

РАЗНОЕ

УДК 613.32:543.31

DOI: 10.37903/vsgma.2023.1.31 EDN: WBSRHP

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

© Маркова Е.О., Корякина Ю.П., Фаращук Н.Ф., Киган М.А.

Смоленский государственный медицинский университет, Россия, 214019, Смоленск, ул. Крупской, 28

Резюме

Цель. Провести анализ результатов современных исследований, посвященных изучению влияния химических веществ питьевой воды на здоровье населения.

Методика. Сбор, систематизация и анализ теоретических, экспериментальных и клинических данных современных научных исследований отечественных и зарубежных ученых о влиянии химических веществ питьевой воды на здоровье населения, представленных в ведущих научных изданиях за последние 15 лет.

Результаты. В статье показано влияние химических веществ неорганической и органической природы на здоровье населения. Отмечено влияние продуктов трансформации, образующихся при хлорировании, кетонов и альдегидов - при озонировании. В статье уделяется внимание проблеме физиологической полноценности питьевой воды, отражена взаимосвязь между имеющимися в питьевой воде ионами и соотношением структурных фракций воды, влияющих на ее качество.

Заключение. В результате проведенного анализа научных работ по изучению влияния химического состава питьевой воды на здоровье населения за последние 15 лет, представлены обобщенные данные о влиянии содержания органических и неорганических веществ в питьевой воде на ее качество и развитие тех или иных заболеваний населения. Представлены причинно-следственные связи между химическим составом питьевой воды и различными заболеваниями населения разных возрастных групп. Проведенный анализ данных свидетельствует о ряде методических и организационных проблем, касающихся обеспечения населения доброкачественной по химическому составу питьевой водой: проблемы мониторинга новых или ранее неопределяемых веществ, проблемы безопасности водоподготовки, позволяющей избежать появления опасных продуктов трансформации, проблемы подачи населению не только очищенной питьевой воды, но и что более ценно физиологически полноценной питьевой воды по химическому и фракционному составу.

Ключевые слова: химические вещества, качество питьевой воды, здоровье населения

INFLUENCE OF DRINKING WATER CHEMICAL SUBSTANCES ON PUBLIC HEALTH

Markova E.O., Koriakina Yu.P., Farashchuk N.F., Kigan M.A.

Smolensk State Medical Academy, 28, Krupskoj St., 214019, Smolensk, Russia

Abstract

Objective. To analyze the results of modern research on the influence of chemical substances in drinking water on public health.

Methods. Collection, systematization and analysis of theoretical, experimental and clinical data of modern scientific research of domestic and foreign scientists on the effect of chemical substances in drinking water on public health, presented in leading scientific publications over the past 15 years.

Results. The article shows the effect of inorganic and organic chemical substances on public health. The influence of transformation products formed during chlorination, ketones and aldehydes - during ozonation is noted. The article pays attention to the problem of the physiological usefulness of drinking water, reflects the relationship between the ions present in drinking water and the ratio of structural fractions of water that affect its quality.

Conclusions. As a result of the analysis of scientific works on the influence of the chemical composition of drinking water on public health over the past 15 years, generalized data on the effect of the organic and inorganic substances amount in drinking water on water quality and the development of certain diseases of the population are presented. The analysis of the data indicates a number of methodological and organizational problems related to providing the population with safe drinking water in terms of chemical composition: the problems of monitoring new or previously undetectable substances, the problems of water treatment safety, which allows to avoid the appearance of dangerous transformation products, the problems of supplying the population not only with purified drinking water, but also with water, which physiologically completes in chemical and fractional composition.

Keywords: chemical substances, quality of drinking water, public health

Введение

Питьевая вода является одним из важнейших, постоянно действующих факторов среды обитания, определяющих состояние здоровья, качество и продолжительность жизни человека. Проведенные многочисленные исследования отечественных и зарубежных авторов указывают на взаимосвязь между составом питьевых вод и состоянием здоровья человека [5, 20, 45]. Группа американских ученых пришла к выводу, что более 100 тысяч онкологических заболеваний может быть связана с качеством водопроводной воды [21]. В результате исследования, проведенного в США, было установлено, что питьевая вода может содержать до 22 химических веществ, являющихся канцерогенами [25]. Проблемы с качеством питьевой воды имеют место во многих странах мира [41, 44, 47]. В большинстве регионов России и странах СНГ качество воды из источников водоснабжения и в водопроводных сетях по санитарно-химическим и санитарно-биологическим показателям является неудовлетворительным [5]. В целом от болезней, связанных с водой, страдает более 2 млрд. человек [13, 49]. Особенно опасная обстановка складывается в сельских районах, где только треть жителей имеет доступ к безопасным системам водоснабжения. Обеспечение населения качественной питьевой водой является актуальной гигиенической и социальной проблемой [27]. В целом по Российской Федерации неудовлетворительное качество питьевой воды формирует около 11,0 тыс. дополнительных случаев смертей и 2 900 тыс. заболеваний всего населения [27].

Цель исследования – провести анализ результатов современных исследований, посвященных изучению влияния химических веществ питьевой воды на здоровье населения.

Влияние химических веществ в питьевой воде на здоровье населения

Микроэлементный состав питьевой воды формируют природные зонально-региональные условия [20]. Характерным элементом природных вод зоны избыточного увлажнения является железо. На территории этой природной зоны расположены города Центральной части России, Сибири и Дальнего Востока. Ионы железа могут попадать в питьевую воду и при вторичном загрязнении – при прохождении питьевой воды по распределительной сети. При этом может повышаться мутность и цветность воды, появляться железистый привкус [15]. Через 8-12 лет эксплуатации на внутренней поверхности стальных труб возникают значительные изменения из-за коррозионной активности воды, органических и химических отложений, содержащих соли кальция, железа, тяжелых металлов, бактерий [15]. Концентрация железа может достигать значительных цифр – до 10-15 мг/л. [27]. Загрязнению воды ионами железа способствуют распространение железобактерий в трубопроводе, а также нарушения гидравлического режима работы [38]. Известно, что при резких изменениях давления, и соответственно скоростей течения воды, ухудшается качество воды по органолептическим показателям [31]. Несмотря на то, что железо является биогенным элементом и входит в состав гемоглобина, дыхательных ферментов цитохромов, избыточные количества соединений железа приводят к сухости и зуду кожных покровов, патологическим изменениям слизистых оболочек, развитию болезней крови, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы, органов пищеварения, мочеполовой системы, цереброваскулярных и аллергических заболеваний, сидерозу (более 37,8 мг/л). Повышенный уровень железа усиливает пролиферацию опухолевых клеток. Избыточное накопление железа может привести к усилению окислительного стресса, что в настоящее время рассматривается в качестве одного из звеньев таких патологических процессов как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона [8, 9, 48].

