

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 556.314

Ю.В. Колубаева

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КОЛЫВАНЬ-ТОМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 14-05-31095-мол_а, № 13-05-98070-р_сибирь_а и № 13-05-00062_А.

Описан макро- и микрокомпонентный состав подземных вод зоны активного водообмена провинции умеренно-влажного климата на примере северной части Колывань-Томской складчатой зоны. Показано, что на фоне подземных вод с общей минерализацией около 500 мг/л выделяются загрязненные воды, в которых максимально встреченные концентрации отдельных макро- и микрокомпонентов превышают не только фоновые значения, но и ПДК для питьевых вод нередко во много раз. В этом случае повышенные содержания макрокомпонентов вносят существенный вклад в величину общей минерализации, которая иногда превышает 1 г/л.

Ключевые слова: подземные воды; Колывань-Томская складчатая зона; макро- и микроэлементы; загрязненные воды.

Введение

Результаты изучения химического состава подземных вод северной части Колывань-Томской складчатой зоны нами уже приводились в работе [1]. На данном этапе представляется интересным наиболее подробно охарактеризовать химический состав подземных вод района исследований. Дело в том, что территория северной части Колывань-Томской складчатой зоны представляет собой достаточно сложную природно-техногенную систему, включающую ряд антропогенных объектов. Среди таких можно назвать водозаборы, многочисленные поселки и деревни, а также располагающийся в пределах объекта исследований Северный промышленный узел (СПУ) г. Томска. Спецификой наших исследований является еще и то, что мы, по существу, имеем дело с самой верхней гидродинамической зоной – зоной активного водообмена, которая, как известно, наиболее всего подвержена антропогенному воздействию. В этой связи актуальность проводимых исследований приобретает еще большую значимость.

Материалом для проводимых исследований послужили данные, полученные в ходе полевых работ 1992–2000 гг., 2008 и 2013 гг. Кроме того, в работе обработан и обобщен материал предыдущих лет большого коллектива исследователей, полученный в ходе тематических работ при участии П.А. Удодова, В.М. Матусевича, С.Л. Шварцева, Ю.Г. Копыловой и многих других сотрудников Национального исследовательского Томского политехнического университета (НИ ТПУ) [2–5]. Стационарно воды исследовались в Проблемной научно-исследовательской гидрогеохимической лаборатории ТПУ, зарегистрированной в Системе аналитических лабораторий Госстандарта России. При интерпретации и обобщении данных использовались химические анализы 601 точки опробования подземных вод рыхлых отложений и 138 точек опробования подземных вод коренных пород.

Краткая характеристика района

Изучаемая территория в административном отношении расположена в юго-восточной части Западной

Сибири, в пределах Томского района Томской области (рис. 1). В северо-восточном направлении от административного центра Томской области (г. Томска) располагается зона СПУ, приуроченная к краевой части Томь-Яйской междуречной равнины, прорезаемой р. Большая Киргизка.

Исследуемый район в ландшафтном отношении относится к подтаежной подзоне таежной зоны и характеризуется гумидным климатом. В орографическом отношении район представляет собой слабо расчлененную эрозионно-аккумулятивную равнину в западной части и низменную аккумулятивную равнину в восточной части, абсолютные отметки водоразделов колеблются от 190 до 270 м с общим уклоном к северу [4–6]. Основными водными артериями района являются притоки рек Томь и Яя, имеющие широтное или близкое к нему направление.

В геолого-гидрогеологическом отношении особенностью Колывань-Томской складчатой зоны является наличие двух структурных этажей. Верхний этаж рыхлых мезокайнозойских отложений вмещает в себя пластово-поровые воды, нижний этаж древнего палеозойского фундамента – трещинные воды зоны выветривания и тектонических нарушений. Подземные воды верхнего и нижнего этажей разделены глинистыми водоупорными породами кор выветривания, имеющими региональное распространение. Однако в долинах рек и на отдельных участках водоразделов глины коры выветривания могут отсутствовать, что обуславливает гидравлическую связь между водоносными комплексами обоих этажей [4, 6, 7].

