

ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 556.314, 556.315, 556.388

doi: 10.23968/2305-3488.2020.25.4.3-15

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Колубаева Ю. В., Иванова И. С.

PROBLEMS OF USING SOURCES OF DECENTRALIZED WATER SUPPLY IN THE SOUTH OF THE TOMSK REGION

Kolubaeva Yu. V., Ivanova I. S.

Аннотация

Введение. Источники нецентрализованного водоснабжения являются важнейшим ресурсом питьевых вод для жителей сельской местности. Как правило, водоотбор из них осуществляется с небольших глубин, что делает воду наиболее уязвимой с точки зрения загрязнения. Специфика данного вида водопользования заключается в отсутствии какой-либо предварительной водоподготовки. Постоянное использование для питьевых нужд подземных вод, показатели химического и микробиологического состава которых никак не контролируются и могут не соответствовать установленным для них нормам качества, в конечном итоге может привести к негативным последствиям для здоровья местного населения. Все это и определяет актуальность проводимых исследований на примере территории Томского района Томской области. **Методы.** Оценка качества подземных вод осуществлялась путем сравнения концентраций веществ в исследуемых пробах воды с фоновыми содержаниями, установленными для данной территории, по нормам СанПиН и микробиологическим показателям. Вызванное хозяйственной деятельностью изменение химического и микробиологического состава исследуемых вод по сравнению с естественным (фоновым) для этой территории состоянием и санитарно-гигиеническими нормами принималось за «загрязнение». **Результаты.** По результатам исследований химического состава вод установлены высокие концентрации следующих компонентов: общая жесткость, Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , Fe и Mn. Для NO_3^- , Fe и Mn наблюдается многократное превышение не только относительно фоновых значений, но и предельно допустимых концентраций для питьевых вод. Микробиологический анализ показал большую численность микроорганизмов, относящихся к различным физиологическим группам, что свидетельствует о высокой степени бактериального загрязнения вод. Указаны возможные причины поступления компонентов-загрязнителей в воды. Приведен краткий обзор неблагоприятного воздействия на организм человека. **Заключение.** В целях предотвращения возможного негативного влияния избыточных содержаний компонентов химического состава вод на здоровье местного населения при их использовании рекомендована предварительная водоподготовка с применением доступных способов обработки.

Ключевые слова: подземные воды, нецентрализованное водоснабжение, химический и микробиологический состав, загрязнение вод.

Abstract

Introduction. Sources of non-centralized water supply are the most important resource of drinking water for the population of rural areas. As a rule, water is taken from small depths, which makes it vulnerable to pollution. This type of water use is characterized by the absence of any preliminary water treatment. The constant use of groundwater for drinking can negatively affect the health of the local population since the indicators of its chemical and microbiological composition are not controlled in any way and do not always meet the quality standards. All this determines the relevance of the research conducted in the territory of the Tomsk District (Tomsk Region). **Methods.** Groundwater quality was assessed by comparing the concentrations of substances in the studied water samples with the background values established for the given territory in relation to Sanitary Norms and Regulations as well as microbiological indicators. Changes in the chemical and microbiological composition of the studied water, caused by economic activity, were taken as "pollution" as compared to the natural (background) state for this territory as well as sanitary and hygienic standards. **Results.** According to the results of studying the chemical composition of water, high levels of the following components were observed: total hardness, Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , Fe, and Mn. As for NO_3^- , Fe, and Mn, their concentrations exceed manifold not only the background values but also the maximum allowable concentrations for drinking water. Microbiological analysis showed a large number of microorganisms from various physiological groups, which indicates a high degree of bacterial contamination of water. We present possible reasons for the input of pollutants into the water and review briefly the adverse health effects. **Conclusion.** In order to prevent the possible negative impact of excessive contents of various components in the chemical composition of water on the health of the local population, preliminary water treatment using available methods is recommended. **Keywords:** Groundwater, non-centralized water supply, chemical and microbiological composition, water pollution.

Введение

Как известно, водоснабжение жителей сельской местности, садово-огороднических товариществ, поселков коттеджного типа осуществляется в основном за счет подземных источников питьевого нецентрализованного водоснабжения, таких как родники, колодцы, одиночные скважины. При этом число последних увеличивается с каждым годом, и вряд ли нужно говорить о том, что такие источники являются важнейшим ресурсом питьевой воды для перечисленной категории граждан.

Достаточно привести данные из государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Томской области в 2019 году», по которым 5 % населения использует для хозяйственно-бытовых целей питьевую воду нецентрализованных источников [29]. Специфика данного вида водопользования заключается в том, что, как правило, эти воды применяются без предварительной подготовки. При этом ни для кого не секрет, что именно такие источники водоснабжения наиболее уязвимы с точки зрения загрязнения, поскольку водоотбор осуществляется с небольших глубин, отсутствуют зоны санитарной охраны, нередко сельские жители на своих территориях используют органические и минеральные удобрения, содержащие азот в виде его органических и неорганических соединений, в результате чего в подземную воду попадают нитраты. При использовании этих вод человек, не имея результатов лабораторных исследований, не может распознать опасность, так как вода не имеет постороннего вкуса или запаха. Наряду с нитратами в воды нецентрализованных систем водоснабжения могут попадать и другие опасные вещества, а также микроорганизмы.

Согласно данным [29] в 2019 г. в Томской области из 319 учтенных источников нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения 61,4 % не соответствовали санитарным нормам и правилам. По результатам лабораторного контроля доля проб воды из нецентрализованных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, не соответствующих требованиям по санитарно-химическим показателям, в 2019 году составила 54,5 % (в 2017 — 41,5, 2018 — 34,6), по микробиологическим показателям — 20,1 % (в 2017 — 2,5, 2018 — 14,4). Таким образом,

по опубликованным в государственных докладах данным за предыдущие годы (2017–2019) отсутствуют статистически значимые тенденции в повышении качества и безопасности питьевой воды данного вида водоснабжения.

В этой связи вопрос изучения качества питьевых подземных вод нецентрализованных источников водоснабжения на примере Томского района (как наиболее густонаселенного и нагруженного различными видами производств района Томской области) носит не случайный характер (рисунок). Кроме того, многолетний анализ ре-

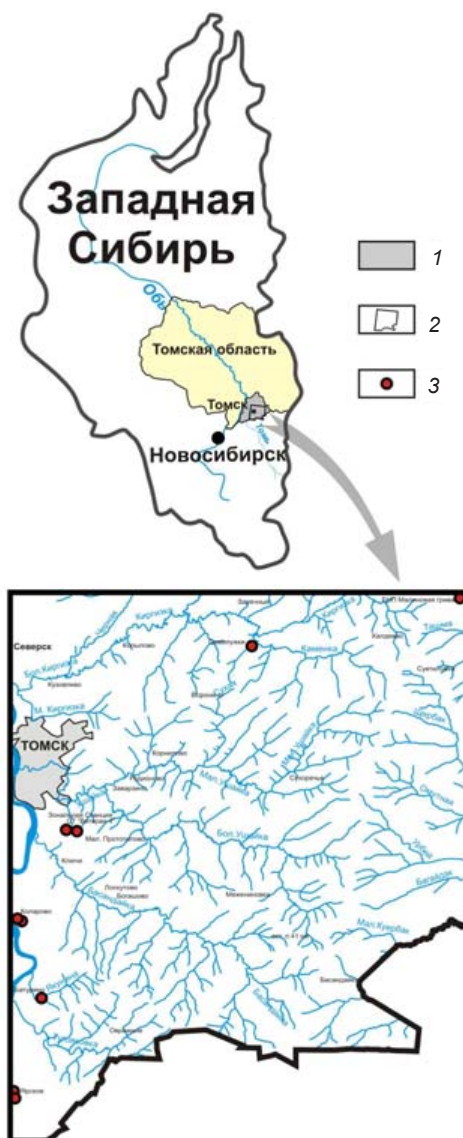


Схема гидрогеохимического опробования на территории Томского района Томской области: 1 — Томский район; 2 — участок исследований; 3 — точки опробования