Установлено, что риск воспалительных заболеваний кишечника, в т.ч. неспецифического язвенного колита и болезни Крона, так же может быть связан с высоким содержанием в питьевой воде железа, которое катализирует окислительный стресс, вызывает воспаление, увеличивает скорость клеточных мутаций и вероятность иммунных реакций у генетически предрасположенных лиц [14].

Питьевая вода является важнейшим биодоступным источником поступления в организм кальция, т.к. в ней растворенные соли кальция находятся в ионизированной форме, которая хорошо усваивается [55]. Недостаточное потребление кальция приводит к стимуляции процессов деминерализации костной ткани, постепенному нарушению обменных процессов, развитию алиментарного рахита, кариеса, остеопороза [11, 54]. Выявлена взаимосвязь между пониженным содержанием кальция в организме и возникновении нервно-психических расстройств, болезни Альцгеймера и снижении когнитивных функций [46, 51]. Среди населения, употребляющего высокоминерализованную сульфатно-кальциевую воду, чаще встречаются заболевания органов пищеварения [14].

Другим биогенным элементом, обеспечивающим жесткость питьевой воды, является магний. Результаты эпидемиологических исследований последних лет, свидетельствуют, что магний, так же, играет роль в секреции инсулина [50]. Недостаточное содержание магния в организме может вызвать широкий спектр хронических и воспалительных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера, бронхиальная астма, синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), снижение умственной работоспособности, резистентность к инсулину, гипертония, сердечно-сосудистые заболевания, болезненные мышечные спазмы, остеопороз и мигрень [38, 44]. Недостаточный баланс магния связан с различными нарушениями, такими как деформации скелета, сахарный диабет 2 типа и метаболический синдром [50]. Известно, что магний водного происхождения обладает максимально возможной биодоступностью, поскольку содержится в природной воде в формах, улучшающих внутриклеточное всасывание, а также не взаимодействуют с веществами, препятствующими его адсорбции [52]. Длительное проживание на территориях с выраженным дисбалансом кальция и магния в питьевой воде является одним из патогенетических факторов риска камнеобразования в органах мочевого выделения [17]. Дисбаланс кальция и магния можно рассматривать так же в качестве потенциальных факторов риска возникновения у населения заболеваний кожи и органов пищеварения [14].

Одним из неотъемлемых компонентов, которые присутствуют в том или ином количестве, во всех природных водах являются соединения кремния. Насыщение вод кремнием происходит благодаря естественным процессам выветривания кремнийсодержащих минералов, а также со сточными и атмосферными водами и в результате отмирания аккумулирующих кремний растений. Кремний играет важную роль в снижении накопления металлов при болезни Альцгеймера, здоровье иммунной системы и снижении риска атеросклероза [24]. Вместе с тем выявлено неблагоприятное воздействие кремния питьевой воды на мочевыделительную и нервную системы, на антиоксидантную активность, функцию желудочно-кишечного тракта и модуляцию кишечной микробиоты [56]. Выявлена взаимосвязь между повышенным содержанием кремния в питьевой воде в сочетании с резким дисбалансом в ней макро- и микроэлементов и возникновением нарушений липидного обмена, атеросклероза, артериальной гипертонии, ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда, сахарного диабета, уролитиаза, дисбиозов кишечника, атопического дерматита [26].

В проведенном во Франции исследовании по оценке влияния бора на состояние здоровья населения отмечается благотворное влияние данного элемента в концентрации менее 1 мг/л [14]. Однако в больших концентрациях бор является иммунотоксичным элементом, провоцирует раздражение пищеварительного тракта, борную интоксикацию, поражающую печень, почки, центральную нервную систему, а также вызывает нарушения функций сердечно-сосудистой и нервной систем организма [35].

Марганец является одним из приоритетных загрязнителей питьевой воды. Его происхождение большей частью природное, хотя он может образовываться в водопроводных трубах в результате жизнедеятельности водной микрофлоры. В литературе описаны примеры влияния марганца на показатели клеточного иммунитета и неспецифической резистентности организма, что характеризуется изменением уровня лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов, эозинофильно-лимфоцитарного индекса [19]. Основной негативный эффект при избыточном поступлении марганца с питьевой водой проявляется в поражении ЦНС, что позволяет отнести его к числу нейротропных металлоэлементов [19]. Имеются данные о том, что хроническое поступление

марганца с питьевой водой оказывает нейротоксическое действие и вызывает интеллектуальные нарушения у детей, избыток данного элемента является также причиной повышенного риска смертности в течение первого года жизни [14].

Длительное поступление стронция в организм человека приводит к функциональным изменениям в печени, морфологическим изменениям в тканях и органах, костной системе и в организме человека в целом [4]. Избыточное поступление алюминия, меди, цинка и железа играет определенную роль в процессе старения, в частности, возникновения болезни Альцгеймера и других нейродегенеративных заболеваний. В результате 15-летнего наблюдения во Франции установлено, что снижение когнитивных функций и риск развития деменции выше в случае высокого поступления алюминия с питьевой водой. Эпидемиологические исследования, проведенные в Китае и США, показали, что повышенное содержание шестивалентного хрома в питьевой воде приводит к увеличению риска заболевания раком желудка [14].

