



ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ПОТРЕБЛЕНИИ НЕКОНДИЦИОННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НИЖНЕВОЛЖСКОГО БАСЕЙНА

Д.С. Новиков, Л.П. Руруа, М.Д. Ковалева

*Волгоградский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Волгоград,
Российская Федерация*

Информация о статье

Дата поступления

20 марта 2023 г.

Дата принятия к печати

26 октября 2023 г.

Дата онлайн-размещения

26 октября 2023 г.

Ключевые слова

Неканцерогенный риск;
подземные воды; токсиканты;
гидрогеохимия

Аннотация

Анализ неканцерогенного риска здоровью, связанного с пероральным поступлением токсикантов, является актуальным подходом для выявления эндемичных экозависимых заболеваний, основанным на оценке хронической экспозиции различных химических веществ, имеющих однонаправленный механизм токсического действия. Цель исследования — санитарно-экологическая оценка питьевой воды подземных источников водоснабжения Нижне-волжского бассейна Волгоградской области на основе поэтапной процедуры оценки риска здоровью населения. Был проанализирован пакет данных ГИС-анализа исследуемой территории на стадии идентификации опасности (выбор перечня приоритетных для исследуемого бассейна загрязнителей); проведен лабораторный анализ химического состава воды; выполнен расчет доз токсикантов, поступающих с питьевой водой в организм. Впервые для территории Волгоградской области был произведен расчет неканцерогенных рисков, ассоциированных с пероральным поступлением токсикантов, определены критические системы и органы, наиболее подверженные развитию неканцерогенных эффектов. Произведен анализ литературы, посвященной вопросам формирования некондиционных подземных вод питьевого назначения и ассоциированных с ними рисков здоровью, по определенному в процессе исследования перечню приоритетных загрязнителей. Результаты исследования могут быть использованы для корректировки мероприятий при организации водоподготовки и усовершенствования процедуры социально-гигиенического мониторинга здоровья водопользователей Нижневолжского подземного бассейна.

Original article

STUDY OF NON-CARCINOGENIC RISK TO PUBLIC HEALTH FROM ORAL CONSUMPTION OF SUBSTANDARD GROUNDWATER IN THE NIZHNEVOLZHSKY BASIN

Denis S. Novikov, Leila P. Rurua, Marina D. Kovaleva

Volgograd State Medical University, Volgograd, the Russian Federation

Article info

Received

March 20, 2023

Accepted

October 26, 2023

Abstract

The analysis of non-carcinogenic health risks associated with oral intake of toxicants is a relevant approach for the identification of endemic ecologically dependent diseases. It is based on the assessment of chronic exposure to various chemicals having a unidirectional mechanism of toxic effect. Main goal of the study is the sanitary and

Available online
October 26, 2023

Keywords

Non-carcinogenic risk;
groundwater; toxicants;
hydrogeochemistry

environmental assessment of drinking water from underground water supply sources of the Nizhnevolzhsky basin of the Volgograd region based on a step-by-step procedure for public health risk assessing. Study area GIS-data analysis was performed at the stage of hazard detection step (selection of a list of priority pollutants); a laboratory analysis of the chemical composition of water was carried out; the calculation of the dose of toxicants entering the body with drinking water was performed. For the first time for the territory of the Volgograd region, we calculated non-carcinogenic risks associated with oral intake of toxicants, revealed critical system and organs, mostly susceptible for the development of non-carcinogenic phenomena. An analysis of the literary sources devoted to the problems of the formation of substandard groundwater for drinking purposes and the health risks associated with this phenomenon was carried out according to the list of priority pollutants determined in the current study. It is possible to use the results of the study to adjust measures in the organization of water treatment and procedures for improving the social and hygienic monitoring of the health of water users of the Nizhnevolzhsky underground basin.

Введение

Доброкачественная вода хозяйственно-питьевого назначения является одним из значимых факторов, формирующих санитарное благополучие населения. Неблагоприятный органолептический, химический и радиологический статус воды, а также обнаруживаемые в пробах инфекционные агенты во многом определяют рост показателей эпидемической заболеваемости в самом широком спектре нозологических форм. Согласно данным «Доклада Организации Объединенных Наций о состоянии водных ресурсов», опубликованного в 2019 г., в мировом масштабе более 2 млрд чел. не имеют постоянного доступа к чистой питьевой воде, а 844 млн вынуждены ежедневно тратить минимум полчаса, чтобы набрать воду, или вообще не имеют к ней доступа [1; 2]. В качестве приоритетного фактора развития патологических состояний, ассоциированных с употреблением воды, рядом авторов рассматривается именно ее химический состав ввиду сложности организации локальных мероприятий по водоподготовке, а также хронического характера экспозиции токсикантов [3; 4].