зультатов исследований питьевых вод подземных источников свидетельствует о природном химическом загрязнении и несоответствии качества этих вод нормируемым показателям. Присущие исходным природным водам (не испытывающим техногенного воздействия) высокие концентрации железа, марганца, в ряде случаев кремния, показателей общей жесткости и перманганатной окисляемости, местами аммония практически не снижаются перед использованием потребителем из-за отсутствия водоподготовки. Избыточные содержания компонентов-загрязнителей при постоянном использовании вод ненадлежащего качества могут оказывать негативное влияние на организм человека [21, 34]. Таким образом, изучение химического и микробиологического состава данных вод в целях выявления возможных компонентов-загрязнителей особенно актуально.

Краткая характеристика района исследований. Исследуемый район в ландшафтном отношении относится к подтаежной подзоне таежной зоны и характеризуется гумидным климатом с годовым количеством осадков от 400 до 570 мм [16]. В гидрогеологическом отношении в зависимости от геологического строения, структурных особенностей и характера циркуляции вод в пределах района исследований выделяется два водоносных комплекса: 1) водоносный комплекс рыхлых мезо-кайнозойских относительно мало-мощных отложений (порово-пластовые воды), сложенный глинами, песками и их разностями; 2) водоносный комплекс древнего фундамента палеозойских отложений (трещинные подземные воды), представленный осадочными, вулканогенными и метаморфическими породами,

которые обводнены преимущественно в верхней трещиноватой зоне [16].

Материалы и методы исследований

Отбор проб подземных вод (9 образцов) нецентрализованных источников водоснабжения (родников, колодцев, частных скважин) территории Томского района Томской области осуществлялся в летний меженный период (табл. 1). Химический и микробиологический состав исследовался в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета. Для проведения полного химического анализа применялись методы титриметрии, потенциометрии, фотоколориметрии, кондуктометрии, пламенной фотометрии, турбидиметрии, ионной хроматографии, инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием аттестованных методик, включенных в федеральный информационный фонд. Определение органического углерода выполнялось методом высокотемпературного термодаталитического окисления (анализатор vario TOC, Elementar). Отбор проб для микробиологических исследований осуществлялся в стерильные стеклянные флаконы, соблюдая правила асептики, с последующей транспортировкой в сумке-холодильнике для обеспечения температурного режима. Методика микробиологического анализа предполагала определение микроорганизмов, участвующих в геохимическом цикле органического углерода, азота, серы и железа. Для выявления различных физиологических групп микроорганизмов применялись классические методики, принятые в общей микробиологии, которые основаны

Таблица 1

Характеристика водопунктов района исследований

№ п/п	Номер пробы	Географическая привязка	Тип водопункта	Примечания
1	334Д	с. Коларово	Родник	Обустроенный, воду пьют без кипячения
2	335Д	с. Коларово	Скважина частная, глубина 13,5 м	Воду пьют без кипячения
3	336Д	с. Ярское	Родник	Каптированный, воду пьют без кипячения
4	337Д	с. Ярское	Скважина частная, глубина 18,5 м	Вода имеет рыжий цвет, воду отстаивают, перед применением кипятят
5	338Д	с. Батурино	Колодец, глубина 6 м	Бетонный каптаж, воду пьют без кипячения
6	339Д	СТ «Ветеран 4»	Колодец, глубина 4,5 м	Воду используют для полива
7	340Д	СТ «Ветеран 4»	Скважина центральная, глубина 120 м	Воду пьют без кипячения
8	341Д	с. Семилужки	Колодец	Воду пьют без кипячения
9	342Д	БНП Малиновая грива	Скважина частная, глубина 45 м	Воду пьют без кипячения

на использовании элективных (избирательных) питательных сред [4, 6, 7, 24, 27]. Изучаемые группы бактерий, не регламентируемые нормативными документами, авторы данной работы использовали в качестве критерия оценки экологического состояния вод, поскольку именно микроорганизмы являются наиболее чувствительными индикаторами состояния окружающей среды [21]. Их биогеохимические характеристики и экологическое значение детально рассмотрены в работе [23].

Оценка качества подземных вод осуществлялась путем сравнения показателей содержания веществ в исследуемых пробах воды с данными, накопленными за годы многолетних исследований, отвечающими средним условиям, характерным для данной территории (то есть по фоновым концентрациям) [16, 30, 39, 46], а также по нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [32] и микробиологическому составу. Таким образом, к «загрязненным» водам были отнесены воды с измененными физическими, химическими и микробиологическими показателями и свойствами по сравнению с естественным для этой территории состоянием, а также санитарно-гигиеническими нормами.

Результаты и их обсуждение

Результаты изучения химического состава вод (табл. 2) показали, что по составу все исследованные подземные воды являются пресными (общая минерализация колеблется от 423 до 788 мг/л), нейтральными и слабощелочными (рН составляет 7,2–8,5), от умеренно жестких до очень жестких (величина общей жесткости изменяется от 5,1 до 10,7 мг-экв/л), преимущественно гидрокарбонатными кальциевыми. Но наблюдаются также воды со смешанным анионно-катионным составом (пробы 338Д, 340Д и 342Д).

В химическом составе исследуемых вод присутствуют макрокомпоненты, содержание которых многократно превышает не только естественный фон для данной территории (SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+), но и действующие для них санитарно-гигиенические нормативы (NO_3^-). При фоновых концентрациях SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ 5–10 мг/л наблюдается их превышение в 5–10 раз; K^+ — почти в 10 раз при фоновом

значении 1,6 мг/л. Особенно обращают на себя внимание концентрации NO_3^- , превышающие фоновые значения (0,4 мг/л) вплоть до сотен раз. При этом относительно ПДК (45 мг/л) концентрации NO_3^- также значительно превышены (174 мг/л > 3 ПДК в пробе 338Д). Так, в пробе 338Д содержание последнего настолько высоко, что он входит в формулу ионно-солевого состава, доля NO_3^- в анионном составе вод достигает 28,7 экв-%. Кроме того, в рассматриваемой пробе, наряду с высокими концентрациями NO_3^- , наблюдаются повышенные содержания SO_4^{2-} и Cl^- , их доли в процентном соотношении также растут.

Для проб воды 335Д и 341Д наблюдается аналогичная картина. Во всех трех перечисленных пробах вод отмечаются наивысшие концентрации иона Ca^{2+} , что обуславливает наличие высоких значений (выше ПДК) показателя общей жесткости. Известно, что в природных водах (за исключением некоторых видов рассолов и вулканических вод) соотношение Na/K всегда превышает 6–10. Данные табл. 2 показывают, что для пробы 338Д наблюдается изменение этого соотношения за счет высокой концентрации K^+ , составляя при этом 1,7. Все это явное свидетельство загрязнения исследуемых вод.