Наличие в воде NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} может не только отражать минеральный состав почвы, но и указывать на биогенное загрязнение. Известно, что белковые соединения подвергаясь окислению, последовательно превращаются в соли аммония, нитраты и нитриты. В связи с этим, эти азотсодержащие вещества присутствуют в питьевых источниках [13]. Вода, обогащенная такими компонентами, вызывает возникновение различных заболеваний как у взрослого населения, так и детей («blue baby syndrome»). Нитраты могут превращаться в нитриты, а последние, соединяясь с аминами и амидами пищи, дают нитрозамины, обладающие канцерогенными свойствами [40]. Кроме того, нитраты и нитриты приводят к снижению резистентности организма к действию канцерогенов, мутагенов и других факторов. Установлена корреляционная зависимость между концентрацией нитратов в питьевой воде и болезнями крови и кроветворных органов, новообразованиями, болезнями органов пищеварения, врожденными аномалиями среди детей до 14 лет. Существует связь между содержанием нитратов в питьевой воде и аномалиями развития центральной нервной системы у новорожденных, а также высоким риском смерти детей от опухолей мозга. Повышенное содержание нитратов является фактором риска для развития дисфункции щитовидной железы [14].

Потребление воды с повышенным содержанием мышьяка увеличивает риск развития ИБС [27]. При содержании мышьяка в концентрации выше 100 мкг/л возникают характерные изменения кожи туловища и конечностей, узловой кератоз на ладонях и подошвах стоп [14]. При этом наибольшие проблемы с качеством воды, содержащей высокие концентрации мышьяка, наблюдаются в небольших поселениях. Однако следует отметить, что исследованы были только общественные водопроводы и не касалось 13,5 млн. граждан, получающих воду из индивидуальных частных скважин. Наиболее опасными органическими загрязнителями питьевой воды являются: фенолы, формальдегид и ряд других веществ, попадающих в основном из сточных вод [13]. Значительное влияние оказывают пестициды, высокий уровень которых способствует устойчивости тканей к инсулину и приводит к сахарному диабету 2-го типа, может приводить к возникновению лимфомы, лейкемии, рака многих органов: мозга, молочной железы, простаты, щитовидной железы, печени, лёгких, толстого кишечника [3].

Многие высокотемпературные процессы, в которых принимают участие органические и неорганические соединения, в состав которых входят один или несколько атомов хлора (включая молекулярный хлор), могут давать в качестве побочных продуктов примеси диоксинов и фуранов, попадающих с выбросами или сбросами с промышленных предприятий в объекты окружающей среды. Что же касается питьевой воды, то в работах В.С. Петросяна показано, что в отличие от других хлорорганических экотоксикантов (моно- и полихлорзамещённых алканов, алкенов и бензолов, легко образующихся при хлорировании природной воды на станциях подготовки питьевой воды в результате взаимодействия молекулярного хлора с растворенным в природной воде гумусовым веществом), образование при этом диоксинов и фуранов в заметных количествах маловероятно [22].

Одним из факторов риска здоровью населения является присутствие в питьевой воде галогенсодержащих соединений, причиной появления которых является хлорирование питьевой воды, которое с начала XX века является одним из основным эффективным способом ее обеззараживания. При хлорировании на водопроводных станциях образуются хлорированные углеводороды, такие как тригалометаны (ТГМ): хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан и бромформ и др. Они образуются под действием хлора из предшественников, которыми являются многие вещества природного растительного происхождения, присутствующие в воде в естественных условиях и обуславливающие ее цветность (гуминовые и фульвокислоты, танины,

хиноны, дубильная, карбоксильная, лимонная и аминокислоты, экстрацеллюлярные продукты жизнедеятельности различных водорослей, в том числе сине-зеленых и др.). ТГМ – это большая группа веществ, нередко высокотоксичных, кумулятивных, обладающих полиморфизмом биологического действия и способностью вызывать отдаленные эффекты, включая канцерогенез и нарушение репродуктивной функции [14].

Интегральным показателем загрязнения хлорорганическими соединениями является цветность питьевой воды. Между онкологической смертностью и цветностью питьевой воды установлена прямая положительная корреляция с высоким коэффициентом. У жительниц городов, употребляющих хлорированную воду с высокой остаточной цветностью 45-190 градусов, установлено наибольшее число нарушений течения беременности, родов и патологии. Тригалометаны также могут повлиять на развитие плода у генетически предрасположенных новорожденных [14]. Повышенное и высокое содержание в питьевой воде хлорорганических соединений является фактором риска для здоровья населения, способствующим росту общей и детской заболеваемости, развитию патологии регуляторных систем [6, 16, 18]. Токсикологические и эпидемиологические исследования последних лет свидетельствуют о повышенном риске возникновения рака, в том числе рака мочевого пузыря, у лиц длительно потребляющих питьевую воду с содержанием ТГМ, в несколько раз превышающих ПДК [6, 16, 42]. Еще одним способом обеззараживания питьевой воды, является озонирование. При водоподготовке озон используется в целях: дезинфекции; окисления неорганических загрязнений, включая железо, марганец и сульфиды; окисления органических загрязнений, включая фенолы и некоторые пестициды; улучшения цветности, уменьшения запаха и привкуса; увеличения биоразлагаемости органических соединений; контроля предшественников побочных продуктов дезинфекции и снижения потребности в хлоре; предотвращения возможного микробиологического загрязнения воды [36]. Однако в результате озонирования могут образоваться побочные продукты, включающие: альдегиды, кетоны, органические кислоты, броматы (в присутствии бромидов). Продукты реакции с озоном некоторых пестицидов, хлорорганических соединений более токсичны, чем исходные соединения [10].

Следует отметить, что согласно научным публикациям, наличие какого-либо химического загрязнителя в питьевой воде не обязательно приводит к негативному воздействию на здоровье человека: уровень воздействия может быть минимальным, экспозиция кратковременной, а токсичность часто зависит от индивидуальной восприимчивости [23, 53].