Основные результаты

Химический состав подземных вод представлен в табл. 1. Установленные средние содержания отдельных компонентов в подземных водах, приведенные в таблице, преимущественно характеризуют их естественное природное состояние и отвечают фоновому уровню. Для определения фоновых содержаний компонентов химического состава вод применялся аппарат математической статистики: были рассчитаны

основные параметры распределения – среднее арифметическое (геометрическое), дисперсия выборки, медиана, мода, максимальное и минимальное значения, выборочный коэффициент эксцесса и выборочный коэффициент асимметрии. За фоновые принима-

лись средние значения с учетом закона распределения. Было установлено, что распределение химических элементов большинства выборок подчиняется логнормальному закону распределения, реже – нормальному.



Рис. 1. Обзорная схема района исследований

Как показал анализ полученных данных (табл. 1), подземные воды рыхлых отложений по величине общей минерализации являются пресными при среднем значении 507 мг/л (с пределами от 104 до 1 229 мг/л), нейтральными при среднем pH – 7,4 (от 6,0 до 8,2), от очень мягких до очень жестких (общая жесткость изменяется от 0,9 до 14,6 мг.-экв./л). Если принять во внимание химические компоненты, содержание которых превышает 25 мг.-экв.%, то порядка 86% вод от общего количества анализов оказываются по анионно-катионному составу гидрокарбонатными кальциевыми, около 13% приходится на гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды и лишь в нескольких пробах отмечены воды с преобладающей в катионном составе ролью магния (гидрокарбонатные магниевые-кальциевые), в единичных случаях встречены гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые воды и гидрокарбонатные кальциево-натриевые. Средняя концентрация SO_4^{2-} составляет 5,8 мг/л (изменяясь от 1 до 80 мг/л). Содержание Cl⁻ отмечено во всех опробованных точках и колеблется в достаточно широком диапазоне: от 0,5 до 78 мг/л при среднем значении 5,0 мг/л. Для Na⁺ характерно невысокое среднее значение, равное 11 мг/л.

В подземных водах коренных пород значения общей минерализации варьируют от 354 до 784 мг/л при средней величине 527 мг/л (табл. 1). Эти воды характеризуются слабощелочной реакцией среды (среднее pH 7,6) с пределами от 6,9 до 8,2. Общая жесткость изменяется от 4,0 до 9,7 мг.-экв./л (от умеренно жестких до очень жестких). По химическому составу это также воды преимущественно гидрокарбонатные

кальциевые (79% от общего количества анализов) и порядка 18% составляют воды гидрокарбонатного кальциево-магниевых состава, в единичных пробах встречаются гидрокарбонатные магниевые-кальциевые и гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые воды. Средняя концентрация SO_4^{2-} в водах нижнего этажа составляет 6,3 мг/л (с пределами от 1 до 53 мг/л). Содержание Cl⁻ изменяется от 1,4 до 121 мг/л при среднем значении 6,6 мг/л, средняя концентрация Na⁺ в этих водах составляет 12 мг/л.

Что касается азотистых соединений, то можно сказать, что в водах верхнего мезокайнозойского этажа содержания NO_2^- варьируют практически от полного отсутствия – 0,0015 до 1,2 при среднем 0,05 мг/л; NO_3^- – от 0,05 до 200 при среднем 0,4 мг/л; NH_4^+ – от 0,015 до 3,8 мг/л (среднее 0,5). В водах нижнего палеозойского этажа NO_2^- отмечены в концентрациях от 0,0015 до 0,9 при среднем 0,01 мг/л; NO_3^- – от 0,05 до 69 мг/л (среднее 0,5); NH_4^+ – от 0,015 до 2,5 со средним значением 0,4 мг/л.

Подземные воды района исследований характеризуются высокими концентрациями в водах железа общего (табл. 1). Значительные содержания в водах железа, а также повсеместное присутствие аммония свидетельствуют о существовании в регионе железомарганцево-аммонийной гидрогеохимической провинции, выделяемой Н.А. Ермашовой [8]. Концентрации данного элемента варьируют в водах рыхлых отложений от 0,09 до 37,2 (единичный случай) при среднем 0,5 мг/л и от 0,15 до 8,4 при среднем 0,7 мг/л – в водах коренных пород.

