

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ МЕДИЦИНЫ

ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT MEDICINE



АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕДИЦИНИ

ISSN 1818-9385 (print)

ISSN 1818-9385 (online)

- **окружающая среда**

навколишнє середовище
environment

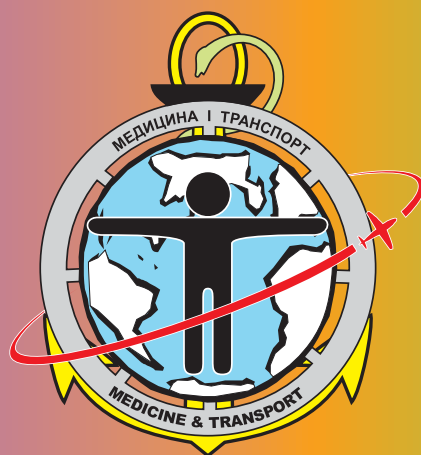
- **профессиональное**

здоровье

професійне здоров'я
occupational health

- **патология**

патологія
pathology



2021

№ 1 (63)

Медицинский научный журнал

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕДИЦИНИ:

навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Засновники: Український науково-дослідний інститут медицини транспорту Міністерства охорони здоров'я України та Фізико-хімічний інститут ім. О.В.Богатського Національної Академії наук України

№ 1 (63), 2021 р.

Заснований у серпні 2005 р.



DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4681578>

| | | | |
|-------------------------|--------------------|---------------------------|--------------|
| Головний редактор | д.м.н. А.І.Гоженко | The editor-in-chief | A.I.Gozhenko |
| Науковий редактор | д.м.н. Л.М.Шафран | The scientific editor | L.M.Shafran |
| Відповідальний секретар | к.б.н. Д.В.Большой | The responsible secretary | D.V.Bolshoy |

Редакційна колегія

Д.х.н., акад. НАНУ, С.А. Андронаті (Україна), д.х.н. В.П. Антонович (Україна), PhD П.Бартік (Словакія), PhD Н.С. Бадюк (Україна), д.м.н. Є.П. Белобров (Україна), PhD Е.А. Бормусова (Ізраїль), д.м.н. Л.І. Власик (Україна), д.м.н., чл.-кор. НАМНУ М.Р. Гжеготський (Україна), акад. НАМНУ, д.б.н. М.Я. Головенко (Україна), д.м.н. В.С. Гойдик (Україна), д.м.н. О.В. Горша (Україна), д.м.н. В.Жуков (Польща), д.м.н., чл.-кор. РАМН В.О. Капцов (Росія), д.м.н. Л.А. Ковалевська (Україна), д.м.н., чл.-кор. НАМНУ М.О. Колісник (Україна), д.б.н. І.А. Кравченко (Україна), д.м.н. Б.А. Насібуллін (Україна), Б.В. Панов (Україна), д.б.н. О.Г. Пихтєєва (Україна), д.м.н., чл.-кор. НАМНУ М.Г. Проданчук (Україна), д.б.н. Е.М. Псядло (Україна), д.м.н., акад. РАМН Рахманін Ю.А. (Росія), д.м.н. Р. Мускієта (Польща), д.м.н. А. Рзаєва (Азербайджан), д.м.н. І.В. Сергета (Україна), д.м.н., акад. НАМНУ А.М. Сердюк (Україна), д.м.н. А.В. Скальний (Росія), д.м.н. Л.М. Сосєдова (Росія), д.м.н. Д.Г. Ставрев (Болгарія), PhD А.А. Тінков (Росія), д.м.н., акад. НАМНУ, чл.-кор. НАНУ І.М. Трахтенберг (Україна), д.б.н. Третьякова О.В., д.м.н. К.Ш. Шайсултанов (Казахстан), д.м.н. К.О. Шаріпов (Казахстан), PhD К.Л. Шафран (Великобританія), д.м.н. В.В. Шевляков (Білорусь), д.м.н. В.В. Шухтін (Україна), д.м.н., акад. НАМНУ О.П. Яворовський (Україна)

Editorial board

S.A. Andronati (Ukraine), V.P. Antonovitch (Ukraine), P. Bartik (Slovakia), N.S. Baduk (Ukraine), Ye.P. Belobrov (Ukraine), E.A. Bormusova (Israel), L.I. Vlasik (Ukraine), M.R. Gzhegotsky (Ukraine), N.Ya. Golovenko (Ukraine), V.S. Gojdyk (Ukraine), O.V. Gorsha (Ukraine), V. Zhukov (Poland), V.O. Kaptsov (Russia), L.A. Kovalevskaya (Ukraine), M.O. Kolosnyk (Ukraine), I.A. Kravchenko (Ukraine), B.A. Nasibullin (Ukraine), B.V. Panov (Ukraine), E.G. Pykhtieieva (Ukraine), N.G. Prodanchuk (Ukraine), E.M. Psiadlo (Ukraine), Yu.A. Rachmanin (Russia), R. Muszkietka (Poland), A. Rzaeva (Azerbaijan), I.V. Sergeta (Ukraine), A.M. Serdyuk (Ukraine), A.V. Skalny (Russia), L.M. Sosedova (Russia), D.G. Stavrev (Bulgaria), A.A. Tinkov (Russia), I.M. Trakhtenberg (Ukraine), Tretyakova E.V. (Ukraine), K.Sh. Shaisultanov (Kazakhstan), K.O. Sharipov (Kazakhstan), K.L. Shafran (Great Britain), V.V. Shevlyakov (Belarus), V.V. Shukhtin (Ukraine), O.P. Yavorovsky (Ukraine)

3

| | |
|--|---|
| Адреса редакції: вул. Канатна, 92, 65039, м. Одеса, Україна Тел.: +380-50-988-98-94, +380-48-753-18-04 E-mail: med_trans@ukr.net | The address of editorial office: Kanatnaya str., 92, 65039, Odessa, Ukraine Phone: +380-50-988-98-94, +380-48-753-18-04 E-mail: med_trans@ukr.net |
|--|---|

Журнал зареєстрований Держкомітетом по телебаченню та радіомовленню України
31 травня 2005 р. Свідоцтво: серія KB № 9901
ISSN 1818-9385 (print.), ISSN 1818-9393 (online)

The Journal is registered by the State Committee on TV and broadcasting of Ukraine
May 31, 2005. The certificate: series KB № 9901
ISSN 1818-9385 (print.), ISSN 1818-9393 (online)

Рукописи не повертаються авторам. Відповідальність за достовірність та інтерпретацію даних несуть автори статей. Редакція залишає за собою право скорочувати матеріали по узгодженню з автором.

Manuscripts are not returned to the authors. Authors bear all responsibilities for correctness and reliability of the presented data. Edition retains the right to reduce the size of the materials in agreement with the author.

Журнал внесений до переліку видань, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт з біології та медицини (Категорія «Б», наказ міністра науки і освіти України № 886 від 02.07.2020)

Журнал зареєстрований в міжнародних наукометричних базах «Російський Індекс Научного Цитування» (РИНЦ, Росія) та Scopus (Польща)

Роботи, що представлені в цьому номері, рекомендовані до друку Редакційною колегією журналу після сліпого рецензування

Періодичність — 4 рази на рік
Передплатний індекс 95316
Адреси електронної версії:

<http://aptm.org.ua/>; <http://www.medtrans.com.ua/>; http://www.nbu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Aptm/texts.html

© Науковий журнал „Актуальні проблеми транспортної медицини”, 2005 р.

Підписано до друку 26.03.2021 р. Гарнітура Pragmatica. Формат 64x90 / 8. Друк офсетний. Ум. печ. лист. 17,2.
Надруковано з готового макету в друкарні "ART-V". м. Одеса, вул. Комітетська, 24А.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ МЕДИЦИНЫ:

окружающая среда; профессиональное здоровье; патология

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Украинского научно-исследовательского
института медицины транспорта
Министерства здравоохранения Украины и
Физико-химического института
им. А.В.Богатского Национальной академии
наук Украины



№ 1 (63), 2021 г.
Основан в августе 2005 г.