Физиологическая полноценность питьевой воды

Одним из важнейших критериев оценки качества питьевой воды является ее физиологическая полноценность, т.е. то, в какой степени вода является источником необходимых для человека биогенных микро- и макроэлементов [34]. С питьевой водой человек может получить до 20% суточной дозы кальция, до 25% магния, до 50-80% фтора, до 50% йода. К настоящему времени получены данные, что потребление воды улучшенного качества по микроэлементному составу и витаминам может применяться в профилактических целях или в восстановительной медицине, так как приводит к улучшению цитологического состояния слизистых носа и рта, нормализуя и благотворно влияя на их цитологический статус как один из показателей состояния здоровья. Исследование, проведенное бразильскими учеными, показало эффективность использования обогащенной железом питьевой воды для профилактики анемии у детей дошкольного возраста [14]. Основным источником попадания фтора в организм, является вода, используемая для приготовления пищи и напитков. Средняя концентрация фтора в природных водах колеблется от 0,01 до 27 мг/л. Низкие концентрации потребления фтора неизбежно ведут к формированию и развитию кариеса. В связи с этим фтор является антикариогенным и в ряде стран Европы и США рекомендован для добавления в питьевую воду и зубные пасты для профилактики кариеса. Установлено, что эпидемически безопасным уровнем ежедневного потребления фтора для детей в возрасте от 1 до 10 лет является 0,05-0,07 мг/кг/сут. [7].

Исследования, проводимые стоматологической ассоциацией, четко определили взаимосвязь между повышенным потреблением фтора из восстановленной детской молочной смеси в возрасте от 3-9 месяцев и увеличением флюороза постоянных резцов у этой же когорты детей в 9 лет. Высокие концентрации фтора, в период формирования зубной эмали, приводит к увеличению содержания белка и снижению общей минерализации эмали, увеличивает риск развития флюороза. И хотя споры о фторировании питьевой воды в США продолжаются, 97% стран Западной Европы отказались от фторирования воды. К негативным последствиям, связанным с

фторированием, зарубежные авторы относят: изменение структуры и функций щитовидной железы, как следствие ожирение, остеопороз, флюороз, лимфома. Перспективным так же может быть исследование негативного влияния экспозиции фтора на физиологию мозга и его когнитивные изменения. Популяционные исследования, проведенные в провинциях Китая, обнаружили связь между высоким содержанием фтора в питьевой воде и снижением интеллекта. Так же было установлено, что группа исследуемых детей, потребляющая меньшее количество фтора из питьевой воды, имеют более высокие антропометрические показатели, такие как: рост, объем грудной клетки [7]. Максимально допустимый уровень минерализации в питьевой воде из централизованных систем питьевого водоснабжения согласно требованиям, СанПиН 2.1.3685-21 равен 1000 мг/л.

Установлена связь роста заболеваемости нефролитиазом с высокой природной минерализацией и жесткостью воды, высоким уровнем содержания хлоридов и сульфатов [14]. В последнее десятилетие возросло число научных публикаций, результаты которых свидетельствуют о связи ряда патологических состояний с длительным потреблением наоборот слишком мягких питьевых вод, содержащих мало карбонатов и гидрокарбонатов кальция и магния, необходимых для нормальной жизнедеятельности человека [40]. Однако в последние годы появился ряд работ, в которых говорится о том, что такие показатели питьевой воды, как содержание кальция и магния не оказывают влияние на заболеваемость сердечно-сосудистой системы [14].

Структурный состав воды

Согласно современным представлениям одной из важнейших характеристик, обеспечивающих биологическую ценность питьевой воды, является содержание в ней структурированной фракции [33, 34]. Вода в живых системах находится в двух фазовых состояниях – свободная и связанная вода. Свободная вода не ассоциирована с макромолекулами. Она характеризуется способностью совершать изотропное движение в пределах мембраны, характерное для жидкой воды. Она может покидать пределы биологической мембраны, обмениваясь с молекулами воды вне- или внутриклеточного пространства. Связанная вода – структурированная – образует гидратную оболочку высокомолекулярных соединений. Для проявления специфичности белков, наряду с характером и последовательностью составляющих их аминокислот, очень важным фактором является количество и структура связанной с ними воды. Эта фракция воды влияет на активность ферментов, структуру и функции мембран [34]. Связанная фракция воды присутствует в мембранах клеток в виде одиночных молекул и гидратных оболочек. Одиночные молекулы располагаются в углеводородной зоне мембраны. Гидратные оболочки образуются вокруг полярных частей молекул белков, липидов и других веществ [1, 28]. Для понятия ассоциативных свойств воды создаются ее структурные модели. Существует большое количество различных теорий и моделей, объясняющих структуру и свойства воды. Общим у них является представление о водородных связях как основном факторе, определяющем образование структурированных ассоциатов. На основании результатов изучения структур, образуемых взаимодействующими молекулами воды в различных условиях, сделаны выводы об их способности формировать микрокристаллы. Микрокристалл из молекул воды имеет размеры $2 \times 2 \times 3$ нм. В обычном, жидком состоянии при температуре от 0 до 100°C вода состоит из таких или подобных структурных элементов, в каждом из которых содержится 912 молекул. Микрокристаллы воды, в свою очередь, объединены в более крупные образования – ячейки размером 0,5 мкм, которые можно видеть в контрастно-фазовом микроскопе [1].

В последних исследованиях отмечается, что в воде находится до пяти надмолекулярных комплексов диаметром от 1 до 100 мкм. Они имеют характерные свойства, и для этих надмолекулярных образований применяют название «эмулоны». Существование эмулонов подтверждено методом дифференциального термического анализа. Размеры и пространственная организация эмулонов зависят от состава водных растворов, температуры. Эмулоны в воде образуют единую систему. Ионы водорода H^+ и гидроксид-ионы OH^- играют решающую роль в формировании эмулонов в воде. Гидратированные ионы $\text{H}^+ \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и $\text{OH}^- \cdot n\text{H}_2\text{O}$ образуют ионные пары, из которых, вероятно, и строятся эмулоны, включающие до 107-109 этих частиц [28]. Трансформации микрокристаллической структуры воды возникают при физических и физико-химических воздействиях – инфракрасном, рентгеновском облучении, воздействии ультра- и инфразвуком, концентрации ионов водорода, электролитов, различных органических соединений [1]. Согласно теории строения воды О.Я. Самойлова, структура воды появляется или существенно изменяется непосредственно в зоне влияния находящихся в воде примесей. Важная

роль ионов в формировании структуры и характера поведения водных растворов в значительной степени определяется их природой, зарядом и размером [12].