Химический состав подземных вод

Компонент раствора	Подземные воды рыхлых отложений			Подземные воды коренных пород		
	Минимум	Среднее	Максимум	Минимум	Среднее	Максимум
pH	6,0	7,4	8,2	6,9	7,6	8,2
Жесткость, мг-экв./л	0,9	5,9	14,6	4,0	6,1	9,7
CO ₂ , мг/л	1,5	12,7	116	1,5	18,5	127
HCO ₃ ⁻ , мг/л	49	375	680	265	385	565
SO ₄ ²⁻ , мг/л	1,0	5,8	80	1,0	6,3	53
Cl ⁻ , мг/л	0,5	5,0	78	1,4	6,6	121
Ca ²⁺ , мг/л	16	93	210	54	97	166
Mg ²⁺ , мг/л	0,5	14,2	63	0,5	15,6	52
Na ⁺ , мг/л	1,4	11	55	5,0	12	46
K ⁺ , мг/л	0,23	1,6	22	0,2	1,7	18,5
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,0015	0,05	1,2	0,0015	0,01	0,9
NO ₃ ⁻ , мг/л	0,05	0,4	200	0,05	0,5	69
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,015	0,5	3,8	0,015	0,4	2,5
Si, мг/л	0,9	5,3	9,7	2,3	6,2	12
Fe общ., мг/л	0,09	0,5	37,2	0,15	0,7	8,4
Минерализация, мг/л	104	507	1 229	354	527	784
F ⁻ , мкг/л	90	230	1 180	90	250	510
Bг, мкг/л	0,3	44	200	3,3	41	172
Ba, мкг/л	2,5	44,6	175	7,2	56,0	210
Sr, мкг/л	9,0	378	1 597	9,0	430	1447
Li, мкг/л	2,4	13,4	45	5,0	13,3	38
Al, мкг/л	5,0	85	2 650	5,0	203	500
Ti, мкг/л	0,3	1,5	81	0,3	2,5	70
V, мкг/л	0,3	0,7	10	0,3	1,1	20
Cr, мкг/л	0,9	5,4	76	0,2	5,3	40
Co, мкг/л	0,01	0,4	5,9	0,1	0,5	3,4
Ni, мкг/л	0,3	1,9	23,5	0,3	2,8	100
Cu, мкг/л	0,05	0,8	138	0,05	1,3	5,8
Zn, мкг/л	0,6	12,0	2 830	0,1	12,1	900
Cd, мкг/л	0,05	0,15	12	0,05	0,1	15
Pb, мкг/л	0,05	1,4	26	0,05	1,8	25
As, мкг/л	2,0	5,1	70,5	2,0	4,8	26,4
Ag, мкг/л	0,03	0,24	3,5	0,03	0,3	5,0
Au, мкг/л	0,001	0,01	0,3	0,001	0,01	0,2
Sb, мкг/л	0,01	0,12	3,1	0,01	0,1	6,5
Hg, мкг/л	0,005	0,05	4,5	0,005	0,05	2,9
Кол-во анализов	601			138		

Таким образом, можно сказать, что концентрации многих макрокомпонентов в водах палеозойских образований сопоставимы с концентрациями этих же веществ в водах мезокайнозойских отложений. Это, вероятно, связано с наличием в большинстве случаев гидравлической связи трещинных вод коры выветривания с водами зон тектонических нарушений и последних – с водами верхнего структурного яруса. Хотя по средним содержаниям все же имеются некоторые отличия, видна некоторая разница в величинах общей минерализации, которая имеет наиболее высокое минимальное значение в водах коренных пород по сравнению с водами рыхлых отложений и немного повышенное среднее.

Как показывают данные проведенных исследований, основные солеобразующие компоненты в подземных водах, представленные гидрокарбонат-ионом и кальцием, связаны прямой корреляционной зависимостью между собой и общей минерализацией вод. Величина коэффициента корреляции (r) составляет соответственно 0,94 и 0,86 для вод рыхлых отложений и 0,92 и 0,82 – для вод коренных пород. Если к этому добавить, что в подавляющем большинстве случаев воды являются нейтральными или слабощелочными, пресными по величине общей минерализации, формирующимися в условиях преобладания выпадающих осадков над испарением, то становится очевидным,

что здесь мы имеем дело с типичными подземными водами выщелачивания. Об этом же свидетельствуют невысокие средние содержания хлоридов, сульфатов и натрия. Все вышесказанное хорошо иллюстрируется диаграммами зависимостей содержаний главных ионов от значений общей минерализации (рис. 2), на которых видно, что концентрации ионов SO₄²⁻, Cl⁻ и Na⁺ практически не увеличиваются с ростом солёности вод, т.е. все они имеют сугубо подчиненное значение в составе солей.