4

| Содержание: | | Content: |
|--|-----------|--|
| Проблемные статьи | 7 | Problem Articles |
| ГИСТОГЕНЕЗ И МЕХАНИЗМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА — Дужар В.М., Радченко В.В., Сирман В.М., Гоженко А.И. | 7 | HISTOGENESIS AND MECHANISMS OF HUMAN MUSCLE TISSUE REGENERATION — Duzhar V.M., Radchenko V.V., Sirman V.M., Gozhenko A.I. |
| КРЕМНИЙ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ: РЕТРОСПЕКТИВЫ НОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛЕЧЕНИЯ — Мокиенко А.В., Бабиенко В.В. | 14 | SILICON IN DRINKING WATER: RETROSPECTS OF REGULATION AND PROSPECTS OF TREATMENT — Mokienko A.V., Babienko V.V. |
| Гигиена и профилактическая медицина | 31 | Hygiene and Preventive Medicine |
| УЛЬТРАФІОЛЕТОВІ СВІТЛОДІОДИ В ПРОБЛЕМІ ІНАКТИВАЦІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ — Морозова Н.С., Марієвський В.Ф., Рідний С.В., Головчак Г.С., Коробкова І.В., Лях С.І., Попов А.А. | 31 | UV LEDS IN THE PROBLEM OF INACTIVATION OF MICRO-ORGANISMS — Morozova N.S., Marievsky V.F., Readney S.V., Golovchak G.S., Korobkova I.V., Lyakh S.I., Popov A.A. |
| ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В РЕЗУЛЬТАТЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ПЭТ БУТЫЛОК, МЕРЫ ПО МИНИМИЗАЦИИ ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ - Зорина О. В., Маврикин Е.А. | 36 | IDENTIFICATION OF SUBSTANCES POLLUTING THE ENVIRONMENT DUE TO THE FUNCTIONING OF THE ENTERPRISE FOR PROCESSING OF USED PET BOTTLES IN THE WEST ON THE ENVIRONMENT AND RISK MANAGEMENT — Zorina O.V., Mavrykin Y.O. |

УДК 546.28: 613.31

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4681602>

КРЕМНИЙ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ: РЕТРОСПЕКТИВЫ НОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛЕЧЕНИЯ

Мокиенко А.В., Бабиенко В.В.

Одесский национальный медицинский университет

КРЕМНІЙ У ПИТНІЙ ВОДІ: РЕТРОСПЕКТИВИ НОРМУВАННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ЛІКУВАННЯ

Мокиенко А.В., Бабиенко В.В.

Одеський національний медичний університет

SILICON IN DRINKING WATER: RETROSPECTS OF REGULATION AND PROSPECTS OF TREATMENT

Mokienko A.V., Babienko V.V.

Odessa National Medical University

Summary/Резюме

The relevance of the work is explained by the need to revise the rationing of silicon in drinking water and substantiate its importance as a conditionally essential element in the context of its medical use. The issues of technogenic silicon are considered in detail and the inconsistency of this term is shown in relation to the modern conditions of water purification and disinfection in centralized drinking water supply systems. The problem of standardizing silicon in water has been thoroughly analyzed from the point of view of a conceptual approach to substantiating the MPC, as well as the search for correlations between the presence of silicon in drinking water and the development of various pathologies, in particular cataracts in populations exposed to such water. The opinion was expressed that the standard for the maximum permissible silicon content in drinking water (d^{10} mg / l), given in State Sanitary Norma and Rules 2.2.4-171-10 and reflected in the new edition of this document, with hygienic, medico-ecological, medico-biological and technological points of view should be recognized as completely unfounded and untenable. The necessity of further study of the biological role of silicon and its medical application is substantiated.

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

Актуальность работы объясняется необходимостью пересмотра нормирования кремния в питьевой воде и обоснования его значимости как условно-эссенциального элемента в контексте его медицинского применения. Подробно рассмотрены вопросы техногенного кремния и показана несостоятельность этого термина применительно к современным условиям очистки и обеззараживания воды в системах централизованного хозяйственно питьевого водоснабжения. Тщательно проанализирована проблема нормирования кремния в воде с точки

зрения концептуального подхода к обоснованию ПДК, а также поиска корреляционных связей между наличием кремния в питьевой воде и развитием различных патологий, в частности катаракты у подверженных влиянию такой воды групп населения. Высказано мнение, что норматив предельно допустимого содержания кремния в питьевой воде ($d \leq 10$ мг/л), приведенный в ДСанПиН 2.2.4-171-10 и отраженный в новой редакции этого документа, с гигиенической, медико-экологической, медико-биологической и технологической точек зрения следует признать абсолютно необоснованным и несостоятельным. Обоснована необходимость дальнейшего изучения биологической роли кремний и его медицинского применения.

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

Актуальність роботи пояснюється необхідністю перегляду нормування кремнію в питній воді і обґрунтування його значущості як умовно-есенціального елементу в контексті його медичного застосування. Детально розглянуті питання техногенного кремнію і показана безпідставність цього терміну стосовно сучасних умов очищення і знезараження води в системах централізованого господарсько-питного водопостачання. Ретельно проаналізована проблема нормування кремнію у воді з точки зору концептуального підходу до обґрунтування ГДК, а також пошуку кореляційних зв'язків між наявністю кремнію у питній воді і розвитком різних патологій, зокрема катаракти під впливом такої води на окремі групи населення. Висловлена думка, що норматив гранично допустимого вмісту кремнію у питній воді ($d \leq 10$ мг/л), приведений в ДСанПіН 2.2.4-171-10 і новій редакції цього документа, з гігієнічною, медико-екологічною, медико-біологічною і технологічною точок зору слід визнати абсолютно необґрунтованим і безпідставним. Обґрунтована необхідність подальшого вивчення біологічної ролі кремнію і його медичного застосування.

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

Введение

Проблема нормирования кремния в питьевой воде представляет интерес прежде всего с точки зрения превалирующего когда-то и продолжающегося сейчас аггравированного, а потому совершенного несостоятельного с точки зрения современных реалий подхода к нормированию веществ в объектах окружающей среды, в том числе воде водоисточников и питьевой воде. Сразу следует оговориться, что речь не идет о ксенобиотиках, важность токсикологии и токсикометрии которых не подвержены никаким сомнениям. В данном случае подразумеваются неправомерные подходы к нормированию веществ, «природность» которых вряд ли

может вызывать сомнения. Примером является кремний, который продолжает нормироваться в Украине и России. При этом рассматриваемая концентрация в качестве предельно допустимой вводится при использовании в процессе водоподготовки жидкого стекла для умягчения воды, а также при наличии в источнике водоснабжения техногенного кремния [1, 2]. Однако, в силу совершенно непонятных причин техногенный кремний распространили на природный и отразили это в действующем СанПиНе [3], что является ничем иным, как препятствием к использованию маломинерализованных кремнийсодержащих подземных, в том числе, минеральных воды, которые обладают широким спектром положительных биологи-

ческих, бальнеологических и санологических эффектов [4-9].

Данная статья посвящена анализу этой проблемы.

Результаты и их обсуждение

Прежде всего, для кремния следует четко разграничить понятие техногенности и природности.

О техногенном кремнии и дефинициях, применимым к очистке воды

Умягчение воды — водоподготовка с целью снижения жесткости воды. Осуществляется, как правило, на ионообменных фильтрах, а также другими методами: термическим, реагентным, термохимическим, методом диализа.

