

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ Г. МАГАДАНА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

FEATURES OF THE CONTENT OF CHEMICAL ELEMENTS IN DRINKING WATER OF MAGADAN AND THEIR IMPACT ON PUBLIC HEALTH

**N. Pokhilyuk
A. Gorbachev
A. Kirichuk**

Summary. The content of chemical elements in drinking water from springs in the vicinity of Magadan and the central water supply system was investigated. The content of 25 macro- and microelements in water samples was determined.

It was found that the indicators of spring and tap water had no significant differences. The water samples analyzed are very soft and slightly mineralized (ultra-fresh). Drinking water is characterized by low levels of essential vital elements, in particular magnesium and calcium compounds. Very low silicon content in water is a regional feature.

The marked imbalance of the elemental composition of drinking water sources in Magadan can serve as the basis of pathological processes in the body of the population. Prolonged use of such drinking water can contribute to the development of osteoporosis (deficiency of silicon and calcium), the occurrence of disorders of the cardiovascular system (magnesium deficiency), skin and bone system, the formation of immunoresistance (excess iron).

The issue of overcoming the elemental deficit of ultra-fresh drinking water, bringing its composition to the indicators of physiological usefulness is considered.

Keywords: North, drinking water, chemical composition, elementoses, disease prevention.

Похилук Наталья Владимировна

врач-бактериолог,

ГБУЗ «Магаданская областная больница»

natalis2686@mail.ru

Горбачев Анатолий Леонидович

доктор биол. наук, профессор, ФГАОУВО Северо-Восточный государственный университет (Магадан)

gor000@mail.ru

Киричук Анатолий Александрович

доктор биол. наук, профессор, ФГАОУВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Москва)

kirichuk-aa@rudn.ru

Аннотация. Исследовано содержание химических элементов в питьевой воде из родников в окрестностях г. Магадана и системы центрального водоснабжения. Проведено определение содержания 25 макро- и микроэлементов в пробах воды.

Установлено, что показатели родниковой и водопроводной воды не имели значимых различий. Пробы воды, подвергнутые анализу, являются очень мягкими и слабоминерализованными (ультрапресными). Питьевая вода характеризуется низкими уровнями основных жизненно важных элементов, в частности соединений магния и кальция. Очень низкое содержание кремния в воде является региональной особенностью.

Отмеченный дисбаланс элементного состава источников питьевой воды в г. Магадане может служить основой патологических процессов в организме населения. Продолжительное употребление такой питьевой воды может способствовать развитию остеопороза (дефицит кремния и кальция), возникновению нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы (дефицит магния), кожи и костной системы, формированию иммунорезистентности (избыток железа).

Рассматривается вопрос преодоления элементного дефицита ультрапресной питьевой воды, приведения ее состава к показателям физиологической полноценности.

Ключевые слова: север, питьевая вода, химический состав, элементозы, профилактика заболеваний.

Введение

В настоящее время многими исследователями осуществляется масштабное изучение условий среды обитания и их влияние на формирование экологозависимых заболеваний, относимых к болезням цивилизации. В последние годы проблему обеспеченности населения чистой питьевой водой в России и во всем мире относят к основным факторам национальной безопасности в области охраны здоровья. Обширное антропогенное воздействие человека на окружающую среду

часто сопряжено с негативным влиянием разной интенсивности на источники воды. Вопрос низкого качества питьевой воды затрагивает различные стороны жизни общества с момента начала его существования.

Общемировые ресурсы питьевой воды занимают 20 процентов территории России, при этом доброкачественной питьевой водой обеспечено лишь 63,9 % населения (Тулакин и др., 2016). Также жители некоторых регионов испытывают недостаток в обеспечении питьевой водой. В целом по стране 28,4 % проб воды, отобранных

из источников питьевого водоснабжения, не соответствуют гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям (Никонова, Дрягина, 2018).

Считается, что черты элементного статуса человека имеют тесную связь с химическим составом окружающей среды. С учетом путей поступления минеральных веществ в организм основным их источником для человека является водно-пищевой рацион (Горбачев, 2006; Корчин и др., 2018). При этом только региональные источники питьевой воды могут быть постоянным основным источником макро- и микроэлементов для населения (Горбачев, 2021). Продолжительное употребление воды, не сбалансированной по химическому составу (содержащей недостаток и/или избыток химических элементов) может приводить к развитию заболеваний геохимической природы (элементозов).

