



Ковальчук В.К.¹, Маслов Д.В.²

Влияние питьевой воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения на возникновение уролитиаза у населения Приморского края в 1991–2015 годах

¹ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Минздрава России, 690002, Владивосток, Российская Федерация;

²Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Приморскому краю, 690950, Владивосток, Российская Федерация

Введение. Дисбаланс макроэлементов в мягкой маломинерализованной питьевой воде систем водоснабжения Приморского края может быть фактором риска развития у населения многих соматических заболеваний.

Цель: гигиеническая идентификация компонентов минерального состава питьевой воды, являющихся фактором риска возникновения уролитиаза у детского, подросткового и взрослого населения за 25-летний период наблюдения.

Материалы и методы. Выявление формальных статистических связей между среднемноголетним содержанием железа, кремния, марганца, кальция, магния, натрия, уровнем общей жёсткости в питьевой воде (534 водопровода и 1929 колодезь) и первичной заболеваемостью уролитиазом населения (34 административные территории) методом рангового корреляционного анализа, идентификация причинно-следственных связей по медико-статистическим и гигиеническим критериям, оценка территориального распределения величин атрибутивного риска уролитиаза на популяционном уровне.

Результаты. Установлена причинно-следственная связь между парным соотношением содержания кальция и магния в питьевой воде и первичной заболеваемостью уролитиазом взрослого, подросткового и детского населения. Избыточное содержание кремния, марганца и железа в питьевой воде не влияет на уровень изучаемой заболеваемости. Зоны максимального риска возникновения уролитиаза у населения в основном локализируются на севере и востоке Приморского края.

Заключение. Дисбаланс содержания кальция и магния на фоне дефицита магния в водопроводной и колодезной воде представляет собой приоритетный в условиях Приморского края фактор риска уролитиаза водного происхождения, особенности территориального распределения непосредственного риска возникновения уролитиаза у населения позволяют сформировать научно обоснованный план очерёдности реализации мер первичной профилактики этого заболевания в регионе.

Ключевые слова: уролитиаз; популяционные факторы риска; системы водоснабжения населения; питьевая вода; кальций; магний

Для цитирования: Ковальчук В.К., Маслов Д.В. Влияние питьевой воды систем хозяйственно-питьевого водоснабжения на возникновение уролитиаза у населения Приморского края в 1991–2015 годах. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (4): 300–306. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-300-306>

Для корреспонденции: Ковальчук Виктор Калинович, доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава России, 690002, Владивосток. E-mail: comhyg@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Благодарность. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: Ковальчук В.К. – концепция и дизайн исследования, сбор и систематизация материала, статистическая обработка, написание текста и редактирование; Маслов Д.В. – сбор и систематизация материала, расчёт и оценка эпидемиологического риска. *Все соавторы* – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила 11.02.2020 / Принята к печати 10.03.2021 / Опубликована 18.05.2021

Victor K. Koval'chuk¹, Dmitry V. Maslov²

Influence of drinking water from water supply systems on the occurrence of urolithiasis in residents of the Primorsky territory in 1991–2015

¹Pacific State Medical University, Vladivostok, 690002, Russian Federation;

²Administration of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being in the Primorsky Territory, Vladivostok, 690950, Russian Federation

Introduction. The imbalance of macroelements in the soft low-mineralized drinking water of the Primorsky Territory water supply systems can be a risk factor for developing many somatic diseases in the population.

Aim: hygienic identification of the mineral composition components of drinking water, posing a risk factor for urolithiasis in children, adolescent, and adult populations over a 25-year follow-up period.

Methods include identification of formal statistical relationships between mean annual content of iron, silicon, manganese, calcium, magnesium, sodium, total hardness in drinking water (534 water pipes and 1929 wells), and incidence of urolithiasis in the population (34 administrative areas) by rank correlation analysis, identification cause-effect relations on medical-statistical and hygienic criteria, assessment of the geographical distribution of the attributive risk of urolithiasis at the population level.

Results. The relation “cause-effect” has been established between the paired ratio of calcium and magnesium in drinking water and incidence of urolithiasis in adults, adolescents, and children. Increased concentrations of silicon, manganese, and iron in drinking water do not affect the studied incidence level. The maximum risk of urolithiasis in the population is mainly located in the North and East of the Primorsky Territory.

Conclusions. An imbalance of calcium and magnesium against a background of magnesium deficiency in tap and well water is the priority risk factor of aquatic origin for urolithiasis in the Primorsky Territory; the features of the geographical distribution of the immediate risk of urolithiasis among

the population make it possible to form a scientifically based plan for the sequence of implementation of primary prevention measures for this disease in the region.

Keywords: urolithiasis; population risk factors; municipal water supply systems; drinking water; calcium; magnesium

For citation: Koval'chuk V.K., Maslov D.V. Influence of drinking water from water supply systems on the occurrence of urolithiasis in residents of the Primorsky territory in 1991–2015. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2021; 100 (4): 300–306. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-300-306>

For correspondence: Victor K. Koval'chuk, MD, Ph.D., DSci., Professor, professor of the Department of Hygiene of "Pacific State Medical University" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation. E-mail: comhyg@mail.ru

Information about authors: Koval'chuk V.K., <https://orcid.org/0000-0002-4179-7330>; Maslov D.V., <https://orcid.org/0000-0003-1331-4335>

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

Acknowledgment. The study had no funding.

