

- В озере Сапшо Fe находится в форме аналогичной формам Cr и Pb. Однако, в озере Лошамье железо находится в форме Fe₂O₃.
- Медь находится в свободной форме в озере Сапшо, в Лошамье – в ионной форме.

Отметим, что наши результаты, согласуются с данными термодинамического моделирования [2] для Mn, Fe, Cu, Zn и Cd.

Литература

1. Atlas of Eh-pH diagrams. Intercomparison of thermodynamic databases. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Research Center for Deep Geological Environments, May 2005;
2. Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Кононова Л.А., Хохряков В.Р. Эколого-геохимическая оценка состояния компонентов природной среды особо охраняемых природных территорий на примере национального парка «Смоленское Поозерье». / Материалы XVII межвузовской молодежной научной конференции «Экологические проблемы недропользования». СПб.: Изд-во СПбГУ, 2017, с. 59–67;
3. Подлипский И.И., Жабриков С.Ю. Разработка концепции обращения с отходами на природных территориях особой охраны (на примере национального парка «Смоленское Поозерье»). // Экология и промышленность России. М.: Изд-во ЗАО «Калвис», Т. 20, №10, 2016, с. 2-9

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТОМСКИЙ РАЙОН)

К.В. Зиновик, А.М. Кицула

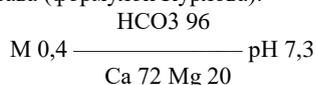
Научный руководитель к.г.-м.н, доцент Е.А. Солдатова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одной из проблем нашего времени является дефицит чистой питьевой воды. Широкое использование подземных вод в качестве источника питьевого водоснабжения населения, в особенности децентрализованных источников водоснабжения в частном секторе в пределах городов и в сельской местности, поставило ряд задач, связанных с выявлением их качества и анализом причин изменения химического состава воды в процессе эксплуатации. Изучением этих вопросов применительно к подземным водам Томской области в последние годы занимались Наймушина О.С., Назаров А.Д., Шварцев С.Л., Шестакова А.В., и др. [1, 3, 5, 6] Особый интерес представляет вопрос формирования подземных вод, характеризующихся низкими концентрациями растворенного кислорода и присутствием сероводорода, в верхней гидродинамической зоне.

Объектом представленного исследования являются частные скважины и колодцы населенных пунктов Томского района, где сконцентрировано значительное количество предприятий агропромышленного комплекса, а также частные подсобные хозяйства. В процессе полевых работ было опробовано 4 водопункта в поселках Мирный, Трубачево, Малое Протопопово. Во время пробоотбора, *in situ* с помощью портативного мультипараметрового измерителя HI991301 (Hanna Instruments, USA) были определены быстроменяющиеся показатели – pH, температура и электропроводность, а также Eh с помощью ОВП тестера HI98201 (Hanna Instruments, USA). При отборе проб в п. Мирном и п. Трубачево чувствовался стойкий запах сероводорода. Химический состав подземных вод (табл. 1) был определен в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета методами титриметрии, потенциометрии, пламенной фотометрии, турбидиметрии, фотоколориметрии, атомной абсорбции и ивысокотемпературного каталитического окисления.

Подземные воды, отобранные из колодца в кедровнике в п. Малое Протопопово, являются умеренно пресными с минерализацией 358 мг/дм³, нейтральными по показателю pH, гидрокарбонатными кальциевыми со следующей формулой солевого состава (формулой Курлова):



Содержание растворенного кислорода составляет 2,5 мг/дм³ (табл. 1). Характерной особенностью этих вод является относительно низкое значение общей жесткости (табл. 1). Химический состав подземных вод соответствует требованиям, предъявляемым к питьевым водам [2], это объясняется тем, что территория кедровника и прилегающий район практически не нарушен человеческой деятельностью. Еще одной отличительной особенностью этих подземных вод является низкая концентрация кремния. Это вероятно связано с неглубоким залеганием исследуемых вод и очень малым временем водообмена, что также способствует их самоочищению.

Подземные воды, отобранные из скважин в п. Мирного и п. Трубачево являются нейтральными, пресными, гидрокарбонатными кальциевыми по химическому составу. В водах данных водопунктов наблюдается превышение ПДК общей жесткости, железа и марганца [2]. В целом повышенные концентрации этих элементов и высокие значения общей жесткости характерны для Томской области, однако стоит отметить, что концентрации Fe и Mn в исследуемых водах в несколько раз выше фоновых значений (табл. 1). Отличительной особенностью исследуемых подземных вод является формирование восстановительной обстановки в верхней гидродинамической зоне, о чем свидетельствуют отрицательные значения окислительно-восстановительного потенциала, которые изменяются от –136 до –80 мВ, и низкие концентрации растворенного кислорода, которые варьируют от 0,75 до 1,03 мг/дм³, что предположительно связано с окислением органических веществ, поступающих в подземные воды в результате сельскохозяйственной деятельности. Это предположение подтверждают высокие концентрации CO₂ (табл.1), поскольку продуктом окисления органического вещества является углекислый газ. Кроме того, по

