

УДК (611.018.5+613.38)(98)

DOI: 10.33396/1728-0869-2021-3-42-47

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КРОВИ ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКОГО РАЙОНА С НИЗКОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

© 2021 г. ¹А. Н. Никанов, ²А. Б. Гудков, ²О. Н. Попова, ²В. С. Смолина, ^{1,3}В. П. Чашин¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург; ²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск; ³ФГАУ ВО НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва

Введение. Минеральный состав питьевой воды сильно отличается между городами и может оказывать влияние на минеральный состав крови населения.

Цель: оценить минеральный состав крови жителей, проживающих в районах с низкой минерализацией воды из подземных источников, распределяемой системами централизованного водоснабжения в Арктической зоне России.

Методы. Исследование проводилось в г. Кировске Мурманской области. В исследовании приняли участие постоянные жители в возрасте от 18 до 23 лет, постоянно проживающие изучаемом районе. Определение химических элементов в воде и цельной крови выполнено методом атомно-эмиссионной спектрометрии. Анализировалось содержание Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn, Y.

Результаты. Водопроводная вода в г. Кировске имеет повышенный водородный показатель, с общей минерализацией 65,0 мг/л (при ПДК 1 000 мг/л); содержание магния ниже физиологического уровня в 1 000–1 500 раз, а кальция – в 150–300 раз. Концентрация алюминия превышает ПДК в 1,3–1,5 раза, по остальным элементам – в десятки и сотни раз ниже ПДК. В крови содержание кальция несколько ниже средней величины для здоровых людей, а магния – соответствует нормальным значениям. Выявлено высокое содержание бора ($2,45 \pm 0,11$) мг/л.

Выводы. У жителей, проживающих в районе с низким уровнем общей минерализации водопроводной воды, выявлено снижение содержания кальция, но не магния в цельной крови. Не обнаружено высоких концентраций тяжелых металлов. Несмотря на высокий уровень содержания алюминия в воде, его концентрации в крови находятся в пределах физиологической нормы. Повышенное содержание в крови бора требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: Арктика, минеральный состав крови, слабоминерализованная вода

BLOOD MINERAL COMPOSITION IN RESIDENTS OF THE ARCTIC REGION WITH LOW WATER MINERALIZATION RATES IN CENTRALIZED TAP WATER SUPPLY SYSTEMS

¹A. N. Nikanov, ²A. B. Gudkov, ²O. N. Popova, ²V. S. Smolina, ^{1,3}V. P. Chaschin¹Northwest Scientific Center of Hygiene and Public Health, Rospotrebnadzor, Saint-Petersburg;²Northern State Medical University, Arkhangelsk; ³High School of Economics, Moscow, Russia

Introduction: Mineral content of tap water vary significantly between settings and may affect blood mineral composition in humans. The evidence from Arctic Russian settings is scarce.

Aim: To assess blood mineral composition among residents of areas with low mineralization of water from underground sources distributed by centralized water supply systems in Arctic Russia.

Methods: The study was performed in the town of Kirovsk, Murmansk region. Only permanent residents of the town aged 18–23 years participated. Concentrations of Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn, Y in tap water and whole blood were determined by atomic emission spectrometry.

Results: Tap water in Kirovsk has an increased pH value, with a total mineralization of 65.0 mg/l with the legal limit of 1000 mg/l). Magnesium and calcium concentrations were 1 000–1 500 and 150–300 times below maximum permissible (MPC) concentrations, respectively. The concentration of aluminum exceeded MPC by 30–50 % while concentrations of other elements were tens to hundreds times below MPC. In blood, calcium concentration was slightly below the average value for healthy individuals while and the magnesium content corresponded to normal values. An increased concentration of boron (2.45 ± 0.11 mg/l) was revealed.

Conclusions: Contrary to expectations, residents of the area with low mineral content of tap water did not have a significant decrease in concentrations of calcium and magnesium in whole blood. No signs of increased concentration of heavy metals in blood of the residents were observed. Despite the high concentration of aluminum in water, its concentration in whole blood is within the physiological limits. At the same time, an increased blood concentration of boron was revealed warranting further research.