Contribution of the authors: Koval'chuk V.K. — research concept and design, collection and systematization of material, statistical processing, writing text and editing; Maslov D.V. — collection and systematization of material, calculation and assessment of epidemiological risk. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Received: February 11, 2021 / Accepted: March 23, 2021 / Published: May 18, 2021

Введение

Приморский край является неблагоприятным по заболеваемости населения уролитиазом (мочекаменной болезнью). Известно, что это соматическое заболевание имеет полиэтиологическую природу [1]. Наряду с индивидуальными факторами (метаболические нарушения, инфекции мочеполовых органов, особенности питания, расстройств уродинамики, гиподинамия и др.) [1–3] в возникновении этой патологии участвуют популяционные факторы среды обитания человека, особенно климат [1, 3–5] и питьевая вода систем водоснабжения [3, 4]. Именно эти территориальные факторы определяют неравномерность географического распространения этой патологии на земном шаре с формированием многовековых эндемических районов [1, 6]. В эндемических зонах с относительно комфортным климатом средних широт роль питьевой воды в образовании мочевых конкрементов проявляется более выражено.

В научной литературе доступны результаты исследования влияния многих химических элементов и веществ, характерных для минерального состава питьевой воды, на формирование мочевых конкрементов при хроническом пероральном поступлении в организм с водой или пищей. Прежде всего к ним следует причислить кальций и магний [3], фтор [7], натрий [3], железо [8], кремний [9], марганец [8, 10], а также показатель общей жёсткости воды [4]. Большая часть таких публикаций констатирует наличие неблагоприятного влияния жёсткой водопроводной воды с избытком минеральных веществ на развитие уролитиаза [11, 12]. Однако в немногочисленных исследованиях, выполненных в восьмидесятых годах прошлого столетия в провинции Ньюфаундленд в Канаде [13], штате Южная Каролина в США [13], городе Афины в Греции [14] и на территории Японии [15], сделан иной вывод. Отмечается, что мягкая с дефицитом магния водопроводная вода в населённых пунктах этих территорий также является значимым фактором риска кальцийсодержащего уролитиаза у человека.

В 90-х годах прошлого века аналогичные исследования также были проведены в Приморском крае [16, 17]. Выявлено, что вода систем питьевого водоснабжения этого края наряду с региональными особенностями муссонного климата и пищевого рациона является приоритетным фактором риска формирования мочевых камней у детей. Неблагоприятное влияние водного фактора на возникновение этой патологии у подростков и взрослого населения Приморья до сих пор не доказано. Меры первичной профилактики уролитиаза на популяционном уровне для этих групп населения не обоснованы.

Цель исследования — гигиеническая идентификация факторов риска в минеральном составе воды систем питьевого назначения Приморского края, ответственных за возникновение уролитиаза у отдельных возрастных групп населения, по материалам за 25-летний период наблюдения.

Материалы и методы

Объектом исследования являлось детское (0–14 лет), подростковое (15–17 лет) и взрослое (старше 18 лет) население Приморского края. В качестве районов наблюдения приняты населённые пункты в 34 административных территориях края. Тип исследования — проспективное наблюдение в течение 25 лет (1991–2015 гг.).

Изучали качество питьевой воды в 534 водопроводах питьевого назначения и 1929 общественных колодцах. Оценивали следующие показатели химического состава воды: кальций, магний, натрий, железо, кремний, марганец, общую жёсткость. Для полноты гигиенического анализа качества воды также учитывали уровень её минерализации. Суммарный объём данных за все годы наблюдения составил 135 476 единиц информации. Использовали первичные результаты анализов химических лабораторий Роспотребнадзора по Приморскому краю, владельцев систем водоснабжения, региональных комитетов по гидрометеорологии и геологии.

Показатели первичной заболеваемости уролитиазом детского, подросткового и взрослого населения в разрезе 33–34 административных территорий края ежегодно получали в Медицинском информационно-аналитическом центре Приморского края.

В последующем анализе использовали группировку территорий края по 4 географическим зонам. Зона «Южное побережье» включала 9 территорий на южном побережье Японского моря; зона «Восточное побережье» — 6 прибрежных территорий восточнее главного хребта горной системы Сихотэ-Алинь; зона «Континентальная» — 15 территорий в пределах Приханкайской и Уссурийской низменностей, включая приграничные с Китаем; зона «Северная» — 4 территории в бассейне реки Уссури и её притоков вплоть до границы с Хабаровским краем.

Идентификацию факторов риска уролитиаза выполняли в ходе изучения рядов территориального распределения среднесезонных показателей качества воды и заболеваемости. Поиск формальных статистических связей между этими рядами осуществляли методом ранговой корреляции с применением программного комплекса Statistica 10.0. Корреляционный анализ проводили для двух сроков наблюдения — 9 лет (1991–1999) и 25 лет (1991–2015). Причинно-следственные связи выделяли с помощью пошаговой процедуры отбора факторов по следующим критериям: 1) согласованность направленностей оцениваемой связи в отдельных возрастных группах населения; 2) правдоподобность направленности связи (связь, не согласующаяся с разумным патофизиологическим объяснением, отвергается); 3) статистическая значимость коэффициента парной корреляции ($p \leq 0,05$).