Значение подземных вод как источников питьевого водоснабжения в последние годы усилилось, что связано с рядом их преимуществ перед поверхностными источниками. Поскольку подземные воды не подвержены сезонным колебаниям значений показателей качества, их роль как источника питьевого водоснабжения сегодня увеличивается. Кроме того, они надежно защищены от загрязнения в случае техногенных катастроф и в целом испытывают меньшую антропогенную нагрузку со стороны промышленного стока,

чем поверхностные. В то же время изучению и санитарно-экологической оценке региональных особенностей химического состава питьевой воды из подземных источников в настоящее время уделяется весьма мало внимания [5]. При этом, по данным А.В. Тулакина с соавторами, у 75 % источников подземного водоснабжения отсутствуют зоны санитарной охраны и (или) не соблюдаются требования к их организации и эксплуатации [6].

В последние годы методология оценки риска при воздействии различных факторов окружающей среды занимает особое место в процедуре социально-гигиенического мониторинга. Оценка риска, информирование о риске и управление им, объединяемые в понятие «анализ риска», являются ведущим направлением управленческой науки и практики во многих странах. Применение данной методологии позволяет оценить реальный риск с точки зрения ущерба здоровью населения при употреблении воды ненадлежащего качества [7].

Цель исследования: санитарно-экологическая оценка питьевой воды подземных источников водоснабжения, относящихся к Нижневолжскому бассейну подземных вод Волгоградской области, с использованием методологии оценки риска здоровью населения.

Материалы и методы

В работе были проанализированы результаты испытаний качества питьевой воды подземных нецентрализованных источников водоснабжения — 24 наблюдательных скважин, расположенных на территории Палласовского района левобережья (Заволжья) Волгоградской области на основании ГИС-пакетов оперативной геологической

информации Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ГИС-атлас «Недра России», дата актуализации — 1 сентября 2022 г.)¹. Исследуемая территория относится к Нижневолжскому бассейну подземных вод III порядка (Северо-Каспийская провинция), доминирующему на территории Заволжья. Все левобережье Волги приурочено к бортовой зоне Прикаспийской синеклизы, характеризующейся мощным покровом преимущественно морских четвертичных и неогеновых (N_2-Q) отложений и наличием толщи галогенных пород, оказывающих влияние на формирование химического состава подземных вод. Присутствие в разрезе галогенных пород способствует засолению вышележащих водоносных горизонтов за счет питания их снизу по тектоническим нарушениям более солеными водами.

Кроме того, ровный рельеф Заволжья, сухой климат также способствуют накоплению в зоне свободного водообмена минерализованных вод, на фоне которых встречаются линзы пресных и слабосоленых вод. Водоносный горизонт приурочен к пескам, супесям, суглинкам, глинам хвалынского надгоризонта и хазарского горизонта ($mQ_{III}hv_1 + laQ_{III-IV}$)². Водоупором являются плотные, тонкодисперсные глины апшеронского возраста, почти повсеместно подстилающие водоносный горизонт. Мощность горизонта вод Нижневолжского бассейна изменяется от 20 до 70 м, в работе исследовались подземные воды скважин глубиной 21–25 м (табл. 1). Анализ гидрогеохимических особенностей исследуемого региона, а также список приоритетных показателей и компонентов природного происхождения с высокой вероятностью обнаружения по-

вышенных концентраций в подземных водах определили выбор исследуемых веществ, способных формировать риски здоровью.

Показатели содержащихся в воде хозяйственно-питьевого назначения токсикантов были определены на базе лаборатории Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области», номер аккредитации RA.RU.710056 от 26 октября 2016 г. Анализ риска здоровью, сформированного хроническим пероральным поступлением токсикантов, производился на базе методики, отраженной в Р 2.1.10.1920-04³ по верхней границе 95 % доверительного интервала (ДИ) концентраций проанализированных в питьевой воде загрязнителей. Использование значений ДИ обусловлено биологическим смыслом данного статистического параметра (наличие на исследуемой территории слабозащищенных от поверхностного загрязнения водоносных линз, содержащих поллютанты в концентрациях, значительно превышающих кларковые). В процедуре анализа риска использовались стандартные факторы пероральной экспозиции токсикантов для взрослых и детей (масса тела, величина водопотребления, частота воздействия, продолжительность действия, период осреднения).

Результаты и обсуждение

Концентрации обнаруженных в результате анализа отобранных из реперных точек водоснабжения проб воды хозяйственно-питьевого назначения отражены в табл. 2. Процедура анализа риска основывалась на использовании референтных доз (RfD) перорально поступающих токсикантов в организм населения, постоянно проживающего на территории, относящейся к Ниж-

¹ URL: <http://atlaspacket.vsegei.ru>.

² Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (3-е поколение). Серия Восточно-Европейская. Лист М38. Волгоград. Объяснительная записка. СПб., 2009. 399 с.

³ Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

Таблица 1

Стратотипический разрез и сведения о водоносности исследуемого региона

№ п/п	Литологическое описание	Геологический индекс	Глубина слоя, м	Порядковый номер водоносного горизонта / глубина залегания, м, от... до...	Минимальная глубина появления воды, м
1	Супесь светло-коричневая	$mQ_{III}hv_1 + laQ_{III-IV}$	5	$\frac{1}{30 - н.с.}$	21
2	Суглинки с прослойками песков		8		
3	Глина желто-коричневая		16		

невожскому бассейну подземных вод. RfD веществ, как правило, имеют более низкие пороговые значения, чем отраженные в СанПиН 2.1.3684-21⁴ предельно допустимые концентрации (ПДК). Подобный подход основан на хроническом сопоставленном действии загрязнителей в системе зависимости «доза — ответ», влияющих на одни и те же критические системы организма человека. Из процедуры оценки риска были исключены не имеющие значений RfD обобщенные показатели (общая минерализация и жесткость), а также формирующие природный характер минерального состава воды сульфаты и хлориды (класс опасности 4э). Помимо этого, показатели минерализации и жесткости обнаруживали наиболее высокий диапазон при оценке ДИ: 687–1925 мг/л и 6,2–16,7 мг-экв/л соответственно. Подобный феномен может быть объяснен локальным залеганием в неогеновых горизонтах пресноводных линз, опресняющих минерализованные подземные воды.

⁴ 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.

Суммарный неканцерогенный риск хронического поступления токсикантов (HI), рассчитанный с использованием стандартных факторов экспозиции, составил для взрослых HI = 8,494 и для детей HI = 19,818. Приведенные в табл. 2 показатели HQ свидетельствуют о том, что наибольший вклад в формирование риска вносят молибден и бериллий. Показатель неканцерогенной опасности молибдена для детей достигал 11,1, что позволяет характеризовать его как высокий, для взрослых 4,8 — средний. Риски, формируемые бериллием для взрослых HQ = 1,4 и детей HQ = 3,3, находились в пределах средних значений. Помимо двух указанных веществ, средним уровнем риска характеризовались для детей мышьяк (HQ = 1,1), железо (нормируется преимущественно по органолептическому показателю вредности) (HQ = 1,4) и натрий (HQ = 1,2), для взрослых риски, обусловленные данными элементами, находились в области низких величин. Необходимо отметить, что в отдельных пробах показатели неканцерогенной опасности, формируемые железом и натрием, превосходили кларковые в несколько раз. Риски, ассоциированные с другими проанализированными токсикантами, определялись как низкие или допустимые (целевые).

Таблица 2

Показатели неканцерогенной опасности обнаруженных в воде приоритетных загрязнителей

Показатель качества	Концентрация на верхней границе 95 % ДИ, мг/л	ПДК, мг/л	Класс опасности	Референтная доза (RfD), мг/кг	Коэффициент неканцерогенной опасности HQ	
					Взрослые	Дети
Мышьяк, мг/л	0,005	0,05	2	0,0003	0,476	1,111
Железо, мг/л	6,39	0,3	3	0,3	0,608	1,420
Фтор, мг/л	0,21	1,5	2	0,06	0,100	0,230
Стронций, мг/л	2,80	7	2	0,6	0,133	0,311
Бериллий, мг/л	0,10	0,0002	1	0,002	1,428	3,333
Общая минерализация, мг/л	1925,0	1000	—	—	—	—
Жесткость, мг-экв/л	16,70	7	—	—	—	—
Аммиак, мг/л	0,50	1,5	4	0,98	0,015	0,034
Молибден, мг/л	0,83	0,25	2	0,005	4,762	11,110
Кальций, мг/л	186,0	100*	4	41,4	0,130	0,302
Марганец, мг/л	0,005	0,1	3	0,14	0,001	0,002
Магний, мг/л	90,0	50*	3	11	0,234	0,545
Натрий, мг/л	625,0	200	2	34,3	0,525	1,225
Нитраты, мг/л	4,60	45	3	1,6	0,082	0,195
Сульфаты, мг/л	470,0	500	4э	—	—	—
Хлориды, мг/л	650,0	350	4э	—	—	—
Суммарный неканцерогенный риск HI (per os)					8,494	19,818