Key words: Arctic, blood mineral composition, tap water

Библиографическая ссылка:

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.

For citing:

Nikanov A. N., Gudkov A. B., Popova O. N., Smolina V. S., Chaschin V. P. Blood Mineral Composition in Residents of the Arctic Region with Low Water Mineralization Rates in Centralized Tap Water Supply Systems. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 3, pp. 42–47.

Основным фактором миграции и перераспределения химических элементов на поверхности Земли является вода. Для поверхностных вод северных высокоширотных бореальных ландшафтов характерна

их низкая минерализация и наличие относительно высокого содержания растворимых органических соединений, которое связано с замедленными процессами деградации органического вещества в этих

широтах [2–4]. Особенно это касается территорий, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации (АЗ РФ). Химический состав поверхностных вод может оказывать влияние и на их содержание в подземных источниках, используемых в питьевых целях при организации централизованного водоснабжения.

Гигиеническое значение питьевой воды с низкой минерализацией является до настоящего времени предметом научной дискуссии. Академик А. П. Авцын с соавт. [1] обосновывали основное значение поступления минеральных веществ с пищевыми продуктами, а питьевой воде отводили второстепенное значение. В то же время не вызывает сомнений тот факт, что элементный состав организма человека зависит от содержания химических элементов в питьевой воде, например, до одной трети необходимого кальция и магния организм получает с водой [6, 11, 18]. Показано, что в населенных пунктах, где вода имеет низкую минерализацию, отмечается раннее начало и повышенный уровень заболеваемости сердечно-сосудистой патологией, костно-суставного аппарата, сахарного диабета 2 типа, новообразований и ряда других заболеваний [7, 8, 25]. Кроме того, низкая минерализация питьевой воды создает предпосылки для повышенного накопления в организме тяжелых металлов — химических конкурентов кальция и магния [10, 12].

Важно подчеркнуть, что минеральный состав природных вод является уникальным для определенного территориального образования с точки зрения формирования особенностей элементного статуса населения и потенциальной возможности возникновения заболеваний биогеохимической этиологии [19, 23, 25]. Все это и побудило провести настоящее исследование.

Цель работы — выявить особенности минерального состава крови у жителей Арктической зоны Российской Федерации, употребляющих слабоминерализованную воду с высоким водородным показателем и содержанием алюминия.

Методы

Для выполнения поставленной цели проведено исследование на территории Мурманской области в г. Кировске, расположенном в АЗ РФ (67° 40' с. ш.) у подножия Хибинских гор на берегу озера Большой Вудъявр. Водоснабжение города организовано из подземных водоисточников, вода из которых по десяти скважинам подается в общий резервуар и далее после соответствующей обработки — потребителям. Анализ воды из общего резервуара выполнен в рамках требований санитарных правил [13].

Отбор проб холодной питьевой воды из водопроводной сети для анализа осуществлялся в чистые полиэтиленовые емкости (Universal Container, Nalge Nunc Int. Corp., NY, USA) в трех районах города (по 10 проб в каждом районе): в центральной части (район 1 — пр. Ленина) и на противоположных окраинах города (район 2 — ул. Ленинградская и район 3 — ул. Олимпийская). Все 30 емкостей были заполнены из-под водопроводного крана одновременно

в течение одного часа; каждая емкость заполнялась после десятиминутного пропускания питьевой воды.

Исследования минерального состава цельной крови были проведены у 25 практически здоровых юношей и девушек в возрасте от 18 до 22 лет, проживающих в центральной части города Кировска, которые добровольно изъявили желание принять участие в исследовании. Отбор проб крови проводился в стерильные пробирки (lithium-heparin vacutainer) емкостью 5 мл (Venoject 5ml VT-050SHL, Бельгия) с использованием специальных инъекционных игл (Venoject multi-sample 21Gx1S U.T.W. 0,8x40 mm, Бельгия). Забор крови осуществлялся в конце марта — начале апреля, то есть до периода таяния снега, что исключало загрязнение поверхностными водами подземных водоисточников.