Территории риска уролитиаза выявили с помощью метода оценки эпидемиологического риска здоровью на популяционном уровне при медико-гигиеническом ранжировании территорий [18]. Для каждой территории региона вычисляли

Таблица 1 / Table 1

Корреляция показателей минерального состава питьевой воды систем водоснабжения с первичной заболеваемостью уролитиазом подросткового и взрослого населения Приморского края в разные периоды исследования

Correlation of the mineral composition indicators of the water supply systems drinking water with urolithiasis incidence rates of the Primorsky Territory adolescent and adult population in different investigation periods

Группа населения Population group	Период исследования, годы Research period, years	Коэффициент ранговой корреляции (Rs) Rank correlation coefficient							
		Ca	Mg	Na	Fe	Si	Mn	Ca/Mg	Общая жёсткость Total hardness
Подростки, $n = 34$ Adolescents, $n = 34$	1991–1999	–0.06	–0.03	–0.06	+0.02	–0.05	–0.12	+0.03	–0.12
	1991–2015	–0.08	–0.27	–0.12	–0.11	–0.05	–0.21	+0.39*	–0.18
Взрослые, $n = 34$ Adults, $n = 34$	1991–1999	–0.13	–0.13	–0.11	–0.04	–0.14	–0.05	+0.16	–0.16
	1991–2015	–0.27	–0.40*	–0.38*	–0.38*	–0.07	–0.12	+0.35*	–0.29

Примечание. Note. * – $p < 0,05$.

атрибутивный риск (AR) с учётом фонового риска, определённого на основе расчёта общего для Приморья фонового уровня первичной заболеваемости за 25 лет.

Результаты

Установлено, что минеральный состав питьевой воды в системах водоснабжения Приморья характеризуется многолетним постоянством. Отмечен выраженный избыток железа, кремния и марганца. Концентрации железа в воде систем водоснабжения 55,9% административных территорий края превышают соответствующую ПДК (0,3 мг/л), а их средние многолетние значения по отдельным территориям варьируются от 0,11 до 1,49 мг/л. Питьевая вода почти всех территорий края (91,2%) не соответствует гигиеническим требованиям по содержанию кремния. Средние по территории величины этого показателя находятся в пределах от 5,94 до 62,8 мг/л (ПДК = 10 мг/л). Избыток кремния наиболее характерен для континентальной зоны Приморья. Выраженное загрязнение марганцем питьевой воды систем водоснабжения в крае встречается несколько реже (38,2% территорий). Средние концентрации этого элемента по территориям составили значения от 0,03 до 0,89 мг/л (ПДК = 0,1 мг/л).

Другой особенностью питьевой воды систем водоснабжения в Приморском крае является её крайне низкая жёсткость и малая минерализация. Выявлено, что 67,6% административных территорий имеют общую жёсткость воды менее 1,5 мг-экв/л. Значения этого показателя находятся в пределах 0,4–4,83 мг-экв/л, с минимумом в прибрежных территориях. В свою очередь уровень общей минерализации питьевой воды менее 100 мг/л отмечается только у 35,2% территорий края. Средние величины минерализации воды варьируются от 23 мг/л (южное побережье) до 305,79 мг/л (центр континентальной зоны). Иные характеристики получены для кальция и магния, соли которых формируют жёсткость и отчасти общую минерализацию воды. Содержание кальция в питьевой воде 88,2% территорий края находится ниже 25 мг/л. Средние территориальные значения этого показателя варьируют от 4,12 до 48,75 мг/л. Магний также отличается большим разнообразием величин его содержания в питьевой воде – от 1,68 до 17,64 мг/л. При этом содержание магния в воде менее 10 мг/л наблюдается на значительно большей части Приморья, в 82,4% административных образований.

Заболеваемость уролитиазом в Приморье за 25-летний постсоветский период увеличилась. Темп её прироста среди детского населения равен 3,31%, подросткового – 4,55%, взрослого – 1,93%. При этом уровень средневозрастной заболеваемости по краю у детей достиг 21,36 (95% ДИ 11,26; 31,46), подростков – 75,53 (95% ДИ 61,62; 89,44), взрослых – 194,22 (95% ДИ 160,58; 227,86) случаев на 100 тысяч населения.

Коэффициенты корреляции показателей качества питьевой воды и уровней заболеваемости уролитиазом подросткового и взрослого населения представлены в табл. 1. Установлено наличие достоверных корреляций у подростков и взрослых только в 25-летнем (1991–2015) периоде наблюдения. При этом заболеваемость подростков имеет прямую связь с парным соотношением Ca/Mg в воде ($R_s = 0,39$; $p < 0,05$), заболеваемость взрослого населения имеет прямую связь с соотношением Ca/Mg ($R_s = 0,35$; $p < 0,05$) и обратную связь с магнием в воде ($R_s = -0,4$; $p < 0,05$). Какие-либо достоверные корреляционные связи в 9-летнем (1991–1999) периоде наблюдения в этих группах населения не выявлены.

Результаты корреляционного анализа в группе детского населения Приморья приведены в табл. 2. В отличие от подростков и взрослых в 9-летнем периоде наблюдения заболеваемость детей в целом по краю высоко достоверно коррелирует с парным соотношением Ca/Mg в питьевой воде ($R_s = 0,6$; $p < 0,01$), что подтверждает данные по этой теме исследования, опубликованные нами ранее [17]. Однако анализ материалов за 25-летний период наблюдения не выявил достоверных коэффициентов корреляции, что является парадоксальным, так как рассматриваемые показатели качества питьевой воды за исключением железа являются природными по происхождению и постоянными во времени [17, 19].