При этом согласно [8] степень и характер техногенного воздействия на подземные воды определяются изолированностью источника водоснабжения от дневной поверхности. Так, при анализе состава вод более глубоких горизонтов (палеогенового и каменноугольного возрастов) авторы работы [8] делают вывод о более высокой степени защищенности вод от техногенного воздействия по сравнению с водами четвертичных отложений, к которым, как правило, и приурочены подземные воды источников нецентрализованного водоснабжения.

Наряду с повышенными содержаниями перечисленных элементов макрокомпонентного состава вод, санитарно-гигиенические нормативы превышают также Fe общее и Mn . При этом уровень их содержания по сравнению с SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ и NO_3^- в меньшей степени определяется действием антропогенных факторов. Так, в исследованиях ряда авторов [3, 11, 12, 17, 25, 28, 31, 37, 38] показано, что пресные подземные воды Западно-Сибирского региона повсеместно

Химический состав подземных вод источников нецентрализованного водоснабжения района исследований

Компонент раствора	334Д	335Д	336Д	337Д	338Д	339Д	340Д	341Д	342Д	ПДК	Фон*
pH (лабораторное)	8,0	7,3	8,0	7,2	8,5	7,9	7,6	7,6	7,6	6-9	7,4
Об. ж, мг-экв/л	5,1	10,7	6,7	5,3	8,0	5,2	5,3	8,9	5,7	7	5,9
CO ₂ , мг/л	9,7	19,4	8,8	14,1	<4	11,4	9,7	13,2	9,7		12,7
HCO ₃ ⁻ , мг/л	317	464	409	329	220	281	427	420	378		375
SO ₄ ²⁻ , мг/л	0,5	50	5,0	<0,1	83	10,7	<0,1	36	1,7	500	5,8
Cl ⁻ , мг/л	5,9	49	10	0,5	43,3	7,6	1,5	22	0,6	350	5,0
Ca ²⁺ , мг/л	81	190	106	86	132	88	76	148	78		93
Mg ²⁺ , мг/л	12	14	17	12	17	9	18	18	22		14
Na ⁺ , мг/л	6,1	19	13	7,2	26	6,9	47	8,7	19	200	11
K ⁺ , мг/л	0,4	1,9	0,7	0,7	15	2,5	1,3	0,6	0,4		1,6
NO ₂ ⁻ , мг/л	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	3,0	0,05
NO ₃ ⁻ , мг/л	0,14	91,7	7,6	<0,1	174	25,8	<0,1	61	<0,1	45	0,4
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,19	0,33	0,09	0,53	0,13	0,17	0,73	0,16	0,17	2,5	0,5
PO ₄ ³⁻ , мг/л	0,3	<0,05	0,24	0,05	0,8	0,12	0,13	0,06	0,08	3,5	
Ок. перм.**, мгО ₂ /дм ³	<0,25	1,7	<0,25	3	2,1	1,6	0,9	0,5	0,7	5,0	
ХПК***, мгО ₂ /дм ³	6	10,5	4	4,6	11,9	5,3	5,3	4,5	8,8	15	
Si, мг/л	4,8	4,1	4,0	6,5	3,4	2,0	7,5	3,9	4,4	10	5,3
Сорг, мг/л	2,1	2,7	4,2	2,4	4,3	2,9	2,9	1,6	1,7		
Fe общ, мг/л	0,01	0,3	0,04	15,5	0,1	0,13	0,9	0,04	0,34	0,3	0,5
M****, мг/л	423	788	561	436	549	406	571	653	500		507
I общ, мкг/л	3,2	28	4,3	4,5	3,4	6,1	13	19	28		
F, мкг/л	140	90	230	260	80	140	80	190	160	700-1500	230
Mn, мкг/л	<5	1700	25	300	<5	8,4	1200	<5	820	100	100
Zn, мкг/л	9,1	3,7	2,6	11	9,7	36	1,9	9,7	3,4	5000	12
Pb, мкг/л	0,54	0,24	0,31	0,63	0,3	0,57	0,3	0,31	0,25	30	1,4
Cu, мкг/л	1,9	2,1	2,0	8,2	2,3	3,7	1,8	1,8	2,6	1000	0,8
As, мкг/л	0,7	1,3	0,5	11	0,8	13	0,8	0,5	0,5	50	5,1
Al, мкг/л	2	16	4,3	170	19	168	50	48	180	500	85
Формула ионно-солевого состава	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ -NO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca-Na-Mg	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca-Mg		

*Фон — значения содержаний веществ, накопленные за годы многолетних исследований [16, 30]. **Ок. перм. — окисляемость перманганатная. ***Химическое потребление кислорода. ****M — общая минерализация; жирным выделены концентрации компонентов, превышающие ПДК [32] для питьевых вод.

содержат повышенные концентрации Fe общего и Mn, превышающие санитарно-гигиенические нормативы нередко в десятки, а для Fe общего — даже в сотни раз. Согласно [19] формированию на изучаемой территории региональной гидрогеохимической провинции с повышенным содержанием этих элементов способствовали естественные геохимические процессы изменения химического состава пресных подземных вод в течение длительного геологического периода.

По данным исследований [34] Fe и Mn отнесены к приоритетным веществам, содержащимся в подземной воде, имеющим коэффициент опасности для здоровья человека более 0,05. При этом среди химических веществ вклад железа в суммарную величину коэффициента опасности достигает порядка 50 %.

Таким образом, анализ химического состава вод (см. табл. 2) показал, что из девяти изученных проб только воды пробы 334Д характери-

зуются отсутствием в их составе веществ в концентрациях, превышающих фоновые значения для данной территории и установленные для них ПДК в питьевых водах. В пробах 336Д и 339Д превышений относительно нормативов не обнаружено, но концентрации нитратов значительно выше фоновых показателей. В остальных пробах наблюдаются превышения относительно норматива по величине общей жесткости, нитратам, железу и марганцу. Вместе с тем, обнаруженные выше фоновых значений концентрации сульфатов и хлор-иона находятся в положительной корреляционной зависимости с максимально обнаруженными концентрациями нитратов и общей жесткости. Накопление нитратов, сульфатов и хлоридов в водах связано с их антропогенным загрязнением, а именно: с несанкционированными свалками, сточными водами и отходами человеческой деятельности, с выгребными ямами или банями, с обустройством частной скважины или колодца неподалеку от массовых захоронений, с завышенной концентрацией удобрений для роста огородных культур, с недопустимо близким соседством источника водоснабжения с частным туалетом и т. д. По сравнению с перечисленным уровни накопления железа и марганца в водах в меньшей степени определяются действием антропогенных факторов. Обогащению подземных вод этими компонентами могли способствовать естественные природные условия. Об этом, в частности, свидетельствует слабая связь их повышенных содержаний с максимальными значениями нитратов, сульфатов, хлора и общей жесткости (табл. 2).