Электрическое поле ионов изменяет ориентацию дипольных молекул воды, искажая тем самым первоначальную её структуру, поскольку взаимодействие ион – вода резко отличается от взаимодействия вода – вода. Появление ионов в воде приводит к двум взаимно противоположным изменениям структуры воды. Одни ионы могут нарушать упорядоченность молекул, характерную для чистой воды. Этот разупорядочивающий эффект связан с увеличением энтропии. Действие поля других ионов ориентирует молекулы воды и приводит к упорядоченному размещению их вокруг иона, что сопровождается уменьшением энтропии. Таким образом, диссоциация электролитов приводит к появлению в воде ионов, вызывающих положительную или отрицательную гидратацию [29]. Структуроупорядочивающие ионы или ионы с положительной гидратацией (Li^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , F^- , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^-) имеют высокую поверхностную плотность заряда. У таких ионов молекулы воды в гидратных оболочках расположены так, что они соответствуют структуре окружающей воды и образуют с ней обычные или слегка искаженные водородные связи. Эти ионы с их гидратными оболочками встраиваются в тетраэдрическую структуру воды. Они имеют более толстый плотный слой «связанной воды». У структуроразрушающих ионов подобные связи не образуются и трансляционное движение ближайших молекул воды увеличивается. Это ионы с малой поверхностной плотностью заряда – ионы с отрицательной гидратацией (K^+ , Cs^+ , NH_4^+ , I^- , Br^- , HPO_4^- , NO_3^- , ClO_4^-) [32]. Гидратная оболочка каждого иона имеет два слоя «связанной воды»: плотный, в котором молекулы воды удерживаются плотным ион-дипольным взаимодействием, и рыхлый, который представлен совокупностью случайных ассоциатов и отдельных молекул воды. Величина гидратной оболочки каждого иона зависит от их природы, концентрации и других факторов [2, 30].

Проведенные исследования показывают, что по мере увеличения степени минерализации воды, в ней увеличивается содержание структурированной фракции. Таким образом, степень структурированности воды зависит не только от качества самой воды, но и от количества содержащихся в ней солей. Для оценки качества воды вводится показатель структурированности, который представляет собой отношение содержания структурированной фракции воды к общей минерализации в условных единицах. Показатель структурированности воды характеризует биологическую активность воды независимо от степени минерализации, и чем он выше, тем более качественной является вода. Исследователями было показано, что бутилированная вода высшей категории имеет высокий показатель структурированности – 26,6 у.е., родниковая вода – 12,4 у.е., в то время как у водопроводной воды этот показатель всего 8,6 у.е. [33].

Заключение

В современных условиях количество химических веществ неорганической и органической природы, загрязняющих питьевую воду, постоянно растет. Разработки более точных методов анализа позволяют находить все новые, неизвестные или ранее неопределяемые примеси. В настоящее время уже утверждены предельно допустимые концентрации загрязнителей и методики их определения более чем по 1000 химическим ингредиентам.

На сегодняшний день накоплено множество доказательств существования причинно-следственных связей между качеством воды и состоянием здоровья населения. Потребление некачественной питьевой воды может привести к изменению электролитного обмена, нарушению функций почек и печени, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, опорно-двигательного аппарата, органов пищеварения, болезни органов кроветворения, сахарному диабету. Некачественная вода может оказывать канцерогенное действие. Особое значение имеет физиологическая полноценность питьевой воды. Отмечено, что при неполноценности в физиологическом отношении по содержанию кальция, магния, фтора на фоне малой минерализации, питьевую воду следует рассматривать в качестве потенциального фактора риска возникновения негативных изменений в состоянии здоровья населения. Важное значение для качества питьевой воды имеет и показатель структурированности воды: чем он выше, тем более ценной считается питьевая вода.

Возможными причинами недостатка качественной питьевой воды и наличия в ней различных химических веществ в разных регионах могут быть: особенности природного состава вод, загрязнение источников водоснабжения, недостаточный контроль за соблюдением санитарно-эпидемиологического режима на территории зон санитарной охраны водисточников,

недостаточно эффективная работа водоочистных станций, применение небезопасных реагентов, хлорирование или озонирование воды и загрязнение ее продуктами трансформации, ухудшение качества воды в трубопроводах разводящей сети, отсутствие водоочистных станций в ряде населенных пунктов. Еще одной проблемой питьевого водоснабжения является то, что каждый год появляются новые промышленные и сельскохозяйственные химикаты, выпуск которых связан с риском попадания вредных отходов в источники водоснабжения, причем существующие технологии водоочистки не рассчитаны на удаление из воды этих загрязнений.

Литература (references)