Для выяснения причин этого факта выполнен поиск территорий края, маскирующих ранее доказанную нами связь минерального состава питьевой воды с детской заболеваемостью [17] при расширении срока наблюдения до 25 лет. Эта задача реализована по схеме пошагового корреляционного анализа, предусматривающего последовательное исключение из матрицы одной административной территории края. Выявили 7 сельских и 1 городскую территории, элиминация которых из статистического анализа повышала коэффициент парной корреляции до величины принятого критерия статистической значимости ($p < 0,05$). Установлено, что отличительным свойством этих 8 территорий является выраженное замедление темпа прироста изучаемой заболеваемости на 30,1–52,7% за последние 16 лет по сравнению с аналогичным среднекраевым показателем. Результаты корреляционного анализа без учёта исключённых территорий края представлены в табл. 2. Они демонстрируют существование достоверной прямой связи демоного соотношения Ca/Mg в воде с заболеваемостью уролитиазом детей ($R_s = 0,49$; $p < 0,05$) и значимой обратной связи с магнием в воде ($R_s = -0,42$; $p < 0,05$).

С целью более детального изучения особенностей влияния питьевой воды на возникновение уролитиаза у детей проведён отдельный корреляционный анализ для городских и сельских территорий края при 25-летнем сроке наблюдения (см. табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Корреляция показателей минерального состава питьевой воды систем водоснабжения с первичной заболеваемостью уролитиазом детского населения Приморского края в разные периоды исследования**Correlation of the mineral composition indicators of the water supply systems drinking water with urolithiasis incidence rates of the Primorsky Territory child population in different investigation periods**

Территория наблюдения Observation area	Период исследования, годы Research period, years	Коэффициент ранговой корреляции (Rs) Rank correlation coefficient							Общая жёсткость Total hardness
		Ca	Mg	Na	Fe	Si	Mn	Ca/Mg	
Весь край, $n = 34$ The whole region, $n = 34$	1991–1999	–0.18	–0.25	–0.06	–0.07	+0.05	–0.13	+0.60**	–0.18
	1991–2015	+0.10	+0.03	+0.16	–0.10	+0.10	+0.18	+0.11	+0.08
Города, $n = 11$ Cities and towns, $n = 11$	1991–1999	+0.24	+0.14	–0.37	–0.14	+0.04	+0.34	+0.58	+0.20
	1991–2015	–0.41	–0.45	–0.42	–0.36	–0.24	+0.01	+0.64*	–0.38
Сельские территории, $n = 22$ Rural areas, $n = 22$	1991–1999	–0.05	–0.11	+0.03	–0.25	–0.04	+0.06	+0.37	–0.03
	1991–2015	+0.42	+0.31	+0.44	–0.12	+0.30	+0.18	–0.22	+0.34
Весь край без маскирующих территорий, $n = 26$ The whole region without masking areas, $n = 26$	1991–2015	–0.29	–0.42*	–0.15	–0.06	–0.18	+0.22	+0.49*	–0.29

Примечание. Note. * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$.

Установлено наличие достоверной корреляции для парного соотношения Ca/Mg в питьевой воде в группе городских территорий ($R_s = 0,65$; $p < 0,05$) и полное отсутствие каких-либо статистически значимых корреляций в группе сельских территорий.

Учитывая критерии идентификации причинно-следственных связей, принятые в этой работе, к таким связям необходимо отнестись зависимости заболеваемости в группах взрослого и детского населения от величины парного соотношения Ca/Mg, а также от содержания магния в питьевой воде (см. табл. 1). Эти связи характеризуются статистической значимостью ($p \leq 0,05$), одной направленностью в отдельных возрастных группах населения, разумной патофизиологической трактовкой такой направленности связи. Связь соотношения Ca/Mg в питьевой воде с заболеваемостью подростков также следует классифицировать как причинно-следственную. В свою очередь значимые связи с натрием и железом следует признать только формальными статистическими.

При разработке региональной программы профилактики и реабилитации какого-либо заболевания у населения особое значение имеет обоснованность очередности реализации мероприятий в населённых пунктах. Гигиеническое ранжирование административных территорий Приморья по величине непосредственного риска уролитиаза представлено на примере взрослого населения (табл. 3). Выявлено, что территории с категориями риска «очень высокий» и «высокий» преобладают в северной зоне края (100%). Высокий процент территорий с этими категориями риска также характерен для восточного побережья (83,3%). Менее всего эти категории риска встречаются в зоне южного побережья (57,1%) и континентальной зоне края (60%).

Обсуждение

Идентифицированные причинно-следственные связи заболеваемости уролитиазом с величиной соотношения концентраций кальция и магния и непосредственно с магнием в питьевой воде имеют чёткое объяснение с позиций современных теорий развития этой патологии. Известно, что кальций и магний являются природными антагонистами [20], а их хронический дисбаланс в организме в сторону дефицита магния является патогенетическим, триггерным фактором запуска локальных механизмов преципитации солей кальция в моче [1, 21]. Этот процесс реализуется на фоне

избыточного содержания в моче какой-либо литогенной субстанции (кальцитов, уратов, оксалатов и др.) вследствие нарушений обмена веществ, сопровождающихся канальцевыми поражениями почек [1, 21], или интенсивного экстрауренального выведения жидкости из организма [1, 3, 5]. Справедливость этого положения подкрепляется высокой эффективностью препаратов магния в качестве ингибитора камнеобразования, доказанной в экспериментальных [22] и клинических условиях [1].