Необходимо отметить, что на общем фоне формирующихся в этих условиях вод выделяются такие, в которых концентрации некоторых компонентов превышают не только их естественный фон в десятки и даже сотни раз, но и ПДК для питьевых вод [9]. Как показывает анализ данных таких вод, минерализация в них растет за счет HCO₃⁻ и Ca²⁺, в большинстве случаев они имеют ту же формулу ионно-солевого состава, что и остальные (т.е. являются гидрокарбонатными кальциевыми), и околонейтральную pH, а значит, не несут в себе признаков начального этапа континентального засоления, природа их формирования иная. В этом нам и предстоит разобраться. Так, из всего диапазона имеющихся данных мы выделили группу точек с признаками загрязнения, характеристика их химического состава представлена в табл. 2. Из таб-

лицы видно, что, как правило, в таких водах наблюдается одновременное присутствие целого ряда компонентов с повышенными и даже очень высокими концентрациями. Содержания SO_4^{2-} и Cl^- хотя и не превышают ПДК для питьевых вод, но все же являются достаточно высокими, особенно в пробах с максимальными значениями минерализации. То же самое, в целом, характерно и для содержаний HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Особое внимание хотелось бы обратить на присутствие в повышенных количествах азотистых соединений. Наиболее всего это касается NO_3^- , концентрации которого достигают 200 мг/л в водах рыхлых отложений. По-видимому, распределение содержаний биогенных веществ в подземных водах исследуемой территории является вполне закономерным и отражает природно-антропогенные условия формирования их химического состава. Ведь если посмотреть данные табл. 2, то можно увидеть, что, как правило,

места, в которых были отобраны эти воды, либо находятся непосредственно в населенных пунктах, либо располагаются поблизости от объектов загрязнения. В частности, это касается родников, приуроченных к долине реки Большой Киргизки, где, как известно, располагается зона СПУ г. Томска. Например, уровень содержания железа в водах, по сравнению с соединениями азота, в меньшей степени определяется действием антропогенных факторов, о чем свидетельствует достаточно слабая связь концентраций железа с наличием антропогенных источников (за исключением двух точек наблюдения).

Вполне закономерным является и то, что в водах рыхлых отложений, как наиболее уязвимых с точки зрения загрязнения, наблюдаемые повышенные концентрации элементов макрокомпонентного состава вод (табл. 2) имеют более высокие значения по сравнению с водами коренных пород.