1. Антонов В.Г., Жерегеля С.Н., Карпищенко А.И., Минаева Л.В. Водно-электролитный обмен и его нарушения. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 208 с. [Antonov V.G., Zheregelya S.N., Karpishchenko A.I., Minaeva L.V. *Vodno-elektrolitnyy obmen i ego narusheniya*. Water-electrolyte metabolism and its disorders. - Moscow: GEOTAR-Media, 2020 – 208p. (in Russian)]
2. Воробьева О.В., Смирнова Л.Г., Смирнов А.К. и др. Влияние температуры и концентрации на гидратацию ионов сильных электролитов // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т.24, №6. – С. 18-20. [Vorobeva O.V., Smirnova L.G., Smirnov A.K. i dr. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*. Bulletin of the Technological University – 2021. – V.24, N6. – P. 18-20. (in Russian)].
3. Влияние пестицидов на здоровье человека. – 13.03.11. URL: <http://econet.ru/articles/70959-vliyanie-pestitsidov-na-zdorovie-cheloveka>. (in Russian)
4. Григорьев Ю.И., Лапина Н.В. Оценка риска загрязнения питьевой воды для здоровья детей Тульской области // Гигиена и санитария. – 2014. – №3. – С. 23-26. [Grigorev Yu.I., Lapina N.V. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2014. - N3. – P. 23-26. (in Russian)]
5. Дахова Е.В., Целых Е.Д. Влияние состава питьевой воды на состояние некоторых систем организма человека // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2015. – Т.6., №4. – С.446-451. 05.12.2022. URL: http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2015/TGU_6_222.pdf [Dakhova E.V., Tselykh E.D. *Elektronnoe nauchnoe izdanie «Uchenye zametki TOGU»*. Electronic scientific publication «Scientific notes of TOGU». – 2015. – V.6, N4. – P.446-451. 05.12.2022. URL: http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2015/TGU_6_222.pdf (in Russian)]
6. Дерябкина Л.А., Марченко Б.И., Плуготаренко Н.К., Юхно А.И. Оценка эффективности применения преаммонизации в целях снижения канцерогенного риска от тригалогенметанов в питьевой воде // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 70-77. [Deryabkina L.A., Marchenko B.I., Plugotarenko N.K., Yukhno A.I. *Analiz riska zdorovyyu*. Health risk analysis. – 2020. – N3. – P.70-77. (in Russian)]
7. Донских И.В. Влияние фтора и его соединений на здоровье населения (обзор данных литературы) // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. Часть 2. – 2013. – Т.91, №3. – С.179-185. [Donskikh I.V. *Byulleten VSNTs SO RAMN*. Bulletin of the VSNC SB RAMS. Part 2. – 2013. – V.91, N3. – P.179-185. (in Russian)]
8. Егорова Н.А., Канатникова Н.В. Железо, его метаболизм в организме человека и гигиеническое нормирование в питьевой воде. Обзор литературы. Часть 1. // Гигиена и санитария. – 2020. – Т 99, №4. – С. 412-417. [Egorova N.A., Kanatnikova N.V. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2020. – V.99, N4. – P. 412-417. (in Russian)]
9. Егорова Н.А., Канатникова Н.В. Железо, его метаболизм в организме человека и гигиеническое нормирование в питьевой воде. Обзор литературы. Часть 2. // Гигиена и санитария. – 2020. – Т 99, № 5. – С. 504-508. [Egorova N.A., Kanatnikova N.V. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2020. – V.99, N5. – P. 504-508. (in Russian)]
10. Заикина И.В., Курсова Н.В., Котлярова Т.В., Назаров А.А. Анализ систем озонирования питьевой воды // II Всероссийский научный форум студентов и учащихся. Петрозаводск, 27 сентября 2020 г. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2020. – С. 218-224. [Zaikina I.V., Kursova N.V., Kotlyarova T.V., Nazarov A.A. *II Vserossiyskiy nauchnyy forum studentov i uchashchikhsya*. II All-Russian Scientific Forum of Students and Students. - Petrozavodsk, 2020. – P. 218-224]
11. Захарова И.Н., Творогова Т.М., Васильева С.В. и др. Остеотропные микронутриенты и их влияние на ремоделирование костной ткани у подростков // Педиатрия. Consilium Medicum. – 2020. – №2. – С. 72–79. [Zakharova I.N., Tvorogova T.M., Vasileva S.V. i dr. *Pediatriya. Consilium Medicum*. Pediatrics. Consilium Medicum. – 2020. – N2. – P.72-79. (in Russian)]
12. Зацепин В.В., Ермаков А.В. Влияние структуры воды на иерархический механизм образования связанной воды // Сборник науч. трудов III научно-практ. конференции по вопросам гидрогеологии и водообеспечения. Ижевск, 06-07 июля 2021 г. – Ижевск, 2021. – С. 79-97. [Zatsepin V.V., Ermakov A.V. *Sbornik nauch. trudov III nauchno-prakt. konferentsii po voprosam gidrogeologii i vodoobespecheniya*.

