Химический состав подземных вод источников нецентрализованного водоснабжения Томского района Томской области и его возможное влияние на здоровье человека

Колубаева Ю.В.

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

АННОТАЦИЯ: Приведены результаты изучения химического состава подземных вод источников нецентрализованного водоснабжения территории Томского района Томской области. Установлены высокие концентрации следующих компонентов: ЖОБ, Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , Fe, Mn и др. Для NO_3^- , Fe и Mn наблюдается многократное превышение не только фоновых значений для данной территории, но и ПДК для питьевых вод. Приведен обзор возможных случаев влияния избыточных содержаний компонентов химического состава вод на организм человека и связанных с этим заболеваний.

Chemical composition of underground water sources of non-centralized water supply in the Tomsk region of the Tomsk oblast and its possible impact on human health

Kolubaeva Yu.V.

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

ABSTRACT: The results of studying the chemical composition of groundwater in non-centralized water supply sources in the Tomsk region of the Tomsk oblast are presented. High concentrations of the following components were found: hardness of water, Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , Fe, Mn, etc. For NO_3^- , Fe and Mn there is a multiple excess of not only background values for this territory but also MPC for drinking water. A review of possible cases of the influence of excess contents of the components of the chemical composition of water on the human body and related diseases is presented.

ВВЕДЕНИЕ

Подземные воды, отобранные из родников, колодцев и одиночных скважин для жителей сельской местности, садово-огороднических товариществ, поселков коттеджного типа порой являются единственным источником питьевых вод. Но, как известно, именно подземные воды нецентрализованного водоснабжения наиболее подвержены загрязнению ввиду неглубокого их залегания, отсутствия зон санитарной охраны, применения местным населением различных удобрений на участках и др. При этом именно с питьевой водой человек получает до 25 % суточной потребности организма в химических веществах, контроль за содержанием которых в водах нецентрализованных источников водоснабжения, как правило, никак не осуществляется. В связи с этим интерес к вопросу изучения химического состава подземных вод данного вида водопользования с целью выявления возможных компонентов-загрязнителей носит не случайный характер.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Было исследовано 9 образцов подземных вод (табл. 1) источников нецентрализованного водоснабжения территории Томского района Томской области (в основном, рыхлых неоген-четвертичных отложений (рис. 1)). При опросе местных жителей было установлено, что, как

правило, воду употребляют для питья без какой-либо предварительной обработки. Отбор проб подземных вод осуществлялся в летний межень период. Их химический состав выполнен в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета по аттестованным методикам, включенным в федеральный информационный фонд.

Таблица 1. Характеристика водопунктов

№ п/п	Номер пробы	Тип водопункта	Примечания
1	334Д	Родник	Пьют без кипячения
2	335Д	Скважина	Пьют без кипячения
3	336Д	Родник	Пьют без кипячения
4	337Д	Скважина	Вода с ржавчиной, отстаивают, кипятят
5	338Д	Колодец	Пьют без кипячения
6	339Д	Колодец	Используют для полива
7	340Д	Скважина	Пьют без кипячения
8	341Д	Колодец	Пьют без кипячения
9	342Д	Скважина	Пьют без кипячения

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 (т. е. по фо-

ну) [9, 16, 20, 21], а также по нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И 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.

В химическом составе исследуемых вод присутствуют макрокомпоненты, содержания которых не только многократно превышают естественный фон для данной территории (SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+), но и в несколько раз 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 фоне 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 (равной 45 мг/л) концентрации NO_3^- также значительно превышены (174 мг/л > 3 ПДК). Это касается пробы 338Д, в которой 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 K^+ , 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.

