
СВОБОДНАЯ ТРИБУНА

УДК 613.31

DOI: 10.15372/KhUR2023446

EDN: WXTNHN

Содержание химических элементов в водопроводной воде и воде из родниковых питьевых источников разных районов Магаданской области

Е. М. СТЕПАНОВА, Е. А. ЛУГОВАЯ

Научно-исследовательский центр “Арктика” ДВО РАН,
Магадан (Россия)

E-mail: at-evgenia@mail.ru

(Поступила 18.02.22; после доработки 13.05.22)

Аннотация

С целью выявления химической безопасности питьевой воды для населения некоторых районов Магаданской области методами масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой количественно определено содержание 25 химических элементов в природных родниковых источниках, а также в воде из систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и систем вторичной доочистки водопроводной воды (бытовые фильтры). Установлено соответствие концентраций химических элементов нормативам качества питьевой воды. Проведенное исследование свидетельствует о том, что питьевая вода в Магаданской области безопасна для населения с позиции накопления условно эссенциальных и токсичных для человека химических элементов. Однако с точки зрения физиологической полноценности вода оказалась “бедной” во всех местах отбора проб в городах и поселках Магаданской области.

Ключевые слова: химические элементы, питьевая вода, Магаданская область

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что химический состав вод может значительно варьировать в зависимости от геологических условий конкретной местности. Ни подземные, ни поверхностные воды нельзя представить как чистое вещество, состав которого выражается формулой H_2O . Природные воды содержат небольшое количество растворенных газов, минеральных и органических веществ натурального происхождения [1]. Известно, что особенностью поверхностных вод бореальных высокоширотных ландшафтов является их низ-

кая минерализация и высокое содержание растворенных в воде органических соединений, связанное с замедленными процессами деградации органического вещества в этих широтах [2–4]. Отчасти от содержания в питьевой воде макро- и микроэлементов напрямую зависит степень элементного благополучия населения на территории проживания. В литературе встречаются сведения о том, что с низкой минерализацией природных питьевых вод ассоциирован повышенный уровень заболеваемости сердечно-сосудистой и костно-суставной патологией, са-

харным диабетом 2 типа, новообразованиями и рядом других заболеваний [5–8].

Вместе с тем, ультрапресная вода может рассматриваться как уникальный субстрат для обогащения минеральными компонентами, необходимыми жителям северных территорий. Ведь именно воду подобного химического состава можно насыщать комплексом биоэлементов в виде премиксов, содержащих биологически активные компоненты, необходимые жителям конкретной территории. Это совпадает с мнением ученых о том, что обогащенная минеральными веществами вода может быть естественным транспортером эссенциальных элементов в органы и ткани, включая головной мозг [9–12].

Существенным достижением отечественной гигиенической науки и практики в последние годы следует считать вынесенные на государственный уровень важнейшие проблемы безопасности питьевого водоснабжения и концепции оптимального питания населения страны [13]. Принципами гигиенического нормирования предусматриваются требования к безопасности питьевой воды в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредности по химическому составу, благоприятности в органолептическом отношении и физиологической полноценности.

Одним из важнейших ключевых аспектов, связанных с воздействием водного фактора и требующих комплексного решения для сохранения здоровья населения, является именно несбалансированность макро- и микроэлементного состава питьевой воды в ряде регионов Российской Федерации [11]. В работе [3] обсуждался вопрос о региональном нормировании химических веществ в питьевой воде северных территорий на примере Архангельской области с учетом комплексного воздействия на организм и особенностей реального загрязнения окружающей среды. При этом важно подчеркнуть, что минеральный состав природных вод является специфичным и уникальным для конкретной территории с позиции формирования особенностей элементного статуса жителей данной территории и потенциальной вероятности формирования предпатологических состояний и заболеваний биогеохимической природы.