Минеральный состав питьевой воды и крови на 29 элементов определялся методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой (ИСП-АЭ) на спектрометре TRACE Analyzer ICAP61E, фирмы Thermo Jarrell Ash (USA) после перевода точной навески исследуемого образца в раствор азотной кислотой и пероксидом водорода.

Результаты

Анализ неорганических компонентов показал, что вода подземных водоисточников, поступающая из общего резервуара в распределительную сеть Кировска, может оцениваться как слабоминерализованная (табл. 1).

Таблица 1
Содержание веществ и химических элементов
в питьевой воде г. Кировска

Показатель	ПДК [13], мг/л	Содержание в питьевой воде, мг/л
Общая минерализация (сухой остаток)	1000	65,0
Хлориды	350	9,0
Сульфаты	500	28,0
Железо (суммарно)	0,3	<0,1
Общая жесткость (мг-экв/л)	7,0	0,47
Водородный показатель (pH)	6–9	9,37
Нитриты		<0,003
Нитраты	45	2,1
Фториды	0,7	0,1
Мышьяк	0,05	Не обнаруж.
Медь	1,0	<0,005
Цинк	5,0	Не обнаруж.
Молибден	0,25	<0,0025
Свинец	0,03	<0,005
Марганец	0,10	<0,01
Полифосфаты	3,5	<0,01
Алюминий	0,5	1,20
Стронций	7,0	Не обнаруж.
Никель	0,1	<0,055
Селен	0,001	Не обнаруж.
Нефтепродукты	0,1	Не обнаруж.

Кроме того, качество подземных вод не удовлетворяет СанПин [13] по показателям pH и содержанию алю-

миния. Ухудшение качества воды по этим показателям произошло не за счет промышленного их загрязнения, а в результате подтягивания некондиционных природных вод водоносного комплекса (комплекс щелочных пород). Таким образом, питьевая вода в Кировске может рассматриваться как слабоминерализованная, с несколько повышенным водородным показателем (щелочностью) и повышенным содержанием алюминия.

Анализ результатов физико-химических исследований воды из распределительной сети и крови выявил, что из 29 определяемых элементов в воде только 10 (алюминий, кальций, железо, калий, магний, натрий, цинк, свинец, кремний, стронций) и в крови 15 (алюминий, бор, кальций, кадмий, хром, медь, железо, калий, магний, натрий, никель, цинк, свинец, кремний, титан) находились в пределах чувствительности метода определения (табл. 2).

Концентрация магния в водопроводной воде оказалась ниже рекомендуемого физиологического уровня в 1 000–1 500 раз, а кальция в 150–300 раз. Концентрации алюминия в питьевой воде Кировска превышали ПДК (0,5 мг/л) в 1,3–1,5 раза в двух из трех районов. По остальным элементам определены концентрации в десятки и сотни раз ниже ПДК. Со-

держание некоторых металлов было очень низким и в большинстве случаев оказалось ниже порога чувствительности используемого метода.

Анализ крови на содержание микро- и макроэлементов показал, что уровень кальция в крови был несколько ниже средней величины для практически здоровых людей (100 мг/л). Концентрация в крови магния соответствовала средним значениям этого элемента у здоровых людей (27–42 мг/л). Привлекает внимание достаточно высокое содержание бора ($2,45 \pm 0,11$) мг/л (референтные значения: 0,05–0,20 мг/л). Концентрация серебра, мышьяка, бария, кобальта, марганца, сурьмы, стронция, молибдена и ванадия была очень мала (ниже порога чувствительности используемого метода) (см. табл. 2).