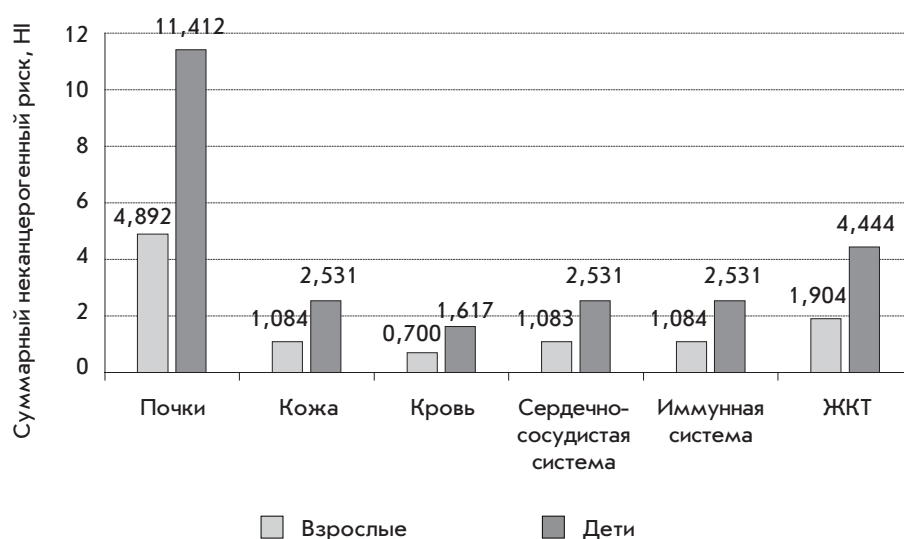
* Нормативы, рекомендованные ВОЗ (для веществ, не указанных в СанПиН 2.1.3684-21).

Токсическое действие молибдена преимущественно связано с пероральным поступлением этого вещества, так как содержание его в атмосферном воздухе минимально. Как правило, накопительные свойства молибдена зависят от степени растворимости обнаруженной формы и выражены недостаточно сильно вследствие быстрой выводимости его из организма, однако при длительном поступлении этот металл может аккумулироваться в почках [8]. При значительных дозах поступления молибден способен вызывать дегенерацию тестикул, потерю веса, а также является софактором развития подагры и анемии из-за способности стимулировать образование ксантиноксидазы, значимой для процесса связывания ферментами-трансферазами железа [9; 10]. Бериллий наиболее опасен при ингаляционной экспозиции, вызывая бериллиоз, однако при хроническом пероральном поступлении в растворимой форме способен раздражать слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и связывать в кишечнике ионы фосфорной кислоты, образуя неусвояемый фосфат бериллия, тем самым ингибируя щелочные фосфатазы и аденозинтрифосфатазы [11]. Со стороны костно-мышечной системы бериллий разрушает фосфат кальция, образуя нерастворимый трехвалентный оксид, что ведет к развитию бериллиевого рахита. Помимо этого, в литературе отмечен канцерогенный и мутагенный эффект, стимуляция развития аутоиммунных процессов [12]. Диапазон токсического воздействия на организм мышьяка также широк: длительное поступление мышьяка в организм может вызывать канцерогенные эффекты, диабет, поражения кожи, нервной и сердеч-

но-сосудистой систем. При попадании в ЖКТ мышьяк вызывает эрозии слизистых оболочек. В пренатальном периоде и в раннем детстве негативно сказывается на умственном развитии детей и коррелирует с более высокими показателями смертности в детском возрасте [13].

С учетом основных направлений токсического воздействия наиболее опасных из проанализированных соединений были определены приоритетные критические системы, подвергающиеся риску. Наиболее высокие индексы суммарной опасности (HI) были отмечены для почек (для взрослых HI = 4,892 — средний, для детей HI = 11,412 — высокий). Низким уровнем риска характеризовались показатели неканцерогенной опасности для кожи, крови (для взрослых — 0,7, это на уровне допустимого риска), желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой и иммунной систем (рис.). Для некоторых реперных точек, проанализированных по пробам с максимальными концентрациями токсикантов, средний уровень риска наблюдался для ЖКТ и иммунной, сердечно-сосудистой и нервной систем, обусловленный более высокими, чем кларковые, концентрациями мышьяка, магния, натрия и кальция.

В отечественной литературе присутствует значительное количество санитарно-гигиенических исследований, посвященных процедуре оценки неканцерогенного риска здоровью. В период с 2000 по 2021 г. было опубликовано более 60 работ по данной проблематике. Однако большинство из них сосредоточено на анализе централизованного водоснабжения и итоговой оценке качества реализации мероприятий по водо-



Распределение рисков суммарных неканцерогенных эффектов (HI) по критическим системам

подготовке, вносящих существенный вклад в формирование химической природы воды хозяйственно-питьевого назначения. Вместе с тем неуклонно растет доля альтернативных источников, особенно в регионах, лишенных доброкачественных поверхностных вод. Данное обстоятельство побуждает авторов все чаще обращать внимание на качество нецентрализованного водоснабжения [14–16]. Результаты зарубежных исследований свидетельствуют о преимущественно низких и средних уровнях риска по показателю HQ, формируемых под воздействием хрома, свинца, никеля, кадмия, мышьяка, меди, железа и цинка на территории Индии и Китая [17; 18]. Высокие концентрации мышьяка достаточно часто регистрируются как в РФ, так и за рубежом, что объясняется геохимической природой водоносных горизонтов и водоупорных слоев [19]. В отличие от традиционной санитарно-гигиенической оценки качества питьевой воды, когда основными нестандартными значениями характеризуются такие показатели, как общая минерализация, жесткость, кальций, калий, магний и нитраты, при оценке опасности подземных вод с применением методики анализа риска на первое место вышли молибден и бериллий при значительно малой роли нитратов. Примечательно, что широко представленные в релевантной литературе данные о рисках развития детской нитратной метгемоглобинемии, связанных с повышенными концентрациями нитратов в воде, в нашем исследовании по всем реперным точкам, а также по средним значениям свидетельствовали о низком уровне риска ($HQ = 0,2$) [20].