**СЕКЦИЯ 7. ГИДРОГЕОХИМИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ ЗЕМЛИ.
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ**

органолептическим свойствам, исследуемые воды характеризуются резким запахом сероводорода, что свидетельствует о сероводородном заражении, которое не характерно для верхней гидродинамической зоны. Это может быть связано с активной деятельностью сульфатовосстанавливающих бактерий, которые восстанавливают сульфаты до сероводорода и используют в качестве источника энергии органические вещества.

Таблица

Результаты химического анализа подземных вод в районе расположения предприятия агропромышленного комплекса (Томский район), мг/дм³

Компонент / показатель	Фоновое значение*	ПДК**	Наименование водопункта			
			Колодец, п. Малое Протопопово, кедровник, гл. ~ 1 м	Скв. 1, п. Мирный, гл. 17 м	Скв. 2, п. Мирный, гл. ~ 20 м	Скважина, п. Трубачево, гл. ~ 70 м
Значение показателя, мг/л						
pH, ед. pH	7,12	6–9	7,3	7,3	7,4	7,4
Eh, мВ	–	–	53	–96	–136	–80
O ₂ раст.			2,5	1,03	0,75	0,91
CO ₂ раст.			44,0	81,4	82,2	65,5
Перманганатная окисляемость, мгO ₂ /дм ³	–	5	1,36	0,76	0,88	0,88
NH ₄ ⁺	0,41	2,5	0,22	0,34	0,61	0,76
NO ₂ ⁻	0,08	3	0,147	<0,02	0,038	<0,02
NO ₃ ⁻	1,09	45	3,11	0,133	0,107	0,246
PO ₄ ³⁻	–	3,5	0,24	<0,05	<0,05	<0,05
Fe _{общ}	0,086	0,3	0,05	1,23	2,12	2,6
Mn	0,067	0,1	0,02	0,3	0,35	1,1
HCO ₃ ⁻	312	–	261	413	453	447
SO ₄ ²⁻	8,04	500	7,21	19	<2	<2
Cl ⁻	12,4	350	1,62	15,8	21,4	1,05
Общая жесткость, мг-экв/л	–	7	4,2	7,16	7,45	6,6
Ca ²⁺	49,8	–	66	109	115	97
Mg ²⁺	22,1	–	11	20,9	20,7	21,3
Na ⁺	32,3	200	6,9	9,2	11,04	16,8
K ⁺	3,38	–	0,96	1	1,13	0,73
Si	7,05	10	2,06	7,98	7,75	9,49
Минерализация	457	1000	358	588	624	586
С орг.	5,06	–	2,45	2,45	1,74	1,8
С неорг.	–	–	28,3	67,8	76,4	86,6
N общ.	–	–	<1	<1	<1	<1

Примечания

- *За фоновые значения приняты средние значения показателей для подземных вод зоны гипергенеза провинции умеренного влажного климата ландшафта южной тайги по С. Л. Шварцеву [4].
- **ПДК – предельно допустимая концентрация [2].

Таким образом, сельскохозяйственная деятельность, развитая в районе исследований, приводит к формированию в верхней части гидрогеологического разреза подземных вод с особыми геохимическими условиями, несвойственными зоне активного водообмена. В отличие от подземных вод, приуроченных к ненарушенному сельскохозяйственной деятельностью району, подземные воды в п. Мирном и п. Трубачево характеризуются восстановительными условиями, что способствует накоплению повышенных концентраций таких переменновалентных элементов как железо и марганец, чьи значения здесь превышают ПДК.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 17-77-10017.

Литература

1. Назаров, Александр Дмитриевич. Гидрогеологические условия и перспективы хозяйственно-питьевого водобеспечения северной части г. Томска / А. Д. Назаров, О. С. Наймушина, Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль

- Шиннави Эль Хайес // Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии : материалы международной научно-практической конференции (Московская область, п. Зеленый, 18-22 апреля 2011 г.) : в 4 т. – 2011. – Ч. 2. – С. 147–160.
2. СанПиН 2.1.4.1175–02. «Гигиенические требования к качеству воды централизованного водоснабжения. Санитарная охрана источников».
 3. Хвощевская А.А., Наливайко Н.Г., Копылова Ю.Г. Железобактерии в природных водах Обь-Томского междуречья – «Вода: химия и экология», 2015. – С. 76–84.
 4. Шварцев С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С. Л. Шварцев. – 2-е изд., испр. и доп.. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
 5. Шварцев С.Л., Серебренникова О.В., Здвизжов М.А., Савичев О.Г., Наймушина О.С. Геохимия болотных вод нижней части бассейна Томи (юг Томской области) // Геохимия, 2012. – Т.50. – №4. – С. 367–380;
 6. Шестакова А.В. Химический состав подземных вод Томского района и перспективы их использования для питьевого водоснабжения / А. В. Шестакова; науч. рук. А. А. Хвощевская // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 1-5 апреля 2013 г. в 2 т. – 2013. –Т. 1. – С. 596–598;