Зависимость уровня заболеваемости уролитиазом от соотношения катионов Ca/Mg в воде систем питьевого назначения также можно проследить и по результатам популяционных исследований. Информативность коэффициента Ca/Mg в водопроводной воде неоднократно подтверждена его значимыми корреляциями с частотой встречаемости уролитиаза у населения в разных районах земного шара как с мягкой [13–15], так и с жёсткой питьевой водой систем водоснабжения [23, 24].

По мнению зарубежных исследователей, благоприятное для здоровья населения парное отношение катионов кальция и магния в питьевой воде находится в диапазоне 2–3 [25]. Величины соотношения, выходящие за пределы этого диапазона, представляют собой в той или иной степени дисбаланс кальция и магния в воде. Согласно этому критерию, часть административных территорий Приморья отличается дисбалансом катионов кальция и магния в питьевой воде. Причём 5,9% всех территорий края имеют величину соотношения этих элементов более 9, то есть резко выраженный дисбаланс кальция и магния в воде систем водоснабжения населения.

В условиях Приморского края величина соотношения кальция и магния в питьевой воде систем водоснабжения наряду с частотой повторяемости дней в году с дискомфортными классами погоды момента, выделенными в ходе исследования ранее [16], является постоянно действующим фактором риска уролитиаза. Известно, что степень влияния постоянных факторов на уровень соматической заболеваемости может смещаться за счёт воздействия её периодических факторов риска [26]. Для уролитиаза преходящими длительно действующими факторами являются иные источники перорального потребления кальция и особенно магния. В Приморье одним из таких преходящих факторов риска камнеобразования следует считать устойчивый рост суточного потребления бутилированной и доочищенной питьевой воды на фоне сокращения потребления водопро-

Таблица 3 / Table 3

Среднегодовое заболевание и непосредственный риск возникновения уролитиаза у взрослого населения в Приморском крае (1991–2015 гг.)**Average long-term incidence and immediate risk of urolithiasis in the adult population in the Primorsky Territory (1991–2015)**

Географическая зона края Geographical area of the region	Административная территория Administrative territory		Первичная заболеваемость (‰/0000), Y ± 95% ДИ Incidence rate (‰/0000), Y ± 95% CI	Атрибутивный риск, AR Attributive risk, AR	Категория риска Risk category	
Южное побережье Southern coast	г. Партизанск	Partizansk city	245.35 ± 48.38	189.76	очень высокий	very high
	г. Артём	Artem city	187.65 ± 34.10	132.06	очень высокий	very high
	г. Находка	Nahodka city	158.26 ± 11.67	102.67	высокий	high
	г. Владивосток	Vladivostok city	146.22 ± 13.82	90.62	высокий	high
	Надеждинский р-н	Nadezhdinskij district	110.37 ± 13.42	54.77	повышенный	increased
	Хасанский р-н	Hasansky district	104.99 ± 19.96	49.39	повышенный	increased
	Шкотовский р-н	Shkotovsky district	93.26 ± 26.37	37.67	умеренный	moderate
Восточное побережье Eastern coast	г. Дальнегорск	Dal'negorsk city	518.45 ± 107.05	462.85	очень высокий	very high
	Тернейский р-н	Terneysky district	300.81 ± 94.77	245.21	очень высокий	very high
	Ольгинский р-н	Ol'ginsky district	298.28 ± 45.05	242.68	очень высокий	very high
	Лазовский р-н	Lazovsky district	271.66 ± 48.27	216.06	очень высокий	very high
	Кавалеровский р-н	Kavalerovsky district	192.96 ± 25.67	137.36	очень высокий	very high
	Партизанский р-н	Partizansky district	122.57 ± 22.65	66.97	повышенный	increased
Континентальная Continental	Яковлевский р-н	Jakovlevsky district	355.26 ± 97.11	299.67	очень высокий	very high
	г. Арсеньев	Arsen'ev town	264.06 ± 66.82	208.47	очень высокий	very high
	Октябрьский р-н	Oktjabr'sky district	255.16 ± 28.28	199.56	очень высокий	very high
	Михайловский р-н	Mihajlovsky district	220.89 ± 31.92	165.29	очень высокий	very high
	Ханкайский р-н	Hankajsky district	200.65 ± 37.04	165.29	очень высокий	very high
	Анучинский р-н	Anuchinsky district	167.91 ± 67.32	112.31	высокий	high
	Спасский р-н	Spassky district	164.97 ± 26.42	109.37	высокий	high
	Чугуевский р-н	Chuguevsky district	149.41 ± 26.85	93.82	высокий	high
	Черниговский р-н	Chernigovsky district	145.29 ± 33.35	89.70	высокий	high
	Хорольский р-н	Horol'sky district	126.26 ± 16.48	70.66	повышенный	increased
	г. Спасск-Дальний	Spassk-Dal'ny city	103.09 ± 16.61	47.49	повышенный	increased
	Кировский р-н	Kirovsky district	97.26 ± 25.64	41.66	повышенный	increased
	г. Уссурийск	Ussurijsk city	83.21 ± 11.67	27.61	умеренный	moderate
	Пограничный р-н	Pogranichny district	64.35 ± 12.65	8.75	умеренный	moderate
	Уссурийский р-н	Ussuriysky district	55.91 ± 10.45	0.31	низкий	low
Северная Northern	г. Дальнереченск	Dal'nerechensk city	296.26 ± 80.33	240.66	очень высокий	very high
	Красноармейский р-н	Krasnoarmeysky district	214.84 ± 44.37	159.24	очень высокий	very high
	Пожарский р-н	Pozharsky district	237.01 ± 57.95	181.41	очень высокий	very high
	г. Лесозаводск	Lesozavodsk city	184.10 ± 31.41	128.50	очень высокий	very high

водной и колодезной воды. Это явление может изменять баланс кальция и магния в организме, тем самым маскируя (смещая) корреляционную зависимость уровня заболеваемости уролитиазом детей в крае от величины отношения Са/Мг в обычной питьевой воде (см. табл. 2).