Обсуждение результатов

Получение минеральных элементов человеком непрерывно связано с химическим составом пищи, воды и воздуха [1, 2, 9, 19]. В настоящее время из-за значительной миграции продуктов питания своеобразие территориального минерального фона населения определяется питьевой водой [5, 11]. Обмен минеральных элементов может нарушаться при недостаточном или избыточном поступлении их

Таблица 2

Результаты физико-химических исследований крови и питьевой воды

№ п/п	Определяемый компонент, мг/л	Диапазон измерения ИСП-АЭ	Кровь п = 25	Вода питьевая		
				Район 1	Район 2	Район 3
1	Серебро (Ag)	0,005–50	—	—	—	—
2	Алюминий (Al)	0,01–50	$3,35 \pm 0,17$	$0,82 \pm 0,09$	$0,64 \pm 0,06$	$0,38 \pm 0,07$
3	Мышьяк (As)	0,005–50	—	—	—	—
4	Бор (B)	0,01–15,0	$2,45 \pm 0,11$	—	—	—
5	Барий (Ba)	0,001–5,0	—	—	—	—
6	Бериллий (Be)	0,001–10	—	—	—	—
7	Кальций (Ca)	0,01–50	$71,7 \pm 8,2$	$0,18 \pm 0,04$	$0,28 \pm 0,07$	$0,39 \pm 0,06$
8	Кадмий (Cd)	0,001–10	$0,0275 \pm 0,001$	—	—	—
9	Кобальт (Co)	0,001–10	—	—	—	—
10	Хром (Cr) общ.	0,001–50	$0,429 \pm 0,012$	—	—	—
11	Медь (Cu)	0,001–50	$1,211 \pm 0,082$	—	—	—
12	Железо (Fe) общ.	0,05–50	$460,74 \pm 18,35$	$0,017 \pm 0,001$	$0,012 \pm 0,001$	$0,009 \pm 0,003$
13	Калий (K)	0,05–500	$1451,1 \pm 64,6$	$1,50 \pm 0,02$	$1,50 \pm 0,02$	$1,50 \pm 0,02$
14	Магний (Mg)	0,05–50	$37,67 \pm 2,44$	$0,018 \pm 0,001$	$0,023 \pm 0,001$	$0,026 \pm 0,001$
15	Марганец (Mn)	0,001–10	—	—	—	—
16	Молибден (Mo)	0,001–10	—	—	—	—
17	Натрий (Na)	0,05–500	$2074,8 \pm 58,3$	$13,0 \pm 0,6$	$13,0 \pm 0,6$	$13,0 \pm 0,6$
18	Никель (Ni)	0,001–10	$0,087 \pm 0,008$	—	—	—
19	Свинец (Pb)	0,001–10	$0,234 \pm 0,018$	—	$0,003 \pm 0,001$	$0,015 \pm 0,006$
20	Сурьма (Sb)	0,005–50	—	—	—	—
21	Селен (Se)	0,005–10	—	—	—	—
22	Кремний (Si)	0,05–5,0	$10,26 \pm 0,81$	$1,7 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$
23	Олово (Sn)	0,005–5,0	—	—	—	—
24	Стронций (Sr)	0,001–1,0	—	$0,0043 \pm 0,001$	$0,007 \pm 0,001$	$0,009 \pm 0,001$
25	Титан (Ti)	0,001–50	$0,106 \pm 0,067$	—	—	—
26	Таллий (Tl)	0,005–10	—	—	—	—
27	Ванадий (V)	0,001–50	—	—	—	—
28	Цинк (Zn)	0,005–50	$4,436 \pm 0,066$	—	$0,002 \pm 0,001$	$0,006 \pm 0,001$
29	Иттрий (Y)	0,001–10	—	—	—	—

Примечание. Знаком «—» отмечены результаты ниже порога чувствительности используемого метода.

в организм человека. В то же время обязательным условием нормальной жизнедеятельности человека является стабильность химического состава его организма. Несмотря на исключительную жизненную необходимость, минеральные вещества не синтезируются человеком и должны поступать из окружающей среды. При этом для нормального функционирования всех органов и систем человека крайне необходимо не только регулярное поступление в организм макро- и микроэлементов, но и правильное их соотношение. Так как в продуктах питания и питьевой воде содержание минеральных элементов может существенно различаться, что зависит от места проживания человека, могут возникать состояния, связанные как с избыточным, так и с недостаточным поступлением их в организм. В свою очередь, это отражается на физиологическом состоянии человека [17]. Так, известно, что отклонения в поступлении в организм макро- и микроэлементов, нарушение их соотношений могут снижать сопротивляемость организма, а следовательно, отражаться на способности человека к адаптации [1], что особенно важно для жителей высоких широт.