Т а б л и ц а 2

Химический состав подземных вод с признаками загрязнения

Показатель	Воды рыхлых отложений									Воды коренных пород			ПДКп
	Т.н. 1214 (колодец, приток р. Ушайка)	Т.н. 253 Д (колодец, ост. п. 41 км)	Т.н. 957 (колодец, д. Родионово)	Т.н. 691 (колодец, р. Колбиха)	Т.н. 807 (родник, р.Б.Киргизка)	Т.н. 1119 (колодец, д. Сафроново)	Т.н. 259 Д (скважина, д.М.Протопопово)	Т.н. 1287 (колодец, д.Межениновка)	Т.н. 958 (колодец, д. Родионово)	Т.н. 1528 (родник, р. Ушайка)	Т.н. 1583 (скважина, д. Светиловка)	Т.н. 910 (родник, р. Б. Киргизка)	
рН	7,1	7,0	6,6	6,8	6,8	6,8	7,13	6,8	6,6	7,6	7,8	7,8	6–9
Жесткость, мг-экв./л	6,0	6,6	6,0	7,5	8,0	10,0	12,0	10,4	14,6	5,5	7,4	7,9	7
HCO ₃ ⁻ , мг/л	286	378	368	370	295	380	680	634	561	390	378	306	
SO ₄ ²⁻ , мг/л	18	7	20	16	12	45	2,6	70	80	9	24	16	500
Cl ⁻ , мг/л	23	6	18	18	56	53	64	44	78	5	19	121	350
Ca ²⁺ , мг/л	98	113	94	132	140	140	190	178	210	78	116	138	
Mg ²⁺ , мг/л	13,4	11,2	15,9	11,0	12,2	36,0	30,6	18,3	49,0	19,5	19,5	12,2	
Na ⁺ , мг/л	17,6	6,7	13,2	8,8	10,8	5,0	16,7	55,0	38,4	11,0	12,5	46,0	200
K ⁺ , мг/л	0,7	5,7	10,5	1,0	1,5	1,0	10,3	1,7	10,0	7,2	0,6	4,5	
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,005	0,002	0,005	0,005	0,005	1,2	0,02	0,0015	0,6	0,2	–	0,005	3,0
NO ₃ ⁻ , мг/л	44	0,4	14	45	85	79	0,1	4	200	0,5	69	55	45
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,6	1,9	0,7	0,4	0,4	2,4	2,1	0,03	1,5	2,5	0,16	0,5	2 по N
Si, мг/л	–	6,5	–	3,9	5,1	–	5,5	5,0	–	7,1	12,0	5,6	10
Fe общ, мг/л	0,15	6,25	0,5	0,5	0,3	0,15	37,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Минерализация, мг/л	501	527	554	602	613	742	994	1005	1229	523	640	700	1000
F ⁻ , мкг/л	290	230	–	90	90	–	430	150	–	400	160	90	1500
Br, мкг/л	13	1,0	62	–	86	31	200	153	22	39	13,4	48	200
Ba, мкг/л	21	–	36	–	16	32	–	93	42	160	27	16	100
Sr, мкг/л	–	180	–	–	–	–	–	730	–	410	480	–	7000
Li, мкг/л	13	2,4	13	19	23	–	–	29	34	16	11	38	30
Cr, мкг/л	2,7	–	2,6	–	1,5	4,1	–	10,6	2,1	5,5	3,2	2,7	50
Co, мкг/л	0,14	–	0,34	–	0,13	0,35	–	0,35	0,32	0,9	0,14	0,3	100
Ni, мкг/л	1,2	–	1,6	1,2	1,0	1,0	–	2,2	0,3	13,7	0,7	2,6	100
Cu, мкг/л	1,3	2,1	2,3	0,2	0,4	2,3	7,1	0,05	1,5	1,0	1,0	0,15	1000
Zn, мкг/л	8,6	130	32	9,1	1,0	43	13	28	14,3	56	50	8,0	5000
Cd, мкг/л	0,15	0,2	0,14	0,07	0,2	0,2	0,2	0,05	0,3	0,3	0,15	0,4	1
Pb, мкг/л	1,0	1,3	2,7	0,4	0,7	1,3	11	0,6	1,7	0,6	2,0	1,6	30
As, мкг/л	4,2	–	2,0	2,0	2,0	7,0	–	15	2,0	9,6	2,0	2,0	50
Hg, мкг/л	–	0,05	0,7	2,1	0,24	–	0,11	0,005	0,87	0,005	0,08	0,13	0,5
Формула ионно-солевого состава	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca–Mg	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ /Ca–Mg	HCO ₃ /Ca	HCO ₃ –Cl/Ca	

Примечание. ПДКп – предельно-допустимые концентрации компонентов для питьевых вод.

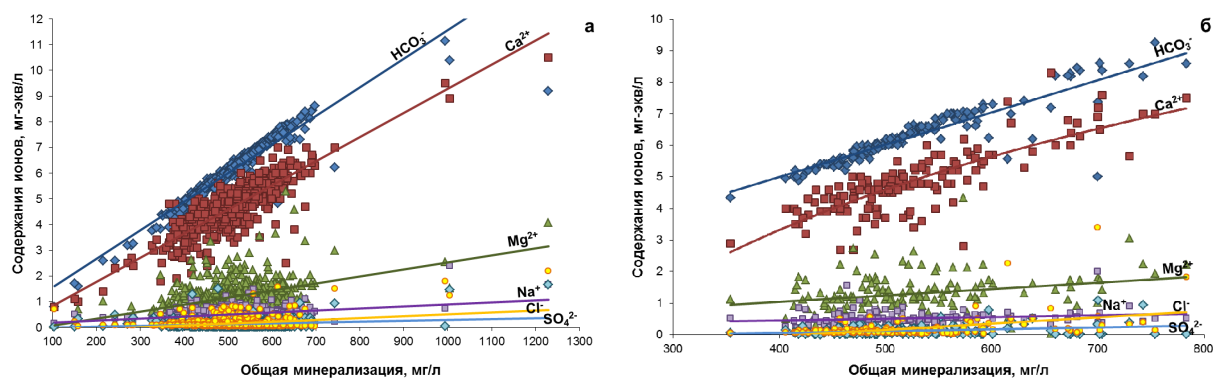


Рис. 2. Зависимость содержаний ионов HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} и Cl^- от степени их минерализации для подземных вод:
а – рыхлых отложений; б – коренных пород