Активированная активная кремнекислота является вспомогательным реагентом при коагулировании в процессе водоочистки. Введение ее в воду ускоряет процесс хлопьеобразования и осаждение хлопьев, улучшает качество воды при фильтрации, снижает расход коагулянта. Активированная кремнекислота является отрицательно заряженным коллоидом. Получают (активируют) путем обработки исходного сырья — силиката натрия (кремнекислоты, «жидкого стекла») реагентами.

Растворимое («жидкое») стекло — прозрачный раствор силиката натрия или калия. Еще называют силикатным клеем. Применяется как компонент для кислотоупорного цемента, жаропрочных добавок, обмазок, для ускорения твердения цементного раствора, бетона и как реагент при очистке природных вод [10].

В СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» (отменен на территории Украины с 01.01.2014 г.) [11] умягчение воды классифицируется следующим образом.

6.190. Для умягчения воды следует применять следующие методы:

- для устранения карбонатной жесткости — декарбонизацию известкованием или водород-катионитное умягчение с «голодной» регенерацией катионита;
- для устранения карбонатной и некарбонатной жесткости — известковосодовое, натрий-катионитное или водород-натрий-катионитное умягчение.

6.191. При умягчении подземных вод следует применять катионитные методы; при умягчении поверхностных вод, когда одновременно требуется и осветление воды, известковый или известково-содовый метод, а при необходимости глубокого умягчения воды — последующее катионирование.

При умягчении воды на хозяйственно-питьевые нужды надлежит применять реагентные методы (известковый или известково-содовый) и метод частичного Na-катионирования.

Действующий в настоящее время документ [12] излагает следующее.

10.24.1.2 Для пом'якшення води рекомендується застосовувати наступні методи:

- для усунення карбонатної жорсткості — декарбонізацію вапнуванням або воднево-катіонітне пом'якшення з «голодною» регенерацією катіоніту;
- для усунення карбонатної і некарбонатної жорсткості — вапняно-содове,
- натрій-катіонітне або воднево-катіонітне пом'якшення.

10.24.1.3 При пом'якшенні підземних вод рекомендується застосовувати катіонітні методи. При пом'якшенні поверхневих вод, коли одночасно потрібно здійснювати також і освітлення води, рекомендується застосовувати вапняний або вапняно-содовий метод, а за необхідності глибокого пом'якшен-

ня — додатково наступне катіонування.

При пом'якшенні води для питного водопостачання слід застосовувати реагентні методи (вапняний або вапняно-содовий) і метод часткового Na-катіонування.

В главе 23 «Обработка охлаждающей воды» известного известного учебника «Технология очистки природных вод» (1986 год) [13] «жидкое» стекло также не фигурирует.

Возникает вполне справедливый вопрос: где источник техногенного кремния в питьевой воде из систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения? Очевидно, что вопрос риторический.

Нормирование кремния в воде

В ДСанПиН [3] кремний представлен как вещество второго класса опасности, в связи с чем нормируется по санитарно-токсикологическому признаку вредности на уровне $d'' 10$ мг/л (приложение 2, таблица 1, №26). Автор, как член рабочей группы по внесению изменений в этот документ, еще до начала ее работы убедил разработчиков в необходимости отмены этого норматива и, не без удовлетворения, отметил согласие с его мнением. Дальнейшее развитие событий целесообразно проследить по официальному ответу автора после окончания заседаний рабочей группы (цит. языком оригинала).

При аналізі остаточної редакції документу на превеликий подив виявлено нормування кремнію на рівні $d'' 10$ мг/л у водопровідній воді з поверхневих та підземних джерел та воді у місцях розливу у споживчу тару при виробництві фасованої питної води, з пунктів розливу у тару споживача, бюветів (Таблиця 2 Санітарно-токсикологічні показники безпечності питної води). У попередніх редакціях документу, які були розглянуті на перших трьох засіданнях Робочої групи, цей норматив стосувався кремнію

у воді відповідно до п. 3.14.1. «Під час обробки питної води відповідними реагентами визначаються: 1) Не рідше одного разу на зміну вміст: поліфосфатів (норматив $d'' 3,5$ мг/л), кремнію (норматив $d'' 10$ мг/л) та залишкових кількостей інших введених реагентів (крім знезаражуючих)». Тобто мова йде про техногенний кремній (*необоснованность этого представлена выше*, вид. автором). В остаточній редакції ДСанПиН 2.2.4-171-20, яку представлено на останньому, четвертому засіданні Робочої групи і яку пропонується надати у МОЗ для узгодження, цей пункт вилучено, а замість нього введено норматив для природнього кремнію.

О природном кремнии

Для Украины эта проблемы не актуальна. Так, по данным [14, 15], в большинстве поверхностных водных объектов Украины концентрация растворенного кремния не превышает предельно допустимую для питьевой воды, предназначенной для потребления населением ($d'' 10$ мг/л). Поэтому воду из таких источников после соответствующей подготовки можно рекомендовать для питьевого водоснабжения.

История разработки ПДК активированной кремниевой кислоты в воде в статье [1] описаны наиболее полно. В Советском Союзе необходимость в гигиенической оценке содержания соединений кремния в питьевой воде возникла в 1960-х годах в связи с внедрением в практику подготовки питьевой воды так называемой активированной кремнекислоты (продукта обработки силиката натрия серной кислотой) в качестве флокулянта. Эта работа выполнялась в токсикологической лаборатории при кафедре коммунальной гигиены Первого МОЛМИ им. И. М. Сеченова научными сотрудниками С. А. Шиган и Б. Р. Витвицкой в 1970–1971 годах [16, 17].

Авторами были установлены пороговые концентрации по органолептическому показателю вредности (привкусу): активированной кремнекислоты — 500 мг/л, силиката натрия — 1000 мг/л. Среднесмертельная доза [DL₅₀] реагента не установлена ввиду низкой токсичности испытываемых веществ (отсутствие гибели животных даже при введении предельных по объему доз — 2000 мг/кг в течение суток за 12 приемов). В двухмесячном эксперименте с ежедневным введением доз активированной кремнекислоты (130 мг/кг) и силиката натрия (200 мг/кг) не выявлено кумулятивного эффекта. Гибель животных в этом эксперименте также не отмечена.

В хроническом пятимесячном санитарно-токсикологическом эксперименте на двух видах лабораторных животных был использован ряд неспецифических интегральных токсикологических тестов и испытаны дозы от 65 до 0,25 мг/кг. В столь широко поставленном эксперименте (во второй половине срока) отмечено только снижение уровня одного фермента — альдолазы (следует отметить, что в клинической практике повышение альдолазы отмечается при поражениях печени и дистрофических болезнях мышц). У животных, получавших силикат натрия в дозе 65 мг/кг отмечалось снижение уровня альдолазы в сыворотке крови, начиная с третьего месяца эксперимента. У животных, получавших дозу 6,5 мг/кг, снижение альдолазы зарегистрировано однократно, только на пятом месяце эксперимента. На основании этого доза силиката натрия 6,5 мг/кг оценена авторами как пороговая, а доза 2 мг/кг — как максимальная недействующая доза в условиях хронического эксперимента. Статистическая обработка результатов эксперимента свелась к расчету средней величины показателей по группам животных, без указания ошибки сред-

ней и сигмального отклонения.

Поскольку влияние исследованных веществ на органолептические свойства воды было крайне слабо выражено, а недействующая доза по санитарно-токсикологическому показателю в отчете формально провозглашена, Комиссией по гигиеническому нормированию в качестве норматива был закреплен санитарно-токсикологический признак вредности, а также предложена и утверждена его величина. В официальный перечень «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» норматив впервые был введен в 1972 г. в следующей редакции: «Силикат натрия (по SiO₃) (выделено нами) 50 мг/л, по санитарно-токсикологическому признаку вредности». Эта редакция была повторена в документе «Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» (№ 1166-74).