В связи с несоответствием подземных вод на водозаборе Кировска требованиям качества по содержанию алюминия и водородному показателю и была проведена оценка минерального состава крови у населения, употребляющего такую воду. Наиболее высокий уровень алюминия в воде и наименьшие концентрации кальция, магния, стронция, цинка и свинца были отмечены в центре города (район 1), а наименьшее содержание алюминия и несколько большие уровни кальция, магния, стронция и цинка обнаруживались по улице Олимпийской (район 3). В источниках литературы [17, 22] отмечено, что в процессе поступления алюминия в распределительную сеть он может выпадать в осадок и будет наблюдаться постепенное снижение его концентрации на протяжении системы водоснабжения.

Известно, что алюминий относится к группе не аккумулирующихся токсичных (примесных) элементов [9, 21], оказывающих отрицательное влияние на организм, которое появляется лишь при достижении пороговой концентрации. Полагают, что основная причина токсического действия алюминия связана с блокированием некоторых функциональных групп протеинов или же с вытеснением из некоторых ферментов ионов металлов, таких как медь и цинк [17].

Установленное снижение в крови содержания кальция у жителей Кировска не является значительным и ранее было нами выявлено у населения города Мончегорска, также находящегося в АЗ РФ, где уровень минерализации воды на порядок выше [12]. Поскольку концентрация магния в крови соответствует нормальным значениям для взрослых людей, это свидетельствует об отсутствии существенного дефицита двухвалентных макроэлементов у населения Кировска, что является чрезвычайно важным.

Известно, что кальций регулирует большое число внутриклеточных процессов: от митоза и рождения клеток до апоптоза и их гибели. От кальция зависит

появление потенциалов действия и электромеханическое сопряжение клеток. Кальций регулирует скорость многих жизненно важных внеклеточных процессов, например свертывание крови [14].

Следует заметить, что нормальный уровень магния в организме признан важнейшей константой, контролирующей здоровье человека. Только напрямую от магния зависит около 300 биохимических процессов, среди них цикл Кребса, синтез АТФ, обмен лактата, окисление жирных кислот и другие [9, 15]. Физиологический баланс магния является обязательным условием для устойчивого функционирования нервной системы человека, стабилизирует аппарат клеточного скелета нейронов, активизирует ферменты, регулирующие углеводный, белковый, липидный обмены, участвует в передаче генетической информации через продуцирование ДНК и РНК нуклеотидов [15]. Магний рассматривают как антистрессовый минерал, например, 10 минут стресса «сжигают» весь магний в организме [9]. ВОЗ классифицирует патологическое состояние «недостаточность магния» как заболевание, имеющее свой код по МКБ-10 (E 61.3).

Привлекает внимание тот факт, что в крови жителей Кировска был выявлен аномально высокий уровень бора, содержание которого в питьевой воде не было повышено. Информация о содержании бора представляет особый интерес в связи с тем, что при гиповитаминозе D3 бор осуществляет контроль за выработкой паратгормона паращитовидными железами, и повышение его концентрации способствует нормализации содержания магния и в меньшей степени кальция в крови [16, 21]. Можно предположить, что физиологическая концентрация двухвалентных элементов у населения Кировска удерживается за счет адаптационных механизмов (повышение концентрации бора). В такой ситуации оправдано употребление населением пищевых продуктов, богатых бором, например морской капусты, и витамином D. Следует заметить, что самым богатым пищевым источником витамина D является рыбий жир. Небольшие количества этого витамина содержатся в яичных желтках, молоке, масле, сметане, икре и печени животных. В некоторых странах его добавляют в маргарин. Витамин D обязательно входит в состав заменителей грудного молока (детские питательные смеси) и многих продуктов прикорма [9].