По результатам нашего исследования было выявлено, что основными критическими системами, подвергающимися риску неканцерогенных воздействий, являются выделительная, а также иммунная системы, кровь и органы кровообращения, кожа и желудочно-кишечный тракт. Согласно проанализированной литературе, наиболее часто риску подвергаются сходные органы и системы, кроме того, регулярно отмечаются средние уровни неканцерогенной опасности для нервной, в том числе центральной, и эндокринной систем [21].

Неопределенность полученных в результате исследования данных может быть обусловлена рядом факторов. В литературе отсутствуют публикации, посвященные анализу риска воздействия токсикантов, содержащихся в подземных водах, залегающих на территории бассейна Прикаспийской синеклизы, что затрудняет процедуру выбора

приоритетного списка химических веществ на стадии идентификации опасности. Также в работе не рассматривалась ингаляционная и кожная экспозиция загрязнителей в связи с тем, что данные пути поступления занимают незначительную долю в картине формирования общего неканцерогенного риска здоровью, ассоциированного с использованием нецентрализованных подземных источников водоснабжения. Разброс показателей концентраций железа и натрия может быть связан с пестротой гидрогеохимической природы исследуемого региона и локальным залеганием пресноводных линз, изменяющим общий ионный состав хлоридно-натриевого типа подземных вод Нижневолжского бассейна. Отбор проб осуществлялся в наиболее гидродинамически стабильный сезонный период, что значимо для локально слабо защищенных от влияния атмосферных осадков водоносных горизонтов Нижневолжского подземного бассейна. Это основание позволяет считать проведенную процедуру оценки риска здоровью адекватной рекомендациям, отраженным в Р 2.1.10.1920-04. Увеличение количества реперных точек водозабора и использование региональных факторов экспозиции позволили бы снизить риск искажения полученных данных. Тем не менее при сравнительном анализе применение в расчете дозы поступления токсикантов стандартных значений является правомерным. Все вышеперечисленные факторы способствуют появлению некоторой степени неопределенности в результатах исследования, поэтому их можно расценивать как относительные.

Выводы

Основными веществами, определяющими неканцерогенный риск при употреблении некондиционных подземных вод Нижневолжского бассейна, являются молибден и бериллий. Кроме того, настороженность вызывают повышенные концентрации мышьяка и натрия. Наивысшим уровням риска неканцерогенных эффектов подвергаются почки. Низкие уровни риска отмечаются для кожи, крови, желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой и иммунной систем. Полученные данные будут значимы для процедуры организации водоподготовки в отдаленных пустынных и полупустынных районах Волгоградской области в контексте определения приоритетных очистных сооружений для источников нецентрализованного водоснабжения. На основе полученных данных о наиболее опасных загрязнителях и их

влиянии на здоровье населения возможно осуществление корректировки ряда профилактических мероприятий по предотвращению развития эндемичных для исследуемого региона экзозависимых заболеваний. Дальнейшие перспективы исследования связаны