В «Дополнительный перечень предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования» (утвержден в 1976 г., № 1521) введена редакция норматива: «Кремниевая кислота активированная 50 мг/л, по санитарно-токсикологическому признаку вредности» без отмены вышеуказанной редакции норматива 1972 г. В том же документе в редакции 1980 г. (№ 2263-80) фигурирует норматив: «Кремний — 10 мг/л, по санитарно-токсикологическому признаку» без указания класса опасности с примечанием об отмене норматива 1974 г.

Второй класс опасности кремния в питьевой воде был установлен в соответствии с критериями, изложенными в МУ 2.1.5.720-98 [18]. Проведенное авторами [1] воспроизведение расчета класса опасности силикатов в воде (табл. 1) показывает, что критерием для

отнесения кремния ко второму классу опасности явилось отношение пороговой концентрации хронического воздействия к пороговой концентрации по органолептическому признаку (первый критерий). Представляется, что этот критерий, очень важный для многих веществ, для кремния мало актуален, поскольку сигнального значения (важного для первого критерия) пороговая концентрация силиката натрия в воде на уровне 1000 мг/л, да еще по привкусу, не имеет, а пороговая концентрация по токсикологическому признаку дана формально, как это отмечено выше. В то же время, по следующим двум критериям (второму и третьему) силикаты уверенно попадают в четвертый класс. Основания для изучения отдаленных последствий (четвертый критерий) контакта человека с кремнием — элементом, занимающим второе место по распространенности в земной коре, отсутствуют. Пятый критерий относительно природных силикатов (ионы или коллоиды) также не может быть использован по существу; для гигиены воды имеет значение не «химическая» стабильность кремния в воде как химического элемента, а биологическая доступность форм его присутствия в воде, которая неуправляемо изменяется под влиянием многих факторов водной среды.

При анализе табл. 1 классификации опасности веществ возникает

вопрос о правомерности отнесения кремния к «высокоопасным» (!) веществам при поступлении перорально, поскольку кремний не проявил токсичности в остром опыте, кумулятивных свойств в условиях подострого токсикологического эксперимента, специфических эффектов в пятимесячном хроническом эксперименте при ежедневном введении дозы 65 мг/кг. Наконец, кремний — вещество, в окружении которого человек живет и с которым тесно контактирует, например, с кислородом, кальцием, калием, хлоридами.

В последующие годы предпринимались некоторые попытки использования в санитарно-гигиенической практике норматива по содержанию кремния в воде. В 1978–1981 годах появились публикации доктора медицинских наук, профессора В. Л. Сусликова [19, 20], в которых отмечалось совпадение повышенных показателей заболеваемости уролитиазом (мочекаменная болезнь) в

Таблица 1

Классификация опасности веществ при этапном обосновании ПДК (ОДУ) веществ в воде [17]

| Этап оценки опасности вещества | Критерий | Класс опасности | | | |
|---|---|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| | | Первый (чрезвычайно опасные) | Второй (высокоопасные) | Третий (умеренно опасные) | Четвертый (малоопасные) |
| 1 | ПК _{хр.} /ПК _{орг.} (ПК _{сан.}) | – | < 10 | 10-100 | > 100 |
| 2 | ПК _{хр.} , мг/л | < 0,01 | 0,01-1 | 1-100 | > 100 |
| 3 | DL ₅₀ /ПД _{хр.} | > 10 ⁵ | 10 ⁵ –> 10 ⁴ | 10 ⁴ –10 ² | < 10 ² |
| 4 | ПД _{общ.} /ПД _{орг.} | > 10 | 4–10 | 1–3 | 0,1-1 |
| 5 | Стабильность | > 15 суток | 1-30 суток | 1-24 часа | < 60 мин |
| Расчет класса опасности для силикатов (по данным [16]) | | | | | |
| 1 | ПК _{хр.} /ПК _{орг.} (ПК _{сан.}) | – | 6,5×35 /1000 = 0,23 | – | – |
| 2 | ПК _{хр.} , мг/л | – | – | – | 6,5×35 = 227,5 |
| 3 | DL ₅₀ /ПД _{хр.} | – | – | – | 5000/6,5 = 777 |
| 4 | ПД _{общ.} /ПД _{орг.} | – | – | – | – |
| 5 | Стабильность | – | – | – | – |

Примечания:

DL₅₀ — доза средняя смертельная

ПД_{хр.}, (ПК_{хр.}) — пороговая доза (концентрация) хронического опыта

ПД_{общ.}, (ПК_{общ.}) — пороговая доза (концентрация) хронического опыта по общетоксическому эффекту

ПК_{орг.} — пороговая концентрация по органолептическому признаку вредности

ПК_{сан.} — пороговая концентрация по влиянию на санитарный режим водоема

некоторых административных районах Чувашской АССР (названных им Присурским субрегионом) с повышенным (по сравнению с другими районами) содержанием кремния в почвах и растениях, а также повышенными (по сравнению с официальным гигиеническим нормативом 1972 г.) концентрациями кремния в грунтовых и межпластовых водах, используемых местными жителями для питьевых целей.

Не подвергая сомнению истинность собранных В. Л. Сусликовым фактических данных, необходимо обратить внимание на методологию планирования его исследований и обработки данных. Данные по заболеваемости были взяты автором из сводок официальной медицинской статистики. В его работах нет анализа уровня медицинской помощи в районах наблюдения, а также собственных исследований заболеваемости населения уролитиазом. В частности, отсутствуют данные о распределении больных, использовавших источники питьевой воды с разными концентрациями кремния, по группам, длительности использования больными уролитиазом данных источников водоснабжения. Хотя факты, приведенные в работе, свидетельствуют о широком диапазоне концентраций кремния в воде подземных источников питьевого водоснабжения Присурского субрегиона. Не были учтены и такие факторы, как жесткость воды и другие минеральные компоненты ее состава, вносящие свой вклад в заболеваемость уролитиазом. Статистическая обработка данных была ограничена корреляционным анализом заболеваемости по обращаемости и усредненными по субрегиону концентрациями кремния в питьевой воде.

Таким образом, установленная В. Л. Сусликовым «прямая положительная корреляционная связь уровня заболеваемости населения некоторых районов Чувашии мочекаменной болезнью с

содержанием кремния в источниках водоснабжения [$r = + (0,8 \pm 0,12)$], полученная на методологически неправильной основе, не может быть расценена как причинно-следственная для обоснования гигиенического норматива содержания природного кремния в питьевой воде. В связи с этим, следует напомнить известное положение математической статистики: «Чтобы статистические модели выполняли свою функцию одного из «блоков» в системе доказательства причинно-следственных связей, они должны быть корректно построены, а полученные результаты корректно представлены и проанализированы» [21]. Нахождение статистически значимых корреляционных связей между уровнями факторов среды обитания и здоровьем населения — это не доказательство наличия причинно-следственной связи между ними, а лишь статистическое подтверждение гипотезы о возможном ее наличии. Это подтверждение является необходимым (но недостаточным) этапом работы для перевода гипотезы в разряд твердо установленных фактов. Для полного доказательства нужен еще ряд других, как статистических, так и нестатистических подтверждений.

Поэтому, вывод В. Л. Сусликова о ведущей роли кремния в генезе мочевых камней, полученных в опытах на животных, при внимательном анализе результатов эксперимента не убедителен.

Такой же методологически некорректный подход прослеживается в диссертационных работах учеников В. Л. Сусликова С. П. Сапожникова [22], Р. В. Степанова [23], А.Н. Андреева [24], которые не содержат новых данных о физиологических (патофизиологических) механизмах взаимодействия кремния с живым организмом и не могут служить основой для обоснования гигиенического норматива кремния в пить-

евои воде.