В наших ранних исследованиях в Магаданской области выявлены различия микроэлементного статуса жителей приморской и континентальной территорий. Было показано, что общей специфической для Севера особенностью эле-

ментного профиля организма жителей всей области является дефицит кальция, кобальта, меди, йода и избыток кремния. В волосах жителей континентальной территории Магаданской области (по сравнению с приморской) было установлено более высокое содержание цинка, фосфора, железа, марганца, хрома, свинца, алюминия, кадмия, калия; нарушение минерального баланса на прибрежной территории представлено дефицитом магния, марганца, фосфора, селена, цинка [14, 15].

Также ранее нами были проанализированы пробы воды, взятой из-под крана, и показано, что содержание в “сырой” воде таких эссенциальных элементов, как кобальт, хром, медь, йод, марганец, натрий, селен, цинк в десятки и сотни раз ниже допустимой границы [16].

На основании вышеизложенного цель настоящей работы заключалась в анализе химического состава питьевой воды континентальных (г. Сусуман) и приморских (г. Магадан, поселки Ола и Эвенск) территорий Магаданской области из родниковых источников, а также из систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и систем вторичной доочистки водопроводной воды (бытовые фильтры) как одного из основных факторов возможного влияния на состояние минерального обмена жителей северного региона и возникновение болезней биогеохимической природы региона – микроэлементозов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Отбор проб воды проводился в 2019 г. на территории Магаданской области, в наиболее крупных городах и поселках, различающихся по биогеохимическим характеристикам. Было отобрано по 20 образцов питьевой воды из родниковых источников в г. Магадане (59°34' с. ш. 150°48' в. д.), пос. Ола Ольского района (59°34' с. ш. 151°18' в. д.), г. Сусумане Сусуманского района (62°47' с. ш. 148°09' в. д.), пос. Эвенск Северо-Эвенского района (61°55' с. ш. 159°14' в. д.), а также в г. Магадане – из систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и систем вторичной доочистки водопроводной воды (бытовые фильтры). Вода из родников в поселках Магаданской области отбиралась в местах водозабора населения, глубину подземного горизонта измерить не представлялось возможным. При вторичной доочистке использовался универсальный проточный фильтр для

глубокой очистки питьевой воды “Аквафор Кристалл” (ООО “Аквафор”, Россия), представляющий собой надежный сорбционный фильтр для базовой очистки питьевой воды, приготовления супов и напитков, который обеспечивает глубокую очистку водопроводной воды от целого спектра опасных загрязнений и подходит для мягкой воды. Фильтр “Аквафор Кристалл” удаляет хлор, тяжелые металлы, пестициды, нефтепродукты и другие распространенные токсины и аллергены, сохраняя минеральный состав воды. Три модуля изготовлены по технологии карбон-блок с ионообменным волокном “Аквален”, поэтому площадь контакта воды с сорбентами в десятки раз больше, чем у стандартных насыпных модулей, а скорость фильтрации в 4 раза выше.

Количественное определение содержания 25 макро- и микроэлементов – алюминия (Al), мышьяка (As), бора (B), кальция (Ca), кадмия (Cd), кобальта (Co), хрома (Cr), меди (Cu), железа (Fe), ртути (Hg), йода (I), калия (K), лития (Li), магния (Mg), марганца (Mn), натрия (Na), никеля (Ni), фосфора (P), свинца (Pb), селена (Se), кремния (Si), олова (Sn), стронция (Sr), ванадия (V), цинка (Zn) – проводили по стандартизированным методикам в аккредитованной лаборатории ООО “Микронутриенты” (Москва) методами масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) с помощью масс-спектрометра Nexion 300D (Perkin Elmer, США) и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000DV (Perkin Elmer, США).

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием пакета IBM SPSS Statistics 21. В статистическом анализе полученных данных о содержании химических элементов в питьевой воде применяли методы параметрической статистики: расчет средней и ошибки среднего арифметического ($M \pm m$). Различия значений концентраций химических элементов в воде из разных питьевых источников районов Магаданской области устанавливались по t-критерию Стьюдента при оценке уровня достоверности $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Природные воды Магаданской области по своему составу гидрокарбонатно-кальциевые, хлоридно-гидрокарбонатные, реже натриевые [3, 17].