с оценкой канцерогенных рисков, ассоциированных с поллютантами, содержащимися в сточных водах предприятий нефтегазовой промышленности и прудах-испарителях, расположенных на прилегающей к селитебной зоне территории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора / Н.В. Зайцева, А.С. Сбоев, С.В. Клейн, С.А. Вековщина. — DOI 10.21668/health.risk/2019.2.05. — EDN EBSBCS // Анализ риска здоровью. — 2019. — № 2. — С. 44–52.
2. Ковальчук В.К. Гигиенические проблемы химического состава питьевой воды систем водоснабжения Приморского края / В.К. Ковальчук, Д.В. Маслов. — EDN GZHJGC // Тихоокеанский медицинский журнал. — 2006. — № 3. — С. 60–63.
3. 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспективы / Ю.А. Рахманин, Г.Н. Красовский, Н.А. Егорова, Р.И. Михайлова. — EDN TOLYXX // Гигиена и санитария. — 2014. — Т. 93, № 2. — С. 5–18.
4. Эльпинер Л.И. Современные медико-экологические аспекты учения о подземных водах / Л.И. Эльпинер. — EDN UXZQTV // Гигиена и санитария. — 2015. — Т. 94, № 6. — С. 39–46.
5. Богданова В.Д. Гигиеническая оценка питьевой воды из подземных источников централизованных систем водоснабжения острова Русский / В.Д. Богданова, П.Ф. Кику, Л.В. Кислицына. — DOI 10.21668/health.risk/2020.2.03. — EDN DUSJGP // Анализ риска здоровью. — 2020. — № 2. — С. 28–35.
6. Региональные проблемы обеспечения гигиенической надежности питьевого водопользования / А.В. Тулакин, Г.В. Цыплакова, Г.П. Амплеева [и др.]. — DOI 10.18821/0016-9900-2016-95-11-1025-1028. — EDN XSNRNP // Гигиена и санитария. — 2016. — Т. 95, № 11. — С. 1025–1029.
7. Мельцер А.В. Гигиеническое обоснование оценки качества питьевой воды по показателям эпидемиологической безопасности с использованием методологии оценки риска здоровью населения / А.В. Мельцер, А.В. Киселев, Н.В. Ерастова. — EDN VSZSQV // Профилактическая и клиническая медицина. — 2015. — Т. 56, № 3. — С. 12–17.
8. Cytotoxicity studies of water soluble coordination compounds with a [Mo2O2S2]2+ core / J.M. Gretarsdóttir, S. Bobersky, N. Metzler Nolte, S.G. Suman. — DOI 10.1016/j.jinorgbio.2016.01.020 // Journal of Inorganic Biochemistry. — 2016. — Vol. 160. — P. 166–171.
9. Dietary toxicity of soluble and insoluble molybdenum to northern bobwhite quail (*Colinus virginianus*) / J.M. Stafford, C.E. Lambert, J.A. Zyskowski [et al.]. — DOI 10.1007/s10646-015-1587-5 // Ecotoxicology. — 2016. — Vol. 25, № 2. — P. 291–301.
10. Toxicity of Sodium Molybdate and Sodium Dichromate to *Daphnia Magna* Straus Evaluated in Acute, Chronic, and Acetylcholinesterase Inhibition Tests / T.C. Diamantino, L. Guilhermino, E. Almeida, A.M. Soares // Ecotoxicology and Environmental Safety. — 2000. — Vol. 45, № 3. — P. 253–259.
11. Ercal N. Toxic Metals and Oxidative Stress Part I: Mechanisms Involved in Metal-induced Oxidative Damage / N. Ercal, H. Gurer-Orhan, N. Aykin-Burns // Current Topics in Medicinal Chemistry. — 2001. — Vol. 1, № 6. — P. 529–539.
12. New Insight in Beryllium Toxicity Excluding Exposure to Beryllium-Containing Dust: Accumulation Patterns, Target Organs, and Elimination / E. Drobyshev, L. Kybarskaya, S. Dagaev [et al.] // Arch Toxicol. — 2019. — Vol. 93. — P. 859–869.
13. Hughes M.F. Arsenic Toxicity and Potential Mechanisms of Action / M.F. Hughes // Toxicology letters. — 2002. — Vol. 133, № 1. — P. 1–16.
14. Безгодов И.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области / И.В. Безгодов, Н.В. Ефимова, М.В. Кузьмина. — EDN TPJJJP // Гигиена и санитария. — 2015. — Т. 94, № 2. — С. 15–19.
15. Коньшина Л.Г. Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения МО город Екатеринбург и его окрестностей / Л.Г. Коньшина. — DOI 10.18821/0016-9900-2016-95-5-413-416. — EDN WBOZAH // Гигиена и санитария. — 2016. — Т. 95, № 5. — С. 413–416.
16. Попов А.А. Характеристика риска, связанного с химическим составом питьевой воды, для здоровья населения в сельских районах юга Амурской области / А.А. Попов. — DOI 10.12737/article_58e45af0046c22.12950196. — EDN YREGGH // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. — 2017. — Т. 63. — С. 85–90.
17. Shallow Groundwater Quality and Associated Non-Cancer Health Risk in Agricultural Areas (Poyang Lake basin, China) / E. Soldatova, Z. Sun, S. Maier [et al.] // Environmental geochemistry and health. — 2018. — Vol. 40, № 5. — P. 2223–2242.
18. Carcinogenic and Non-Carcinogenic Human Health Risk From Exposure to Heavy Metals in Surface Water of Padma River / A. Haque, J. AbuSayed, Z. Ferdoushi [et al.]. — DOI 10.3923/rjet.2018.18.23 // Research Journal of Environmental Toxicology. — 2018. — Vol. 12. — P. 18–23.
19. Ratnaike R.N. Acute and Chronic Arsenic Toxicity / R.N. Ratnaike // Postgraduate medical journal. — 2003. — Vol. 79, № 933. — P. 391–396.
20. Коньшина Л.Г. Оценка риска здоровью детей, обусловленного химическим составом питьевой воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга / Л.Г. Коньшина. — DOI 10.18821/0016-9900-2019-98-9-997-1003. — EDN SFEJDE // Гигиена и санитария. — 2019. — Т. 98, № 9. — С. 997–1003.