На диссертации А.Н. Андреева представляется необходимым остановиться подробнее. В автореферате [24] автор, рассматривая показатели заболеваемости населения Присурского субрегиона Чувашской ССР, пользующегося водой, содержащей кремний в *повышенных* (выделено нами) концентрациях (до 26,5 мг/л), считает очевидным, что кремний в питьевых водах может являться фактором, способствующим развитию возрастной катаракты. При корреляционном анализе между заболеваемостью возрастной катарактой с содержанием, соотношением микроэлементов в питьевых водах автором установлена сильная прямая связь от концентрации кремния ($r = +0,968$, $p < 0,05$), соотношения кремния с фтором ($r = +0,941$, $p < 0,05$), кремния с кальцием ($r = +0,895$, $p < 0,05$), кремния с магнием ($r = +0,804$, $p < 0,05$).

Различные уровни природного кремния в питьевых водах и определенные соотношения его с другими микроэлементами, такими как кальций, фтор, магний, возможно, определяют характер помутнения хрусталика. При *повышенном* (выделено нами) содержании кремния (15,7 мг/л) и высоких показателях соотношений кремний/кальций (0,09), кремний/фтор (24,5), кремний/магний (0,86) во второй серии экспериментов у животных опытной группы выявлено формирование помутнения хрусталика только в передних субкапсулярных и корковых слоях. При пониженной же концентрации кремния (5,7 мг/л) и низких соотношениях кремний/кальций (0,01), кремний/фтор (15,3), кремний/магний (0,29) в контрольной группе во второй серии опытов обнаружено формирование помутнения в ядерной зоне, удельный вес которого достигал да 38,9 %. Однотипный характер помутнения хрусталика нами обнаружен также у жителей сравниваемых субрегионов. Так,

среди исследованных глаз с начальной возрастной катарактой из Присурского субрегиона преобладали корковые помутнения — в 63,74 % случаев, тогда как в контрольном субрегионе в 37,96 % — ядерные.

Более подробное знакомство с диссертацией автора [25] показывает следующее.

Прежде всего, обращает внимание отсутствие в обзоре литературы анализа взаимосвязи кремния в воде с какой-либо патологией.

Для изучения заболеваемости и распространенности возрастной катаракты по почвенным зонам была использована почвенная карта республики, проведен перерасчет показателей по типам и разновидностям почв. Для исследования заболеваемости по гидрогеологическим районам была использована гидрогеологическая карта республики, проведен перерасчет показателей по зонам распространения водоносных горизонтов. При изучении заболеваемости по биогеохимическим субрегионам были использованы материалы биогеохимического районирования территории Чувашской ССР. Иными словами, эпидемиологический анализ заболеваемости по данным статистической медицинской отчетности отсутствует.

В 1-й серии экспериментов (120 крыс-самцов: 2 группы по 60 животных) в качестве контроля использована натуральная питьевая вода из Прикубниноцивильного субрегиона (д. Урасказы Янтиковского р-на), в опыте — вода с кремнием в виде метасиликата натрия (табл. 2). Во 2-й серии экспериментов в качестве контроля использована натуральная питьевая вода д. Шумерля Шумерлинского р-на, в опыте — питьевая вода д. Кудеиха Порецкого р-на (табл. 3).

При анализе табл. 2, 3 обращают

внимание относительно низкие концентрации кремния по сравнению с высокими общей жесткостью, кальцием и сверхвысокими уровнями цинка и железа. Возникает уместный вопрос о правомочности взаимосвязи катаракты с кремнием в воде. Как и в предыдущем случае, вопрос риторический.

Автор интерпретирует полученные результаты следующим образом.

1 серия. «Несмотря на наши ожидания, в опытной группе, где животные получали воду с *высоким* (выделено нами) содержанием в виде неорганической соли метасиликата натрия, удельный вес катаракты и степень помутнения хрусталика оказались значительно ниже, чем в контрольной группе при недостоверной разнице ($p > 0,05$).

2 серия «У животных опытной группы помутнение хрусталика формировалось только в средних субкапсулярных и корковых слоях. Помутнение ядерной зоны хрусталика в данной группе не выявлено, тогда как в контрольной группе поражение ядерной зоны достигало 38,89 %».

Далее автор резюмирует, что действие кремния в питьевой воде в *высоких* (выделено нами) концентрациях потенцируется кальци-

Таблица 2

Результаты 1-й серии экспериментов

| Ионный состав | Контроль | Опыт |
|---------------------------|----------|-------|
| Хлориды, мг/л | 36,7 | 36,7 |
| Сульфаты, мг/л | 16,9 | 16,9 |
| Общая жесткость, мг-экв/л | 13,8 | 13,8 |
| Кальций, мг/л | 26,2 | 26,2 |
| Магний, мг/л | 39,6 | 39,6 |
| Кремний, мг/л | 3,65 | 16,0 |
| Фтор, мг/л | 0,26 | 0,26 |
| Цинк, мг/л | 116 | 116 |
| Железо, мг/л | 50 | 50 |
| Кремний/кальций | 0,014 | 0,061 |
| Кремний/магний | 0,09 | 0,4 |
| Кремний/фтор | 14 | 6,5 |

ем, фтором, магнием. Эффект действия выражается в резком нарушении липидного и гидроперекисного обмена с явно выраженными корковыми изменениями в хрусталике.

Таким образом:

1. Помутнение хрусталика как у людей, так и у экспериментальных животных наиболее интенсивно происходит при поступлении с питьевой водой высоких концентраций кремния (> 10 мг/л) в сочетании с кальцием, магнием и фтором в следующих соотношениях: 0,089; 0,86; 24,5.

Таблица 3

Результаты 2-й серии экспериментов

| Ионный состав | Контроль | Опыт |
|---------------------------|----------|-------|
| Хлориды, мг/л | 124 | 88 |
| Сульфаты, мг/л | 95,1 | 18,5 |
| Общая жесткость, мг-экв/л | 21,2 | 8,0 |
| Кальций, мг/л | 565 | 180 |
| Магний, мг/л | 20 | 18,2 |
| Кремний, мг/л | 5,7 | 15,7 |
| Фтор, мг/л | 0,36 | 0,64 |
| Цинк, мг/л | 30 | 45 |
| Железо, мг/л | 108 | 168 |
| Кремний/кальций | 0,001 | 0,089 |
| Кремний/магний | 0,29 | 0,86 |
| Кремний/фтор | 15,8 | 24,5 |

2. Помутнение хрусталика как у людей из Присурского субрегиона, так и у экспериментальных животных, содержащихся на воде из Присурского субрегиона с *высоким* (выделено нами) содержанием кремния, носит явно выраженный корковый характер.

В заключение следует отметить, что в обширной литературе, посвященной обоснованию роли водного фактора в этиологии уролитиаза, инфаркта миокарда, катаракты и других распространенных неинфекционных болезней, а также оценке влияния на здоровье населения минерального состава питьевой воды, других данных о патогенетической роли кремния (кроме публикаций В. Л. Сусликова и его учеников) нет [1].

Применительно к агgravированному подходу к оценке влияния кремния на организм следует упомянуть статью Т. Н. Метельской с соавт. [26]. Не подвергая сомнению истинность норматива кремния в питьевой воде на уровне 10 мг/л, авторы на основании полученных ими данных считают концентрацию кремния 12,5 мг/л допустимой для питьевой воды с жесткостью в пределах от 4 до 7 мг-экв/л. При потреблении воды с жесткостью 0,5 мг-экв/л допустимый уровень содержания кремния может быть увеличен до 25 мг/л. Для установления верхнего предела жесткости изучена зависимость числа отклонений биохимических и морфофункциональных показателей у животных, получавших одни и те же уровни кремния (у), от величины жесткости воды (х). Аппроксимирующее уравнение представляет собой параболу второго порядка:

$$(y = 3,8 x^2 - 30,2 x + 66,9,$$

где величина у установлена по значению критерия χ^2 ($\chi^2 = 3,84$). Путем решения данного уравнения установлен верхний предел жесткости, при кото-

ром допустимо увеличение концентрации кремния до 25 мг/л, равный 2,5 мг-экв/л, что соответствует общему содержанию 260 мг/л.