Таблица 2. Химический состав подземных вод

Компонент раствора	334Д	335Д	336Д	337Д	338Д	339Д	340Д	341Д	342Д	ПДК	Фон*
рН (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	3,3	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.**, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	<0,25	1,7	<0,25	3	2,1	1,6	0,9	0,5	0,7	5,0	
ХПК***, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	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	$\text{HCO}_3\text{-NO}_3/\text{Ca}$	HCO_3/Ca	$\text{HCO}_3/\text{Ca-Na-Mg}$	HCO_3/Ca	$\text{HCO}_3/\text{Ca-Mg}$		

*Фон – значения содержаний веществ, накопленные за годы многолетних исследований, **Ок. перм. – окисляемость перманганатная, *** – химическое потребление кислорода, ****М – общая минерализация; жирным выделены концентрации компонентов, превышающих ПДК для питьевых вод

Рис. 1. Схема гидрогеохимического опробования: 1 – Томский район; 2 – участок исследований; 3 – точки опробования

Наряду с повышенными содержаниями перечисленных элементов химического состава вод санитарно-гигиенические нормативы превышают также Fe общее и Mn. При этом уровень их содержаний по сравнению с элементами макрокомпонентного состава (описанными выше) в меньшей степени определяются действием антропогенных факторов. Многолетний анализ данных о результатах исследований питьевой воды в подземных источниках свидетельствует о постоянстве уровня природного химического загрязнения [3, 4, 6, 10, 13, 15, 18, 19]. Формированию на изучаемой территории региональной гидрогеохимической провинции с повышенными содержаниями Fe и Mn способствовали естественные геохимические процессы изменения химического состава пресных подземных вод в течение длительного геологического периода [11]. Согласно [17] 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 %.

Присущие исходным природным водам высокие концентрации железа, марганца, показателей общей жесткости практически не снижаются перед использованием потребителем, они

могут попадать в организм человека и оказывать негативное влияние [12; 17].

По результатам приведенных в работе данных видно, что пробам 335Д, 338Д и 341Д явно присуще химическое загрязнение по ряду компонентов (табл. 2). Во всех случаях вода используется в питьевых целях без подготовки. При этом, как известно, избыточное содержание компонентов-загрязнителей может оказывать вредное воздействие на здоровье человека. В таблице 3 приводится перечень возможного влияния на организм человека избыточных содержаний основных компонентов химического состава исследуемых вод и заболеваний, возникающих при употреблении вод ненадлежащего качества [1, 2, 5, 7, 8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ химического состава вод показал, что из девяти изученных проб воды только воды одной пробы (334Д) характеризуются полным отсутствием в их составе веществ в концентрациях, превышающих фоновые значения для данной территории и установленные для них ПДК в питьевых водах.

К приоритетным веществам, содержащимся в подземной воде исследуемой территории, отнесены Fe и Mn. Обнаруженные избыточные содержания некоторых компонентов, превышающие нормативные величины (ПДК), не обязательно могут привести к значительному риску для здоровья. Однако, с целью предотвращения развития негативных последствий для здоровья местного населения этот факт следует учитывать и рассматривать в качестве признака, свидетельствующего о необходимости повторного отбора проб для некоторых источников, а также выбора объектов для ведения мониторинга. Таким образом, для улучшения качества хозяйственно-питьевого водоснабжения сельской местности, в частности, Томского района необходимо предотвращать и устранять загрязнения подземных вод продуктами фермерской деятельности, предоставлять жителям информацию об индивидуальных средствах очистки питьевой воды; целесообразно также рекомендовать доступные населению простые способы обработки, такие как отстаивание, кипячение и фильтрование.

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

Таблица 3. Влияние избыточных содержаний компонентов химического состава вод на организм человека и развитие возможных заболеваний