Химический состав природных вод Магаданской области является гидрокарбонатно-кальциевыми, ультрапресным (по степени минерализации; 0,5 г/дм³); очень мягким (по жесткости; до 1,5 мг-экв/дм³) (Зуев, Сережников, 1998).

Требования к питьевой воде определены в гигиенических нормативах. Согласно которым к ней предъявляются требования по органолептическим показателям, оптимальному химическому составу и эпидемиологической безопасности. Питьевая вода, как основной источник минеральных веществ в организме, должна быть физиологически полноценна, что обуславливает ее сбалансированность по минеральному составу (Якубова и др., 2015).

Цель работы — исследование некоторых химических показателей питьевой воды г. Магадана и их возможного влияния на элементный статус и здоровье населения.

Материалы и методы

Проведен анализ результатов измерений санитарно-химических показателей воды, полученных нами в ходе лабораторных исследований, проведенных на базе ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области». Отбор воды производили в 2016 г. из распределительной сети г. Магадана в весенний и осенний периоды — 130 и 101 проб соответственно. Определены: в 87 образцах жесткость общая, в 40 образцах сухой остаток, в 101 образцах железо, в 54 образцах марганец, в 74 образцах медь, цинк, свинец, кадмий. Химический анализ проводился на приборах: анализатор «Капель», спектрометр атомно-абсорбционный с электротермической атомизацией «КВАНТ.Z».

Изучена вода из централизованной сети г. Магадана и вода из трех родников, расположенных в окрестно-

стях города Магадана, отобранная в 2020 г. Определение неорганических веществ и водородного показателя проведено в испытательной лаборатории Центра биотической медицины (г. Москва). Применены методы: атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭСИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной плазмой. Установлены концентрации 25 макро- и микроэлементов в воде: кальция, магния, фосфора, марганца, кремния, натрия, калия, железа, йода, кобальта, селена, хрома, цинка, меди, алюминия, мышьяка, никеля, свинца, кадмия, ртути, олова, бора, бериллия, лития, ванадия. Отбор образцов проведен зимой (январь) и летом (июнь) в соответствии с установленной методикой (ГОСТ 59024-2020).

Анализ и статистическая обработка результатов измерения химических показателей питьевой воды проведена с использованием программ Microsoft Excel (Microsoft Office 2016, Microsoft Corporation, USA) и Statistica 10.0 for Windows (Statsoft, Tulsa, USA).

Результаты и их обсуждение

Водоснабжение населения г. Магадана обеспечивается из двух искусственных водохранилищ на р. Каменушке. Забор воды для холодного водоснабжения осуществляется из верхнего водохранилища, горячего — из нижнего. Перед подачей воды населению проводится только обеззараживание воды гипохлоритом натрия, водоочистные сооружения на водохранилище отсутствуют.

На базе ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области» определен химический состав 231 пробы питьевой воды, отобранной из распределительной сети г. Магадана. Исследованы показатели: общая жесткость воды, концентрация тяжелых металлов (железа, марганца, кадмия, свинца, меди, цинка). Полученные данные представлены в таблице 1.

В весенний период общая жесткость воды соответствовала интервалу от 0,16 до 2,1 °Ж, в осенний — от 0,15 до 2,65 °Ж. В рекомендациях Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) указано, что поступление кальция и магния в организм человека в достаточном количестве возможно при условии потребления питьевой воды с показателем жесткости соответствующим примерно 5 °Ж. Согласно санитарным правилам и нормам (СанПиН 1.2.3685-21, СанПиН 2.1.3684-21) жесткость для питьевой воды не должна превышать 7 °Ж. Норматив физиологической полноценности бутилированной воды (СанПиН 2.1.4.1116-02) по жесткости равен 1,5–7 °Ж. Таким образом, показатель жесткости в исследованных пробах не превышает нормативное значение, при этом может указать на пониженное поступление кальция и магния в организм жителей г. Магадана.

Таблица 1.

Содержание некоторых химических элементов
в питьевой воде г. Магадана

Показатель	Период года	Количество проб с изучаемым показателем		Концентрация (min-max), мг/л
		всего	из них, не соотв. гигиеническим нормативам	
Железо	весна	101	10	менее 0,04–2,2
	осень	89	13	менее 0,04–1,2
Марганец	весна	58	1	менее 0,001–0,698
	осень	33	0	менее 0,001–0,008
Цинк	весна	74	0	менее 0,001–0,067
	осень	44	0	менее 0,001–0,019
Медь	весна	74	0	менее 0,001–0,008
	осень	44	0	менее 0,001–0,006
Свинец	весна	74	0	менее 0,001–0,0024
	осень	44	0	менее 0,001–0,004
Кадмий	весна	74	0	менее 0,0001
	осень	44	0	менее 0,0001–0,0003

Содержание марганца в питьевой воде только в 1 пробе, отобранной в весенний период, превысило установленную нормативную величину (0,1 мг/л) — 0,698 мг/л. Повышенное содержание железа в воде выявлено в каждой десятой пробе.

Определенные уровни химических веществ в питьевой воде г. Магадана сопоставимы с результатами, полученными в ходе изучения проб воды на базе лаборатории Центра биотической медицины (г. Москва) (Горбачев, 2021).

Согласно полученными нами данным, минеральные составы родниковой и водопроводной воды г. Магадана сходны. Водородный показатель в пробах родниковой воды соответствует значениям 6,42–6,50, водопроводной воды — 6,79–7,03. В тоже время отмечено повышение концентрации железа, марганца, цинка в питьевой воде из системы централизованного водоснабжения относительно родниковой. При этом относительное повышение марганца и цинка составило 1–2 порядка, но оно не превысило установленные значения ПДК этих элементов. Концентрация железа (0,27±0,005 мг/л) находилась на границе ПДК (0,3 мг/л), что способствует ухудшению органолептических свойств питьевой и способно оказывать отрицательное воздействие на организм.

Другим отличием воды из разных источников явился более высокий уровень селена во всех пробах роднико-

вой питьевой воды (превышений ПДК не установлено), где его содержание (0,002±0,0007 мг/мл) было на порядок больше в сравнении с водой из распределительной сети централизованного водоснабжения (<0,000195 мг/мл). Повышенная концентрация указанного микроэлемента, обладающего эссенциальными свойствами, способствует улучшению физиологических свойств воды.

Достоверных отличий в содержании неорганических веществ в питьевой воде в зимний и летний периоды не установлено. Отмечена тенденция к увеличению уровней марганца и кальция в зимний период в пробах из источников централизованного водоснабжения и родников. При этом результаты проведенного химического анализа воды указывают на ее физиологическую неполноценность. В большей мере это связано с содержанием кальция и магния. Значения медианы и центильного интервала кальция равны 4,52 (2,95–5,30) мг/л, магния — 0,83 (0,75–1,16) мг/л.

В питьевой воде, в соответствии с рекомендациями ВОЗ, величина неорганических веществ должна составлять: 20–80 мг/л кальция и 10–30 мг/л магния. На территории России согласно санитарным правилам и нормам (СанПиН 1.2.3685-21, СанПиН 2.1.3684-21) в питьевой воде: норматив для кальция не установлен, магний не должен превышать значение 50 мг/л. СанПиН 2.1.4.1116-02 устанавливает показатели физиологически полноценной бутилированной воды на уровне: кальций 25–130 мг/л, магний — 5–65 мг/л.

Таким образом, в питьевой воде концентрация кальция должна быть не менее 20 мг/л, магния — 5 мг/л. Полученные в ходе исследования данные указывают на низкое содержание кальция и магния в воде независимо от места отбора (водопроводная сеть, родники). По показателю «жесткость» измеренные значения соответствуют степени «очень мягкая вода» (до 1,5 ммоль/л), что согласуется с уровнями кальция и магния.