Авторы приходят к выводу, что существующий норматив содержания кремния в питьевой воде (10 мг/л) не только достаточно надежен, но и может быть увеличен до 25 мг/л при использовании воды с жесткостью до 2,5 мг-экв/л, а при потреблении воды с жесткостью от 2,5 до 7 мг-экв/л — до 12,5 мг/л.

Анализ нормирования кремния в воде в современной нормативной базе показывает следующее. Во всех последних редакциях Руководства по контролю качества питьевой воды (1994, 2004, 2011, 2017) [27-30], 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 в «Директиве Совета ЕС относительно качества воды, предназначенной для потребления человеком» в редакциях 1998 года [31] и 2017 года [32], а также в национальных нормативных документах по регламентации химического состава питьевой воды Франции, Германии, Японии, США и других стран.

В завершение следует отметить, что норматив кремния отсутствует в ДСТУ 4808-2007 [33], регламентирующим качество воды в источниках централизованного питьевого водоснабжения.

Фрагментарно биологическая роль и медицинское применение кремния, в данном случае его актуальное иммуностимулирующее действие, выглядят следующим образом [4].

Биологическая роль кремния.

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 % SiO_2), 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 % SiO_2 , 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 уз-

лов 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 [34].

Иммуностимулирующее действие

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, дополнительно производство ROS [35-37], 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” Barodon® показал иммуностимулирующее действие у лошадей [38], свиней [39] и других животных. Barodon® представляет собой смесь силиката натрия (M_2SiO_3 , $\text{M} = \text{Na}, \text{K}$) и некоторых солей металлов в щелочном растворе (pH = 13,5), где натрий-силикат (натриевое

жидкое стекло) составляет 60 % от общего содержания. В плацебо-контролируемом эксперименте на свиньях оценивали иммуностимулирующий эффект Barodon® путем измерения пролиферации и активации клеток иммунной системы CD4⁺ CD8⁺ Т — лимфоцитов в периферической крови и лимфоузлах [39]. Как известно, Т — лимфоциты могут играть определенную роль в процессе активации вторичных иммунных реакций [40]. Barodon® действовал в основном в лимфоузлах, что подразумевает роль в антигенной стимуляции иммунных тканей [39]. Barodon® 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 pokeweed mitogen [39, 41]. 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 [42]. Кроме того, Barodon® показал неспецифические иммуностимулирующие эффекты у лошадей и высокую фагоцитарную активность против *Staphylococcus equi* subsp. *equi* и *Staphylococcus aureus* [38]. Применение Barodon® 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* [43, 44]. 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 (Na₂SiO₃) также имеет иммуностимулирующее действие и действует как мощный активатор митохондрий путем повышения митохондриальной утилизации кислорода [45]. Эти результаты подтверждают гипотезу о ведущей роли силиката натрия в иммуностимулирующем действии Barodon®.

Кремний как биологически активный компонент минеральных вод

Курсовое использование кремниевых вод способствует нормализации баланса перекисного окисления липидов / антиоксидантной защиты (ПОЛ/АОЗ) у крыс в пострадикационном периоде [46]. Кремний входит в структуру супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионпероксидазы [47], 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 [48].

Выполнены доклинические исследования на экспериментальных животных минеральных вод (МВ) с различным содержанием метакремниевой кислоты

(«Аппола» 43,88 — 55,50 мг/л [49]; «Березовская» 41,2-62,7 мг/л [17]; подземная вода скв. № 1-ДК с. Нижнее Солотвино Ужгородского района Закарпатской области — 169 — 206 мг/л [50]; минеральная вода скв. № 3-Н Хустского района Закарпатской области — 79 — 97 мг/л [51]. Помимо других бальнеологических эффектов выявлена в той или иной степени выраженная стимуляция гуморального звена иммунной системы.

В связи с вышеизложенным, норматив предельно допустимого содержания кремния в питьевой воде (d 10 мг/л), приведенный в ДСанПиН 2.2.4-171-10 и отраженный в новой редакции этого документа, с гигиенической, медико-экологической, медико-биологической и технологической точек зрения следует признать абсолютно необоснованным и несостоятельным.

Авторы книги «Кремний и жизнь» [34] пророчески предрекли, что в XXI веке роль кремния в процессах жизни будет углубляться, а ее значимость станет безусловной и несомненной.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Мокиенко А.В. Кремний в воде. Гигиенические и медико — биологические аспекты. Одесса. Фенікс. 2020. 206 с.
5. Мокиенко А.В. К вопросу о целесообразности нормирования кремния в питьевой воде. Вода: гигиена и экология. 2017. №1-4. С. 9-17.
6. 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.
7. 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.
8. Мокієнко А.В. Щодо недоцільності нормування кремнію та магнію у питній воді. Зб. мат-лів наук. — практ. конф. з міжн. участю «Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини». Київ. 12 березня 2019 р. С. 116.
9. Мокиенко А.В. Кремний в воде: от токсичности к эссенциальности. Вісник морської медицини. 2020. №4. С. 129-135.
10. Водоснабжение и водоотведение. Энциклопедия. Сост. А.В. Кобзарь, А.В. Кобзарь; под ред. А.Е. Попова. К. Логос. 2002. 488 с.
11. СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» М.: ФГУП ЦПП, 2004. 142 с. (недействующие на территории Украины с 01.01.2014 г.)
12. ДБН В.2.5-74: 2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Затв. наказами Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 08.04.2013 р. № 133 та від 28.08.2013 р. № 410. Чинні з 01-01-2014 р. Київ. 2013. 301 с.
13. Технология очистки природных вод. Л. А. Кульский, И. П. Строкач. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Вища шк. Головное изд-во. 1986. 352 с.
14. Линник П. Н., Дикая Т. П. Содержание, формы нахождения и особенности распределения и миграции кремния в поверхностных водах Украины Водные ресурсы. 2014. Т. 41, №6. С. 606 — 620.
15. Жежеря Т.П., Линник П. Н. Кремний в поверхностных водах Украины. Вода: гігієна та екологія. 2017. Т. 5 (1-4). С. 28-39.
16. Гигиеническая и санитарно-токсикологическая характеристика новых реагентов, добавляемых в воду в процессе ее обра-