21. Arsenic in Private Drinking Water Wells: an Assessment of Jurisdictional Regulations and Guidelines for Risk Remediation in North America / H. Chappells, L. Parker, C.V. Fernandez [et al.]. — DOI 10.2166/wh.2014.054 // Journal of Water and Health. — 2014. — Vol. 12, No. 3. — P. 372–92.

REFERENCES

1. Zaitseva N.V., Sboev A.S., Klein S.V., Vekovshina S.A. Drinking Water Quality: Health Risk Factors and Efficiency of Control and Surveillance Activities by Rospotrebnadzor. *Analiz riska zdorov'yu = Health Risk Analysis*, 2019, no. 2, pp. 44–52. (In Russian). EDN: EBSBCS. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.05.
2. Koval'chuk V.K., Maslov D.V. Hygienic Problems of the Chemical Compound of Drinking Water of Water Systems of Primorye. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal = Pacific Medical Journal*, 2006, no. 3, pp. 60–63. (In Russian). EDN: GZHJGC.
3. Rakhmanin Yu.A., Krasovskii G.N., Egorova N.A., Mikhailova R.I. 100 Yers of Drinking Water Regulation. Retrospective Review, Current Situation and Prospects edn Tolyxx. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2014, vol. 92, no. 9, pp. 5–18. (In Russian). EDN: SBKJEH.
4. El'piner L.I. Modern Medical Ecological Aspects of Theory of Fresh Groundwater Resources. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2015, vol. 94, no. 6, pp. 39–46. (In Russian). EDN: UXZQTV.
5. Bogdanova V.D., Kiku P.F., Kisilitsyna L.V. Hygienic Assessment of Drinking Water From Underground Water Sources Taken From Centralized Water Supply Systems on Island Russkiy. *Analiz riska zdorov'yu = Health Risk Analysis*, 2020, no. 2, pp. 28–35. (In Russian). EDN DUSJGP. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.03.
6. Tulakin A.V., Tsyplakova G.V., Ampleeva G.P. [et al.]. Regional Problems of the Provision of Hygienic Reliability of Drinking Water Consumption. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2016, vol. 95, no. 11, pp. 1025–1029. (In Russian). EDN: XSNRNP. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-11-1025-1028.
7. Mel'tser A.V., Kiselev A.V., Erastova N.V. Hygienic Validation of Assessment of Drinking Water Quality in Terms of Epidemiological Safety Using Methodology of Public Health Risk Assessment. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina = Preventive and Clinical Medicine*, 2015, vol. 56, no. 3, pp. 12–17. (In Russian). EDN: VSZSQV.
8. Gretarsdóttir J.M., Bobersky S., Metzler-Nolte N., Suman S.G. Cytotoxicity Studies of Water Soluble Coordination Compounds With a [Mo2O2S2]2+ core. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 2016, vol. 160, pp. 166–171.
9. Stafford J.M., Lambert C.E., Zyskowski J.A. [et al.]. Dietary Toxicity of Soluble and Insoluble Molybdenum to Northern Bobwhite Quail (*Colinus virginianus*). *Ecotoxicology*, 2016, vol. 25, no. 2, pp. 291–301. DOI: 10.1007/s10646-015-1587-5.
10. Diamantino T.C., Guilhermino L., Almeida E., Soares A.M. Toxicity of Sodium Molybdate and Sodium Dichromate to Daphnia Magna Straus Evaluated in Acute, Chronic, and Acetylcholinesterase Inhibition Tests. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2000, vol. 45, no. 3, pp. 253–259.
11. Ercal N., Gurer-Orhan H., Aykin-Burns N. Toxic Metals and Oxidative Stress Part I: Mechanisms Involved in Metal-induced Oxidative Damage. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 2001, vol. 1, no. 6, pp. 529–539.
12. Drobyshev E., Kybarskaya L., Dagaev S. [et al.]. New Insight in Beryllium Toxicity Excluding Exposure to Beryllium-Containing Dust: Accumulation Patterns, Target Organs, and Elimination. *Arch Toxicol*, 2019, vol. 93, pp. 859–869.
13. Hughes M.F. Arsenic Toxicity and Potential Mechanisms of Action. *Toxicology letters*, 2002, vol. 133, no. 1, pp. 1–16.
14. Bezgodov I.V., Efimova N.V., Kuz'mina M.V. Assessment of the Quality of Drinking Water and Risk for the Population's Health in Rural Territories in the Irkutsk Region. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2015, vol. 2, no. 1, pp. 5–9. (In Russian). EDN: TPHJJP.
15. Kon'shina L.G. The Assessment of the Quality of Water from Sources of Decentralized Water Supply of Ekaterinburg and Surrounding Areas. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2016, vol. 95, no. 5, pp. 413–416. (In Russian). EDN: WBOZAH. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-413-416.
16. Popov A.A. Characteristics of Risk, Caused by Chemical Composition of Drinking Water, to the Public Health in the Rural Areas of the Southern Amur Region. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya = Bulletin physiology and pathology of respiration*, 2017, vol. 63, pp. 85–90. (In Russian). EDN: YREGGH. DOI: 10.12737/article_58e45af0046c22.12950196.
17. Soldatova E., Sun Z., Maier S. [et al.]. Shallow Groundwater Quality and Associated Non-Cancer Health Risk in Agricultural Areas (Poyang Lake basin, China). *Environmental geochemistry and health*, 2018, vol. 40, no. 5, pp. 2223–2242.
18. Haque A., AbuSayed J., Ferdoushi Z. [et al.]. Carcinogenic and Non-Carcinogenic Human Health Risk from Exposure to Heavy Metals in Surface Water of Padma River. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 2018, vol. 12, pp. 18–23. DOI: 10.3923/rjet.2018.18.23.
19. Ratnaik R.N. Acute and Chronic Arsenic Toxicity. *Postgraduate medical journal*, 2003, vol. 79, no. 933, pp. 391–396.
20. Kon'shina L.G. Risk Assessment of Children's Health Due to the Chemical Composition of Drinking Water Sources of the Non-Centralized Water Supply of the City of Ekaterinburg. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2019, vol. 98, no. 9, pp. 997–1003. (In Russian). EDN: SFEJDE. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-9-997-1003.
21. Chappells H., Parker L., Fernandez C.V. [et al.]. Arsenic in Private Drinking Water Wells: an Assessment of Jurisdictional Regulations and Guidelines for Risk Remediation in North America. *Journal of Water and Health*, 2014, vol. 12, no. 3, pp. 372–92. DOI: 10.2166/wh.2014.054.