Употребление очень мягкой, физиологически несбалансированной по минеральному составу, ультрапресной воды может приводить к расстройству обменных процессов в организме и вызывать патологические реакции. Применение на постоянной основе в питьевых целях мягкой воды увеличивает риск формирования патологии со стороны органов кровообращения, желудочно-кишечного тракта, почек. На территориях с мягкой водой на 25–30 % больше распространены артериальная гипертензия (Горбачев, 2006). Согласно литературным данным, существуют отличия в заболеваемости сердечно-сосудистой системы и смертности в зависимости от региональных значений жесткости питьевой воды: отмечен их рост при уменьшении концентрации Ca²⁺ и Mg²⁺ (определяющих жесткость) в воде (Серпов и др., 2005; Кириллова и др., 2006). Дефицит магния может при-

водить к метаболическим синдромам, резистентности к инсулину, синдрому хронической усталости, нарушениям сердечного ритма, сна и др. (Шилов, 2013).

Патология костной системы и задержка роста, обусловленные нарушением процесса формирования костной ткани, часто сопряжены с низким содержанием в питьевой воде остеотропных элементов (Ca, Si, P). Считается, что пищевой дефицит остеогенных элементов характерен в основном в отношении кальция (Лукьянчиков, 2012). Согласно информации ВОЗ, остеопорозу принадлежит ведущее место в общем рейтинге медико-социальных проблем, переломы, являющиеся осложнением этого заболевания, оказывают отрицательное воздействие на качество и продолжительность жизни человека (Лесняк, 2017).

Считается, что подземные воды по сравнению с поверхностными водоисточниками обладают такими преимуществами как надежность, возможность более экономичной, легкой, качественной очистки. В тоже время препятствием к употреблению такой воды является присутствие повышенных уровней железа и марганца, которые придают воде цветность, вязущий или металлический вкус. Очень часто концентрация железа в подземных водах на Дальнем Востоке достигает повышенных значений равных 2530 мг/л и марганца — 0,7–1,5 мг/л (Ткаченко, Власенко, 2022).

Как отмечалось выше, г. Магадан характеризуется повышенным содержанием железа (уровень ПДК) в пробах питьевой воды, отобранных из системы централизованного водоснабжения. Такое содержание железа может быть объяснено наличием в воде его окислов, которые имеют техногенное происхождение (коррозионные процессы, протекающие в водоносных коммуникациях).

Длительное повышенное поступление железа способствует хронической перегрузке организма указанным элементом. Такая перегрузка может приводить к изменениям во внутренних органах, формированию гемохроматоза, который сопровождается накоплением железа в органах и тканях. Употребление питьевой воды с повышенным содержанием железа также может оказывать отрицательное воздействие на кожные покровы и слизистые оболочки, повреждать клетки эпителия, приводить к истончению кожи и атрофии эпидермиса, возникновению экземы (Темная, Завьялова, 2023).

Поступление железа в организм в количествах, значительно превышающих физиологические потребности, повышает риск развития эндокринных расстройств, может оказывать иммуносупрессивное влияние (фактор, способствующий развитию инфекционных, онкологических заболеваний) и увеличивать общую заболеваемость (Горбачев, 2021).

Из этого следует, что на территории г. Магадана повышенное содержание железа в питьевой воде — постоянный экологический фактор, который может оказывать отрицательное влияние на физиологические процессы в организме.

Более ранние исследования химического состава питьевой воды г. Магадана (Луговая, Степанова, 2016; Степанова, Луговая, 2023), а также проведенный нами анализ полученных данных свидетельствуют об отсутствии избыточных концентраций кремния. Интервал кремния в исследованных пробах равен 0,77–0,95 мг/г, что в пересчете на 1 л составляет около 1 мг химического элемента. Указанное значение сходно с минимальным содержанием в природной речной воде: кремний в речной воде чаще соответствует 1–20 мг/л; в подземной воде — 20–30 мг/л. Для сравнения, считается, что жители Европы с пищей и водой потребляют около 20–50 мг в день (Jugdaohsingh, 2007).

Роль кремния в биохимических процессах организма до конца не изучена, но отмечается, что этот элемент участвует в синтезе коллагена, процессах минерализации костной ткани, положительно влияет на кожу и ее придатки, важен при профилактике болезни Альцгеймера и атеросклероза (Рахманин и др., 2017). На долю питьевой воды и напитков приходится около 20 % кремния из общего количества, поступившего в организм (Jugdaohsingh, 2007; Robberecht et al., 2009).