- ботки. С. Н. Черкинский и др. Научно-технический прогресс и профилактическая медицина. Ч. 1. М. Первый МОЛМИ им. И. М. Сеченова, 1971.
17. Шиган С.А., Витвицкая Б.Р. Гигиеническое обоснование содержания остаточных количеств активированной кремнекислоты и силиката натрия в питьевой воде. Научный отчет кафедры коммунальной гигиены Первого МОЛМИ им. И. М. Сеченова. Арх. № 315. М. 1972.
18. МУ 2.1.5.720-98 Методические указания «Обоснование гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Утв. Главным гос. сан. врачом РФ 15 октября 1998 г.
19. Сусликов В. Л. К гигиенической оценке роли кремния в питьевой воде Гигиена и санитария. 1979. №7. С. 101 — 103.
20. Сусликов В. Л., Семенов В. Д., Ляшко Л. С. К обоснованию предельно допустимой концентрации кремниевой кислоты в питьевой воде. Гигиена и санитария. 1979. №11. С. 17 — 22.
21. Вараксин А. Н. Статистические модели регрессионного типа в экологии и медицине. Екатеринбург, 2006.
22. Сапожников С. П. Гигиеническая оценка микроэлементного состава водно-пищевых рационов в связи с изучением причинно-следственных связей хронических неинфекционных заболеваний. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1990.
23. Степанов Р. В. Материалы к изучению причинно-следственных связей инфаркта миокарда с водным фактором. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Чебоксары, 1992.
24. Андреев А.Н. Изучение причинно-следственных связей возрастной катаракты с биогеохимическими факторами. Автореф. дис.... канд. мед. наук. Одесса, 1992.
25. Андреев А.Н. Изучение причинно-следственных связей возрастной катаракты с биогеохимическими факторами: дис.... канд. мед. наук; 14.00.08 — глазные болезни. Одесса, 1991. 130 с.
26. О нормировании кремния в питьевой воде. Т. Н. Метельская и др. Гигиена и санитария. 1987. № 8. С. 19 — 21.
27. Руководство по контролю качества питьевой воды. 2-е изд. Том 1. Рекомендации. Женева: Изд-во ВОЗ. 1994. 258 с.
28. Guidelines for drinking water quality. The 3rd ed. Recommendations. World Health Organisation. Geneva 2004. V.1. 495p.
29. Guidelines for drinking water quality. The 4th ed. Recommendations. World Health Organisation. Geneva 2011. V.1. 541p.
30. 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>
31. 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.
32. Directive (EU) 2020/2184 of the EUROPEAN PARLIAMENT and of the COUNCIL. 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption.
33. 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.
34. Воронков М. Г., Зелчан Г. И., Лукевиц Э. Я. Кремний и жизнь. Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния. Рига. ЗИНАТНЕ. 1978. 587 с.
35. Effect of silica inhalation on the pulmonary clearance of a bacterial pathogen in Fischer 344 rats. J.M. Antonini et al. Lung. 2000. 178 (6). P. 341 — 350.
36. Subchronic silica exposure enhances respiratory defense mechanisms and the pulmonary clearance of *Listeria monocytogenes* in rats. J.M. Antonini et al. Inhal. Toxicol. 2000.12 (11). P. 1017 — 1036.
37. Kumar R.K. Quantitative immunohistologic assessment of lymphocyte populations in the pulmonary inflammatory response to intratracheal silica Am. J. Pathol. 1989. 135 (4). P. 605 — 614.
38. Immunostimulatory effects of the anionic alkali mineral complex BARODON on equine lymphocytes. H.C. Koo et al. Clin Vaccine Immunol. 2006. 13 (11). P. 1255 — 1266.
39. Immunostimulatory effects of anionic alkali mineral complex solution Barodon in porcine lymphocytes. B.W. Yoo et al. J. Vet. Sci. 2001.

2 (1). P. 15 — 24.

40. Zuckermann F.A., Husmann R.J. Functional and phenotypic analysis of porcine peripheral blood CD4/CD8 double-positive T cells. *Immunology*. 1996. 87 (3). P. 500 — 512.
41. Immunostimulatory effects of anionic alkali mineral complex solution Barodon in porcine lymphocytes. B.W. Yoo et al. *J. Swine Health Prod.* 2002. 10. P. 265 — 270.
42. Park B.K., Park Y.H., Seo K.S. Lymphocyte subpopulations of peripheral blood in pigs treated with an ionized alkali mineral complex. *J. Vet. Sci.* 1999. 24. P. 67 — 74.
43. Moore B.R., Krakowska S., Robertson J.T. Evaluation of an immunostimulant in preventing shipping related respiratory disease. *J. Equine Vet. Sci.* 1996. 16. P. 78.
44. Flaminio M.J., Rush B.R., Shuman W. Immunologic function in horses after non-specific immunostimulant administration. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 1998. 63 (4). P. 303 — 315.
45. Oner G., Cirrik S., Bakan O. Effects of silica on mitochondrial functions of the proximal tubule cells in rats. *Kidney Blood Press Res.* 2005. 28 (4). P. 203 — 210.
46. Зубкова С.М., Михайлик Л.В., Любимова Н.Н. Особенности действия питьевых минеральных вод на пострадиационные восстановительные процессы у крыс при различных дозах г-облучения. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 1995. № 2. С. 27-28.
47. 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.
48. Биологическая активность кремнийорганических соединений. Е.А. Клешинова и др. *Химико-фармацевтический журнал*. 1989. Т. 23, № 8. С. 956-959
49. Звіт про НДР: «Медико-біологічна оцінка якості та цінності підземних вод свердловини № 23731 Новотроїцького родовища Дніпропетровської області щодо обґрунтування можливості їх промислового розливу» Л.П. Горбач та ін. № держреєстрації 0234U000322, інв. № 1222. Одеса. 2005. 35 с.
50. Звіт про НДР «Медико-біологічна оцінка якості та цінності підземних мінеральних вод свердловин № 2055/3 і № 2316 с Березівське Дергачівського району Харківської області на підставі доклінічних досліджень та клінічних випробувань (доклінічні дослідження). А.Л. Погребний та ін. № держреєстрації 0107U006548, інв. № 1453. Одеса. 2008. 38 с.
51. Звіт про НДР «Медико-біологічна оцінка якості та цінності підземних вод свр. № 1-ДК с. Нижнє Солотвино Ужгородського району Закарпатської області щодо можливості їх практичного використання у курортній практиці та промислового розливу» А.Л. Погребний та ін. № держреєстрації 0107U006394, інв. № 1412. Одеса. 2008. 47 с.

References

1. Mazaev VT, Shlepnina TG Assessment of the degree of sanitary hazard of silicon compounds in natural and drinking water (by way of discussion) *Water supply and sanitary engineering*. 2011. No. 7. S. 13 - 20.
2. Alekseev VS, Boldyrev KA, Teslya VG On the need to revise the standard silicon content in drinking water *Water supply and sanitary engineering*. 2011. No. 5. S. 56 - 60.
3. On approval of the State sanitary norms and rules "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" 2.2.4-171-10. Order of the Ministry of Health of Ukraine of May 12, 2010 N 400. Registered in the Ministry of Justice of Ukraine 1 July 2010 for N 452/17747.
4. Mokienko AV. Silicon in water. Hygienic and medico-biological aspects. *Odessa Fenix*. 2020. 206 p.
5. Mokienko A.V. On the question of the advisability of rationing silicon in drinking water. *Water: hygiene and ecology*. 2017. No. 1-4. S. 9-17.
6. Mokienko AV Regarding the expediency of rationing of silicon in drinking water. Fourth scientific-practical conference "Subsoil use in Ukraine. Investment Prospects", Truskavets, November 6–10, 2017, pp. 348-354.
7. Mokienko AV Standardization of silicon in drinking water as inexpediency. *Bulletin of XVII readings named after V.V. Podvysotsky, Odessa, May 24-25, 2018. Vol. 2. pp. 48-51.*
8. Mokienko AV Regarding the inexpediency of rationing of silicon and magnesium in drinking water. *Coll. Mat-Liv Sciences. - practice. conf. with int. participation "Environmental and*