Информация об авторах

Новиков Денис Сергеевич — старший преподаватель, кафедра общей гигиены и экологии, Волгоградский государственный медицинский универ-

Authors

Denis S. Novikov — Senior Lecturer, Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University, Volgograd, the Russian Feder-

ситет Минздрава России, г. Волгоград, Российская Федерация, e-mail: dennov89@mail.ru, [ID https://orcid.org/0000-0002-2886-5431](https://orcid.org/0000-0002-2886-5431), SPIN-код: 4583-6672, AuthorID РИНЦ: 783628.

Руруа Лейла Пирметовна — кандидат медицинских наук, доцент, кафедра общей гигиены и экологии, Волгоградский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Волгоград, Российская Федерация, e-mail: arlekama@mail.ru, [ID https://orcid.org/0000-0002-2708-2953](https://orcid.org/0000-0002-2708-2953), SPIN-код: 6879-4800, AuthorID РИНЦ: 423897.

Ковалёва Марина Дмитриевна — доктор социологических наук, кандидат медицинских наук, профессор, кафедра общей гигиены и экологии, Волгоградский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Волгоград, Российская Федерация, e-mail: mdkovaleva2020@mail.ru, [ID https://orcid.org/0000-0002-6586-3582](https://orcid.org/0000-0002-6586-3582), SPIN-код: 5152-9370, AuthorID РИНЦ: 345153.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования

Новиков Д.С. Исследование неканцерогенного риска здоровью населения при пероральном потреблении некондиционных подземных вод Нижневолжского бассейна / Д.С. Новиков, Л.П. Руруа, М.Д. Ковалева. — DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(3).590-598. — EDN ZIJRVQ // Известия Байкальского государственного университета. — 2023. — Т. 33, № 3. — С. 590–598.

ation, e-mail: dennov89@mail.ru, [ID https://orcid.org/0000-0002-2886-5431](https://orcid.org/0000-0002-2886-5431), SPIN-Code: 4583-6672, AuthorID RSCI: 783628.

Leila P. Rurua — Ph.D. in Medicine, Assistant Professor, Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University, Volgograd, the Russian Federation, e-mail: arlekama@mail.ru, [ID https://orcid.org/0000-0002-2708-2953](https://orcid.org/0000-0002-2708-2953), SPIN-Code: 6879-4800, AuthorID RSCI: 423897.

Marina D. Kovaleva — D.Sc. in Sociology, Ph.D. in Medicine, Professor, Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University, Volgograd, the Russian Federation, e-mail: mdkovaleva2020@mail.ru, [ID https://orcid.org/0000-0002-6586-3582](https://orcid.org/0000-0002-6586-3582), SPIN-Code: 5152-9370, AuthorID RSCI: 345153.

Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

For Citation

Novikov D.S., Rurua L.P., Kovaleva M.D. Study of Non-Carcinogenic Risk to Public Health from Oral Consumption of Substandard Groundwater in the Nizhnevolzhsky Basin. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2023, vol. 33, no. 3, pp. 590–598. (In Russian). EDN: ZIJRVQ. DOI: 10.17150/2500-2759.2023.33(3).590-598.