Действующие в России нормативы (СанПиН 1.2.3685-21) устанавливают допустимую концентрацию кремния в питьевой воде на уровне 20 мг/л (25 мг/л при жесткости менее 3,5). Указанные величины исключают избыток кремния в пробах воды в г. Магадане. Учитывая среднесуточное потребление 1–3 л питьевой воды, в организм населения г. Магадана поступает кремния около 1–3 мг/сут. При этом считается, что потребность человека в этом элементе колеблется от 9–14 до 20–30 мг/сут, а оптимальное поступление равно 50–100 мг/день (Скальный и др., 2019; Киричук и др., 2020). Поступление в организм кремния менее 5 мг/сут повышает риск формирования его дефицита (Скальный и др., 2019).

В тоже время необходимо учитывать, что поступление кремния в организм с пищевыми продуктами может частично восполнять потребность в элементе, и все же дефицит кремния без обогащения им водно-пищевого рациона неизбежен.

Таким образом, проведенный нами анализ показал, что питьевая вода г. Магадана (водопроводная и родниковая) содержит низкие концентрации кремния, которые при отсутствии восполнения физиологических потребностей из других источников могут способствовать формированию дефицита этого элемента в организме.

Недостаток кремния может сопровождаться слабостью соединительной ткани (связки, хрящи, бронхолегочная система), повышенной хрупкостью костной ткани, склонностью к переломам, истончением, выпадением волос, воспалительным заболеваниям желудочно-кишечного тракта, преждевременным развитием атеросклероза, нарушением со стороны иммунной (аллергические реакции). Кальций может занимать место кремния в случае его дефицита. Это проявляется потерей эластичности сосудов, в дальнейшем, при прогрессировании процесса, происходит развитие заболеваний сердечно-сосудистой системы, атеросклероза.

Дополнительный прием кремния (например, в составе биологических добавок, воды, обогащенной кремнием) способствует восполнению его потребностей в организме и профилактике нарушений обменных процессов. В г. Магадане также может быть рекомендовано употребление морских водорослей (ламинарии), хвощей.

Содержание меди, цинка, свинца, кадмия во всех пробах, исследованных на базе ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области» и в лаборатории Центра биотической медицины (г. Москва), не превысило установленных ПДК. Таким образом, г. Магадан является благоприятной территорией, свободной от загрязнения питьевой воды указанными тяжелыми металлами.

Выводы

Питьевая вода из распределительной сети централизованного водоснабжения имеет сходные черты с родниковой водой по химическим показателям. Значительных изменений химического состава воды в зависимости от времени года не выявлено, но отмечена тенденция повышения содержания марганца и кальция в пробах, отобранных зимой.

В тоже время результаты химического анализа питьевой воды (из системы централизованного водоснабжения и родников) указывают на ее физиологическую неполноценность. В большей мере это связано с низким содержанием кальция и магния.

Показатель жесткости в пробах воды не превышает гигиенический норматив, но может также свидетельствовать о пониженном поступлении кальция и магния в организм жителей г. Магадана. Недостаток этих элементов в организме необходимо восполнять с помощью пищевых продуктов и специальных добавок.

Отмечено пониженное содержание кремний в воде из источников централизованного водоснабжения и родников. Высказана рекомендация по дополнительному обогащению рациона питания этим элементом.

Питьевая вода из системы централизованного водоснабжения г. Магадана характеризуется повышенным содержанием железа (уровень ПДК), что повышает риск развития сопряженных с этим патологических состояний.

Длительное употребление такой воды в питьевых целях может способствовать возникновению элементозов, в частности остепороза (недостаток кремния, кальция), нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы (недостаток магния), кожи и костной системы, формированию иммунорезистентности (избыток железа).

Содержание марганца, меди цинка, свинца, кадмия во всех пробах не превышало ПДК, что свидетельствует об отсутствии загрязнения питьевой воды указанными тяжелыми металлами и, соответственно, благоприятной экологической ситуации по ним в г. Магадане.