По степени минерализации природные воды классифицируются как ультрапресные (не более 0.2 г/дм^3), по жесткости – как очень мягкие (до 1.5 мг-экв/дм^3) или мягкие ($1.5\text{--}3 \text{ мг-экв/дм}^3$).

Согласно санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам “Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения” (СанПиН 2.1.4.1074-01), “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания” (СанПиН 2.1.3684-21) питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получившим глобальное распространение, по содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения, по содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека. Контроль качества питьевой воды в указанном документе предусматривает строгую регламентацию предельно допустимых концентраций (ПДК) различных химических элементов [18, 19].

Одновременно с этим, все главные показатели качества питьевой воды – общая минерализация, жесткость, содержание макро- и микроэлементов – должны находиться на оптимальном уровне, не только в ПДК, но и в минимально необходимом их уровне содержания. Такая вода называется физиологически полноценной, и только она может считаться по-настоящему питьевой водой, полезной для организма. Физиологическая полноценность воды оценивается, исходя из нормативов максимальных и минимальных значений содержания химических элементов, в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами “Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества” (СанПиН 2.1.4.1116-02) [20].

ТАБЛИЦА 1

Концентрации ($M \pm m$) эссенциальных макро- и микроэлементов в воде из систем централизованного водоснабжения г. Магадана и природных питьевых источников районов Магаданской области, мкг/л

Элементы	г. Магадан (водопровод)	г. Магадан (водопровод, фильтр)	г. Магадан (природный источник)	пос. Ола (природный источник)	г. Сусуман (природный источник)	пос. Эвенск (природный источник)	Нормативы	
							ИФП, мг/л	ПДК, не более, мг/л
Макроэлементы								
Ca	4.990±0.750	2.340±0.314	9.680±0.042	19.665±0.898	54.900±1.669	8.845±0.290	25–130	–
Mg	0.891±0.036	0.834±0.030	1.540±0.028	19.775±0.629	15.425±0.262	2.370±0.042	5–65	–
K	0.782±0.039	2.945±0.148	0.725±0.038	0.098±0.030	1.095±0.007	0.938±0.087	2–20	–
Na	3.48±0.23	6.03±0.14	4.27±0.04	1.74±0.04	5.03±0.33	12.56±0.39	–	200.0
P	0.05±0.01	0.05±0.01	0.03±0.01	0.04±0.01	0.01±0.00	0.06±0.01	н/д	н/д
Микроэлементы								
Cu	0.0030±0.0007	0.0008±0.0002	0.0008±0.0002	0.0008±0.0002	0.0149±0.0021	0.0025±0.0001	–	1.0
Fe	0.271±0.004	0.069±0.004	0.033±0.008	0.067±0.005	0.196±0.020	0.046±0.009	–	0.3 (1.0)*
I	0.0030±0.0003	0.0040±0.0001	0.0030±0.0003	0.0010±0.0004	0.0010±0.0001	0.0040±0.0001	0.01–0.125	–
Mn	0.0056±0.0005	0.0011±0.0002	0.0003±0.0001	0.0072±0.0006	0.0132±0.0002	0.0040±0.0003	–	0.1 (0.5)*
Se	0.0024±0.0006	0.0022±0.0005	0.0011±0.0003	0.0022±0.0009	0.0030±0.0001	0.0023±0.0001	–	0.01
Zn	0.060±0.013	0.053±0.001	0.049±0.004	0.062±0.002	0.162±0.014	0.074±0.005	–	5.0

Примечание. 1. ИФП – интервал физиологической полноценности, ПДК – предельно допустимая концентрация, мг/л; н/д – нет данных. 2. Прочерк – отсутствует.

* Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению Главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.

Значения концентраций анализируемых химических элементов в водопроводной воде и воде из природных питьевых источников районов Магаданской области представлены в табл. 1, 2 и на рис. 1.

Установлено, что содержание химических элементов в исследуемых пробах воды на раз-

личных территориальных (прибрежная и внутриконтинентальная зоны) участках области колеблется в широком диапазоне значений, что может быть связано как с принадлежностью источников водоснабжения к различным подземным заборам воды, так и с различной степенью изношенности водопроводных магистралей.

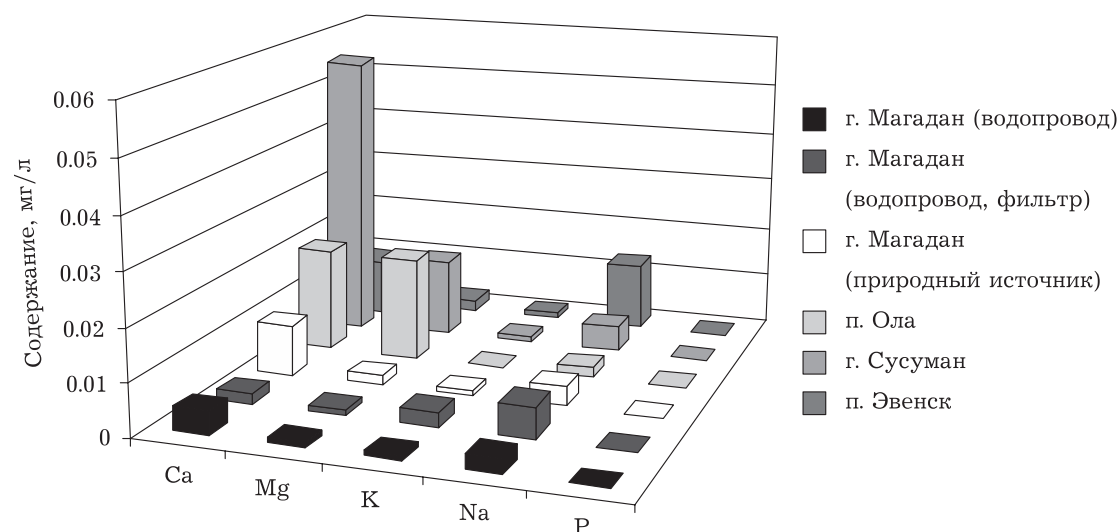


Рис. 1. Содержание эссенциальных макро- и микроэлементов в воде из водопровода и природных питьевых источников Магаданской области.

ТАБЛИЦА 2

Концентрации ($M \pm m$) условно эссенциальных и токсичных микроэлементов в воде из систем централизованного водоснабжения г. Магадана и природных питьевых источников районов Магаданской области, мкг/л

