

А. В. Мокиенко

КРЕМНИЙ В ВОДЕ: ОТ ТОКСИЧНОСТИ К ЭССЕНЦИАЛЬНОСТИ

Одесский национальный медицинский университет

Summary. Mokienko A. V. **SILICON IN WATER: FROM TOXICITY TO ESSENCE.** – *Odessa National Medical University; e-mail:nymba.od@gmail.com.* The article presents the announcement of the author's monograph devoted to the characterization of silicon, which is widespread in nature and is an integral element of biota at various levels of organization. Data on the content of silicon in surface, drinking and mineral waters of Ukraine are presented. Various points of view regarding the biological role of silicon in living nature are presented. Various aspects of the medical use of silicon and its compounds, including silicon mineral waters, are considered. The inexpediency of standardizing silicon in drinking water has been substantiated.

Key words: water, silicon, biological role, medical application, rationing

Реферат. Мокиенко А. В. **КРЕМНИЙ В ВОДЕ: ОТ ТОКСИЧНОСТИ К ЭССЕНЦИАЛЬНОСТИ.** Статья представляет анонс монографии автора, посвященной характеристике кремния, широко распространенного в природе и являющегося неотъемлемым элементом биоты различных уровней организации. Представлены данные о содержании кремния в поверхностных, питьевых и минеральных водах Украины. Приведены различные точки зрения относительно биологической роли кремния в живой природе. Рассмотрены различные аспекты медицинского применения кремния и его соединений, в том числе кремниевых минеральных вод. Обоснована нецелесообразность нормирования кремния в питьевой воде.

Ключевые слова: вода, кремний, биологическая роль, медицинское применение, нормирование

Реферат. Мокієнко А. В. **КРЕМНІЙ У ВОДІ: ВІД ТОКСИЧНОСТІ ДО ЕСЕНЦІАЛЬНОСТІ.** Стаття є анонсом монографії автора, присвяченої характеристиці кремнію, широко розповсюдженого в природі та невід'ємного елементу біоти різних рівнів організації. Представлені дані про вміст кремнію в поверхневих, питних і мінеральних водах України. Наведені різні точки зору щодо біологічної ролі кремнію в живій природі. Розглянуто різні аспекти медичного застосування кремнію і його сполук, у тому числі кремнієвих мінеральних вод. Обґрунтована недоцільність нормування кремнію в питній воді.

Ключові слова: вода, кремній, біологічна роль, медичне застосування, нормування

Кремний принадлежит к числу наиболее распространенных химических элементов, находящихся в природе. Присутствие кремния в источниках водоснабжения и в питьевой воде столь же постоянно и неотвратимо, как и содержание «главных ионов»: кальция, магния, хлоридов и т. д. Физическая форма присутствия кремния в питьевой воде, которая изменяется в широких пределах (растворимые ионные формы, коллоиды, коагулированные коллоиды, молекулярные комплексы сложного состава), должна определять степень его биологической доступности. Кроме питьевой воды, источником поступления кремния в организм человека через желудочно-кишечный тракт являются многие пищевые продукты.

Несмотря на продолжающееся увеличение числа исследований по геологии, химии, биологии и токсикологии кремния, в настоящее время продолжает оставаться актуальным вопрос о биологической роли и гигиенической значимости этого важнейшего для организма элемента. Это, в свою очередь, напрямую связано с дискутабельностью вопроса нормирования кремния в питьевой воде в странах бывшего СССР, например Украине и России, что объясняется, прежде всего, недостаточным вниманием к этой актуальной проблеме. Поскольку во всем мире проблемы нормирования кремния, как таковой, не существует.

Блестящий фундаментальный труд М. Г. Воронкова, Г. И. Зелчана, Э. Я. Лукевича «Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния» [1], изданный теперь уже в далеком 1978 году, на который автор постоянно ссылается в своей книге [2] и который по праву можно назвать энциклопедией кремния (более 9000 // ссылок), является основой переоценки важнейшей медико-биологической роли кремния в нашей жизни.