- hygienic problems of human life." Kiev. March 12, 2019. P. 116.
9. Mokienko AV. Silicon in water: from toxicity to essential. Bulletin of marine medicine. 2020. No. 4. S. 129-135.
 10. Water supply and sewerage. Encyclopedia. Compiled by AV. Kobzar, AV. Kobzar; ed. A.E. Popov. K. Logos. 2002.488 s.
 11. SNiP 2.04.02-84 "Water supply. External networks and structures" M.: FGUP TsPP, 2004. 142 p. (inactive on the territory of Ukraine from 01.01.2014)
 12. DBN B.2.5-74: 2013 Water supply. External networks and structures. Basic design provisions. Approved by orders of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine dated 08.04.2013 № 133 and dated 28.08.2013 № 410. Valid from 01-01-2014 Kyiv. 2013. 301 p.
 13. Technology of natural water purification. L.A. Kul'sky, II. P. Strokach. 2nd ed., Rev. and add. K.: Vischa school. Head publishing house. 1986.352 p.
 14. Linnik PN, Dikaya TP Content, forms of finding and peculiarities of distribution and migration of silicon in surface waters of Ukraine Water resources. 2014.Vol. 41, No. 6. S. 606 - 620.
 15. Zhezherya TP, Linnik PN Silicon in surface waters of Ukraine. Water: hygiene and ecology. 2017.Vol. 5 (1-4). S. 28-39.
 16. Hygienic and sanitary-toxicological characteristics of new reagents added to water during its processing. SN Cherkinskiy et al. Scientific and technical progress and preventive medicine. Part 1. M. First MOLMI them. I.M.Sechenov, 1971.
 17. Shigan S.A., Vitvitskaya B.R. Hygienic substantiation of the content of residual amounts of activated silicic acid and sodium silicate in drinking water. Scientific report of the Department of Communal Hygiene of the First MOLMI named after I.M.Sechenov. Arch. No. 315. M. 1972.
 18. MU 2.1.5.720-98 Methodical instructions "Substantiation of hygienic standards of chemicals in water of water bodies for household, drinking and cultural and household water use. Approved. The main state. dignity doctor of the Russian Federation on October 15, 1998
 19. Suslikov VL On the hygienic assessment of the role of silicon in drinking water Hygiene and sanitation. 1979. No. 7. S. 101 - 103.
 20. Suslikov VL, Semenov VD, Lyashko LS On the substantiation of the maximum permissible concentration of silicic acid in drinking water. Hygiene and sanitation. 1979. No. 11. S. 17 - 22.
 21. Varaksin AN Statistical models of regression type in ecology and medicine. Yekaterinburg, 2006.
 22. Sapozhnikov SP Hygienic assessment of the microelement composition of water-food rations in connection with the study of cause-and-effect relationships of chronic non-infectious diseases. Abstract of the thesis. dis. ... Cand. honey. sciences. M., 1990.
 23. Stepanov RV Materials for the study of cause-and-effect relationships of myocardial infarction with the water factor. Abstract of the thesis. dis. ... Cand. honey. sciences. Cheboksary, 1992.
 24. Andreev AN. Study of the causal relationships of age-related cataracts with biogeochemical factors. Abstract of the thesis. dis.... Cand. honey. sciences. Odessa, 1992.
 25. Andreev AN. Study of causal relationships of age-related cataract with biogeochemical factors: dis ... Cand. honey. sciences; 14.00.08 - eye diseases. Odessa, 1991. 130 p.
 26. About standardization of silicon in drinking water. T. N. Metelskaya and others. Hygiene and sanitation. 1987. No. 8. S. 19 - 21.
 27. Guidelines for drinking water quality control. 2nd ed. Volume 1. Recommendations. Geneva: WHO Publishing. 1994.258 s.
 28. Guidelines for drinking water quality. The 3rd ed. Recommendations. World Health Organisation. Geneva 2004. V.1. 495p.
 29. Guidelines for drinking water quality. The 4th ed. Recommendations. World Health Organisation. Geneva 2011. V.1. 541p.
 30. 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. Access mode: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf>
 31. Directive of the Council of the European Union of November 3, 1998 on the quality of water intended for human consumption / 98/83 / EC / pp. 59-91. Cit. by Zuev E.T., Fomin G.S. Drinking and mineral water. Requirements of world and European standards for quality and safety M. Protector. 2003. 320 s.

32. Directive (EU) 2020/2184 of the EUROPEAN PARLIAMENT and of the COUNCIL. 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption.
33. Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and environmental requirements for water quality and selection rules. DSTU 4808-2007. K. Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2007. [Effective from 01.01.2009]. 36 s.
34. Voronkov M. G., Zelchan G. I., Lukevits E. Ya. Silicon and life. Biochemistry, pharmacology and toxicology of silicon compounds. Riga ZINATNE. 1978. 587 s.
35. Effect of silica inhalation on the pulmonary clearance of a bacterial pathogen in Fischer 344 rats. J.M. Antonini et al. Lung. 2000. 178(6). P. 341 – 350.
36. Subchronic silica exposure enhances respiratory defense mechanisms and the pulmonary clearance of *Listeria monocytogenes* in rats. J.M. Antonini et al. Inhal. Toxicol. 2000. 12(11). P. 1017 – 1036.
37. Kumar R.K. Quantitative immunohistologic assessment of lymphocyte populations in the pulmonary inflammatory response to intratracheal silica. Am. J. Pathol. 1989. 135(4). P. 605 – 614.
38. Immunostimulatory effects of the anionic alkali mineral complex BARODON on equine lymphocytes. H.C. Koo et al. Clin Vaccine Immunol. 2006. 13(11). P. 1255 – 1266.
39. Immunostimulatory effects of anionic alkali mineral complex solution Barodon in porcine lymphocytes. B.W. Yoo et al. J. Vet. Sci. 2001. 2(1). P. 15 – 24.
40. Zuckermann F.A., Husmann R.J. Functional and phenotypic analysis of porcine peripheral blood CD4/CD8 double-positive T cells. Immunology. 1996. 87(3). P. 500 – 512.
41. Immunostimulatory effects of anionic alkali mineral complex solution Barodon in porcine lymphocytes. B.W. Yoo et al. J. Swine Health Prod. 2002. 10. P. 265 – 270.
42. Park B.K., Park Y.H., Seo K.S. Lymphocyte subpopulations of peripheral blood in pigs treated with an ionized alkali mineral complex. J. Vet. Sci. 1999. 24. P. 67 – 74.
43. Moore B.R., Krakowska S., Robertson J.T. Evaluation of an immunostimulant in preventing shipping related respiratory disease. J. Equine Vet. Sci. 1996. 16. P. 78.
44. Flaminio M.J., Rush B.R., Shuman W. Immunologic function in horses after non-specific immunostimulant administration. Vet. Immunol. Immunopathol. 1998. 63(4). P. 303 – 315.
45. Oner G., Cirrik S., Bakan O. Effects of silica on mitochondrial functions of the proximal tubule cells in rats. Kidney Blood Press Res. 2005. 28(4). P. 203 – 210.
46. Zubkova S.M., Mikhailik L.V., Lyubimova N.N. Peculiarities of the effect of drinking mineral waters on post-radiation recovery processes in rats at various doses of γ -irradiation. Questions of balneology, physiotherapy and physical therapy. 1995. No. 2. S. 27-28.
47. Antonyuk M.V., Ivanov I.L. Antiatherogenic properties of various types of carbonated mineral waters when used internally. Questions of balneology, physiotherapy and physical therapy. 2002. No. 1. S. 20-23.
48. Biological activity of organosilicon compounds. E.A. Kleshchinova et al. Chemical and pharmaceutical journal. 1989. T. 23, No. 8. S. 956-959
49. Report on Research Work: “Medico-biological assessment of the quality and value of groundwater wells № 23731 Novotroitskoe field of Dnipropetrovsk region to justify the possibility of their industrial bottling” LP Gorbach et al. № state registration 0234U000322, inv. № 1222. Odessa 2005. 35 p.
50. Report on Research Work “ Medical and biological assessment of the quality and value of groundwater mineral wells” № 2055/3 and № 2316 s Berezhivske Dergachiv district of Kharkiv region on the basis of preclinical studies and clinical trials (preclinical studies). A.L. Pogrebny et al. № state registration 0107U006548, inv. № 1453. Odessa 2008. 38 p.
51. Research report “Medical and biological assessment of groundwater quality and value of St. № 1-DK s. Nyzhne Solotvyno, Uzhhorod district, Zakarpattia region, regarding the possibility of their practical use in resort practice and industrial bottling ” Pogrebny et al. № state registration 0107U006394, inv. № 1412. Odessa 2008. 47 p.

*Впервые поступила в редакцию 18.12.2020 г.
Рекомендована к печати на заседании
редакционной коллегии после рецензирования*