Содержание алюминия в крови незначительно превышало уровень этого элемента у жителей Мончегорска (2,54 мг/л). При этом содержание алюминия в питьевой воде Мончегорска почти в 15 раз было ниже [12]. Таким образом, уровень алюминия в питьевой воде оказывает незначительное влияние на концентрацию этого элемента в крови. По данным экспертов ВОЗ, алюминий, присутствующий в питьевой воде, вносит лишь небольшую долю в его оценочное суточное потребление человеком. Основная часть этого потребления связана с пищей, так как общее потребление алюминия оценивается в 88 мг на человека в сутки. Ежедневное потребление 2 л

воды, содержащей в среднем 0,6 мг/л алюминия, может обеспечить только 1,2 мг алюминия на человека в сутки, то есть менее 1 % суточного потребления.

Уровень кадмия в крови у жителей Кировска был в 5 раз ниже содержания этого элемента в других регионах [24].

Содержание хрома, меди и железа не отличалось от средних показателей для здоровых людей, приведенных в литературе [24]. Отсутствовали также какие-либо особенности содержания одновалентных макроэлементов (калий и натрий) в крови.

Уровень никеля в крови у обследованного контингента находился на нижней границе нормальных значений (0,08–0,12 мг/л).

Концентрация свинца в крови у обследованных жителей Кировска была выше рекомендованных значений (0,13 мг/л), однако ниже среднего реального содержания этого токсичного металла у городских жителей центральных районов России [23]. Следует подчеркнуть, что свинец является основным антропогенным поллютантом из группы тяжелых металлов, что можно объяснить высоким промышленным загрязнением и выбросами автомобильного транспорта, который работает на бензине. Токсическое действие свинца в основном обусловлено способностью образовывать связи с большим числом анионов — лигандов, к которым относятся сульфгидрильная группа, производные цистеина и фосфаты. Результатом присоединения свинца к ферментам является ингибирование их активности, например, ингибирование синтеза гемма, что является классическим примером метаболических эффектов токсического действия свинца [14].

Концентрация цинка определялась на уровне средних нормальных значений (2,5–8,0 мг/л).

Таким образом, употребление слабоминерализованной воды жителями Кировска не привело к существенному снижению концентрации кальция в крови при нормальном содержании в ней магния, что, вероятно, обеспечивается за счет стимуляции паращитовидных желез повышенным уровнем бора в крови. Несмотря на употребление слабоминерализованной воды, в крови у обследованных жителей не обнаружены признаки накопления тяжелых металлов. При повышенном содержании алюминия в питьевой воде уровень его в крови остается в пределах нормы.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № 19-05-50065 Микромир «Комплексная оценка воздействия микрочастиц в выбросах горных и металлургических предприятий Мурманской области на экосистемы и состояние здоровья населения Арктики»

Авторство

Никанов А. Н. разработал концепцию и дизайн исследования, принял участие в сборе первичных данных и анализе полученных результатов; Гудков А. Б. принял участие в написании первого варианта статьи, формулировании выводов; Попова О. Н. осуществила анализ

полученных данных, приняла участие в формулировании выводов; Смолина В. С. участвовала в редактировании текста статьи и написании первого ее варианта; Чашин В. П. принял участие в написании всех разделов статьи, утвердил окончательный ее вариант.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Никанов Александр Николаевич — SPIN 6838-5002; ORCID 0000-0003-3335-4721

Гудков Андрей Борисович — SPIN 4369-3372; ORCID 0000-0001-5923-0914

Попова Ольга Николаевна — SPIN 5792-0273; ORCID 0000-0002-0135-4594

Смолина Виктория Сергеевна — SPIN 7109-1313; ORCID 0000-0001-5871-2690

Чашин Валерий Петрович — SPIN 6989-1648; ORCID 0000-0002-2600-0522

Список литературы / References

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Марачев А. Г., Милованов А. П. Патология человека на Севере. М.: Медицина, 1985. 416 с.

Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Marachev A. G., Milovanov A. P. *Patologiya cheloveka na Severe* [Human pathology in the North]. Moscow, 1985, 416 p. [In Russian]

2. Агаджанян Н. А., Петрова Г. П. Человек в условиях Севера. М.: КРЭК, 1996. 208 с.

Agadzhanyan N. A., Petrova G. P. *Chelovek v usloviyakh Severa* [The man under northern conditions]. Moscow, 1996, 208 p. [In Russian]

3. Бобун И. И., Иванов С. И., Унгуряну 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.

Bobun I. I., Ivanov S. I., Unguryanu T. N., Gudkov A. B., Lazareva N. K. On the issue of regional normalization of chemicals in water as an example of the Arkhangelsk Region. *Gigiena i Sanitariya*. 2011, 3, pp. 91–95. [In Russian]

4. Бузинов Р. В., Кикун П. Ф., Унгуряну Т. Н., Ярыгина М. В., Гудков А. Б. От Поморья до Приморья: социально-гигиенические и экологические проблемы здоровья населения: монография. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2016. 397 с.

Buzinov R. V., Kiku P. F., Unguryanu T. N., Yarygina M. V., Gudkov A. B. *From Pomorie to Primorye: socio-hygienic and environmental problems of public health*. Arkhangelsk, Publishing house of the Northern State Medical University, 2016, 397 p. [In Russian]

5. Горбачёв А. Л. Элементный статус населения в связи с химическим составом питьевой воды // Микроэлементы в медицине. 2006. Т. 7, № 2. С. 11–24.

Gorbachov A. L. Elemental status of the population in connection with the chemical composition of drinking water. *Mikroelementy v meditsine* [Microelements in medicine]. 2006, 7 (2), pp. 11–24. [In Russian]

6. Горбачев А. Л. Некоторые проблемы биогеохимии северных территорий России // Микроэлементы в медицине. 2018. Т. 19, № 4. С. 3–9. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9

Gorbachev A. L. Some problems of biogeochemistry of the northern territories of Russia. *Mikroelementy v meditsine* [Microelements in medicine]. 2018, 19 (4), pp. 3–9. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-4-3-9. [In Russian]

7. 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 // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2019. Т. 16, № 2. С. 215–222. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222

Kovshov A. A., Novikova Yu. A., Fedorov V. N., Tikhonova N. A. Assessment of the risk of health disorders associated with drinking water quality in urban districts of the Arctic zone of the Russian Federation. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki* [Bulletin of the Ural Medical Academic Science]. 2019, 16 (2), pp. 215-222. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222. [In Russian]

8. Корчин В. И., Миняйло Л. А., Корчина Т. Я. Содержание химических элементов в водопроводной питьевой воде с различным уровнем очистки (на примере городов Ханты-Мансийского автономного округа) // Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6, № 2. С. 188–197.

Korchin V. I., Minyaylo L. A., Korchina T. Ya. The content of chemical elements in tap drinking water with different levels of purification (by the example of the cities of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug). *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Biomedical Research]. 2018, 6 (2), pp. 188-197. [In Russian]

9. Корчина Т. Я., Корчин В. И. Витамины и микроэлементы: особенности северного региона. Ханты-Мансийск: Изд. дом «Новости Югры», 2014. 516.

Korchina T. Ya., Korchin V. I. *Vitamins and microelements features of the northern region*. Khanty-Mansiysk, 2014, 516 p. [In Russian]

10. Луговая Е. А., Степанова Е. М. Особенности питьевой воды Магадана и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2016. № 3. С. 241–246.

Lugovaya Ye. A., Stepanova Ye. M. Features of drinking water in Magadan and public health. *Gigiyena i Sanitariya*. 2016, 3, pp. 241-246. [In Russian]

11. Миняйло Л. А., Корчина Т. Я., Корчин В. И. Корреляционные связи между содержанием химических элементов в волосах у жителей Нягани и Нефтеюганска и их концентрацией в питьевой воде // Медицинская наука и образование Урала. 2019. № 3. С. 19–24.