Содержание кремния в гидросфере в среднем составляет 5 мг/л [3]. Большая распространенность кремния в составе горных пород и минералов – это определяющий фактор, способствующий постоянному нахождению его соединений в природных водах, в том числе и поверхностных. Однако, благодаря слабой растворимости кремнийсодержащих минералов, этот химический элемент характеризуется низкой миграционной подвижностью и является слабым водным мигрантом. Так, содержание кремния в поверхностных водах варьирует от следовых количеств до нескольких десятков миллиграммов в 1 л [4].

Обогащение поверхностных вод соединениями кремния происходит, главным образом, благодаря химическому и биологическому выветриванию с последующим растворением кремнийсодержащих минералов. Кроме того, соединения кремния могут поступать из донных отложений водных объектов, с водосборной площади в результате отмирания и разложения остатков наземных и водных растений, способных концентрировать кремний, – хвойных, злаковых, осоковых растений, хвощей, диатомовых водорослей и т. п. Дополнительными источниками кремния могут быть атмосферные осадки, бытовые стоки в результате использования синтетических моющих средств, содержащих силикаты, а также сточные воды промышленных предприятий, изготавливающих силикатные материалы [4].

Согласно данным литературы, приведенным в работе [4], концентрация растворенного кремния в водных объектах Украины изменяется от 0 до 13,3 мг/л.

Результаты исследований [4] позволяют заключить, что в большинстве поверхностных водных объектов Украины концентрация растворенного кремния не превышает предельно допустимую для питьевой воды (10 мг/л), предназначенной для потребления населением [5]. Поэтому, воду из таких источников после соответствующей подготовки можно рекомендовать для питьевого водоснабжения.

В соответствии с современными критериями для отнесения минеральных вод к категории кремниевых содержание метакремниевой кислоты должно быть не менее 50,0 мг/л [6].

На территории Украины кремниевые воды встречаются в пределах Закарпатской, Хмельницкой, Черновицкой, Винницкой, Одесской, Днепропетровской областей. В гидрогеологическом отношении – это воды Вольтно-Подольского артезианского бассейна, трещинные воды Украинского кристаллического щита, Причерноморского и Днепропетровско-Донецкого артезианских бассейнов. В пределах западной и центральной частей Украины воды связаны с образованиями неогенового и мелового периодов, кристаллическими породами докембрия, в восточных областях – наиболее распространены в отложениях палеогена.

Кремнийсодержащие воды имеют широкий спектр минерализации (от слабоминерализованных до рассолов), различный химический состав, в ряде случаев в лечебных концентрациях также содержат и другие биологически активные компоненты и соединения – йод, бром, бор, железо, диоксид углерода, органические вещества.

Анализ биологической роли кремния показывает следующее.

Источниками кремния для организма человека являются вода, продукты питания, воздух, биологические добавки и лекарственные препараты [7].

В среднем в организме человека содержится $n \cdot 10^{-3}$ % кремния. Он присутствует практически во всех тканях и органах человека, в основном в тех из них, в которых слабо развиты или отсутствуют нервные волокна (соединительные ткани, железы, легкие, зубная эмаль, ногти, волосы). Богатые кремнием соединительные ткани в большой мере определяют присутствие его в отдельных органах. Высоким содержанием кремния отличаются лимфатические узлы ворот легких, хрусталик глаза, гладкие мышцы кишечника и желудка. В последних кремния во много раз больше, чем в продолговатых мышцах. Особенно высока концентрация кремния в коже, волосах и ногтях. Он содержится даже в волосах новорожденных.

Следует подчеркнуть, что кремний является третьим по значимости элементом в организме человека. Хотя кремний является важным для жизни микроэлементом, этому минералу до настоящего времени не уделяется должного внимания. Принимая во внимание обилие кремния в природе и организме человека, разумно предположить его важную роль в здоровье человека и животных [8].

В организме человека и животных соединения кремния присутствуют в трех основных формах [1, 8]:

1) растворимые в воде и проникающие через стенки клеток неорганические соединения, могущие легко выводиться из организма. К ним относятся ортокремниевая кислота, ионы орто- и олигокремниевых кислот;

2) растворимые в органических растворителях кремнийорганические и комплексные соединения.

3) нерастворимые кремнеполимеры.

Вопросу о метаболизме соединений кремния посвящено довольно значительное количество работ. Как показали исследования, процесс метаболизма кремния в организме регулируется гормональной системой.