Как известно, именно с питьевой водой человек получает до 25 % суточной потребности организма в химических веществах, имеющих высокую биологическую ценность. В то же время использование в питьевых целях воды, содержащей химические вещества в концентрациях сверх норматива, может стать причиной возникновения проблем со здоровьем, в частности, различного рода неинфекционных патологий. Исследования в этом направлении на протяжении многих лет ведутся российскими и зарубежными учеными. Работы, опубликованные в последние годы, свидетельствуют об актуальности и значимости данной проблемы. Однако полученные результаты не всегда позволяют сделать одно-

значные выводы. Так, по мнению авторов работы [15], данные о влиянии жесткости питьевой воды на заболеваемость населения бывают весьма противоречивыми. В частности, в кратком обзоре по этой тематике приводятся данные исследований зарубежных авторов [35, 41, 42, 45], по которым было установлено, что частота сердечно-сосудистых заболеваний, ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда ниже при большей жесткости. Здесь же упоминается, что другим авторам [43, 44] подтвердить такую взаимосвязь жесткости в отношении заболеваний сердца и сосудов не удалось. Далее отмечается вклад российских гигиенистов в изучение этой проблемы, давно обративших внимание на различные виды нарушений состояния здоровья у населения, проживающего в регионах с высокой жесткостью питьевой воды [5, 22]. В частности, в [5] показано, что с увеличением этого показателя наблюдался рост заболеваемости сахарным диабетом и всеми формами рака, а также болезней системы кровообращения, органов пищеварения, мочеполовой и костно-мышечной систем. В работе [22] было показано, что на территориях, где жесткость питьевой воды превышает 10 мг-экв/л, отмечаются наибольшие уровни заболеваемости желчно-каменной и мочекаменной болезнями, остеоартрозами и солевыми артропатиями. По данным исследований самих авторов работы [15], были выявлены достоверные прямые корреляционные связи жесткости питьевой воды с болезнями органов дыхания, желчного пузыря и желчных путей у детей, а также ишемической болезнью сердца, цереброваскулярными болезнями и сахарным диабетом у взрослых.

Неблагоприятное воздействие на многие системы организма могут оказывать нитраты, а именно приводить к снижению сопротивляемости организма к действию канцерогенов и различных факторов, вызывающих наследственные изменения [13, 36, 40]. Потенциальная токсичность нитратов связана с их гипоксическим действием, они при определенных обстоятельствах могут окисляться до нитритов, которые могут приводить к метгемоглобинемии (заболеванию при котором метгемоглобин не способен переносить кислород), а их конечное звено превращений в организме — нитрозоамины — обладают канцерогенными свойствами [2, 10].

Выявлено, что длительное употребление воды с повышенным содержанием железа способствует развитию у детей атопического дерматита и реактивной артропатии, а также экземы; у подростков — болезни крови и кроветворных органов, реактивных артропатий, гастрита и дуоденита; у взрослых — стенокардии, цереброваскулярных болезней, сахарного диабета, гастрита, дуоденита и болезни печени [9]. Употребление вод с повышенным содержанием марганца может привести к нарушению функционирования центральной нервной системы, что проявляется в утомляемости, сонливости, ухудшении функций памяти [1].

Считается, что сульфаты не токсичны для человека, но превышение их содержания может ухудшать органолептические свойства воды, придавая ей солоноватый вкус. Эти вещества могут приводить к расстройству желудочно-кишечного тракта. По данным исследований по влиянию биохимических факторов на развитие мочекаменной болезни на примере регионов Таджикистана, представленных в работе [14], установлена взаимосвязь высоких содержаний хлоридов и сульфатов с ростом заболеваемости почечно-каменной болезнью. Именно поэтому предельно допустимая концентрация сульфатов строго регламентируется.

Этот список можно было бы продолжить, однако это не является целью данного исследования. Мы лишь привели краткий перечень обнаруженных случаев влияния повышенных концентраций компонентов химического состава питьевых вод на развитие заболеваний неинфекционного характера. Можно также добавить, что наличие в воде избыточных содержаний сульфатов, железа, общей жесткости, не являясь непосредственной причиной нарушения здоровья, может существенно ухудшить органолептические свойства воды, а следовательно, и ее потребительские качества.

Принимая во внимание, что исследуемые нами воды используются населением в хозяйственно-питьевых целях, как правило, без какой-либо водоподготовки, наряду с изучением их химического состава, актуальным вопросом является оценка их эпидемиологической безопасности. Изучение физиологических групп микроорганизмов-индикаторов химического и микробного

загрязнения, их численности — неотъемлемая часть исследования качества питьевых вод.

При проведении микробиологических исследований были выявлены различные физиологические группы микроорганизмов (табл. 3), способствующие разложению органических и минеральных веществ в водах. Установлено, что микробиологический состав изучаемых природных вод представлен как аллохтонной, так и автохтонной микрофлорой в различном количественном соотношении. Наличие аллохтонной микрофлоры — мезофильных сапрофитов, связанных с физиологическими процессами человека, в родниках, колодцах и неглубоких скважинах зависит от посещаемости населением, наличия и технического состояния каптажных устройств, труб, глубины самого колодца или скважины и их защищенности от просачивания хозяйственно-бытовых стоков. Данные микроорганизмы, являющиеся показателем наличия в водах условно патогенной (фекальной) микрофлоры, выявлены в водах всех исследуемых питьевых источников и многократно превышают существующие санитарные нормы (100 кл/мл) [33]. Это указывает на то, что исследуемые воды не безопасны в эпидемиологическом отношении при использовании для питьевых нужд. Максимальные количества мезофильных сапрофитов характерны для вод с высокими показателями нитратов и ХПК (см. табл. 2), отобранных из родника в с. Коларово и из колодца в с. Батурино. В двух пробах 337Д (скважина, с. Ярское) и 342Д (скважина, Малиновая грива) обнаружен протей, обитающий в кишечнике человека и животных, а также на коже и слизистых оболочках. Бактерии этого рода могут быть выявлены в различных средах с неблагоприятной санитарной обстановкой, вызванной, как правило, протеканием гнилостных процессов. Среди изученных вод лишь одна проба, отобранная из колодца глубиной 4,5 м (339Д), оказалась безопасной в эпидемиологическом отношении, однако данную воду используют лишь для полива участка.

Наиболее высокие содержания характерны для автохтонной микрофлоры, представленной главным образом олиготрофами, психрофильными сапрофитами и нефтеокисляющими бактериями, участвующими в геохимическом цикле углерода. Данные группы микроорганизмов

Таблица 3

Микробиологический состав подземных вод источников нецентрализованного водоснабжения района исследований

Номер пробы	Физиологические группы бактерий									
	Мезофильные сапрофиты, кл/мл	Психрофильные сапрофиты, кл/мл	Олиготрофы, кл/мл	Индекс олиготрофности	Железо-окисляющие гетеротрофные, кл/мл	Нефте-окисляющие, кл/мл	Нитрифицирующие, кл/мл	Денитрифицирующие, кл/мл	Сульфат-восстанавливающие, кл/мл	Тионовые автотрофные, кл/мл
334Д	4880	28200	71 200	2,52	80	3680	10	100	0	0
335Д	16 300	41 400	193 380	4,67	290	10 620	0	100	10	10
336Д	350	14 400	13 800	0,96	60	10 800	10	10	0	0
337Д	Протея	2830	2990	1,06	0	270	0	1000	10	0
338Д	20 010	8850	18 500	2,09	70	2820	100	100	0	0
339Д	0	220	4040	18,36	170	3620	10	10	100	10
340Д	3710	2500	29 200	11,68	180	420	0	100	100	0
341Д	4300	11 270	14 150	1,26	150	1920	100	10	100	0
342Д	Протея	6360	600	0,09	0	5400	0	100	1000	0

участвуют в деструкции органических веществ и обезвреживании бактериальных загрязнений. В формировании качества вод также участвуют гетеротрофные железоокисляющие, сульфатвосстанавливающие, нитрифицирующие и денитрифицирующие бактерии.