Приоритетность роста потребления бутилированной и очищенной питьевой воды в Приморье отчетливо прослеживается по материалам автора этой статьи, полученных в другом, параллельном исследовании факторов среды обитания человека в этом крае [27]. Установлено, что в 2012–2015 гг. в сельской местности процесс изменения структуры суточного потребления питьевых вод протекал неравномерно и на несколько лет запаздывал от городов. Так, в 7 отдалённых сельских территориях края, которые были исключены из корреляционного анализа показателей детского населения (см. табл. 2), суточное потребление питьевой воды из систем во-

доснабжения сократилось в среднем на 12,4% за счёт роста потребления бутилированной и очищенной воды [27].

Выполненное 25-летнее проспективное гигиеническое исследование позволило получить новое доказательство участия мягкой питьевой воды систем водоснабжения в возникновении уролитиаза. Обзор научной литературы показывает, что в мировой науке работ по оценке популяционных (экологических) факторов риска уролитиаза выполнено очень мало. Основная масса таких исследований, рассматривающих влияние питьевой воды, относится к периоду 60–80-х годов прошлого столетия. Как правило, это работы, реализованные по схеме поперечного исследования, в которых первоначально основное внимание уделялось негативному влиянию повышенной жёсткости воды на распространённость уролитиаза [4, 28, 29] и лишь впоследствии непосредственному воздействию катионов кальция и

магния [13–15, 24, 30]. Существенным ограничением этих исследований является ретроспективный дизайн и малое время наблюдения.

Четвертьвековой период наблюдения в настоящей работе позволил максимально снизить влияние эпизодически действующих и случайных факторов на многолетние величины заболеваемости и показателей минерального состава питьевой воды. Реализация такого подхода в гигиеническом анализе позволяет с полной уверенностью заключить, что кремний и марганец, несмотря на очень высокие их концентрации в питьевой воде, на уровень заболеваемости уролитиазом в Приморье не влияют, а нарушение оптимального баланса катионов кальция и магния представляет собой приоритетный патогенетический фактор риска уролитиаза водного происхождения.

Выявленная прямая направленность связи соотношения Ca/Mg с заболеваемостью уролитиазом прослеживается во всех группах населения постоянно, что также подчёркивает её причинно-следственный характер. Обратная направленность связи заболеваемости с магнием у взрослого и детского населения региона (см. табл. 1, 2) подтверждает правомерность этого заключения. В научной литературе есть публикации, документирующие зависимость заболеваемости уролитиазом от величины соотношения Ca/Mg в питьевой воде с разной общей жёсткостью [13, 14, 24]. Вполне очевидно, что зависимость уровня этой заболеваемости от степени дисбаланса кальция и магния характерна и для мягких, и для жёстких питьевых вод, а их литогенность для человека лучше всего отображает величина соотношения Ca/Mg, а не уровень жёсткости воды.

Таким образом, выполненное проспективное изучение причинно-следственных связей в системе «питьевая вода – заболеваемость уролитиазом», охватывающее весь постсоветский период развития региона, позволяет считать минеральный состав воды систем водоснабжения одним из приоритетных факторов риска провоцирования уролитиаза в условиях Приморья. Этот фактор наряду с величиной дис-

комфортности погодно-климатических условий проживания [16] представляет собой группу постоянно действующих популяционных факторов риска этой патологии. Причём региональные особенности минерального состава воды систем питьевого водоснабжения являются общим фактором риска для всех групп населения края, что нам не удалось доказать ранее на примере данных 1991–1999 гг. [17]. Ключевую роль при этом следует отнести дефициту магния, являющегося эффективным ингибитором камнеобразования в органах мочевого выделения.

Преимущественная локализация территорий с категориями риска возникновения уролитиаза «очень высокий» и «высокий» в северной зоне края и на восточном побережье наряду с более высокой климатической нагрузкой на систему терморегуляции организма [16, 17] может быть объяснена и особенностями географического распределения концентраций кальция и магния в воде систем питьевого водоснабжения населения. В этих районах края соотношение Ca/Mg в водопроводной и колодезной воде часто является наиболее неблагоприятным для человека.

Заключение

Неблагоприятное действие минерального состава питьевой воды систем водоснабжения на возникновение уролитиаза у всех групп населения Приморского края реализуется через величину дисбаланса кальция и магния на фоне дефицита магния. Этот показатель качества воды следует включить в группу приоритетных факторов риска образования камней в почках. Избыточное содержание в питьевой воде кремния, железа и марганца не влияет на уровень заболеваемости уролитиазом.

Территории максимального риска возникновения уролитиаза у населения в основном сосредоточены на севере и востоке Приморского края, что следует учитывать при формировании плана очередности реализации мер первичной профилактики этого заболевания в крае.