Соединения кремния, добавленные к пище животных, быстро выводятся из организма, и лишь небольшая часть их усваивается, причем накопление кремния в основном происходит в печени и селезенке.

Основная масса кремния, попавшего в желудочно-кишечный тракт с пищей или водой, выводится из организма вместе с калом. Другая, менее значительная, часть кремния выделяется из организма с мочой. Поэтому повышенное содержание соединений кремния в пище, а также вдыхание кремнийсодержащей пыли влечет за собой увеличение концентрации кремния в моче.

Даже постоянное введение в организм $per\ os$ значительных количеств кремния не оказывает на организм заметного вредного влияния.

В настоящее время биологическая роль кремния во многом остается неизвестной. Рекомендуемая суточная доза кремния (RDI) до сих пор не установлена. С учетом оценки риска аморфного диоксида кремния как источника общего кремния (например, пищевая добавка E551), безопасный верхний уровень потребления (UIL) составляет 700 мг/сут для взрослых, что эквивалентно 12 мг кремния / кг веса тела / день при весе 60 кг. Эти цифры касаются аморфной формы диоксида кремния и лишь небольшое количество кремния (в виде H_4SiO_4) фактически попадает в желудочно - кишечный тракт (ЖКТ), а затем всасываются в кровь. Из-за недостатка данных трудно установить рекомендуемый верхний уровень потребления кремния. Более того, мало доступной информации о фактическом потреблении кремния человеком. Например, среднее ежедневное потребление кремния в Финляндии составляет 29 мг/сут, Великобритании - 20-50 мг/сут. Это соответствует 0,3-0,8 мг/кг массы тела/сут при весе 60 кг. Эти данные находятся в том же диапазоне, что и оценки среднего потребления кремния в США (30 - 33 мг/сут у мужчин, 24 - 25 мг/сут у женщин). Потребление кремния уменьшается с возрастом до менее чем 20 мг/сут ($18,6 \pm 4,6$ мг/сут для пожилой британской женщины) [8].

Учитывая актуальность иммуномодулирования в связи с продолжающейся пандемией коронавирусной инфекции, при анализе биологической роли кремния в организме животных и человека и медицинского применения кремния представляется необходимым остановиться на этом аспекте.

При туберкулезе легочные ткани теряют в среднем 50 % кремния, костные — свыше 40 %. У морских свинок, погибших от экспериментального туберкулеза, снижалось содержание кремния в легких, костях, хрящах, зубах, коже, мышцах, селезенке, крови и

желчи, но повышалось в головном и костном мозге и в мозжечке.

Иммунитет к туберкулезу тесно связан с содержанием кремния в легких. На это указывает высокая концентрация данного элемента в легких человека и устойчивых к туберкулезу животных (в легких морских свинок, наиболее подверженных заболеванию туберкулезом, содержится лишь 0,03—0,08% SiO₂), а также то, что очагами поражения туберкулезом обычно являются те участки легких, которые содержат наименьшее количество кремния (в наиболее уязвимой верхней правой доле легких содержится 0,24% SiO₂, а в самой устойчивой к заболеванию правой нижней — 0,80%).

Поджелудочная железа человека и животных, отличающаяся весьма высоким содержанием органического кремния и, по-видимому, регулирующая метаболизм кремния в организме, менее других органов подвержена туберкулезным заболеваниям. У больных туберкулезом содержание кремния в поджелудочной железе значительно падает. По-видимому, эта железа транспортирует свой кремний в легкие, где он играет защитную роль. У больных туберкулезом уменьшается выделение кремнезема с мочой. На защитную функцию кремния указывает и то, что в период беременности восприимчивость к туберкулезу возрастает. Это, по-видимому, связано с тем, что плод поглощает из организма матери значительное количество кремния (содержание кремния в поджелудочной железе во время беременности резко снижается).

При туберкулезном поражении лимфатических перибронхиальных узлов рогатого скота и человека содержание кремния в них возрастает в 2—11 раз, что указывает на мобилизацию этого элемента для борьбы с болезнью.