Среди перечисленных групп микроорганизмов во всех пробах исследуемых вод присутствуют олиготрофы и психрофильные сапрофиты. Олиготрофы наиболее приспособлены к жизни в условиях низкого содержания питательных органических веществ в среде обитания, являются доминирующими, а их количество изменяется от 600 до 193 380 кл/мл. Психрофильные сапрофиты распространены менее (от 220 до 41 400 кл/мл), что обусловлено низкими концентрациями органического вещества в исследуемых водах (табл. 2). Максимальные количества микроорганизмов обеих групп обнаружены в пробах, отобранных в частном секторе из родника и скважины в с. Коларово.

Изучение микроорганизмов геохимического цикла азота показало, что основное участие в нем принимали нитрифицирующие и денитрифицирующие бактерии. Их численность в целом невысока. При этом денитрифицирующие бактерии, деятельность которых связана с восстановлением нитратов и нитритов до аммония и свободного азота, по численности превосходят нитрифицирующие, жизнедеятельность которых связана с удалением аммиака из окружающей

среды. Максимальные значения содержаний нитрифицирующих бактерий отмечены в водах колодцев с высоким содержанием нитратов в селах Батурино и Семилужки.

Во всех опробованных водах было выявлено присутствие активных форм нефтеокисляющих бактерий, являющихся деструкторами нефти и ее дериватов. При благоприятных условиях в процессе своей жизнедеятельности эти бактерии могут разрушать нефть до углекислого газа и воды. Известно, что в незагрязненных нефтепродуктами водах содержание этих бактерий не должно превышать 4 % от общего количества микробов [26]. Так, превышение этой величины отмечено в водах родника, расположенного в с. Ярское, неглубоких колодцах в с. Батурино и «Ветеран 4» и в частной скважине на территории БНП Малиновая грива.

Более чем в половине случаев изученных вод были обнаружены сульфатвосстанавливающие бактерии, которые в качестве источника кислорода используют сульфаты. Присутствие этих бактерий в воде может отрицательно сказываться на ее органолептических свойствах, поскольку их деятельность связана с выделением в окружающую среду сероводорода. Количество сульфатвосстанавливающих бактерий в водах невелико, так как ограничивающим фактором является наличие кислорода в водах, но среди всех исследуемых вод резко выделяется проба воды, отобранная в БНП Малиновая грива, где количество

сульфатвосстанавливающих бактерий увеличивается в 10 раз и составляет 1000 кл/мл.

Помимо бактерий, участвующих в круговороте серы, в подземных водах присутствуют железоокисляющие бактерии (от 60 до 290 кл/мл), использующие в качестве источника энергии железосодержащее органическое вещество [7]. Данные бактерии активно участвуют в круговороте железа, способствуя его выходу из органоминеральных комплексов и, как следствие, его переходу в гидроокисную форму, которая откладывается на стенках каптажных устройств, способствуя развитию патогенных микроорганизмов (кишечная палочка, гнилостные бактерии) [20].

Тионовые бактерии являются спутниками сульфатвосстанавливающих бактерий и обнаружены в водах родника в с. Коларово и в колодце «Ветеран 4» в минимальных количествах (10 кл/мл).

На основе выполненного микробиологического анализа определено экологическое состояние питьевых источников нецентрализованного водопользования. Оценка экологического состояния была проведена с использованием таких микробиологических показателей, как количество мезофильных и психрофильных сапрофитов, количественные соотношения различных физиологических групп микробов (индекс олиготрофности).

В чистых природных водах, не подверженных антропогенному воздействию, преобладающие микроорганизмы — олиготрофы [18, 26]. Согласно предложенной классификации [26], основанной на количественном содержании психрофильных сапрофитов, исследуемые воды относятся к умеренно-загрязненным, загрязненным, а воды, отобранные из родника и скважины в с. Коларово, родника в с. Ярское и колодца в с. Семилужки, — к грязным. По содержанию мезофильных сапрофитов [23] практически все воды очень грязные, но их количество ниже количества психрофильных сапрофитов, однако в пробах 338Д (колодец, с. Батурино) и 340Д (скважина, «Ветеран 4») количество мезофильных сапрофитов преобладает над психрофильными, что указывает на микробное загрязнение данных вод.

Одним из важных критериев оценки экологического состояния водных объектов является индекс олиготрофности, представляющий собой отношение числа олиготрофов к числу психро-

фильных сапрофитов. При значениях индекса менее единицы в водах преобладают процессы накопления легкодоступных органических веществ. Индекс олиготрофности более единицы свидетельствует о процессах минерализации органического вещества, то есть способности вод к самоочищению [26]. Как видно, величина индекса олиготрофности изменяется в широких пределах (табл. 3). Можно сказать, что микробиологическая система исследуемых вод обладает высокой способностью к самоочищению, кроме вод родника в с. Ярское и вод, отобранных из частной скважины в БНП Малиновая грива, что, скорее всего, обусловлено санитарными условиями на поверхности выхода родника и обрастанием различными биопленками, наростами и отложениями, способствующими развитию опасной для человека микрофлоры.

Таким образом, на основе проведенных микробиологических исследований можно сделать вывод о том, что исследуемые воды подвержены загрязнению лабильным органическим веществом, создающим благоприятные условия для развития патогенной микрофлоры.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что в большинстве случаев изучаемые подземные воды в той или иной степени загрязнены. При этом концентрации отдельных компонентов превышают многократно не только естественный фон, но и в несколько раз установленные для них ПДК. К числу последних отнесены Fe и Mn, содержащиеся в повышенных концентрациях в условиях естественной геохимической обстановки. Среди элементов макрокомпонентного состава можно выделить соединения азота (нитраты) выше ПДК, а также сульфаты и хлориды выше фоновых значений. Проведенные исследования микробиологического состава вод показали наличие бактериального загрязнения не только по численности, но и по разнообразию физиологических групп во всех изученных водах. В экологическом плане источники классифицируются от умеренно загрязненных до грязных, а в эпидемиологическом — практически все исследуемые источники не безопасны. Все это указывает на необходимость предварительной водоподготовки перед их использованием.

Таким образом, для снижения негативного воздействия на здоровье населения и улучшения качества вод, используемых в питьевых целях, необходимо ограничить доступ в подземные воды загрязняющих веществ, связанных с физиологическими процессами жизнедеятельности человека и создающих благоприятную среду обитания для патогенной микрофлоры. Необходимое условие для поддержания качества вод — элементарные действия по уходу за каптажными устройствами водоисточников. В качестве профилактических мер необходимо проводить информирование населения, использующего источники нецентрализованного водоснабжения в питьевых целях, об индивидуальных средствах очистки воды. Среди доступных населению способов водоподготовки можно рекомендовать отстаивание, кипячение и фильтрование вод.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Нине Григорьевне Наливайко, доценту отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета, микробиологу НОЦ «Вода» за проведение аналитических и консультационных работ по изучению микробиологического состава питьевых вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 20-77-10084.