Minyaylo L. A., Korchina T. Ya., Korchin V. I. Correlation links between the content of chemical elements in the hair of residents of Nyagan and Nefteyugansk and their concentration in drinking water. *Meditsinskaya nauka i obrazovaniye Urala* [Medical Science and Education of the Urals]. 2019, 3, pp. 19-24. [In Russian]

12. Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Серпов В. Ю., Ревзин Л. С. Влияние среды проживания на накопление тяжёлых металлов в организме детей Кольского Заполярья. Проблемы гигиенической безопасности и управления факторами риска для здоровья населения // Научные труды Федерального научного центра гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. 2004. № 14. С. 371.

Nikanov A. N., Krivosheev Yu. K., Serpov V. Yu., Revzin L. S. The influence of the living environment on the accumulation of heavy metals in the body of children in the Kola Polar region. Problems of hygienic security and risk management for public health. *Nauchnye trudy Federal'nogo nauchnogo tsentra gigieny im. F. F. Erismana* [Proceedings of the Federal Research Center of Hygiene them. F. F. Erisman]. 2004, 14, p. 371. [In Russian]

13. СанПин 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Постановление Министерства здравоохранения РФ № 24 от

26.09.01. Дата введ. 1 янв. 2002 г. URL.: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения: 01.12.2020).

SanPin 2.1.4.1074–01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Resolution of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 24 dated 26.09.01. Date entered 1 jan. 2002 year. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (accessed: 01.12.2020). [In Russian]

14. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: ОНИКС 21 век; МИР, 2004. 215 с.

Skalny A. V. *Chemical elements in human physiology and ecology*. Moscow, 2004, 215 p. [In Russian]

15. Старостин И. В. Место магния в терапии сердечно-сосудистых заболеваний // Кардиология. 2012. Т. 52, № 8. С. 83–88.

Starostin I. V. The place of magnesium in the therapy of cardiovascular diseases. *Kardiologiya*. 2012, 52 (8), pp. 83-88. (In Russian).

16. Adams J. S., Hewiston M. Update in vitamin D. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2010, 26 (1), pp. 21-28.

17. Aluminium in Drinking-water. World Health Organization, Geneva, 2003.

18. Bouchard M. F., Sauve S., Barbeau B. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. *Environ Health Perspect*, 2011, 119 (1), pp. 138-143.

19. Carneiro M. F. H., Moresco M. B., Chagas G. R. Assessment of trace elements in scalp hair of a young urban population in Brazil. *Biological trace elements research*. 2011, 143 (2), pp. 815-824.

20. Chashchin V., Kovshov A. A., Thomassen Y., Sorokina T., Gorbanev S. A., Morgunov B., Gudkov A. B., Chashchin M., Sturlis N. V., Trofimova A., Odland J., Nieboer E. Health Risk Modifiers of Exposure to Persistent Pollutants among Indigenous Peoples of Chukotka. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020, 17 (128). Doi:10.3390/ijerph17010128

21. Holick M. F. The vitamin D deficiency pandemic: approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 2017, 18, pp. 153-165.

22. Kvecsh S., Edwards M. Solubility controls on aluminum in drinking water at relatively low and high pH. *Water Research*. 2002, 36 (17), pp. 4356-68. Doi: 10.1016/s0043-1354(02)00137-9

23. Rapant S., Cvecková V., Fajčíková K. Chemical composition of groundwater/drinking water and oncological disease mortality in Slovak Republic. *Environmental Geochemistry and Health*. 2017, 39 (1), pp. 191-208. DOI. org/10.3390/ijerph14030278

24. Skalny A. V., Skalnaya M. G., Serebryansky E., Tinkov A. A. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environmental monitoring and assessment*. 2015, 187 (11), pp. 1-8.

25. Zhang W., Iso H., Ohira T. et al.. Associations of dietary magnesium intake with mortality from cardiovascular disease: the JACC study. *Atherosclerosis*. 2012, 221, pp. 587-595.

Контактная информация:

Гудков Андрей Борисович — доктор медицинских наук, профессор, зав кафедрой гигиены и медицинской экологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51
E-mail: gudkovab@nsml.ru