При патологических процессах, сопряженных с нарушением нормального минерального состава организма, содержание кремния изменяется в гораздо большей степени, чем других элементов. Так, например, при туберкулезной кахексии содержание кремния в костных тканях падает более, чем на 45%, тогда как потери кальция и магния составляют менее 25 и, соответственно, 13%. Это показывает, насколько кремний необходим организму для обеспечения защитных функций и обменных процессов, так как организм черпает из своих минеральных резервов наиболее нужные для этой цели компоненты [1].

В контролируемых исследованиях на мышах и крысах было показано, что субхроническое и кратковременное воздействие этого соединения может оказывать благотворное влияние на механизмы защиты, стимулируя иммунную систему за счет увеличения нейтрофилов, Т-лимфоцитов и NK-клеток. Кремний также активирует фагоциты и, следовательно, дополнительное производство ROS, который может помочь легким выводить инфекционные агенты. У крыс кристаллический диоксид кремния вызывал пролиферацию и активацию CD8⁺ Т - клеток и, в меньшей степени, CD4⁺ Т - клеток.

В последнее время "анионный щелочной минеральный комплекс" Varodon® показал иммуностимулирующее действие у лошадей, свиней и других животных. Varodon® представляет собой смесь силиката натрия (M₂SiO₃, M = Na, K) и некоторых солей металлов в щелочном растворе (рН = 13,5), где натрий-силикат (натриевое жидкое стекло) составляет 60 % от общего содержания. В плацебо-контролируемом эксперименте на свиньях оценивали иммуностимулирующий эффект Varodon® путем измерения пролиферации и активации клеток иммунной системы CD4⁺ CD8⁺ Т - лимфоцитов в периферической крови и лимфоузлах. Как известно, Т - лимфоциты могут играть определенную роль в процессе активации вторичных иммунных реакций. Varodon® действовал в основном в лимфоузлах, что подразумевает его роль в антигенной стимуляции иммунных тканей. Varodon® индуцировал повышенные уровни лимфоцитов МНС-II и non-T/non-B (N) клеток, а также повышал стимуляцию митогенной активности, включая активность РНА, concanavalin A и rokeweed mitogen. В плацебо-контролируемом эксперименте на свиньях показано, что этот минеральный комплекс оказывает адъювантный эффект с вакцинами против холеры и пневмонии свиней путем увеличения титра антител и пропорции иммунных клеток. Кроме того, Varodon® показал неспецифические иммуностимулирующие эффекты у лошадей и высокую фагоцитарную активность против *Staphylococcus equi* subsp. *equi* и *Staphylococcus aureus*. Применение Varodon® у лошадей сократило количество клинических осложнений, в том числе вызванного стрессом заболевания дыхательных путей, что предполагает активацию популяций клеток иммунной системы аналогично инактивации

Propionibacterium acnes. Точный механизм иммуностимулирующего действия Barodon® не известен, хотя высказано предположение о ведущей роли в этом процессе силиката натрия. В самом деле, силикат натрия, как известно, распадается под влиянием HCl желудочного сока на биодоступную орто-кремниевую кислоту. Таким образом, все наблюдаемые фармакологические эффекты Barodon® фактически объясняются влиянием орто-кремниевой кислоты.

Чистый метасиликат натрия (Na_2SiO_3) также имеет иммуностимулирующее действие и действует как мощный активатор митохондрий путем повышения митохондриальной утилизации кислорода. Эти результаты подтверждают гипотезу о ведущей роли силиката натрия в иммуностимулирующем действии Barodon® [8].

Кремний как биологически активный компонент минеральных вод также оказывает определенное иммуномодулирующее действие на здоровых животных [2].

Курсовое использование кремниевых вод способствует нормализации баланса перекисного окисления липидов / антиоксидантной защиты (ПОЛ/АОЗ) у крыс в пострadiaционном периоде [9]. Кремний входит в структуру супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионпероксидазы [10], поэтому изменение содержания кремния в организме будет отражаться на интенсивности, а главное, сбалансированности ПОЛ. Сбалансированное состояние ПОЛ при введении кремния наряду с коллоидным характером его растворимых соединений должно формировать условия для более благоприятного протекания процессов детоксикации в организме. Установлено, что коллоидный диоксид кремния оказывает регулирующее влияние на активность сукцинатдегидрогеназы, ацетилхолинэстеразы, эстераз А и В в печени, что свидетельствует о системном действии кремния на организм и о возможности его влияния на регуляторные реакции. Показаны антигельминтное, фунгицидное и противовирусное действие кремнийорганических соединений [11].