Литература

1. Авцын, А. П., Жаворонков, А. А., Риш, М. А. и Строчкова, Л. С. (1991). Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 496 с.
2. Велдре, И. А. и Карлова, С. А. (1991). О нитратах в питьевой воде. Гигиена и санитария, № 10, сс. 39–40.
3. Видяйкина, Н. В. (2010). Обеспечение экологической безопасности при использовании сельским населением подземных вод для питьевых целей (на примере Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет.
4. Герхардт, Ф. (ред.) (1983). Методы общей бактериологии. Т. 1. М.: Мир, 536 с.
5. Голубев, И. М. и Зимин, В. П. (1994). О нормативе общей жесткости в питьевых водах. Гигиена и санитария, № 3, сс. 22–23.
6. Горленко, В. М., Дубинина, Г. А. и Кузнецов, С. И. (1977). Экология водных микроорганизмов. М.: Наука, 288 с.
7. Гусев, М. В. и Минеева, Л. А. (1973). Общая микробиология. М.: МГУ, 376 с.
8. Дутова, Е. М. и Наливайко, Н. Г. (2011). Особенности химического и микробиологического состава подземных вод территории города Томска. Известия вузов. Геология и разведка, № 5, сс. 56–61.
9. Егорова, Н. А. и Канатникова, Н. В. (2017). Влияние железа в питьевой воде на заболеваемость населения г. Орла. Гигиена и санитария, Т. 96, № 11, сс. 1049–1053.
10. Еделева, Д. А., Роева, Н. Н., Василиевич, Н. В., Шарипова, С. Г. и Воронич, С. С. (2014). Нитраты как контаминанты-загрязнители растительного происхождения и их специфические особенности. Проблемы региональной экологии, № 1, сс. 128–130.
11. Ермашова, Н. А. (1998). Геохимия подземных вод зоны активного водообмена Томской области в связи с решением вопросов водоснабжения и охраны. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск: Томский политехнический университет.
12. Иванова, И. С., Лепокурова, О. Е., и Шварцев, С. Л. (2010). Железосодержащие воды Томской области. Разведка и охрана недр, № 11, сс. 58–62.
13. Ильницкий, А. П. (2003). Нитраты и нитриты питьевой воды как фактор онкологического риска. Гигиена и санитария, № 6, сс. 81–83.
14. Кадыров, З. А., Нусратуллоев, И., Сулейманов, С. И., Рамишвили, В. Ш., Низомов, Д. С. и Пирназаров, М. (2010). Оценка влияния биогеохимических факторов на распространенность мочекаменной болезни в регионах Таджикистана. Гигиена и санитария, № 1, сс. 56–59.
15. Канатникова, Н. В. и Егорова, Н. А. (2017). Влияние жесткости питьевой воды на заболеваемость населения г. Орла. Гигиена и санитария, Т. 96, № 3, сс. 235–240.
16. Колубаева, Ю. В. (2015). Гидрогеохимия северо-восточной части Кольвань-Томской складчатой зоны. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет.
17. Кончакова, Н. В. (2012). Геохимия и санитарно-гигиеническая типизация подземных вод, используемых в питьевых целях в Томской области и Ханты-Мансийском автономном округе. Вода: химия и экология, № 1 (43), сс. 24–31.
18. Корш, Л. Е. и Артемова, Т. З. (1978). Ускоренные методы санитарно-бактериологического исследования воды. М.: Медицина, 272 с.
19. Крайнов, С. Р., Рыженко, Б. Н. и Швец, В. М. (2004). Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 677 с.
20. Лепокурова, О. Е., Иванова, И. С., Шварцев, С. Л., Колубаева, Ю. В. и Наливайко, Н. Г. (2016). Химический и микробиологический состав подземных вод децентрализованного водоснабжения южных и центральных районов Томской области. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, Т. 327, № 5, сс. 29–41.
21. Лукашевич, О. Д. (2007). Экологический риск при использовании источников нецентрализованного питьевого водоснабжения. Безопасность жизнедеятельности, № 2, сс. 15–21.
22. Музалевская, Л. С., Лобковский, А. Г. и Кукарина, Н. И. (1993). Заболеваемость желчнокаменной, почечнокаменной болезнями, остеоартрозами и солевыми артропатиями в зависимости от жесткости питьевой воды. Гигиена и санитария, № 12, сс. 17–20.

23. Наливайко, Н. Г., Кузеванов, К. И. и Копылова, Ю. Г. (2002). Атлас бактериальных пейзажей родников г. Томска. Томск: SST, 52 с.
24. Нетрусов, А. И. (ред.) (2004). Экология микроорганизмов. М.: Академия, 272 с.
25. Покровский, Д. С., Дутова, Е. М. и Рогов, Г. М. (2006). Качество природных питьевых вод и технологии водоподготовки в условиях юга Сибирского региона: учебное пособие. Томск: Издательство ТГАСУ, 96 с.
26. Романенко, В. И. (1979). Микробиологические показатели качества воды и методы их определения. Водные ресурсы, Т. 6, № 6, сс. 139–153.
27. Романенко, В. И. и Кузнецов, С. И. (1974). Экология микроорганизмов пресных вод. Лабораторное руководство. М.: Наука, 194 с.
28. Смоленцев, Ю. К. (1996). Пресные подземные воды Западно-Сибирского мегабассейна (формирование и практическое использование). Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Иркутск: Институт земной коры СО РАН.
29. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Томской области (2020). Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Томской области в 2019 году». [online] Доступно по ссылке: http://70.rospotrebnadzor.ru/s/70/files/documents/regional/gos_doklad/148131.pdf [Дата обращения: 21.05.2020].
30. Шварцев, С. Л. (1998). Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е издание. М.: Недра, 366 с.
31. Шварцев, С. Л., Рыженко, Б. Н., Алексеев, В. А., Дутова, Е. М., Кондратьева, И. А., Копылова, Ю. Г. и Лепокурова, О. Е. (2007). Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода–порода: в 5 томах. Т. 2. Система вода–порода в условиях зоны гипергенеза. Новосибирск: Издательство СО РАН, 389 с.
32. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации (2020). 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 (с изменениями на 2 апреля 2018 года). [online] Доступно по ссылке: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> [Дата обращения: 15.05.2020].
33. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации (2020). СанПиН 2.1.4.1175–02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. [online] Доступно по ссылке: <http://docs.cntd.ru/document/901836057> [Дата обращения: 15.05.2020].
34. Янкович, Е. П., Осипова, Н. А., Льготин, В. А., Лукашевич, О. Д. и Янкович, К. С. (2014). Химический состав подземных вод как фактор риска для здоровья населения (на примере Томского района Томской области). Современные проблемы науки и образования, № 3, сс. 786–794.
35. Cotruvo, J. and Bartram, J. (eds.) (2009). *Calcium and magnesium in drinking-water: Public health significance*. Geneva: World Health Organization, 180 p.
36. Croen, L. A., Todoroff, K. and Shaw, G. M. (2001). Maternal exposure to nitrate from drinking water and diet and risk for neural tube defects. *American Journal of Epidemiology*, Vol. 153, No. 4, pp. 325–331. DOI: 10.1093/aje/153.4.325.
37. Ivanova, I. S., Lepokurova, O. E., Pokrovskii, O. S. and Shvartsev, S. L. (2014). Iron-containing groundwater in the upper hydrodynamic zone in the central part of West-Siberian artesian basin. *Water Resources*, Vol. 41, pp. 163–177.
38. Ivanova, I. S., Lepokurova, O. E., Pokrovsky, O. S. and Shvartsev, S. L. (2013). Geochemistry of iron in fresh groundwater of the Sredneobskoy basin, Russia. *Procedia Earth and Planetary Science*, No. 7, pp. 385–388. DOI: 10.1016/j.proeps.2013.03.137.
39. Kolubaeva, Yu. V., Kopylova, Yu. G. and Shvartsev, S. L. (2015). Hydrogeochemistry of northern part of Kolyvan-Tomsk folded zone (south-east of Western Siberia, Russia). In: *15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, June 18–24, 2015. Albena, Bulgaria*, STEF92 Technology Ltd., 51 «Alexander Malinov» Blvd., 1712 Sofia, Bulgaria. Vol. 1 (3), pp. 347–354.
40. Kousa, A., Moltchanova, E., Viik-Kajander, M., Rytönen, M., Tuomilehto, J., Tarvainen, T. and Karvonen, M. (2004). Geochemistry of ground water and the incidence of acute myocardial infarction in Finland. *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol. 58, Issue 2, pp. 136–139. DOI: 10.1136/jech.58.2.136.
41. Kozisek, F. (2003). *Health significance of drinking water calcium and magnesium*. [online] Available at: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/hardness.pdf>. [Date accessed 03.06.2020].
42. Momeni, M., Gharedaghi, Z., Amin, M. M., Poursafa, P. and Mansourian, M. (2014). Does water hardness have preventive effect on cardiovascular disease? *International Journal of Preventive Medicine*, Vol. 5 (2), pp. 159–163.
43. Morris, R. W., Walker, M., Lennon, L. T., Shaper, A. G. and Whincup, P. H. (2008). Hard drinking water does not protect against cardiovascular disease: new evidence from the British Regional Heart Study. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, Vol. 15 (2), pp. 185–189. DOI: 10.1097/HJR.0b013e3282f15fce.
44. Rosenlund, M., Berglund, N., Hallqvist, J., Bellander, T. and Bluhm, G. (2005). Daily intake of magnesium and calcium from drinking water in relation to myocardial infarction. *Epidemiology*, Vol. 16 (4), pp. 570–576. DOI: 10.1097/01.ede.0000165390.18798.62.
45. Sengupta, P. (2013). Potential health impacts of hard water. *International Journal of Preventive Medicine*, Vol. 4 (8), pp. 866–875.
46. Shvartsev, S.L. (2008). Geochemistry of fresh groundwater in the main landscape zones of the Earth. *Geochemistry International*, Vol. 46, No. 13, pp. 1285–1398. DOI: 10.1134/S0016702908130016.