Анализ микрокомпонентного состава подземных вод (табл. 1) показывает, что превышения ПДК наблюдаются в водах рыхлого мезокайнозойского водоносного этажа по содержанию таких элементов, как Ba, Li, Al, Cr, Cd, As, Hg и Br; в водах отложений палеозойского возраста – по содержанию Ba, Li, Al, Ni, Cd и Hg. Хотя из числа перечисленных такие микроэлементы, как Li, Al, Cr, As, Br и Ni, в повышенных концентрациях встречаются лишь в единичных пробах. Проанализировав химический состав загрязненных подземных вод (табл. 2), можно констатировать, что далеко не всегда повышенные содержания микроэлементов связаны с загрязнением. Так, в концентрациях (и то не в максимально наблюдаемых для территории объекта исследований), превышающих ПДК для питьевых вод, были отмечены лишь Ba, Li и Hg. В остальных же случаях встречаемые в отдельных точках высокие концентрации некоторых микроэлементов (табл. 1), как правило, вообще никак не связаны с загрязнением. Дело в том, что источниками обогащения подземных вод микроэлементами в пределах изучаемой территории зачастую выступает природный фактор, а именно обогащенная и рудная минерализация горных пород и зоны разрывных нарушений. Так, на территории Томь-Яйского междуречья имеются следующие основные типы эндогенной минерализации: полиметаллический (ведущие элементы – Pb, Cu, Zn, сопутствующие – Ag, Ba, Ni, Co, Cd, As, Mo, Sb, Sr, Ge, Be, Zr, Hg) и сурьмяно-ртутный (ведущие элементы – Sb и Hg, сопутствующие – Pb, Cu, Zn, As, Ag, Sb, Ba) [4, 5].

Наибольшее количество проб с повышенными содержаниями микрокомпонентов (которые никак не связаны с загрязнением) в водах рыхлых отложений и коренных пород приходится на Cd, Ba и Hg. Что касается Cd, то гидрогеохимическими съемками [10] были выявлены контрастные аномалии кадмия в районе среднего течения р. Ушайка и в верховьях притока у пос. Плотниково. При фоновом содержании менее 0,5 мкг/л и ПДК 1 мкг/л содержание кадмия здесь достигает 5–6 мкг/л (по нашим данным, для вод нижнего этажа – 15 мкг/л). Аномалии кадмия здесь объясняются связью природных вод с минерализованными зонами разрывных нарушений. О повышенном «ртутном фоне» района, значительном развитии тектонических нарушений и влиянии палеозойского фундамента на металлогению пород чехла свидетельствует

частая встречаемость ртути в породах палеозоя и в перекрывающих рыхлых осадках [10]. Повышенные содержания Hg, установленные, в частности, в пределах Корниловского участка в породах палеозоя и перекрывающих их осадках, связаны с зонами тектонических нарушений. Установлено, что ртутная минерализация локализуется вблизи зон тектонических нарушений в породах различного стратиграфического уровня вне связи с проявлениями магматизма. Высокие ее концентрации (выше ПДК = 0,5 мкг/л) отмечаются в отдельных точках и в протяженных участках по бассейну р. Ушайка. Наибольшее сосредоточение повышенных концентраций бария отмечается в бассейне р. Тугояковка, также он встречается и в отдельных точках по площади исследований. Предпосылкой его появления в подземных водах, вероятно, служат горные породы.

Выводы

По результатам проведенных исследований изучаемой нами зоны активного водообмена можно сказать, что, в целом, геохимические особенности подземных вод верхнего и нижнего этажей выражаются в однообразии анионно-катионного состава – гидрокарбонатные воды с преобладанием роли кальция. Показано также, что в соответствии со специфическими геолого-гидрогеологическими особенностями структуры Колывань-Томской складчатой зоны, а именно двухъярусным ее строением, изучаемые подземные воды верхнего и нижнего структурных этажей хотя и являются близкими по средним значениям компонентов химического состава, но все же имеют определенные отличия по их содержанию.