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ПРОВИНЦИИ ЦЗЯНСИ

Е.В. Зиппа

Научный руководитель профессор С.Л. Шварцев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Томск, Россия*

Азотные термы привлекают внимание многих ученых всего мира и относятся к числу наиболее значимых термальных вод. Помимо их лечебных свойств наибольший интерес представляет фундаментальный аспект, а именно источники избыточных химических элементов, формирование химического состава, механизмы и процессы их взаимодействия с вмещающими горными породами и другое.

В ходе исследований термальных вод различного состава неотъемлемой частью является установление их генезиса. Наиболее надежным критерием для определения генезиса подземных вод принято считать исследования изотопов водорода (дейтерий и тритий) и кислорода (^{18}O). В этой связи основной целью настоящей работы является выявление генезиса термальных вод провинции Цзянси посредством изучения их изотопного состава воды.

Объектами исследования являются азотные и углекислые термальные воды провинции Цзянси. Всего рассмотрено 16 проб воды, из которых 8 - азотные, 8 - углекислые. Пробы были отобраны в ходе экспедиционных исследований, проведенных в 2015 и 2017 гг. Родники были опробованы на общий химический и изотопный состав. Общий химический анализ осуществлялся в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета и проводился несколькими методами титрования при помощи анализатора жидкости «Анион 7-51» (Russia), ионнообменной хроматографии с использованием хроматографа ICS-00 «Dionex» (USA). Анализ изотопного состава воды (D, ^{18}O) осуществлялся в Центре химического анализа и физических испытаний Восточного китайского технологического университета (г. Наньчан, Китай) с использованием изотопного масс-спектрометра с анализатором элементов TC/EA-IRMS (Finnigan MAT 253, Thermo Scientific, USA).

Провинция Цзянси расположена в юго-восточной части Китая и является одной из провинций, на территории которой наиболее широко распространены родники термальных вод. В пределах территории провинции выявлено около 96 родников. Изученные родники приурочены к глубинным разломам, которые развиты в разных геологических структурах. Углекислые термальные воды в основном распространены на юге провинции в пределах Южно-Китайской складчатой системы, в свою очередь азотные термы чаще приурочены к разломам, развитым в пределах Янцзынской параплатформы в северо-западной части провинции. По геологическим условиям места выхода азотных терм на поверхность сложены преимущественно гранитами юрского возраста, реже древними туфопесчаниками. Углекислые термы, наоборот, приурочены преимущественно к более молодым структурам и породам – песчаникам юрского и мелового возрастов, известнякам ордовика, реже туфогенным песчаникам и гранитам [5].

Результаты анализа химического состава показали, что азотные и углекислые термальные воды существенно отличаются друг от друга. Азотные термальные воды характеризуются весьма низкой величиной общей минерализации, изменяющейся в интервале от 259 до 376 мг/л, но при этом характер водной среды слабощелочной или щелочной (pH 8.5-9.3). Углекислые термальные воды, напротив, более минерализованные, соленость варьирует от 287 до 3129 мг/л, и более кислые. Значения pH варьируют от 6.3 до 7.8. Азотные термы содержат повышенные концентрации Na^+ , Si , F^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , иногда SO_4^{2-} , но в то же время концентрации Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- и др. весьма низкие. В соответствии с классификацией С.А. Щукарева, по химическому составу азотные термы провинции Цзянси в основном относятся к гидрокарбонатному натриевому типу, за редким исключением к гидрокарбонатно-сульфатному натриевому типу. В углекислых термальных водах преобладание Na^+ иона среди катионов ослабевает, а концентрации Ca^{2+} и Mg^{2+} значительно выше, чем в азотных термах. Среди анионов доминирующими являются HCO_3^- , в отдельных случаях SO_4^{2-} . По химическому составу углекислые термы в основном относятся к HCO_3^- -Na типу, но встречаются и SO_4 -Na-Ca, а также промежуточные типы: HCO_3 -Ca, HCO_3 -Ca-Na, HCO_3 - SO_4 -Ca [2, 6, 7].

Как было сказано выше, для установления генетического типа исследуемых терм изучен изотопный состав воды Н и О (табл. 1). Общеизвестно, что между содержанием стабильных изотопов дейтерия и кислорода-18 в изотопном составе метеорных вод существует корреляционная зависимость. Связь распределения δD и $\delta^{18}\text{O}$