Литература

(п.п. 3, 5, 7, 8, 10, 13–15, 19, 23, 25, 28–30 см. References)

1. Тиктинский О.Л., Александров В.П. *Мочекаменная болезнь*. СПб.: Издательство Питер; 2000.
2. Вошчула В.И. *Мочекаменная болезнь: этиотропное и патогенетическое лечение, профилактика*. Минск; 2006.
3. Полиенко А.К., Севостьянова О.А., Мосеев В.А. Влияние некоторых причин на распространение мочекаменной болезни в мире. *Урология*. 2006; (1): 74–8.
4. Полиенко А.К., Севостьянова О.А., Мосеев В.А. Эпидемиология мочекаменной болезни. *Урология*. 2005; (5): 68–71.
5. Сусликов В.Л. К гигиенической оценке роли кремния в питьевой воде. *Гигиена и санитария*. 1978; 57(7): 101–3.
6. Синьков А.В., Волосатова И.Н., Синькова Г.М., Николаева Л.А. Распространенность и факторы риска нефролитиаза у лиц молодого возраста, проживающих в сельской местности. *Урология*. 2017; (2): 71–5. <https://doi.org/10.18565/urology.2017.2.71-75>
7. Омарова Х.М., Магомедова И.Х., Ибрагимова Э.С.-А. Оценка влияния качества и микроэлементарного состава питьевой воды на заболеваемость мочекаменной болезнью в различных регионах Дагестана. *Урология*. 2018; (6): 60–5. <https://doi.org/10.18565/urology.2018.6.60-65>
8. Ковальчук В.К. Медико-экологическая оценка влияния климата на заболеваемость мочекаменной болезнью населения Приморского края. *Урология*. 2004; (3): 6–10.
9. Ковальчук В.К., Лучанинова В.Н., Колдаев В.М. Комплексная гигиеническая оценка влияния экзогенных и эндогенных факторов на возникновение уролитиаза у детского населения Приморского края. *Гигиена и санитария*. 2005; 84(4): 25–8.
10. Потапов А.И., ред. *Оценка эпидемиологического риска здоровью на популяционном уровне при медико-гигиеническом ранжировании территорий: Пособие для врачей*. М.; 1999.
11. Скальный А.В. *Микроэлементы: бодрость, здоровье, долголетие*. М.: Эксмо; 2010.
12. Саенко В.С., Газимиев М.А., Песегов С.В., Аляева Ю.Г. Метафилактика мочекаменной болезни. Часть 2. Факторы роста заболеваемости МКБ. Современный взгляд на механизмы камнеобразования (продолжение). *Урология*. 2018; (6): 131–8. <https://doi.org/10.18565/urology.2018.6.131-138>
13. Спасов А.А., Иежица И.Н., Харитоновна М.В., Кравченко М.С. Влияние солей магния на течение экспериментального кальцийоксалатного уролитиаза. *Урология*. 2011; (2): 23–9.
14. Медведев Е.В. Связь содержания микроэлементов в питьевой воде с развитием мочекаменной болезни у населения Московской области. *Медицина труда и промышленная экология*. 2007; (2): 14–7.
15. Власов В.В. *Эпидемиология*. М.: ГЭОТАР-МЕД; 2004.
16. Ковальчук В.К., Ямилова О.Ю., Саенко А.Г. Структура суточного потребления питьевых вод подростковым населением Приморского края в 2012 и 2015 годах. *Здоровье населения и среда обитания*. 2017; (6): 32–3. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-291-6-32-33>

References

1. Tiktinskiy O.L., Aleksandrov V.P. *Urolithiasis [Mochekamennaya bolezni]*. St. Petersburg: Piter; 2000. (in Russian)
2. Voshchula V.I. *Urolithiasis: Etiotropic and Pathogenetic Treatment, Prevention [Mochekamennaya bolezni: etiotropnoe i patogeneticheskoe lechenie, profilaktika]*. Minsk; 2006. (in Russian)
3. Liu Y., Chen Y., Liao B., Luo D., Wang K., Li H., et al. Epidemiology of urolithiasis in Asia. *Asian J. Urol.* 2018; (5): 205–14. <https://doi.org/10.1016/j.ajur.2018.08.007>
4. Polienko A.K., Sevost'yanova O.A., Moseev V.A. Some causes of urolithiasis occurrence in the world. *Urologiya*. 2006; (1): 74–8. (in Russian)
5. Wrobel G., Kuder T. The role of selected environmental factors and the type of work performed on the development of urolithiasis – a review paper. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*. 2019; 32(6): 761–75. <https://doi.org/10.13075/ijomh.1896.01491>
6. Polienko A.K., Sevost'yanova O.A., Moseev V.A. Epidemiology of urolithiasis. *Urologiya*. 2005; (5): 68–71. (in Russian)