На фоне подавляющей части вод, формирующихся в ненарушенных природных условиях, со средней минерализацией около 500 мг/л выделяются воды с явными признаками загрязнения. Данная группа вод выделяется в основном по спектру загрязняющих элементов макрокомпонентного состава. При этом существенный вклад в величину их общей минерализации, помимо основных солеобразующих HCO_3^- и Ca^{2+} , вносят такие элементы, как SO_4^{2-} , Cl^- и NO_3^- . Повышенные содержания микрокомпонентов далеко не всегда связаны с загрязнением, зачастую их присутствие в подземных водах обязано природным факторам и связано, как правило, с минерализованными зонами разрывных нарушений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колубаева Ю.В., Шварцев С.Л., Копылова Ю.Г. Геохимия вод северной части Колывань-Томской складчатой зоны // Известия вузов. Геология и разведка. 2010. № 2. С. 50–58.
2. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд. испр. и доп. М.: Недра, 1998. 366 с.
3. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода – порода. Т. 2: Система вода – порода в условиях зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев [и др.]; отв. ред. Б.Н. Рыженко. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 389 с.
4. Удодов П.А., Матусевич В.М., Григорьев Н.В. Гидрогеохимические поиски в условиях полужакрытых геологических структур Томь-Яйского междуречья. Томск: Изд-во ТГУ, 1965. 202 с.
5. Удодов П.А., Паршин П.Н., Левашов Б.М. и др. Гидрогеохимические исследования Колывань-Томской складчатой зоны. Томск: Изд-во ТГУ, 1971. 283 с.
6. Гидрогеология СССР. Т. XVI: Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). М.: Недра, 1970. 368 с.
7. Врублевский В.А., Нагорский М.П., Рубцов А.Ф., Эрвье Ю.Ю. Геологическое строение области сопряжения Кузнецкого Алатау и Колывань-Томской складчатой зоны. Томск: Изд-во ТГУ, 1987. 96 с.
8. Ермашова Н.А. Геохимия подземных вод зоны активного водообмена Томской области в связи с решением вопросов водоснабжения и охраны: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 1998. 44 с.
9. 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. 100 с.
10. Ахмадицин Н.Ю., Дубинский О.А., Капишников О.П., Скогорева А.С., Рубцов А.Ф., Уткин Ю.В., Черникова Т.И., Черняева Е.И., Черняев Е.В., Шамахов А.Ф., Домаренко В.А., Янкович Е.П. Геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000 (издание второе). Лист О-45-XXXII (Тайга). Объяснительная записка. СПб., 2007. 269 с.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 20 октября 2014 г.

THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE GROUNDWATERS OF THE ACTIVE WATER EXCHANGE ZONE OF THE NORTHERN PART OF THE KOLYVAN-TOMSK FOLDED ZONE

Tomsk State University Journal, 2015, 391, 202–208. DOI 10.17223/15617793/391/32

Kolubaeva Yuliya V. *Tomsk Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics, SB RAS; Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation).* E-mail: Kolubaeva@inbox.ru

Keywords: groundwaters; Kolyvan-Tomsk folded zone; macro and trace elements; contaminated waters.

This work describes the chemical composition of the groundwater of the active water exchange zone of a moderately moist climate area on the example of the northern part of the Kolyvan-Tomsk folded zone. Administratively, the study area is located in the southeastern part of Western Siberia, in Tomsk Oblast and takes the Tom-Yaya interfluvium. In the geological and hydrogeological studies regarding the territory of interest there are two structural stages. The upper stage of unconsolidated Mesozoic-Cenozoic deposits accommodates stratified pore water; the lower stage of an ancient Paleozoic basement has crack water of weathering zone and tectonic disturbances. Groundwater of the upper and lower stages is separated by clay waterproof rocks of weathering crusts having a regional distribution. The material for the studies was provided by data obtained in the course of field work in the period from 1992 to 2013. Permanently waters were investigated in the Problem Research Hydrogeochemical Laboratory of National Research Tomsk Polytechnic University. In the interpretation and compilation of chemical analyses 601 sampling points in the groundwater of unconsolidated deposits and 138 sampling points of groundwater bedrock were used. It has been shown that the tested waters are representative leaching groundwater having total salinity up to 1 g/l, a neutral or weakly alkaline pH and preferably calcium hydrocarbonate composition. They are characterized by low average content of chlorides, sulfates and sodium. Micro composition of groundwater has a wide range of components with concentrations often elevated. The source of enrichment is often a natural factor: enrichment and mineralization of rocks and zones of faults. It was also noted that, along with the natural factor in the formation of the chemical composition of groundwater, there is an anthropogenic effect. In this case, there may be a simultaneous presence in a water sample of a number of components with high and even very high concentrations, not only in relation to the background content, but also in comparison with the MAC for drinking water. In general, the hydrogeochemical characteristics of groundwater of the upper and lower stages are expressed in a rather low differentiation of mineralization, and the monotony of anion-cation composition – bicarbonate water with a predominance of the role of calcium. In almost all waters (except anthropogenic) the amount of HCO_3^- , Ca^{2+} and Mg^{2+} ions is generally about 90 % of the water-dissolved salts, which meets the continental genesis of sedimentary rocks and the origin of water infiltration. In general, the chemical composition of the groundwater of the studied landscape zone (zone of southern taiga) is typical for waters not exposed to the processes of continental salinization. Concentrations of many components in the waters of the Paleozoic formations are comparable to the concentrations of the same substances in the waters of the Meso-Cenozoic sediments. This is probably due to the presence in most cases of the hydraulic connection between the aquifer complexes in both stages.