- Collection of scientific works of the III scientific and practical Conference on hydrogeology and water supply. – Izhevsk, 2021. – P. 79-97. (in Russian)].
13. Иванов С.В., Федорова Э.Л., Темиров Э.Э. Влияние качества воды на здоровье населения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 3-2. – С. 186-189. 02.12.2022. URL:<https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11423> [Ivanov S.V., Fedorova E.L., Temirov E.E. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2017. – №3-2. – P. 186-189. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11423> (in Russian)]
 14. Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х., Вавашкин К.В. Современные представления о влиянии качества питьевой воды на состоянии здоровья населения // Вода: химия и экология. – 2012. – №3. – С. 48-53. [Ivanov A.V., Tafeeva E.A., Davletova N.Kh., Vavashkin K.V. *Voda: khimiya i ekologiya*. Water: chemistry and ecology. – 2012. – N3. – P. 48-53. (in Russian)]
 15. Калимуллина Д.Д., Гафуров А.М. Влияние гидроэлектростанций на окружающую среду // Инновационная наука. – 2016. – №3-3. – С. 93-95. [Kalimullina D.D., Gafurov A.M. *Innovatsionnaya nauka*. Innovative science. – 2016. – N3-3. – P. 93-95. (in Russian)]
 16. Клейн С.В., Веквшинина С.А. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Анализ риска здоровью. – 2020. – №3. – С. 49–60. [Kleyn S.V., Vekovshinina S.A. *Analiz riska zdorovuyu*. Health risk analysis. – 2020. – N3. – P. 49–60. (in Russian)]
 17. 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. – Т.100, №4. – С. 300–306. [Kovalchuk V.K., Maslov D.V. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2021. – V.100, N4. – P.300-306. (in Russian)]
 18. Лужецкий К.П., Чигвинцев В.М., Веквшинина С.А. и др. Оценка нарушений углеводного и жирового обмена у детей в условиях пероральной экспозиции хлорорганических соединений // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 11. – С. 1263-1270. [Luzhetskiy K.P., Chigvintsev V.M., Vekovshinina S.A. i dr. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2020. – V.99, N11. – P. 1263-1270 (in Russian)]
 19. Мазунина Д.Л. Негативные эффекты марганца при хроническом поступлении в организм с питьевой водой // Экология человека. – 2015. – №3. – С. 25-31. [Mazunina D.L. *Ekologiya cheloveka*. Human ecology. – 2015. – N3. – P. 25-31. (in Russian)]
 20. Маркова С.В. Состояние здоровья и микроэлементного обмена у детей среднего течения реки Вилюй // Сборник научных трудов III Съезд педиатров Дальневосточного федерального округа. – Якутск, 03-04 апреля 2014 г. – Киров, 2014. – С. 275-284. [Markova S.V. *Sbornik nauchnykh trudov III Sezd pediatrov Dalnevostochnogo federalnogo okruga*. Collection of scientific papers of the III Congress of Pediatricians of the Far Eastern Federal District. – Kirov, 2014. – P. 275-284. (in Russian)]
 21. Невинная И. Ученые: Химические примеси в водопроводной воде провоцируют рак // Российская газета. – 05.12.2022. URL: <https://rg.ru/2019/09/21/uchenye-himicheskie-primesi-v-vodoprovodnoj-vode-provociruiut-rak.html> [Nevinnaya I. URL: *Rossiiskaia gazeta*. Rossiyskaya Gazeta. 05.12.2022 URL: <https://rg.ru/2019/09/21/uchenye-himicheskie-primesi-v-vodoprovodnoj-vode-provociruiut-rak.html> (in Russian)]
 22. Петросян В.С. Диоксины: пугало или реальная угроза? // Теоретическая и прикладная экология. – 2009. – №1. – С. 41-47. [Petrosyan V.S. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. Theoretical and applied ecology. – 2009. – N1. – P. 41-47. (in Russian)]
 23. Погоньшева И.А., Погоньшев Д.А. Актуальные проблемы взаимосвязи окружающей среды и здоровья человека в странах Европейского союза. Обзор литературы // Гигиена и санитария. – 2019. – Т.98, №5. – С. 473-477. [Pogonyshcheva I.A., Pogonyshchev D.A. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2019. – V.98, N5. – P. 473-477. (in Russian)]
 24. Рахманин Ю.А., Егорова Н.А., Красовский Г.Н. и др. Кремний, его биологическое действие при энтеральном поступлении в организм и гигиеническое нормирование в питьевой воде. Обзор литературы. // Гигиена и санитария. – 2017. – Т 96, №5. – С. 492-498. [Rakhmanin Yu.A., Egorova N.A., Krasovskiy G.N. i dr. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2017. – V.96, N5. – P. 492-498. (in Russian)].
 25. Рахманин Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Михайлова Р.И. 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспектива // Гигиена и санитария. – 2014. – №2. – С. 5-18. [Rakhmanin Yu.A., Krasovskiy G.N., Egorova N.A., Mikhaylova R.I. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2014. – N2. – P. 5-18. (in Russian)]

26. Сапожников С.П., Гордова В.С., Сергеева В.Е., Козлов В.А. Соединения кремния и атерогенез (обзор) // Микроэлементы в медицине. – 2022. – Т.23, №1. – С. 4-13. [Sapozhnikov S.P., Gordova V.S., Sergeeva V.E., Kozlov V.A. *Mikroelementy v meditsine*. Trace elements in medicine. – 2022. – V.23, N1. – P. 4-13. (in Russian)]
27. Сидоренкова Л.М., Майорова Е.Г., Барсуков В.А., Авчинников А.В. Интегральная оценка качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения Смоленской области // Вестник СГМА. – 2017. – Т.16., №1. – С. 165-172. [Sidorenkova L.M., Mayorova E.G., Barsukov V.A., Avchinnikov A.V. *Vestnik SGMA*. SGMA Bulletin. – 2017. – V.16., N1. – P. 165-172. (in Russian)]
28. Смирнов А.Н., Савин А.В., Сигов А.С. Структурные превращения в жидкой воде // Биофизика. – 2020. – Т.65, №2. – С. 408-411. [Smirnov A.N., Savin A.V., Sigov A.S. *Biofizika*. Biophysics. – 2020. – V.65, N2. – P. 408-411. (in Russian)]
29. Теленкова О.Г., Фаращук Н.Ф. Зависимость структурного состояния разбавленных водных растворов электролитов от характера гидратации ионов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. – 2019. – Т.35, №1. – С. 170-174. [Telenkova O.G., Farashchuk N.F. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya*. Bulletin of Tver State University. Series: Chemistry. – 2019. – V.35, N1. – P. 170-174. (in Russian)]
30. Теленкова О.Г., Фаращук Н.Ф., Маркова Е.О. Использование дилатометрического метода для определения структурного состояния воды и числа гидратации ионов // Вестник тверского государственного университета. – 2017. – №4. – С.113-120. [Telenkova O.G., Farashchuk N.F., Markova E.O. *Vestnik tverskogo gosudarstvennogo universiteta*. Bulletin of Tver State University. – 2017. – N4. – P.113-120. (in Russian)]
31. Унгуряну Т.Н., Новиков С.М. Результаты оценки риска здоровью населения России при воздействии химических веществ питьевой воды // Гигиена и санитария. – 2014. – №1. – С.19-23. [Unguryanu T.N., Novikov S.M. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2014. – N1. – P. 19-23. (in Russian)]
32. Фаращук Н.Ф., Теленкова О.Г., Маркова Е.О. Влияние ионов на структурное состояние воды в зависимости от их природы и концентрации по данным дилатометрического метода. // Вестник тверского государственного университета. – 2018. – №4. – С. 165-171. [Farashchuk N.F., Telenkova O.G., Markova E.O. *Vestnik tverskogo gosudarstvennogo universiteta*. Bulletin of Tver State University. – 2018. – N4. – P. 165-171. (in Russian)]
33. Фаращук Н.Ф., Корякина Ю.П., Теленкова О.Г. Физико-химический показатель качества питьевой воды // Успехи современной науки. – 2016. – № 12. – С. 153-157. [Farashchuk N.F., Koryakina Yu.P., Telenkova O.G. *Uspekhi sovremennoy nauki*. Successes of modern science. – 2016. – N12. – P.153-157. (in Russian)]
34. Фаращук Н.Ф. Вода как структурная матрица жизни // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2020. – Т.19, №1. – С.56-70. [Farashchuk N.F. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2020. – V.19, N1. – P.56-70. (in Russian)]
35. Филатова П.В. Влияние содержания бора в питьевой воде на здоровье человека // Actualscience. – 2016. – Т.2, № 11. – С. 28-29 [Filatova P.V. *Actualscience*. – 2016. – V.2, N11. – P. 28-29 (in Russian)].
36. Чуркин М.И. Озонирование и его эффективность в процессе подготовки воды к применению для питьевых целей // Труды молодых ученых Алтайского государственного университета. – 2021. – №18. – С. 178-181. [Churkin M.I. *Trudy molodykh uchenykh Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*. The works of young scientists of the Altai State University. – 2021. – N18. – P. 178-181. (in Russian)]
37. Ших Е.В., Махов А.А., Чемерис А.В., Тормышов И.А. Ятрогенные дефициты микронутриентов // Вопросы питания. – 2021. – Т.90, №4 (536). – С. 53-63. [Shikh E.V., Makhov A.A., Chemeris A.V., Tormyshov I.A. *Voprosy pitaniya*. Nutrition issues. – 2021. – V.90, N4 (536). – P. 53-63. (in Russian)]
38. Эльпинер Л.И. Медико-экологические аспекты кризиса питьевого водоснабжения // Гигиена и санитария. – 2013. – №6. – С. 38-43. [Elpiner L.I. *Gigiena i sanitariya*. Hygiene and sanitation. – 2013. – N6. – P. 38-43. (in Russian)]
39. Ямилова О.Ю., Ковальчук В.К. Особенности влияния химических загрязнителей маломинерализованной питьевой воды на здоровье населения Дальнего Востока // Российский вестник гигиены. – 2021. – №3. – С. 36-41. [Yamilova O.Yu., Kovalchuk V.K. *Rossiyskiy vestnik gigeny*. Russian Bulletin of Hygiene. – 2021. – N3. – P. 36-41. (in Russian)]
40. Bhandari M.R., Gautam D.N., Joshi S. and et all. Quality assessment of drinking water commercially available in Kathmandu valley Nepal // Food and Nutrition Research Bulletin. – 2009. – N2. – P. 5-13.
41. Bradford L.E., Bharadwaj L.A., Okpalauwaekwe U., Waldner C.L. Drinking water quality in Indigenous communities in Canada and health outcomes: a scoping review // International journal of circumpolar health. – 2016. – V.1, N75. – P. 32336.