Микроэлемент	г. Магадан (водопровод)	г. Магадан (водопровод, фильтр)	г. Магадан (природный источник)	пос. Ола (природный источник)	г. Сусуман (природный источник)	пос. Эвенск (природный источник)	Нормативы, ПДК*, не более, мг/л
Условно эссенциальные элементы							
B	0.0027±0.0004	0.0014±0.0004	0.0021±0.0001	0.0009±0.0003	0.0201±0.0014	0.0129±0.0010	0.5
Co	0.00025±0.00007	0.00044±0.00005	0.00010±0.00001	0.00038±0.00004	0.00031±0.00001	0.00075±0.00002	0.1
Cr	0.0041±0.0011	0.0039±0.0004	0.0043±0.0005	0.0050±0.0008	0.0084±0.0008	0.0038±0.0009	0.05
V	0.0020±0.0004	0.0020±0.0005	0.0040±0.0001	0.0030±0.0001	0.0020±0.0006	0.0020±0.0006	0.1
Si	0.128±0.026	0.118±0.025	0.113±0.003	0.127±0.004	0.102±0.026	0.104±0.006	10.0
Li	0.00040±0.00001	0.00070±0.00001	0.00050±0.00001	0.00010±0.00005	0.00070±0.00002	0.00200±0.00007	0.03
Ni	0.0006±0.0001	0.0004±0.0001	0.0003±0.0001	0.0009±0.0003	0.0030±0.0008	0.0007±0.0001	0.1
Токсичные элементы							
Al	0.031±0.001	0.026±0.001	0.057±0.006	0.026±0.001	0.086±0.006	0.038±0.001	0.5
As	0.00014±0.00004	0.00022±0.00001	0.00047±0.00006	0.00003±0.00001	0.00009±0.00003	0.00013±0.00004	0.05
Cd	0.00004±0.00001	0.00004±0.00001	0.00008±0.00002	0.00004±0.00001	0.00007±0.00002	0.00005±0.00002	0.001
Hg	0.00009±0.00001	0.00009±0.00001	0.00009±0.00001	0.00009±0.00001	0.00009±0.00001	0.00009±0.00001	0.0005
Pb	0.0003±0.0001	0.0003±0.0001	0.0003±0.0001	0.0003±0.0001	0.0005±0.0001	0.0003±0.0001	0.03
Sn	0.000010±0.000001	0.000010±0.000001	0.000010±0.000001	0.000010±0.000001	0.000010±0.000001	0.000010±0.000001	Нет данных
Sr	0.018±0.001	0.015±0.001	0.004±0.001	0.009±0.001	0.521±0.018	0.092±0.003	7.0

* Предельно допустимая концентрация.

По мнению авторов [7], с понятием “физиологическая полноценность” связаны оптимизационные подходы к оценке элементного состава питьевых вод: определяется способность находящихся в воде биоэлементов удовлетворять потребность в них организма. Физиологическую полноценность питьевой воды в первую очередь отражают минимально необходимые и оптимальные концентрации биоэлементов, а не максимально допустимое содержание минеральных солей.

В нашем исследовании концентрация макроэлементов не соответствовала интервалу физиологической полноценности питьевой воды (см. табл. 1 и рис. 1). В большинстве случаев зарегистрирован физиологически несбалансированный минеральный состав питьевой воды с низким уровнем содержания кальция, калия и магния, значения концентраций которых не достигали даже нижней границы интервала. Сравнительный анализ химического состава воды из разных районов области показал, что достоверно наибольшая концентрация кальция при $p = 0.01$, зафиксированная в пробе воды, отобранной в г. Сусумане, составляла 0.055 мг/л и укладывалась в диапазон физиологической полноценности воды. Наименьшее содержание установлено в пробе воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Магадана, прошедшей фильтрационную очистку (0.002 мг/л). Достоверно наибольшая концентрация калия в группах анализа составляет 0.003 мг/л – в пробе водопроводной воды, прошедшей фильтрационную очистку, и также соответствует физиологической полноценности, наименьшая – в природном источнике в пос. Ола (0.0001 мг/л, $p = 0.01$). Наибольшая концентрация магния отмечена в образце воды из природного источника в пос. Ола (0.020 мг/л, $p = 0.01$), что укладывается в интервал физиологической полноценности, наименьшая (0.001 мг/л) – в водопроводной воде г. Магадана.

Состояние питьевого водоснабжения остается одной из актуальных задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения Магаданской области.