This work was supported by grant RFBR № 14-05-31095-mol_a, № 13-05-98070-r_sibir_a and № 13-05-00062_A

REFERENCES

1. Kolubaeva Yu.V., Shvartsev S.L., Kopylova Yu.G. Geokhimiya vod severnoy chasti Kolyvan'-Tomskoy skladchatoy zony [Geochemistry of waters north of the Kolyvan-Tomsk folded zone]. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*, 2010, no. 2, pp. 50–58.
2. Shvartsev S.L. *Gidrogeokhimiya zony gipergenez* [Hydrogeochemistry of the supergenesis zone]. Moscow: Nedra Publ., 1998. 366 p.
3. Ryzenko B.N. (ed.) *Geologicheskaya evolyutsiya i samoorganizatsiya sistemy voda – poroda* [Geological evolution and self-organization of the system water – rock]. SB RAS Publ., 2007. Vol. 2, 389 p.
4. Udodov P.A., Matusevich V.M., Grigor'ev N.V. *Gidrogeokhimicheskie poiski v usloviyakh poluzakrytykh geologicheskikh struktur Tom'-Yayskogo mezhdurech'ya* [Hydrogeochemical research in semi-closed geological structures of the Tom-Yaya interfluvium]. Tomsk: Tomsk State University Publ., 1965. 202 p.
5. Udodov P.A., Parshin P.N., Levashov B.M. et al. *Gidrogeokhimicheskie issledovaniya Kolyvan'-Tomskoy skladchatoy zony* [Hydrogeochemical study of the Kolyvan-Tomsk folded zone]. Tomsk: Tomsk State University Publ., 1971. 283 p.

6. *Gidrogeologiya SSSR* [Hydrogeology of the USSR]. Moscow: Nedra Publ., 1970. Vol. 16, 368 p.
7. Vrublevskiy V.A., Nagorskiy M.P., Rubtsov A.F., Erv'e Yu.Yu. *Geologicheskoe stroenie oblasti sopryazheniya Kuznetskogo Alatau i Kolyvan'-Tomskoy skladchatoy zony* [Geological structure of the contact area of Kuznetsk Alatau and the Kolyvan-Tomsk folded zone]. Tomsk: Tomsk State University Publ., 1987. 96 p.
8. Ermashova N.A. *Geokhimiya podzemnykh vod zony aktivnogo vodoobmena Tomskoy oblasti v svyazi s resheniem voprosov vodosnabzheniya i okhrany*: avtoref. dis. kand. geol.-mineral. nauk [Geochemistry of groundwater of active water exchange zone in Tomsk Oblast in connection with water supply and conservation. Abstract of Geology and Mineralogy Cand. Diss.]. Tomsk, 1998. 44 p.
9. SanPiN (Sanitary Regulations and Standards) 2.1.4.1074-01. *Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva* [Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control]. Moscow: Information and Publishing Center of Russian Ministry of Health Publ., 2002. 100 p.
10. Akhmadshchin N.Yu., Dubinskayte O.A., Kapishnikova O.P., Skogoreva A.S., Rubtsov A.F., Utkin Yu.V., Chernikova T.I., Chernyaeva E.I., Chernyaev E.V., Shamakhov A.F., Domarenko V.A., Yankovich E.P. *Geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 200 000 (izdanie vtoroe). List O-45-XXXII (Tayga). Ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200 000 (second edition). Sheet O-45-XXXII (Taiga). Explanatory note]. St. Petersburg, 2007. 269 p.

Received: 20 October 2014