Выполнены доклинические исследования на экспериментальных животных минеральных вод (МВ) с различным содержанием метакремниевой кислоты («Аппола» 43,88 – 55,50 мг/л; «Березовская» 41,2-62,7 мг/л; подземная вода скв. № 1-ДК с. Нижнее Солотвино Ужгородского района Закарпатской области - 169 - 206 мг/л; минеральная вода скв. № 3-Н Хустского района Закарпатской области - 79 - 97 мг/л). Помимо других бальнеологических эффектов выявлена в той или иной степени выраженная стимуляция гуморального звена иммунной системы [2].

Анализ нормирования содержания кремния в воде в современной нормативной базе показывает следующее. Во всех последних редакциях Руководства ВОЗ по качеству питьевой воды (1994, 2004, 2011, 2017) [12-15], в котором обобщен мировой опыт гигиенического нормирования химических веществ в воде, нет упоминания о допустимом содержании кремния в воде и о необходимости его гигиенического нормирования. Отсутствует норматив содержания кремния и в известной «Директиве Совета ЕС относительно качества воды, предназначенной для потребления человеком» [16], принятой к руководству во всех странах Европейского Союза, а также в национальных нормативных документах по регламентации химического состава питьевой воды Франции, Германии, Японии, США [17, 18].

Вместе с тем, в действующих на территории Украины ДСанПиН 2.2.4-171–10 [5] норматив кремния 10 мг/л, как санитарно-токсикологический по 2 классу опасности, формально перенесен из прежних документов СССР. При условии, что его целесообразность сомнительна с учетом его низкого содержания в поверхностных водах Украины (основного /80 %/ источника питьевого водоснабжения населения) и отсутствия такого норматива в поверхностных и подземных водах в соответствующем ДСТУ [19].

Учитывая вышеизложенное, есть основания заключить следующее [20-23].

1. Норматив предельно допустимого содержания кремния в воде, приведенный в ДСанПиН 2.2.4-171–10, не имеет достаточного экспериментального обоснования и не должен распространяться на соединения кремния природного происхождения, постоянно присутствующие в природных водах.

2. Второй класс опасности в ДСанПиН 2.2.4-171–10 установлен для кремния по формальным признакам и противоречит неопровержимым фактам нетоксичности, некумулятивности и наличия механизма саморегуляции содержания кремния в организме человека.

3. В Рекомендациях ВОЗ, а также в зарубежных национальных нормативных документах, регламентирующих требования к химическому составу питьевой воды, норматив содержания кремния отсутствует.

4. В целях внутренней гармонизации нормативной базы по качеству питьевой воды, а также с зарубежным законодательством предлагается аннулировать в ДСанПиН 2.2.4-171–10 норматив кремния в питьевой воде как несостоятельный.

Следует отметить, что в новой редакции ДСанПиН 2.2.4-171–10, которая в настоящее время рассматривается рабочей группой, норматив природного кремния в питьевой воде аннулирован.

В заключение следует отметить следующее.

В последние годы интенсивно развивается новое направление медицины – натуральная аллопатия, предусматривающее широкое применение природных средств для профилактики и лечения различных заболеваний. В этом отношении особое место занимают кремниевые природные минеральные лечебно-столовые воды, которые, как показано в отдельном фрагменте книги, являются в высшей степени перспективным вкладом кремния в здоровье человека.

Широкий диапазон содержания кремния как в активной среде организма – крови, так и в пассивной, депонирующей ткани – в волосах практически здоровых людей является косвенным свидетельством его малоактивной роли в метаболических процессах. Именно эти обстоятельства, очевидно, позволили А. П. Авцыну с соавторами в фундаментальном труде «Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология», на который автор ссылается, отнести кремний к «условно эссенциальным» микроэлементам. Термином условно эссенциальные микроэлементы обозначают группу элементов, необходимых для существования организма, однако их низкое или повышенное содержание в соответствующих структурах организма не проявляется в выраженных формах болезни или характерного патологического синдрома.