В Государственном докладе Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Магаданской области “О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Магаданской области в 2019 году” отражено, что на территории области доброкачественной питьевой водой обеспечено 135 334 человека

или 95.8 % населения [21]. В пяти городских округах Магаданской области водоснабжение осуществляется только из подземных водоносных горизонтов – в Ольском, Хасынском, Тенькинском, Омсукчанском и Северо-Эвенском городских округах. Причинами неудовлетворительного качества питьевой воды по содержанию марганца, железа и их соединений в ряде населенных пунктов (Ягоднинский, Сусуманский, Ольский и Омсукчанский городские округа) области являются: высокое природное содержание железа и марганца в питьевой воде; коррозия обсадных труб, в результате чего в водоносный горизонт попадает вода с высоким содержанием железа из вышележащих водоносных горизонтов; износ водопроводных сетей. По нашим данным, содержание железа в пробах воды, отобранных в г. Сусумане действительно выше аналогичных значений в образцах, отобранных на других территориях области, на уровне статистической значимости различий $p = 0.01$. Концентрация железа достоверно значимо выше при $p = 0.01$ в пробах воды из природного источника г. Сусумана и из систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Магадана (см. табл. 1). Однако превышения ПДК в водных источниках ни в одном районе Магаданской области выявлено не было.

По тем же данным [21], приоритетные вещества, относящиеся к I классу опасности (чрезвычайно опасные), в питьевой воде из систем централизованного водоснабжения населения на территории Магаданской области отсутствуют. По нашим данным, значения концентраций условно эссенциальных и токсичных химических элементов в воде из анализируемых источников (см. табл. 2) не превышают нормативных величин ПДК, установленных санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами. Говоря о статистически достоверно значимых различиях в концентрации химических элементов в пробах воды, отобранных из источников разных территорий области, отметим следующие: в пробах воды г. Сусумана наибольшее по сравнению с другими населенными пунктами (при $p = 0.01$) значение концентрации бора, хрома, никеля, алюминия и стронция. В пос. Эвенске различия выявлены по кобальту в сравнении с природными источниками г. Магадана ($p = 0.01$) и г. Сусумана ($p = 0.05$) и выше оказалось содержание лития в сравнении со всеми анализируемыми пробами воды (при $p = 0.01$). В природном источнике г. Магадана достоверно значимо выше

значение концентрации ванадия и мышьяка ($p = 0.01$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во всех пробах питьевой воды Магаданской области, в том числе независимо от способа очистки водопроводной воды (на примере г. Магадана) обнаружены очень низкие концентрации жизненно необходимых элементов – кальция, магния, меди, цинка и селена. В диапазон физиологической полноценности воды укладывались только пробы воды из природных источников г. Сусумана – по кальцию и магнию, из пос. Ола – по кальцию, из систем вторичной доочистки водопроводной воды г. Магадана – по калию.

Питьевая вода в Магаданской области безопасна для населения с позиции накопления чрезвычайно опасных веществ в организме: значения концентраций условно эссенциальных и токсичных химических элементов в воде из анализируемых источников не превышают нормативных величин ПДК, установленных санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами.