References

1. Avtsyn, A. P., Zhavoronkov, A. A., Rish, M. A. and Strochkova, L. S. (1991). *Human microelementoses*. Moscow: Meditsina, 496 p.
2. Veldre, I. A. and Karlova, S. A. (1991). About nitrates in drinking water. *Hygiene and Sanitation*, No. 10, pp. 39–40.
3. Vidyaykina, N. V. (2010). *Ensuring environmental safety when groundwater is used in countryside for drinking (case study of the Tomsk Region and the Khanty-Mansiysk Autonomous Area)*. Author's Abstract of PhD Thesis in Geology and Mineralogy. Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University.
4. Gerhardt, Ph. (ed.) (1981). *Manual of methods for general bacteriology*. Vol. 1. Moscow: Mir, 536 p.
5. Golubev, I. M. and Zimin, V. P. (1994). About the standard of total hardness in drinking water. *Hygiene and Sanitation*, No. 3, pp. 22–23.

6. Gorlenko, V. M., Dubinina, G. A. and Kuznetsov, S. I. (1977). *Ecology of aquatic microorganisms*. Moscow: Nauka, 288 p.
7. Gusev, M. V. and Mineyeva, L. A. (1973). *General microbiology*. Moscow: Moscow State University, 376 p.
8. Dutova, E. M. and Nalivaiko, N. G. (2011). Chemical and microbiological characteristics of groundwater within Tomsk city. *Proceedings of Higher Educational Establishments. Geology and Exploration*, No. 5, pp. 56–61.
9. Egorova, N. A. and Kanatnikova, N. V. (2017). Effect of iron in drinking water on the morbidity rate in the population of the city of Orel. *Hygiene and Sanitation*, Vol. 96, No. 11, pp. 1049–1053.
10. Edelev, D. A., Roeva, N. N., Vasilievich, N. V., Sharipova, S. G. and Voronich, S. S. (2014). Nitrates as contaminants-pollutants of the phytogenesis and their specific features. *Regional Environmental Issues*, No. 1, pp. 128–130.
11. Yermashova, N. A. (1998). *Geochemistry of underground waters in the zone of active water exchange of the Tomsk Region in connection with the solution of water supply and protection issues*. Author's Abstract of PhD Thesis in Geology and Mineralogy. Tomsk: Tomsk Polytechnic University.
12. Ivanova, I. S., Lepokurova, O. E. and Shvartsev, S. L. (2010). Tomsk Region ferriferous waters. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, No. 11, pp. 58–62.
13. Ilnitsky, A. P. (2003). Drinking water nitrates and nitrites as a carcinogenic risk factor. *Hygiene and Sanitation*, No. 6, pp. 81–83.
14. Kadyrov, Z. A., Nusratulloev, I., Suleimanov, S. I., Ramishvili, V. Sh., Nizomov, D. S. and Pirnazarov, M. (2010). Evaluation of the influence of biogeochemical factors of the prevalence of urolithiasis in the regions of Tajikistan. *Hygiene and Sanitation*, No. 1, pp. 56–59.
15. Kanatnikova, N. V. and Egorova, N. A. (2017). The impact of the drinking water hardness on the morbidity rate of the population of the city of Orel. *Hygiene and Sanitation*, Vol. 96, No. 3, pp. 235–240.
16. Kolubayeva, Yu. V. (2015). *Hydrogeochemistry of the north-eastern part of the Kolyvan-Tomsk folded zone*. Author's Abstract of PhD Thesis in Geology and Mineralogy. Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University.
17. Konchakova, N. V. (2012). Geochemistry and sanitary classification of underground waters of Tomsk Region and Khanty-Mansiysk Autonomous Area. *Water: Chemistry and Ecology*, No. 1 (43), pp. 24–31.
18. Korsh, L. Ye. and Artemova, T. Z. (1978). Accelerated methods of sanitary and bacteriological research of water. Moscow: Meditsina, 272 p.
19. Kraynov, S. R., Ryzhenko, B. N. and Shvets, V. M. (2004). *Geochemistry of ground waters. Theoretical, applied and environmental aspects*. Moscow: Nauka, 677 p.
20. Lepokurova, O. E., Ivanova, I. S., Shvartsev, S. L., Kolubaeva, Y. V. and Nalivaiko, N. G. (2016). Chemical and microbiological composition of groundwaters of decentralized water supply of southern and central districts of Tomsk Region. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, Vol. 327, No. 5, pp. 29–41.
21. Lukashevich, O. D. (2007). Environmental risk when using sources of non-centralized drinking water supply. *Life Safety*, No. 2, pp. 15–21.
22. Muzalevskaya, L. S., Lobkovsky, A. G. and Kukarina, N. I. (1993). Incidence of cholelithiasis, nephrolithiasis, osteoarthritis and salt arthropathies in relation to drinking water hardness. *Hygiene and Sanitation*, Vol. 79 (12), pp. 17–20.
23. Nalivaiko, N. G., Kuzevanov, K. I. and Kopylova, Yu. G. (2002). *Atlas of bacterial landscapes of springs in Tomsk*. Tomsk: SST, 52 p.
24. Netrusov, A. I. (ed.) (2004). *Ecology of microorganisms*. Moscow: Academia, 272 p.
25. Pokrovsky, D. S., Dutova, Ye. M. and Rogov, G. M. (2006). *Quality of natural drinking water and water treatment technology in the south of the Siberian Region: study guide*. Tomsk: Publishing House of the Tomsk State University of Architecture and Building, 96 p.
26. Romanenko, V. I. (1979). Microbiological indicators of water quality and methods of their determination. *Water Resources*, Vol. 6, No. 6, pp. 139–153.
27. Romanenko, V. I. and Kuznetsov, S. I. (1974). *Ecology of fresh water microorganisms. Laboratory guide*. Moscow: Nauka, 194 p.
28. Smolentsev, Yu. K. (1996). *Fresh groundwaters of the West Siberian Megabasin (formation and practical use)*. Author's Abstract of DSc Thesis in Geology and Mineralogy. Irkutsk: Institute of the Earth's Crust of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.
29. Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Tomsk Region (2020). *State report "On the sanitary and epidemiological wellbeing of the population in the Tomsk Region in 2019"*. [online] Available at: http://70.rospotrebnadzor.ru/s/70/files/documents/regional/gos_doklad/148131 [Date accessed May, 21, 2020].
30. Shvartsev, S. L. (1998). *Hydrogeochemistry of the hypergenesis zone*. 2nd edition. Moscow: Nedra, 366 p.
31. Shvartsev, S. L., Ryzhenko, B. N., Alekseyev, V. A., Dutova, Ye. M., Kondratyeva, I. A., Kopylova, Yu. G. and Lepokurova, O. Ye. (2007). *Geological evolution and self-organization of the water/rock system: in 5 volumes. Vol. 2. Water/rock system in the conditions of the hypergenesis zone*. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 389 p.
32. Repository for legal documents, standards, regulations and specifications (2020). *Sanitary Regulations SanPiN 2.1.4.1074–01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for safety of hot water supply systems (as amended on April 2, 2018)*. [online] Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> [Date accessed May 15, 2020].
33. Repository for legal documents, standards, regulations and specifications (2020). *Sanitary Regulations SanPiN 2.1.4.1175–02. Hygienic requirements for water quality of non-centralized water supply systems. Sanitary protection of sources*. [online] Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901836057> [Date accessed May 15, 2020].
34. Yankovich, E. P., Osipova, N. A., Lgotin, V. A., Lukashevich, O. D. and Yankovich, K. S. (2014). Chemical composition of groundwater as a risk factor for health (Tomsk district of Tomskaya oblast' as an example). *Modern Problems of Science and Education*, No. 3, pp. 786–794.
35. Cotruvo, J. and Bartram, J. (eds.) (2009). *Calcium and magnesium in drinking-water: Public health significance*. Geneva: World Health Organization, 180 p.
36. Croen, L. A., Todoroff, K. and Shaw, G. M. (2001). Maternal exposure to nitrate from drinking water and diet and risk for neural tube defects. *American Journal of Epidemiology*, Vol. 153, No. 4, pp. 325–331. DOI: 10.1093/aje/153.4.325.
37. Ivanova, I. S., Lepokurova, O. E., Pokrovskii, O. S. and Shvartsev, S. L. (2014). Iron-containing groundwater in the

upper hydrodynamic zone in the central part of West-Siberian artesian basin. *Water Resources*, Vol. 41, pp. 163–177.

38. Ivanova, I. S., Lepokurova, O. E., Pokrovsky, O. S. and Shvartsev, S. L. (2013). Geochemistry of iron in fresh groundwater of the Sredneobskoy basin, Russia. *Procedia Earth and Planetary Science*, No. 7, pp. 385–388. DOI: 10.1016/j.proeps.2013.03.137.

39. Kolubaeva, Yu. V., Kopylova, Yu. G. and Shvartsev, S. L. (2015). Hydrogeochemistry of northern part of Kolyvan-Tomsk folded zone (south-east of Western Siberia, Russia). In: *15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, June 18–24, 2015. Albena, Bulgaria*, STEF92 Technology Ltd., 51 «Alexander Malinov» Blvd., 1712 Sofia, Bulgaria. Vol. 1 (3), pp. 347–354.

40. Kousa, A., Moltchanova, E., Viik-Kajander, M., Rytönen, M., Tuomilehto, J., Tarvainen, T. and Karvonen, M. (2004). Geochemistry of ground water and the incidence of acute myocardial infarction in Finland. *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol. 58, Issue 2, pp. 136–139. DOI: 10.1136/jech.58.2.136.

41. Kozisek, F. (2003). *Health significance of drinking water calcium and magnesium*. [online] Available at: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/hardness.pdf>. [Date accessed June 3, 2020].

42. Momeni, M., Gharedaghi, Z., Amin, M. M., Poursafa, P. and Mansourian, M. (2014). Does water hardness have preventive effect on cardiovascular disease? *International Journal of Preventive Medicine*, Vol. 5 (2), pp. 159–163.

43. Morris, R. W., Walker, M., Lennon, L. T., Shaper, A. G. and Whincup, P. H. (2008). Hard drinking water does not protect against cardiovascular disease: new evidence from the British Regional Heart Study. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, Vol. 15 (2), pp. 185–189. DOI: 10.1097/HJR.0b013e3282f15fce.

44. Rosenlund, M., Berglund, N., Hallqvist, J., Bellander, T. and Bluhm, G. (2005). Daily intake of magnesium and calcium from drinking water in relation to myocardial infarction.

Epidemiology, Vol. 16 (4), pp. 570–576. DOI: 10.1097/01.ede.0000165390.18798.62.

45. Sengupta, P. (2013). Potential health impacts of hard water. *International Journal of Preventive Medicine*, Vol. 4 (8), pp. 866–875.

46. Shvartsev, S.L. (2008). Geochemistry of fresh groundwater in the main landscape zones of the Earth. *Geochemistry International*, Vol. 46, No. 13, pp. 1285–1398. DOI: 10.1134/S0016702908130016.

Авторы

Колубаева Юлия Викторовна, кандидат геолого-минералогических наук

Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Россия, г. Томск
E-mail: kolubaeva@inbox.ru

Иванова Ирина Сергеевна, кандидат геолого-минералогических наук

Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Россия, г. Томск
E-mail: Ivanovais_1986@mail.ru

Authors

Kolubaeva Yuliya Viktorovna, PhD in Geology and Mineralogy

Tomsk branch of the Trofimuk institute of petroleum geology and geophysics of Siberian branch of Russian academy of sciences, Russia, Tomsk
E-mail: kolubaeva@inbox.ru

Ivanova Irina Sergeevna, PhD in Geology and Mineralogy

Tomsk branch of the Trofimuk institute of petroleum geology and geophysics of Siberian branch of Russian academy of sciences, Russia, Tomsk
E-mail: Ivanovais_1986@mail.ru