42. Cotruvo J.A., Amato H. National trends of bladder cancer and trihalomethanes in drinking water: a review and multicountry ecological study // Dose Response. – 2019. – V.17, N1. – P. 155932581.
43. Davies B.E. The UK geochemical environment and cardiovascular diseases: magnesium in food and water // Environ Geochem Health. – 2015. – V.37, N3. – P.411-427.
44. Eggers M.J., Doyle J.T., Lefthand M.J. and et al. Community Engaged Cumulative Risk Assessment of Exposure to Inorganic Water Contaminants, Crow Reservation, Montana // International journal of environmental research and public health. – 2018. – V.1, N15. – P.76.
45. Farrell-Poe K., Jones-McLean L., McLean S. Nitrate in Private Water Wells // Arizona cooperative extension, SUA. – 05.12.2022. URL: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1486i.pdf>
46. Gomez-Castro F., Zappettini S., Pressey J. C. and et al. Convergence of adenosine and GABA signaling for synapse stabilization during development // Science. – 2021. – V.374, N6568. – eabk2055.
47. Gunnarsdottir M.J., Gardarsson S.M., Jonsson G.S., Bartram J. Chemical quality and regulatory compliance of drinking water in Iceland // International Journal of Hygiene and Environmental Health. – 2016. – V.8, N219. – P. 724-733.
48. Koval'chuk V.K. Estimate of the providing of iron in adolescents consuming tap water with increased iron content // American Journal of Environmental Protection. – 2019. – V.8, N1. – P. 17-21.
49. Pant N.D., Poudyal N., Bhattacharya S.K. Bacteriological quality of bottled drinking water versus municipal tap water in Dharan municipality // Nepal Journal of Health, Population and Nutrition. – 2016. – V.35, N17.
50. Pelczyńska M., Moszak M., Bogdański P. The role of magnesium in the pathogenesis of metabolic disorders // Nutrients. – 2022. – V.20, N14(9). – P. 1714.
51. Rutjes A.W., Denton D.A., Nisio M.D. Vitamin and mineral supplementation for maintaining cognitive function in cognitively healthy people in mid and late life // Cochrane Database Syst Rev. – 2018. – V.17, N2(12).
52. Rylander R. Magnesium in drinking water - a case for prevention? // Journal of Water and Health. – 2014. – V.12, N1. – P. 34-40.
53. Uhl M., Santos R.R., Costa J. and et. al. Chemical exposure: European citizens' perspectives, trust, and concerns on human biomonitoring initiatives, information needs, and scientific results // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2021. – V.18, N4. – P. 1532.
54. Vandenbroucke A., Luyten F.P., Flamaing J., Gielen E. Pharmacological treatment of osteoporosis in the oldest old // Clinical Interventions in Aging. – 2017. – V.6, N12. – P.1065-1077.
55. Vannucci L, Fossi C., Quattrini S. and et. al. Calcium intake in bone health: a focus on calcium-rich mineral waters // Nutrients. – 2018. – V.5, N10(12). – P.1930.
56. Wu W.Y., Chou P.L., Yang J.C., Chien C.T. Silicon-containing water intake confers antioxidant effect, gastrointestinal protection, and gut microbiota modulation in the rodents // PLoS One. – 2021. – V.31, N16 (3). P. 0248508.

Информация об авторах

Маркова Екатерина Олеговна – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей и медицинской химии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: smeshik-kate@mail.ru

Корякина Юлия Петровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Смоленский Государственный Медицинский Университет» Минздрава России. E-mail: tsuman-yu@mail.ru

Фаращук Николай Федорович – доктор медицинских наук, профессор кафедры общей и медицинской химии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: nfarashchuk@mail.ru

Киган Мария Александровна – студентка фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: mariakigan@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.