pravil i norm SanPiN 2.1.3684-21" "Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k soderzhaniiyu territorii gorodskikh i sel'skikh poselenii, k vodnym ob'ektam, pit'evoi vode i pit'evomu vodosnabzheniiyu, atmosfernomu vozdukh, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obshchestvennykh pomeshchenii, organizatsii i provedeniyu sanitarno- protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy" (Zaregistrirovano 29.01.2021 № 62297). (in Russ.).
12. R 2.1.10.1920-04 (2004). Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu. Moscow. (in Russ.).
13. Unguryanu, T.N., Novikov, S.M. (2014). The results of assessing the health risk of the population of Russia under the influence of chemicals in drinking water (literature review). *Gigiena i sanitariya*, 93 (1), 19-24. (in Russ.).
14. International Agency for Research on Cancer. (1987). *Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42* (p. 53). Lyon, France.: IARC.
15. Mukhopadhyay, S., Ghosh, D., Chatterjee, A., Sinha, S., Tripathy, S., & Chandra, A. K. (2005). Evaluation of Possible Goitrogenic and Antithyroidal Effect of Nitrate, A Potential Environmental Pollutant. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 49(3), 284.
16. Rossier, B. C. (2003). Negative regulators of sodium transport in the kidney: Key factors in understanding salt-sensitive hypertension?. *The Journal of clinical investigation*, 111(7), 947-950. <https://doi.org/10.1172/JCI1823210>
17. Stamler, J. (1997). The INTERSALT Study: background, methods, findings, and implications. *The American journal of clinical nutrition*, 65(2), 626S-642S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/65.2.626S>
18. Til, H. P., Falke, H. E., Kuper, C. F., & Willems, M. I. (1988). Evaluation of the oral toxicity of potassium nitrite in a 13-week drinking-water study in rats. *Food and chemical toxicology*, 26(10), 851-859. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(88\)90026-9](https://doi.org/10.1016/0278-6915(88)90026-9)
19. Zaki, A., Chaoui, A. A., Talibi, A., Derouiche, A. F., Aboussaouira, T., Zarrouck, K., ... & Himmi, T. (2004). Impact of nitrate intake in drinking water on the thyroid gland activity in male rat. *Toxicology letters*, 147(1), 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2003.10.010>

дата поступления: 25.07.2021

дата принятия: 03.09.2021

© Новиков Д.С., Фролова Ю.Д., 2022