Компонент химического состава	Возможное влияние на организм и заболевание
Жесткость воды	Желчнокаменная и мочекаменная болезни
Нитраты	Атрофический гастрит, рак желудка, хронический бронхит, туберкулез, отрицательное влияние на нервную и сердечно-сосудистую системы
Сульфаты	Нарушение деятельности желудочно-кишечного тракта
Хлориды	Повышение артериального давления, сухой кашель, боль в голове и в груди, резь в глазах, слезотечение, расстройства деятельности желудочно-кишечного тракта, атеросклероз, появление угрей, аллергические реакции
Натрий	Жажда, отеки, аллергические реакции
Калий	Нервно-мышечные расстройства, повышенная потливость, возбудимость, раздражительность и плаксивость, чувство жажды, приводящее к частым мочеиспусканиям; нарушение деятельности желудочно-кишечного тракта.
Железо	Увеличение риска инфарктов, ухудшение репродуктивной функции организма, аллергические реакции, зуд
Марганец	Нарушения функционирования центральной нервной системы (утомляемость, сонливость, ухудшение функций памяти)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Бышевский А.Ш., Терсенов О.А. Биохимия для врача. – Екатеринбург, 1994. – 378 с.
3. Видяйкина Н.В. Обеспечение экологической безопасности при использовании сельским населением подземных вод для питьевых целей (на примере Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа). Дис. ...канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2010. – 163 с.
4. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода - порода. Т.2. Система вода - порода в условиях зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев [и др.], отв. редактор Б.Н. Рыженко. – Изд-во СО РАН, 2007. – 389 с.
5. Егорова Н.А. Экологический риск и здоровье человека: проблемы взаимодействия // Материалы научной сессии отделения профилактической медицины РАМН. – М.: Наука, 2002. – С. 38–40.
6. Ермашова Н.А. Геохимия подземных вод зоны активного водообмена Томской области в связи с решением вопросов водоснабжения и охраны: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 1998. – 44 с.
7. Зуев Е.Т., Фомин Г.С. Питьевая и минеральная вода. Требования мировых и европейских стандартов к качеству и безопасности. – М.: Протектор, 2003. – 320 с.
8. Карапетянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. – М.: Химия, 1993. – 611 с.
9. Колубаева Ю.В. Гидрогеохимия северо-восточной части Колывань-Томской складчатой зоны: дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2015. – 191 с.
10. Кончакова Н.В. Геохимия и санитарно-гигиеническая типизация подземных вод, используемых в питьевых целях в Томской области и Ханты-Мансийском автономном округе // Вода: химия и экология. – 2012. – № 1. – С. 24–31.
11. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швеи В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с.
12. Лукашевич О.Д. Экологический риск при использовании источников нецентрализованного питьевого водоснабжения // Безопасность жизнедеятельности. – 2007. – № 3. – С. 15–21.
13. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Рогов Г.М. Качество природных питьевых вод и технологии водоподготовки в условиях юга Сибирского региона: учеб. пособие. – Томск: Изд. ТГАСУ, 2006. – 96 с.
14. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2002. – 103 с.
15. Смоленцев Ю.К. Пресные подземные воды Западно-Сибирского мегабассейна (формирование и практическое использование): автореф. дис. ... д-ра. геол.-мин. наук. – Иркутск, 1996. – 50 с.
16. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
17. Янкович Е.П., Осипова Н.А., Льготин В.А., Лукашевич О.Д., Янкович К.С. Химический состав подземных вод как фактор риска для здоровья населения (на примере Томского района Томской области) // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 786–794.
18. Ivanova I.S., Lepokurova O.E., Pokrovsky O.S., Shvartsev S.L. Geochemistry of Iron in Fresh Groundwater of the Sredneobskoy Basin, Russia // Procedia Earth and Planetary Science. – 2013. – № 7. – P. 385–388.
19. Ivanova I.S., Lepokurova O.E., Pokrovsky O.S., Shvartsev S.L. Iron-containing groundwater in the upper hydrodynamic zone in the central part of West-Siberian artesian basin // Water Resources. – 2014. – V. 41. – Is. 5. – P. 619–619.
20. Kolubaeva Yu.V., Kopylova Yu.G., Shvartsev S.L. Hydrogeochemistry of northern part of Kolyvan-Tomsk folded zone (south-east of Western Siberia, Russia) // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015: Conference proceedings. – 2015. – V. 1 (3). – P. 347–354.
21. Shvartsev S.L. Geochemistry of fresh groundwater in the main landscape zones of the earth // Geochemistry International. – Vol.46. – №13. – 2008. – P.1285–1398.