ЛИТЕРАТУРА

1. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
2. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости».
3. ГОСТ 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб»
4. Горбачев А.Л. Элементный статус населения в связи с химическим составом питьевой воды. Микроэлементы в медицине. 2006; 7(2): 11–24.
5. Горбачев А.Л. Влияние химического состава питьевой воды на здоровье населения г. Магадана // Микроэлементы в медицине. 2021. № 22 (2). С. 17–24.
6. Кириллова А.В., Доршакова Н.В., Дуданов И.П. 2006. К вопросу о патогенезе гипертонической болезни и ишемической болезни сердца при дефиците потребления кальция и магния в условиях Севера // Экология человека. 2006. № 1. С. 3–8.
7. Киричук А.А., Горбачев А.Л., Тармаева И.Ю. Биоэлементология как интегративное направление науки о жизни: монография. Под ред. А.В. Скального. М.: РУДН, 2020. 110 с.
8. Корчин В.И., Миняйло Л.А., Корчина Т.Я. Содержание химических элементов в водопроводной питьевой воде с различным уровнем очистки (на примере городов Ханты-Мансийского автономного округа) // Журнал медико-биологических исследований. 2018. № 6 (2). С. 188–197.
9. Лесняк О.М. Актуальные вопросы диагностики и лечения остеопороза у мужчин в амбулаторной практике // Российский семейный врач. 2017. № 21 (1). С. 39–44.
10. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Особенности состава питьевой воды Магадана и здоровья населения // Гигиена и санитария. 2016. № 95 (3). С. 241–246.

11. Степанова Е.М., Луговая Е.А. Содержание химических элементов в водопроводной воде и воде из родниковых питьевых источников разных районов Магаданской области // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2023. Т. 31. № 1. С. 118–125.
12. Никонова Р.А., Дрягина Д.Р Проблема загрязнения и качества питьевой воды // *Вестник магистратуры*. 2018. № 5-4 (80). С. 21–22.
13. Рахманин Ю.А., Егорова Н.А., Красовский Г.Н., Михайлова Р.И., Алексеева А.В. Кремний, его биологическое действие при энтеральном поступлении в организм и гигиеническое нормирование в питьевой воде. Обзор литературы // *Гигиена и санитария*. 2017. № 96 (5). С. 492–498.
14. Серпов В.Ю., Горшков Э.С., Иванов В.В., Храмов А.В. К вопросу о чувствительности артериальной системы к влиянию космофизических факторов в районах с различной жесткостью питьевой воды // *Экология человека*. 2005. № 11. С. 25–27.
15. Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Скальная М.Г., Тармаева И.Ю., Киричук А.А. Химические элементы в гигиене и медицине окружающей среды: монография. Под. ред. В.Н. Ракитского, Ю.А. Рахманина. М.: РУДН, 2019. 339 с.
16. Темная Ю.А., Завьялова А.А. Влияние повышенного содержания железа в воде на население Московской области // *Тенденции развития науки и образования*. 2023. № 93–8. С. 122–124.
17. Ткаченко А.З., Власенко Т.А. Анализ состояния вопроса очистки подземных вод Дальнего Востока // *Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса*. 2022. № 1. С. 316–318.
18. Тулакин А.В., Цыплакова Г.В., Амплеева Г.П., Козырева О.Н., Пивнева О.С., Трухина Г.М. Региональные проблемы обеспечения гигиенической надежности питьевого водопользования // *Гигиена и санитария*. 2016. № 95 (11). С. 1025–1028.
19. Шилов А.М. Роль дефицита магния в сердечно-сосудистом континууме // *Лечебное дело*. 2013. № 4. С. 73–82.
20. Якубова И.Ш., Мельцер А.В., Ерастова Н.В., Базилевская Е.М. Гигиеническая оценка обеспечения населения Санкт-Петербурга безопасной, безвредной и физиологически полноценной питьевой водой // *Гигиена и санитария*. 2015. № 94 (4). С. 21–25.
21. Jugdaohsingh J. Silicon and bone health. *J. Nutr. Health Aging*. 2007. № 11 (2). P. 99–110.
22. Robberecht H., Van Cauwenbergh R., Van Vlaslaer V., Hermans N. Dietary silicon intake in Belgium: Sources, availability from foods, and human serum levels. *Sci. Total. Environ*. 2009. № 407 (16). P. 4777–4782.

© Похилюк Наталья Владимировна (natalis2686@mail.ru); Горбачев Анатолий Леонидович (gor000@mail.ru);

Киричук Анатолий Александрович (kirichuk-aa@rudn.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»