7. Young N., Newton J., Morris J., Morris J., Langford J., Iloya J., et al. Community water fluoridation and health outcomes in England: a cross-sectional study. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2015; 43(6): 550–9. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12180>
8. Ferraro P.M., Gambaro G., Curhan G.C., Taylor E.N. Intake of trace metals and the risk of incident kidney stones. *J. Urol.* 2018; 199(6): 1534–9. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2018.01.077>
9. Suslikov V.L. To the hygienic assessment of the role of silicon in drinking water. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian Journal).* 1978; 57(7): 101–3. (in Russian)
10. Ponnappakkam T., Iszard M., Henry-Sam G. Effects of oral administration of manganese on the kidneys and urinary bladder of Sprague-Dawley rats. *Int. J. Toxicol.* 2003; 22(3): 227–32. <https://doi.org/10.1080/10915810305103>
11. Sin'kov A.V., Volosatova I.N., Sin'kova G.M., Nikolaeva L.A. Prevalence and risk factors for nephrolithiasis among young rural residents. *Urologiya.* 2017; (2): 71–5. <https://doi.org/10.18565/urol.2017.2.71-75> (in Russian)
12. Omarova Kh.M., Magomedova I.Kh., Ibragimova E.S.-A. The evaluation of the impact of quality and microelement composition of drinking water on the incidence of urolithiasis in various regions of Dagestan. *Urologiya.* 2018; (6): 60–5. <https://doi.org/10.18565/urology.2018.6.60-65> (in Russian)
13. Sharma K. Calcium to magnesium ratio (2003). Available at: https://www.enexusa.com/articles/calcium_to_magnesium_ratio.htm
14. Seelig M.S. Epidemiology of water magnesium; evidence of contributions to health (2002). Available at: <https://www.mgwater.com/epidem.shtml>
15. Kohri K., Kodama M., Ishikawa Y., Katayama Y., Takada M., Katoh Y., et al. Magnesium-to-calcium ratio in tap water, and its relationship to geological features and the incidence of calcium-containing urinary stones. *J. Urol.* 1989; 142(5): 1272–5. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)39054-7](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)39054-7)
16. Koval'chuk V.K. Medicoecological assessment of climate effects on urolithiasis morbidity in population of the primorsky territory. *Urologiya.* 2004; (3): 6–10. (in Russian)
17. Koval'chuk V.K., Luchaninova V.N., Koldaev V.M. Complex hygiene evaluation of the influence of exogenous and endogenous factors on the occurrence of urolithiasis in the children of the Primorye Territory. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian Journal).* 2005; 84(4): 25–8. (in Russian)
18. Potapov A.I., ed. *Assessment of the Epidemiological Risk to Health at the Population Level in the Health and Hygiene Ranking of Territories: A Manual for Sanitary Doctors [Otsenka epidemiologicheskogo riska zdorov'yu na populyatsionnom urovne pri mediko-gigienicheskom ranzhirovanii territoriy: Posobie dlya vrachej].* Moscow; 1999. (in Russian)
19. Nutrients in drinking water. Geneva: World Health Organization; 2005.
20. Skal'nyy A.V. *Trace Elements: Vitality, Health, Longevity [Mikroelementy: bodrost', zdorov'e, dolgoletie].* Moscow: Eksmo; 2010. (in Russian)
21. Saenko V.S., Gazimiev M.A., Pesegov S.V., Alyaeva Yu.G. Recurrence prevention for urinary stone disease. Part II. The factors associated with increase in incidence of urinary stone disease. Current views on the mechanisms of stone formation (continuation). *Urologiya.* 2018; (6): 131–8. <https://doi.org/10.18565/urology.2018.6.131-138> (in Russian)
22. Spasov A.A., Iezhitsa I.N., Kharitonova M.V., Kravchenko M.S. The effect of magnesium salts on the course of experimental calcium oxalate urolithiasis. *Urologiya.* 2011; (2): 23–9. (in Russian)
23. Panhwar A.H., Kazi T.G., Afridi H.I., Shaikh H.R., Arain S.A., Arain S.S., et al. Evaluation of calcium and magnesium in scalp hair samples of population consuming different drinking water: risk of kidney stone. *Biol. Trace Elem. Res.* 2013; 156(1–3): 67–73. <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9850-1>
24. Medvedev E.V. Relationship between microelements content of drinkable water and nephro-lithiasis formation in Moscow region residents. *Meditisina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2007; (2): 14–7. (in Russian)
25. Rosborg I., Kozisek F. Macrominerals at optimum concentrations – protective against diseases. In: Rosborg I., ed. *Drinking Water Minerals and Mineral Balance – Importance, Health Significance, Safety Precautions.* Berlin: Springer International Publishing Switzerland, Springer Verlag; 2015: 33–52.
26. Vlasov V.V. *Epidemiology [Epidemiologiya].* Moscow: GEOTAR-MED; 2004. (in Russian)
27. Koval'chuk V.K., Yamilova O.Yu., Saenko A.G. The structure of drinking water daily consumption of adolescent population in Primorsky Territory in 2012 and 2015. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* 2017; (6): 32–3. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-291-6-32-33> (in Russian)
28. Churchill D.N., Maloney C.M., Bear J., Bryant D.G., Fodor G., Gault M.H. Urolithiasis – a study of drinking water hardness and genetic factors. *J. Chronic Dis.* 1980; 33(11-12): 727–31. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(80\)90060-0](https://doi.org/10.1016/0021-9681(80)90060-0)
29. Shuster J., Finlayson B., Scheaffer R., Sierakowski R., Zoltek J., Dzegede S. Water hardness and urinary stone disease. *J. Urol.* 1982; 128(2): 422–5. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)52951-1](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)52951-1)
30. Jung A., Kamińska A., Samol B., Zuber J. The role of environmental factors in the formation of kidney calculi. *Pol Merkur Lekarski.* 2000; 8(46): 170–1. (in Polish)