С точки зрения физиологической полноценности питьевая вода оказалась “бедной” во всех местах отбора проб в городах и поселках Магаданской области. С одной стороны, постоянное употребление в пищевых целях жителями области слабоминерализованной ультрапресной питьевой воды может служить одной из основных причин дисбаланса макро- и микроэлементов в организме, характеризующегося чертами так называемого северного типа с выраженным дефицитом основных эссенциальных элементов, и формированием на этом фоне патологических состояний в организме. Наряду с этим, физиологически не полноценная “пустая” вода Магаданской области является уникальным субстратом для дальнейшего ее обогащения. Именно воду подобного химического состава индивидуально в процессе употребления можно насыщать комплексом тиреоспецифических (йод, селен, магний, цинк), иммуноукрепляющих (кобальт, селен, медь, магний, цинк), регенерирующих (цинк, селен), противодиабетических (хром, йод, селен), антиоксидантных (кальций, селен, цинк, йод) и других биоэлементов в виде премиксов, содержащих биологически активные компоненты, необходимые жителям территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мишукова Т. Г., Осипов А. А., Сальников И. А. Определение содержания микроэлементов в питьевых водах Оренбургской области // Вестн. Оренбургского гос. ун-та. 2015. № 10 (185). С. 303–307.
- 2 Агаджанян Н. А., Петрова Г. П. Человек в условиях Севера. М.: КРУК, 1996. 208 с.
- 3 Бобун И. И., Иванов С. И., Унгурияну Т. Н., Гудков А. Б., Лазарева Н. К. К вопросу о региональном нормировании химических веществ в воде на примере Архангельской области // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 91–95.
- 4 Никанов А. Н., Гудков А. Б., Попова О. Н., Смолина В. С., Чашин В. П. Минеральный состав крови жителей арктического района с низкой минерализацией воды в системах централизованного водоснабжения // Экология человека. 2021. № 3. С. 42–47.
- 5 Ковшов А. А., Новикова Ю. А., Федоров В. Н., Тихонова Н. А. Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с качеством питьевой воды, в городских округах Арктической зоны Российской Федерации // Вестн. Уральской мед. акад. науки. 2019. Т. 16, № 2. С. 215–222.
- 6 Коковкин В. В., Сухоруков Ф. В., Шуваева О. В., Белеванцев В. И., Малкова В. И., Страховенко В. Д. Химический состав источников питьевых вод Прибайкалья как фактор риска повышенной заболеваемости // Сибирский экол. журн. 2008. № 15 (4). С. 619–630.
- 7 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) // Журн. мед.-биол. исслед. 2018. Т. 6, № 2. С. 188–197.
- 8 Никанов А. Н., Храмов А. В., Серпов В. Ю. Влияние жесткости питьевой воды на минеральный состав волос населения различных геохимических регионов // Вестн. новых мед. технологий. 2001. № 4. С. 95–96.
- 9 Мانتлер Н. Н., Кирьянова Л. Ф., Салдан И. П., Беккер В. Н. Эффективность использования питьевой воды, обогащенной йодом и селеном, для профилактики дефицитных состояний населения Алтайского края // Гигиена и санитария. 2010. № 1. С. 12–15.
- 10 Салдан И. П., Коршунова О. Н., Борисюк Н. Н., Филиппова С. П. Профилактика дефицитных состояний детей и подростков – приоритетное направление деятельности администрации Алтайского края // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 8 (245). С. 24–26.
- 11 Якубова И. Ш., Мельдер 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.
- 12 Uspenskaya E. V., Syroeshkin A. V., Pleteneva T. V. Water as a “complex mineral”: Trace elements, isotopes and the problem of incoming mineral elements with drinking water // Trace Elements in Medicine (Moscow). 2010. Vol. 11, No. 2. P. 50a.
- 13 Толмачева Н. В. Методология и принципы гигиенического нормирования баланса макро- и микроэлементов в питьевой воде и пищевых рационах // Казанский мед. журн. 2009. Т. 90, № 6. С. 866–870.
- 14 Луговая Е. А., Максимов А. Л. Региональные особенности микроэлементного статуса человека на севере // Вестн. восстанов. медицины. 2012. № 3 (49). С. 6–8.
- 15 Луговая Е. А., Максимов А. Л. Элементный профиль организма жителей Северо-Востока России // Вопросы биол., мед. и фармацевт. химии. 2012. № 6. С. 17–21.

- 16 Луговая Е. А., Степанова Е. М. Особенности состава питьевой воды г. Магадана и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 3. С. 241–246.
- 17 Бульбан А. П., Митрофанов И. Д. Гидрохимия природных вод Примагadanья // Материалы III Межрегион. конф. молодых ученых “Научная молодежь – Северо-Востоку России”. Магадан, 2010. С. 14–18.
- 18 СанПиН 2.1.4.1074-01 “Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения”. М., 2001. 154 с.
- 19 СанПиН 2.1.3684-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания”. М., 2021. 55 с.
- 20 СанПиН 2.1.4.1116-02 “Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества”. М., 2002. 22 с.
- 21 Государственный доклад Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Магаданской области “О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Магаданской области в 2019 году” [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://49.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/gosudarstvennyy_doklad_2019.docx (дата обращения: 18.01.2022).