Авторы книги «Кремний и жизнь» пророчески предрекли, что в XXI веке роль кремния в процессах жизни будет углубляться, а ее значимость станет безусловной и несомненной.

Литература:

1. Воронков М. Г., Зелчан Г. И., Лукевиц Э. Я. Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния. Рига. ЗИНАТНЕ. 1978. 587 с.

2. Мокиенко А.В. Кремний в воде. Гигиенические и медико - биологические аспекты. Одесса. «Фенікс». 2020. 206 с.

3. Silicon concentrations in UK surface waters Neal C. et al. *Journal of Hydrology*. 2005. V. 304. P. 75 – 93.

4. Жежеря Т.П., Линник П. Н. Кремний в поверхностных водах Украины. *Вода: гігієна та екологія*. 2017. Т. 5 (1-4). С. 28-39.

5. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" 2.2.4-171– 10. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 року N 400. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за N 452/17747.

6. Мінеральні води України. За ред. Е.О. Колесника, К.Д. Бабова. К. Купріянова. 2005. 576 с.

7. К вопросу о поведении кремния в природе и его биологической роли В.В. Вапиров и др. *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. 2017. № 2 (163). С. 95 – 102.

8. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy L. M. Jurkić et al. *Nutr. Metab*. 2013. 10. 2.

9. Зубкова С.М., Михайлик Л.В., Любимова Н.Н. Особенности действия питьевых минеральных вод на пострадикационные восстановительные процессы у крыс при различных дозах γ -облучения. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 1995. № 2. С. 27-28.

10. Антонюк М.В., Иванов И.Л. Антиатерогенные свойства различных типов углекислых минеральных вод при внутреннем их применении. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2002. № 1. С. 20-23.

11. Биологическая активность кремнийорганических соединений. Е.А. Клешинова и др. *Химико-фармацевтический журнал*. 1989. Т. 23, № 8. С. 956-959
12. Руководство по контролю качества питьевой воды. 2-е изд. Том 1. Рекомендации. Женева: Изд-во ВОЗ. 1994. 258 с.
13. Guidelines for drinking water quality. The 3rd ed. Recommendations. World Health Organisation. Geneva. 2004. V.1. 495p.
14. Guidelines for drinking water quality. The 4th ed. Recommendations. World Health Organisation. Geneva. 2011. V.1. 541p.
15. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017. 631 p. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf>
16. Директива Совета Европейского Союза от 3 ноября 1998 г. по качеству воды, предназначенной для потребления человеком / 98/83/ЕС/ С. 59-91. Цит. по Зуев Е.Т., Фомин Г.С. Питьевая и минеральная вода. Требования мировых и европейских стандартов к качеству и безопасности М. Протектор. 2003. 320 с.
17. Мазаев В. Т., Шлепнина Т. Г. Оценка степени санитарной опасности соединений кремния в природной и питьевой воде (в порядке обсуждения) *Водоснабжение и санитарная техника*. 2011. №7. С. 13 – 20.
18. Алексеев В. С., Болдырев К. А., Тесля В. Г. О необходимости пересмотра нормативного содержания кремния в питьевой воде *Водоснабжение и санитарная техника*. 2011. №5. С. 56 – 60.
19. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. ДСТУ 4808-2007. К. Держспоживстандарт України, 2007. [Чинний від 01.01.2009]. 36 с.
20. Мокієнко А.В. Щодо доцільності нормування кремнію у питній воді. Четверта науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», м. Трускавець, 6–10 листопада 2017 р. С. 348-354.
21. Мокиенко А.В. К вопросу о целесообразности нормирования кремния в питьевой воде. *Вода: гигиена и экология*. 2017. №1-4. С. 9-17.
22. Мокиенко А.В. Нормирование кремния в питьевой воде как нецелесообразность. Бюллетень XVII чтений им. В.В. Подвысоцкого, Одесса, 24-25 мая 2018 г. Т. 2. С. 48-51.
23. Мокієнко А.В. Щодо недоцільності нормування кремнію та магнію у питній воді. 36. мат-лів наук. - практ. конф. з міжн. участю «Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини». Київ. 12 березня 2019 р. С. 116.

Робота надійшла в редакцію 30.11.2020 року.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування